



**PROYECTO DE ELEMENTOS ESENCIALES  
DEL BUQUE AUTONOMO (EEBA)  
BASES DE LA CONVOCATORIA**



## Contenido

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
2. FASES DEL PROYECTO .....	4
3. RETOS TECNOLÓGICOS .....	5
4. PROPIEDAD INDUSTRIAL.....	5
5. REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN .....	5
6. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR Y PLAZOS .....	6
7. COMISIÓN DE SEGUIMIENTO Y JURADO .....	7
Comisión de seguimiento .....	7
Jurado .....	7
8. APOYO A LAS PEMEEEs DURANTE LA FASE 3.....	8
ANEXO I: FICHA DESCRIPTIVA RETOS TECNOLÓGICOS ARMADA.....	9
ANEXO II: FICHA DESCRIPTIVA RETOS TECNOLÓGICOS POR LAS EMPRESAS TRACTORAS.....	19
BLOQUE IA .....	19
BLOQUE CONCIENCIA SITUACIONAL .....	48
BLOQUE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	61
BLOQUE SAFETY, CIBERSEGURIDAD y RESILENCIA .....	79
ANEXO III: MODELO DE RELACIÓN EMPRESA TRACTORA – PEMEEEs .....	82
ANEXO IV: SOLICITUD DE PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO EEBA 2025/2026.....	84
ANEXO V: MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....	89
ANEXO VI: DECLARACIÓN RESPONSABLE.....	92

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Con el fin de fomentar la cooperación entre la Industria de Defensa (Empresas Tractoras) y la Pequeña Empresa, Microempresa y Empresa Emergente (PEMEEE), la Armada ha lanzado el proyecto de innovación abierta **“Elementos Esenciales del Buque Autónomo” (EEBA)**.

El objetivo de EEBA es “impulsar el desarrollo de tecnologías de doble uso, **que tengan una aplicación práctica y empresarial para las empresas tractoras y se alinee con necesidades presentes y futuras de la Armada**”. Como resultado, se trata de contribuir al fortalecimiento de la soberanía tecnológica nacional y al desarrollo de la base industrial y tecnológica de defensa de España. Este proyecto está abierto a todas aquellas propuestas que aporten valor diferencial en el mercado y que generen un impacto positivo empresarial.

Al tratarse de un proyecto de innovación abierta, EEBA busca resolver los desafíos propuestos por las empresas tractoras a través de soluciones desarrolladas por actores externos. En consecuencia, la ejecución y desarrollo tecnológico deben recaer en la PEMEEE con la que la empresa tractora colaborará para ejecutar el reto tecnológico.

EEBA busca impulsar un cambio en las metodologías de trabajo, con idea de fortalecer el tejido industrial nacional, mediante la colaboración entre empresas tractoras y PEMEEEs.

Los **18 Retos Tecnológicos** del buque autónomo definidos por la Armada (anexo I), se han establecido, inicialmente, sobre cuatro pilares: inteligencia artificial, conciencia situacional, gestión de la información y ciberseguridad y resiliencia.

El proyecto tendrá, inicialmente, un año de duración, de septiembre de 2025 a septiembre de 2026, aunque nace con la idea de que la Armada pueda prorrogarlo anualmente hasta un máximo de cuatro años, en función de los resultados obtenidos en las diferentes convocatorias. Estas sucesivas convocatorias permitirían, a criterio de la Armada, continuar desarrollando algunos retos ya abordados en ediciones anteriores, con otros nuevos identificados en la convocatoria de forma que pueda ir alcanzando mayores niveles de madurez tecnológica (TRL).

Importante resaltar que **la Armada no adquiere, a través de EEBA, ningún compromiso de adquisición de la tecnología desarrollada** dado que, como ya se ha expuesto, el objetivo de EEBA es fomentar modelos de innovación abierta de las que tanto las empresas tractoras como las PEMEEEs se puedan ver beneficiadas.

La edición 2025/2026 está enfocada a que cada empresa tractora desarrolle un sólo reto tecnológico. No obstante, y en el caso de que haya empresas tractoras que presenten propuestas para abordar más de un reto, la Armada requerirá a las empresas que asignen una prioridad a cada uno de los retos propuestos, siendo el jurado el que decidirá cual se abordará durante la Fase 3.

Destacar que cada uno de los 18 retos puede ser abordado por más de una empresa tractora. Aunque las propuestas presentadas por distintas empresas tractoras puedan tratar una temática común, la manera de abordarlo tecnológicamente puede ser distinta. De este modo, la competencia entre empresas en un mismo reto tecnológico será



beneficioso para el desarrollo de la base industrial y tecnológica que se pretende impulsar desde EEBA.

Las universidades, tanto públicas como privadas **no** podrán participar como ejecutoras de los retos tecnológicos. Únicamente podrán participar PEMEEEs privadas con entidad jurídica propia.

## 2. FASES DEL PROYECTO

### Fase 1

Inicio: 24/sep/2025

Fin: 11/dic/2025

Actividades:

- Presentación de los 18 Retos Tecnológicos asociados con los EEBA por la Armada.
- Presentación de las empresas tractoras asociados al proyecto.
- Elaboración de las propuestas que abordan los retos tecnológicos por parte de las empresas tractoras.
- Preparación de las Bases de la Convocatoria.

### Fase 2

Inicio: 11/dic/2025

Fin: 31/mar/2026

Actividades:

Dividido en dos subfases:

#### **Subfase 1:** 11/dic – 28/feb

- Publicación de Bases de la Convocatoria
- Proceso de scouting entre PEMEEEs
- Presentación de las propuestas por parte de las PEMEEEs.

#### **Subfase 2:** 28/feb – 31/mar

- Constitución de la comisión de seguimiento y designación de los miembros del jurado.
- Revisión de la documentación administrativa de los candidatos.
- Comunicación de subsanación de la documentación administrativa.
- Análisis y cualificación técnica de las propuestas presentadas.
- Selección por parte del jurado de los retos que pasarán a la Fase 3.

### Fase 3

Inicio: 01/abr/2026

Fin: 24/sep/2026



Actividades:

- Trabajo colaborativo entre las empresas tractoras y las PEMEEEs seleccionadas.
- Favorecer el impulso de las iniciativas, la coordinación entre las empresas y la gestión de los aspectos operativos, técnicos y económicos del proyecto.
- Evaluar los resultados alcanzados al final de esta fase.

#### **Fase 4**

Semana Naval 2026.

Actividades:

- Presentación de resultados de los retos abordados por parte de las empresas tractoras.
- Designación de los retos ganadores, presentación del reto tecnológico y entrega de premios.
- Si procede, se realizará la entrega a las PEMEEEs participantes en la Fase 3 de un diploma acreditativo de su participación en el proyecto.
- A criterio de la Armada, los retos ya abordados en esta edición podrán pasar directamente la edición EEBA 2026/2027.

### **3. RETOS TECNOLÓGICOS**

La definición de los retos tecnológicos propuestos por las empresas tractoras se describen mediante las fichas técnicas del anexo II. Las PEMEEEs participantes en la convocatoria deberán presentar respuestas que aborden de manera total o parcial los requisitos incluidas en estas fichas.

### **4. PROPIEDAD INDUSTRIAL**

Los diferentes modelos para establecer un acuerdo de relación entre PEMEEEs y empresas tractoras se describen en el anexo III. Estos modelos, son las distintas opciones que las empresas tractoras y las PEMEEEs disponen para cerrar las condiciones de explotación del resultado de la colaboración, al final de la Fase 3, que deberá ser reflejado mediante un acuerdo contractual entre las dos partes. La Armada y FUNDITEC renuncian a reclamar cualquier derecho, en relación con la explotación de los resultados de EEBA.

### **5. REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN**

Podrán presentar propuestas que respondan a los retos incluidos en estas bases, y recogidos en el anexo II, aquellas empresas que acrediten su condición de ser pequeña empresa, microempresa o empresa emergente, conforme a la legislación española. De igual forma, en el momento de su participación en la Fase 2, deberá contar con personalidad jurídica, estar constituida legalmente en España y tener su domicilio social en territorio nacional.



Las empresas tractoras podrán proponer una PEMEEE con la que desean ejecutar el reto presentado. Dado que este proyecto se ajusta a los principios de transparencia y libre concurrencia, las PEMEEEs propuestas por las empresas tractoras deberán presentar sus solicitudes de participación en tiempo y en forma, quedando su selección final a la decisión del jurado, en los términos que se describen en el apartado 7.

En esta línea, la participación en el proyecto supone la aceptación íntegra e incondicional de estas bases, sin salvedades ni condicionantes. La aceptación de las presentes bases conlleva para los beneficiarios las siguientes obligaciones:

- Cumplir y acreditar todos los requisitos necesarios.
- Cumplir las condiciones generales establecidas en las presentes bases reguladoras.
- En caso de ser seleccionado para la Fase 3, el compromiso de participación en el evento de la Fase 4.
- Hallarse al corriente con el cumplimiento de sus obligaciones tributarias y frente a la Seguridad Social.

## 6. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR Y PLAZOS

Los candidatos deberán presentar su propuesta desde el día de la publicación de la presente convocatoria hasta el cierre de esta el 16 de Febrero de 2026 a las 13:59 (CET). No se admitirán solicitudes que se reciban fuera de este plazo.

Cada PEMEEE podrá presentar solo una propuesta y la solicitud de participación deberá acompañarse de la siguiente documentación:

- Solicitud de participación en el proyecto EEBA 2025/2026, según modelo del anexo IV.
- Memoria descriptiva de la solución propuesta, según modelo anexo V.
- Anexo VI Declaración responsable.
- Copia de la tarjeta acreditativa del número de identificación fiscal (CIF).
- Copia del DNI del representante legal.
- Logotipo de la empresa (formato JPG).

A continuación, se detallan los plazos que acompañarán al resto del proceso:

Fecha y Hora	Actividad	Responsable
16/02/2026 a las 13:59 (CTE)	Entrega propuesta participación.	PEMEEEs
20/02/2026 a las 13:59 (CTE)	Publicación acta provisional de admitidos y excluidos.	Comisión de seguimiento
25/02/2026 a las 23:59 (CTE)	Subsanación de documentación.	PEMEEEs
27/02/2026 a las 13:59 (CTE)	Publicación acta definitiva de admitidos y excluidos.	Comisión de seguimiento
09/03/2026 a las 13:59 (CTE)	Publicación acta de PEMEEEs seleccionadas para la Fase 3.	Jurado

Toda la documentación debe remitirse al correo [info@eebachallenge.es](mailto:info@eebachallenge.es), incluyendo como asunto: **[NOMBRE DE LA PEMEEE]\_Participación Desafío EEBA\_[NUMERO DE RETO]**.

## 7. COMISIÓN DE SEGUIMIENTO Y JURADO

### Comisión de seguimiento

La comisión de seguimiento, presidida por el Almirante Subdirector de Ingeniería de la Dirección de Ingeniería y Construcción Naval de la Armada (ASUBDING) y compuesta por los miembros que designe la ASUBDING, el CDTI y la colaboración de FUNDITEC, garantizará que se cumplen los fechas e hitos de la Fase 2, y que las propuestas recibidas cumplen con los requisitos legales, administrativos y técnicos necesarios para ser admitidas:

1. Análisis preliminar de los proyectos: revisión por la comisión de seguimiento del cumplimiento de los requisitos y de la documentación administrativa de las candidaturas.
2. Publicación del acta con el listado provisional de excluidos y admitidos, en la web de AINDEF. Cada candidatura recibirá adicionalmente una notificación individual vía correo electrónico.
3. Subsanación. Los candidatos excluidos contarán con un plazo de tres (3) días hábiles para subsanar los defectos hallados en la documentación. Dicha documentación será posteriormente revisada por la comisión de seguimiento como órgano competente para determinar las candidaturas aceptadas.
4. Publicación del acta con las listas definitivas de admitidos y excluidos administrativamente en la web de AINDEF.
5. Elaboración de un informe técnico, con el apoyo y participación de las empresas tractoras, cualificando las propuestas presentadas por las PEMEEEs en función de su grado de cumplimiento, idoneidad e interés en relación con los retos presentados en el anexo II.

Al finalizar la Fase 3, la comisión de seguimiento evaluará los resultados obtenidos a lo largo de dicha fase y elevará sus recomendaciones al jurado.

### Jurado

Para la selección de las propuestas ganadoras, se constituirá un jurado, con la siguiente composición:

- Presidencia: Almirante Director de Ingeniería y Construcciones Navales (ADIC).
- Vocales:
  - 2 vocales a designar por la Armada
  - 1 vocal a designar por el CDTI
- Secretario: a designar por FUNDITEC
- El jurado se reunirá en dos ocasiones:
  - **La primera**, durante la Fase 2, para seleccionar las propuestas presentadas por las PEMEEEs que deben pasar a la Fase 3.
  - **La segunda**, al finalizar la Fase 3, tras la consideración del informe emitido por la comisión de seguimiento, determina:
    - Los dos proyectos con mejores resultados, tras la realización de la Fase 3, en base a los siguientes criterios:
      - Adecuación a los objetivos establecidos en la ficha descriptiva del reto, o



- Disrupción e Innovación en las propuestas tecnológicas, o
- Tener mayor interés potencial para la Armada.
- Las PEMEEEs mejor valoradas, tendrá un premio especial valorado en 15.000 euros (€) y la segunda, de 7.500 euros (€).

Tras la evaluación efectuada, la Armada podrá seleccionar propuestas para que pasen directamente a la Fase 3 del proyecto EEBA 2026/2027, siempre y cuando se cumplan las condiciones preestablecidas:

- Que se renueve el acuerdo entre la PEMEEE y la empresa tractora.
- Que exista disponibilidad de financiación.

La empresa tractora y la PEMEEE, podrán iniciar la Fase 3 del proyecto EEBA 2026/2027 en fecha a determinar por la Armada.

## 8. APOYO A LAS PEMEEEs DURANTE LA FASE 3

Las PEMEEEs que hayan sido seleccionadas por el jurado en la Fase 2, recibirán un apoyo económico durante la Fase 3, en los términos y condiciones y con los requisitos que se establezcan. El objetivo es garantizar su dedicación y compromiso al desarrollo de los objetivos acordados al reto en el que estarán trabajando.



## ANEXO I: FICHA DESCRIPTIVA RETOS TECNOLÓGICOS ARMADA

### BLOQUE IA

#### RETO 1. Toma de decisiones autónoma explicable en entornos complejos

##### Descripción

El objetivo es desarrollar un sistema de Inteligencia Artificial que dote al buque autónomo de una capacidad real de adaptación táctica, que le permita modificar su comportamiento operativo ante cambios inesperados en el entorno o en las órdenes recibidas. Este comportamiento adaptativo debe estar sustentado por sistemas de inteligencia artificial robusta y explicable (XAI), capaces de tomar decisiones autónomas en escenarios complejos, con justificación comprensible para operadores humanos, sin comprometer la seguridad táctica.

##### Objetivo

Diseñar un módulo de control inteligente embarcado que permita la toma de decisiones autónoma, explicable y adaptativa, asegurando la continuidad de la misión y la resiliencia operativa del buque en escenarios dinámicos, hostiles e inciertos, minimizando la necesidad de intervención humana.

##### Ideas

- Algoritmos de planificación autónoma basados en Machine Learning.
- Sistemas de justificación automática de decisiones en lenguaje natural estructurado.
- Evaluación de acciones pasadas y aprendizaje supervisado por humanos.

#### RETO 2. Fusión de datos y visión táctica compartible

##### Descripción

Implementar capacidades de IA en un sistema embarcado en un buque autónomo que permita integrar datos de múltiples sensores en tiempo real (imágenes EO/IR, radar, AIS, comunicaciones, sónar, meteorología, etc.) para generar una presentación táctica coherente, precisa y contextualizada del entorno marítimo. El sistema debe ofrecer una representación táctica comprensible, tanto para operadores humanos como para otros sistemas automatizados, y ser fácilmente compartible con otras plataformas y nodos de mando.

##### Objetivo

Diseñar una herramienta de fusión sensorial inteligente y visualización táctica adaptativa, que genere en tiempo real una conciencia situacional unificada, confiable y compartible, mejorando la toma de decisiones autónoma o asistida en buques autónomos y unidades conectadas.

##### Ideas

- Combinación de datos de múltiples sensores basado en IA con resiliencia a pérdidas o distorsión de datos.
- Autoevaluación de fiabilidad de sensores y priorización adaptativa de fuentes.
- Evaluador de consistencia y calidad de datos.

### RETO 3. Coordinación inteligente de enjambres robóticos navales

#### Descripción

Aplicar inteligencia artificial para coordinar enjambres de sistemas no tripulados (USV, UAV, UUV) desde el buque autónomo, permitiendo misiones cooperativas de reconocimiento y vigilancia sobre y bajo la superficie, defensa perimetral del buque o guerra de minas. La IA debe gestionar comunicación, asignación de tareas y adaptación a fallos o cambios en el entorno de forma autónoma y eficiente.

#### Objetivo

Prototipar un sistema de control inteligente de enjambres embarcado, con capacidades de planificación distribuida, resiliencia ante fallos de nodos, y toma de decisiones táctica en red, alineado con objetivos de misión navales.

#### Ideas

- Algoritmos bioinspirados con control descentralizado.
- Lógica de enjambre reconfigurable y adaptable a nivel de misión.
- Interfaz hombre-máquina para supervisión táctica y delegación de control.

### RETO 4. Gestión inteligente del consumo energético a bordo.

#### Descripción

Aplicar técnicas de inteligencia artificial para optimizar la gestión energética de los sistemas embarcados en un buque autónomo, considerando la carga computacional, los sensores activos y las necesidades de propulsión. Las soluciones deberán identificar patrones de consumo, prever demandas futuras y aplicar estrategias de ahorro que no comprometan la autonomía operativa del buque. Se valorará especialmente el enfoque hacia eficiencia energética y sostenibilidad.

#### Objetivo

Desarrollar un módulo inteligente de gestión energética embarcado, basado en IA, que permita optimizar de forma autónoma el consumo global del buque autónomo en función del contexto operativo, las prioridades de misión y el estado de carga, extendiendo su autonomía sin intervención humana.

#### Ideas

- Predicción de demanda energética basada en contexto operacional.
- Priorización autónoma de recursos energéticos según modo de misión.

- Optimización distribuida entre subsistemas mediante IA colaborativa.

## BLOQUE CONCIENCIA SITUACIONAL

### RETO 5. Sistemas de visión inteligente.

#### Descripción

Los buques, cada vez tienen mayor cantidad y capacidad en sistemas ópticos para detección de objetos de interés en base a las imágenes de los diferentes sistemas de cámaras electroópticas e infrarrojas disponibles a bordo. El desarrollo de la aplicación debe ser capaz de recoger la información de diversas cámaras de diferentes tipologías (SVO, IRST, CCTV, LIDAR) y, con la composición de imágenes, crear una imagen única 360º y en condiciones ambientales adversas, donde se detecten y clasifiquen elementos del entorno del buque, dando aviso de los más críticos, y compatible en formato SAPIENT, la actitud y elevación del objeto.

#### Objetivo

Desarrollar un SW para plataforma COTS que integre datos visuales heterogéneos, con apuntamiento fijo y/o móvil, para crear una imagen única con la composición de las mismas. Aplicar técnicas de reconocimiento visual para detección y clasificación de elementos relevantes y su transmisión a otros sistemas.

#### Ideas

- Fusión de datos de fuentes visuales EO/IR y trazas RADAR/AIS, en una sola imagen y orientada a un operador y una misión.
- Creación de una imagen mejorada, y modos de presentación como son navegación, registro, reaprovisionamiento en la mar, o contraminado.
- Reconocimiento visual para detección, clasificación y seguimiento robusto de objetivos.

### RETO 6. Realidad aumentada/mixta

#### Descripción

En la navegación cada vez se ofrecen más sistemas SVO de apoyo, con conexión a gafas VR como prismáticos de vigilancia de navegación y vigía, controlando el apuntamiento de las cámaras y también cámaras de SVO con apuntamiento de las gafas VR. Esto permite evitar posibles ángulos ciegos en los puentes de navegación y o la operación desde puente auxiliar. Las gafas VR deben disponer de una serie de controles como son el zoom, cambio de EO/IR, y demarcación de líneas como alidada electrónica. Adicionalmente, la conexión con las gafas permitirá la operación de remota del buque de manera deslocalizada.

#### Objetivo

Desarrollar un software vinculado a visores de gafas VR para controlar una o varias cámaras SVO. Se desean varios modos de control como control de apuntamiento, zoom, alidada, etc. Desarrollar módulos específicos de aplicación en submarino y contraminado. Grabación y

capacidad de simular escenarios críticos, (baja visibilidad, fallo de sensores, abordajes), tanto en buque como en tierra.

#### **Ideas**

- Apoyo a la navegación en zonas de alta demanda, y mejora de la consciencia situacional del mismo.
- Integración en gafas tipo VR.
- Apoyo al entrenamiento, y simulación de ejercicios de situaciones extremas.
- Presentación de control para UxV remotamente pilotados.

## **RETO 7. PNT**

#### **Descripción**

Por la creciente complejidad de las ECM en el campo de batalla, los sistemas PNT también deben incrementar su capacidad y, por tanto, su coste. Para armamento guiado o sistemas UAS de bajo coste tipo Small, Mini y Micro o RHIBs, el coste de los sistemas PNT empiezan a ser superiores al de la plataforma donde radica.

#### **Objetivo**

Desarrollar un sistema de posicionamiento para guiado en corto alcance de las plataformas menores, como apoyo a los sistemas autónomos del buque. Contará con uno o varios sistemas de bajo coste mediante técnicas de descryptado de señales PNT deslocalizada, sistemas de guiado ópticos, sónicos (para el caso de AUV) o radio (sistemas radar o hiperbólicos).

#### **Ideas**

- Uso de los enlaces de comunicaciones links ya disponibles como el AIS, o radios tácticas.
- Uso futuras comunicaciones como 5G para las tareas de comunicación en equipos miniaturizados.
- Uso de redes propias y externas para su localización.

## **BLOQUE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN**

## **RETO 8. Autopistas de la Información**

#### **Descripción**

La implementación de buques autónomos representa una evolución disruptiva en las operaciones navales, integrando instrumentos como sistemas ciber-físicos avanzados, inteligencia artificial y comunicaciones navales.

#### **Objetivo**

Desarrollar una infraestructura que permita garantizar la conectividad, seguridad, interoperabilidad y eficiencia del flujo de información entre buques autónomos, infraestructuras

navales y centros de control mediante el desarrollo e integración de autopistas de la información robustas, seguras y adaptadas al entorno marítimo.

#### **Ideas**

- Creación de nodos 5G portátiles embarcados con conmutación satélite/terrestre incorporando redes mesh dinámicas con enrutamiento inteligente.
- Integración de módulos IA en UXVs para evitar la congestión de la información clasificando la priorización/transmisión/destino de los datos generados a bordo.
- Enrutamiento automático de información mediante la clasificación del tráfico por contexto aplicando el concepto MASN (combate, navegación, mantenimiento) y uso de políticas adaptativas.

## **RETO 9. Procesamiento Cuántico**

### **Descripción**

El procesamiento cuántico representa una frontera emergente con potencial para transformar radicalmente la toma de decisiones, el modelado predictivo y la optimización de operaciones. Sin embargo, su adopción en entornos navales plantea múltiples desafíos técnicos, operativos y de integración.

### **Objetivo**

Explorar y desarrollar soluciones tecnológicas que integren o aprovechen el procesamiento cuántico para mejorar la toma de decisiones, la seguridad y la eficiencia operativa de los buques autónomos, enfrentando los desafíos de latencia, procesamiento de datos y criptografía avanzada en entornos navales.

#### **Ideas**

- Creación de módulos compactos de QKD integrables en nodos de comunicaciones navales.
- Desarrollo de herramientas para la simulación de entornos navales complejos, predicción de trayectorias o rutas evasivas ante amenazas.
- Desarrollo de paquetes de criptografía postcuántica (PQC) que simulen los efectos de ataques cuánticos sobre los sistemas de cifrado actuales.

## **RETO 10. Fotónica**

### **Descripción**

En el contexto de los buques autónomos, la fotónica puede habilitar nuevas capacidades como:

- Sensores ópticos avanzados (LIDAR, espectroscopia, visión infrarroja) en navegación, detección de obstáculos y vigilancia en condiciones adversas.
- Comunicaciones ópticas (láser) que ofrecen alta velocidad y baja latencia, tanto a bordo como entre buques o con estaciones costeras/satélites.

- Procesamiento de señales ópticas para aumentar la velocidad y eficiencia del análisis de datos sin depender exclusivamente de la electrónica convencional.
- Fibra óptica embebida en estructuras del buque para monitorización estructural (SHM<sup>1</sup>), vibraciones, presión y temperatura, en tiempo real y con alta precisión.

### Objetivo

Impulsar el desarrollo e integración de tecnologías fotónicas aplicadas a la navegación, sensorización y comunicación entre buques autónomos, para mejorar su autonomía operativa, seguridad en la navegación y capacidad de percepción del entorno.

### Ideas

- Desarrollo de un terminal óptico estabilizado capaz de mantener enlaces láser de alta velocidad con satélites LEO.
- Integración de sensores distribuidos basados en fibra (rejillas de Bragg) que permitan identificar impactos, deformaciones o fatiga estructural.
- Implementación de una infraestructura óptica interior que interconecte sensores, sistemas de navegación, módulos de EW y centros de decisión.

## RETO 11. IoT Naval

### Descripción

El Internet de las Cosas Naval (IoT Naval) es un pilar clave para la evolución de los buques autónomos, ya que permite conectar sensores, sistemas y subsistemas embarcados y remotos, facilitando la recolección, transmisión y análisis de datos críticos en tiempo real. En un buque autónomo, los dispositivos IoT deben:

- Monitorizar continuamente sistemas clave del buque (propulsión, navegación, estructura, combustible, carga, medio ambiente).
- Detectar fallos o anomalías automáticamente mediante análisis predictivo.
- Interoperar entre sí y con infraestructuras portuarias, satelitales y de control remoto.
- Reaccionar ante eventos con o sin intervención humana directa, incluso en condiciones hostiles o de conectividad limitada.

### Objetivo

Desarrollar soluciones IoT avanzadas, seguras e interoperables que permitan a los buques autónomos operar como sistemas inteligentes, conectados y resilientes, optimizando su desempeño técnico, su autonomía operativa y su integración con infraestructuras navales y portuarias.

### Ideas

- Gateways embarcados con capacidad de *edge computing* y priorización de datos.
- Desarrollo de algoritmos embarcados de detección de fallos en sensores o sistemas (auto-health checks).

---

<sup>1</sup> Structural Health Monitoring



- Sincronización temporal de eventos procedentes de múltiples sensores.

## RETO 12. Gemelo Digital

### Descripción

Desarrollar un sistema de gemelo digital que integre inteligencia artificial para representar en tiempo real el estado físico, funcional y operativo de un buque autónomo. Este modelo virtual debe ser capaz de recoger, procesar y correlacionar grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, sistemas de navegación, motores y subsistemas críticos, para generar información útil en la toma de decisiones y el mantenimiento predictivo. Se valorarán soluciones que no solo reflejen el estado actual, sino que también anticipen comportamientos futuros, detecten anomalías y propongan acciones correctivas de forma autónoma.

### Objetivo

Diseñar un gemelo digital inteligente que permita monitorizar el estado del buque en tiempo real, facilitar la supervisión remota, predecir fallos o desviaciones operativas y servir de apoyo en simulaciones de misión o mantenimiento.

### Ideas

- Integración de motores de análisis predictivo y Machine Learning entrenados sobre el gemelo.
- Sistemas de ingesta y sincronización de datos operativos y del estado de los sistemas.
- IA predictiva con capacidad de anticipar fallos, alertar al sistema o al operador remoto, y proponer acciones correctivas.

## RETO 13. Nube de Combate

### Descripción

La Nube de Combate es un concepto complejo que implica todos los niveles táctico, operacional y estratégico, así como entornos nacionales o internacionales, para lo cual se integran plataformas, sensores, armas y sistemas de mando y control distribuidos, todos conectados en red para compartir datos de forma instantánea, segura y colaborativa en un entorno operativo. En el contexto de los buques autónomos la nube de combate plantea retos tecnológicos complejos, ya que estos buques deben:

- Interactuar en tiempo real con unidades navales, aéreas y terrestres.
- Operar como nodos activos de inteligencia, vigilancia, reconocimiento (ISR) y defensa en entornos multidominio (ciber, espacio, superficie, subsuelo).
- Procesar y compartir datos críticos (sensoriales, de amenazas, de posición) con baja latencia y máxima seguridad.
- Integrarse de forma autónoma y segura en redes militares descentralizadas y resilientes.

## Objetivo

Aplicación de una solución tecnológica que permita la integración segura, autónoma, eficiente y autogestionada de buques no tripulados mediante la gestión de datos e información y mejorando su capacidad para colaborar, compartir información táctica en redes distribuidas y resilientes, así como distribuyéndolos en tiempo real para facilitar la toma de decisiones y la ejecución de operaciones militares.

## Ideas

- Nodos de nube táctica federada multinodo (embarcada, aérea, satelital y costera) que se sincronizan de forma dinámica con centros de mando o entre buques.
- Coordinación autónoma de enjambres mediante cloud-edge distribuido para toma de decisiones colectiva.
- Arquitectura desacoplada con tolerancia a pérdida de conectividad.

## BLOQUE SAFETY, CIBERSEGURIDAD Y RESILIENCIA

### RETO 14. Automatización de ataques defensivos

#### Descripción

Diseñar un sistema embarcado capaz de detectar, categorizar y responder de forma autónoma ante ciberataques dirigidos a sistemas críticos del buque (navegación, comunicaciones, armas, sensores). Este sistema de ciberdefensa permitirá compartir indicadores de compromiso (IoC), coordinar respuestas y lanzar acciones defensivas colaborativas entre varios buques autónomos, estaciones remotas o nodos aliados, que permita.

#### Objetivo

Diseñar un sistema de ciberdefensa autónomo que permita un intercambio seguro de inteligencia, ejecute acciones defensivas automáticas, preservando seguridad del buque mediante la ejecución sincronizada de contramedidas (bloqueo, engaño, aislamiento) frente a ciberamenazas.

#### Ideas

- Aislamiento automatizado de segmentos de red y regeneración de sistemas.
- Intercambio de inteligencia según STANAG 5660.
- Integración de End-Point Detection and Response (EDR)/ Intrusion Detection System (IDS) embarcados con lógica autónoma de respuesta.

### RETO 15. Cifrado Homomórfico para la Nube de Combate

#### Descripción

Mejorar el procesamiento en tiempo real de datos sensibles cifrados, pudiendo delegar el cómputo a nodos no confiables sin riesgo de comprometer la confidencialidad e integridad de la información. Esto permitiría operaciones como análisis predictivo, toma de decisiones y fusión



de datos en entornos no totalmente confiables. La solución deberá ser compatible con computación en la nube en distintos niveles: *edge computing* (generación y recopilación de datos) y *fog computing*.

### Objetivo

Diseñar un prototipo funcional de cifrado homomórfico para el procesamiento de datos en tiempo real en una Nube de Combate, evaluando el equilibrio entre seguridad, rendimiento y latencia.

### Ideas

- Implementación de un marco de interoperabilidad homomórfica que permita realizar operaciones colaborativas sobre datos cifrados.
- Evaluación de cargas tácticas (targeting, logística, mantenimiento) sin exposición de datos.
- Acelerar el cómputo homomórfico sobre datos embarcados, reduciendo la latencia y optimizando el rendimiento.

## RETO 16. Detección de anomalías en entornos IoT Militar

### Descripción

Desarrollar un sistema de monitorización continua y detección en tiempo real que mediante modelos estadísticos y entrenamiento supervisado de datos sea capaz, mediante IA, identificar patrones complejos de amenazas en entornos IoT militares sin comprometer su operatividad debido a la naturaleza crítica, heterogénea y altamente sensible de estos sistemas.

### Objetivo

Diseñar un sistema de monitorización capaz de detectar anomalías en entornos IoT militares.

### Ideas

- Arranque autenticado y verificación de integridad en el BITE.
- Pruebas y simulaciones para validar la eficacia frente a amenazas emergentes (aprendizaje continuo).
- Modelos estadísticos y de IA para identificar patrones más complejos.

## RETO 17. Sistemas de detección adaptativos

### Descripción

Creación de arquitecturas software y hardware para la monitorización continua de datos para identificar posibles amenazas de seguridad. El sistema debe cambiar sus patrones de escaneo, validación cruzada y análisis de firma para evitar ser engañado, manteniendo su fiabilidad en entornos de guerra electrónica. El sistema debe adaptarse a nuevas amenazas no previstas sin necesidad de intervención humana directa, y debe incorporar capacidades de aprendizaje continuo seguro.



### **Objetivo**

Detectar amenazas o comportamientos anómalos de forma eficaz y dinámica, adaptándose a cambios en el entorno o en las tácticas de los atacantes.

### **Ideas**

- Algoritmos de detección de patrones de engaño y mimetización.
- Modulación adaptativa del comportamiento sensorial para confundir al atacante.
- Aprender de los datos en tiempo real mediante modelos de IA.

## **RETO 18. Sistemas embebidos de ciberseguridad**

### **Descripción**

Desarrollar soluciones de ciberseguridad embebida que protejan los sistemas de control industrial (ICS/SCADA), navegación, sensores y armas del buque autónomo frente a ataques en tiempo real. Estos sistemas deben operar con recursos limitados, latencias mínimas y alta fiabilidad, sin interferir con el funcionamiento de las plataformas a las que protegen.

### **Objetivo**

Prototipar módulos de ciberprotección embebidos directamente en los dispositivos y controladores del buque (PLC, RTU, sensores inteligentes), capaces de detectar y mitigar ataques sin necesidad de conectividad constante con sistemas externos.

### **Ideas**

- Registro auditable de pruebas y resultados para certificación de seguridad funcional.
- Sandboxing de nuevas versiones de software, algoritmos de IA o reglas de navegación autónoma.
- Integración con doctrinas OTAN para interoperabilidad y conformidad.

## ANEXO II: FICHA DESCRIPTIVA RETOS TECNOLÓGICOS POR LAS EMPRESAS TRACTORAS

### BLOQUE IA

#### RETO1: Toma de decisiones autónoma explicable en entornos complejos

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b></p> <p><i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i></p> <p><i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE IA – RETO1: Toma de decisiones autónoma explicable en entornos complejos</b></p> <p>La navegación autónoma actual depende en gran medida del GPS, lo que la hace vulnerable a interferencias, spoofing y pérdida de señal en entornos costeros o escenarios tácticos. Esta limitación reduce la capacidad operativa en misiones críticas y compromete la seguridad. El reto consiste en desarrollar un sistema que permita posicionar al vehículo sin GPS utilizando visión artificial (procesamiento de imágenes de videocámaras de navegación), datos inerciales y una cartografía náutica, aprovechando referencias visuales de la costa.</p> <p>El impacto esperado es una mayor resiliencia y autonomía en operaciones navales.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b></p> <p><i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>Este reto responde a la necesidad de dotar a los buques y sistemas autónomos de capacidades avanzadas de navegación en entornos donde el GPS no está disponible o es poco fiable. Se alinea directamente con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ RETO 1: “Toma de decisiones autónoma explicable en entornos complejos”, ya que la solución contribuye a la autonomía táctica al permitir que el sistema mantenga la navegación y cumpla la misión incluso ante pérdida de GPS, reduciendo la necesidad de intervención humana.</li> <li>✓ RETO 2: “Fusión de datos y visión táctica compartible”, dado que el posicionamiento sin GPS requiere integrar información procedente de múltiples fuentes (cartografía, vídeo 360º, cámara IR, datos inerciales) para generar una conciencia situacional coherente y fiable.</li> <li>✓ RETO 5 “Sistemas de visión inteligente”, porque la solución se basa en el procesamiento avanzado de imágenes para detectar referencias costeras y elementos del entorno, mejorando la navegación en condiciones adversas y reforzando la seguridad.</li> </ul> <p>Este reto no solo incrementa la autonomía y resiliencia de las operaciones navales, sino que también impulsa la innovación tecnológica en sistemas de percepción y control, contribuyendo a la superioridad tecnológica de la Armada en entornos GPS-denied.</p>

### Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado

#### ¿Cómo?

- *Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.*
- *Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.*
- *Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución*

Se busca desarrollar una solución innovadora para posicionarse sin GPS mediante visión artificial, datos inerciales y cartografía náutica, validada en entorno real.

#### Objetivos técnicos y funcionales:

- Algoritmo robusto para estimación de posición para vehículo de superficie que no dispone de señal de posicionamiento por GPS. Sólo dispone de sistema inercial, referencias visuales mediante cámaras (incluida vista IR) y cartografía náutica.
- Integración con cartografía náutica digital.
- Integración con flujos de video de varias cámaras que cubren 360º el entorno de navegación.
- Integración con cámara IR tipo PTZ para mejorar la percepción en condiciones adversas
- Potencialidad de validación en entorno real.

TRL mínimo de partida de la tecnología: 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio).

TRL deseado alcanzado una vez finalice el reto: 6 (Modelo de sistema o subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante).

La validación se realizará en un vehículo real que aportará la empresa tractora.

### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

#### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Viabilidad técnica y económica: se evaluará la solidez técnica del planteamiento, la madurez tecnológica (TRL), la claridad en la integración con sistemas navales existentes y la justificación del presupuesto y recursos necesarios.
2. Potencial de integración en sistemas navales: se analizará la compatibilidad con los estándares OTAN/UE, la facilidad de integración en arquitecturas de combate, mando y control, y la interoperabilidad con otros sistemas de la Armada.
3. Escalabilidad: se tendrá en cuenta la capacidad de la solución para adaptarse y ampliarse a diferentes tamaños de vehículos de superficie.
4. Impacto en la capacidad operativa de la Armada: se valorará la mejora tangible en autonomía, resiliencia, seguridad y eficacia de las operaciones navales, así como la contribución a la reducción de vulnerabilidades y al incremento de la superioridad tecnológica.
5. Grado de innovación: se valorará la originalidad y el carácter disruptivo de la solución propuesta, así como la aplicación de tecnologías emergentes que aporten ventajas competitivas respecto al estado del arte.

## Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

### ¿Por qué?

- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...
- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración
- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA

#### Para la Armada Española:

- Incremento de la resiliencia operativa en escenarios donde el GPS no está disponible o es vulnerable
- Mejora de la seguridad en la navegación autónoma y reducción de riesgos en misiones críticas.
- Optimización de costes operativos al reducir la dependencia de sistemas externos.
- Refuerzo de la capacidad tecnológica nacional en el ámbito de la defensa.

#### Para la empresa tractora:

- Alineación con la estrategia de I+D de la empresa y posicionamiento en tecnologías de navegación autónoma avanzada.
- Validación de la solución en plataforma real de pruebas USV Poniente.
- Interés en la integración de la solución en futuros programas navales y duales (civil/militar).

### Resultados e indicadores de éxito esperados:

- ✓ Algoritmo funcional desplegado en el USV Poniente.
- ✓ Pruebas con resultados satisfactorios en precisión de localización, robustez ante pérdida de GPS y tiempo de respuesta.

#### KPIs:

- Error de posicionamiento medio comparando datos con GPS de abordo.
- Tiempo medio de convergencia del algoritmo.

## Empresa: Recursos disponibles y necesarios

### ¿con qué?

- Aportados por la PEMEEE
- Requeridos por la empresa tractora
- Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.

#### Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Experiencia en integración de sistemas autónomos y operación de USV.
- ✓ Acceso al USV Poniente y su infraestructura, para disponer de los flujos de videos de las cámaras (rtsp) y variables del sistema inercial (vía DDS)
- ✓ Pruebas de validación en USV Poniente, aportando USV Poniente y escenarios reales de operación en las costas de la Bahía de Cádiz.

#### Requeridos a la Armada:

- Definición de posibles casos de uso.

- Colaboración en la evaluación de resultados.

Interoperabilidad con sistemas existentes del USV Poniente. Garantía de confidencialidad en el desarrollo y explotación de resultados.

#### **Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

- Titularidad compartida de los resultados según aportaciones y acuerdos previos.
- Licencias de uso para la Armada y posibilidad de explotación dual (civil/militar).
- Fomento de la colaboración con universidades, centros tecnológicos y consorcios especializados en visión artificial, navegación y robótica.
- Establecimiento de acuerdos de confidencialidad y protección de resultados.

## RETO 2: Fusión de datos y visión táctica compartible

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b></p> <p><i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i></p> <p><i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE IA – RETO 2: Fusión de datos y visión táctica compartible</b></p> <p>La propuesta se enmarca dentro del Reto 2 del Buque Autónomo: dotar al buque de Fusión de datos y visión táctica compartible, dentro del Bloque IA, para diseñar una herramienta de fusión sensorial inteligente y visualización táctica adaptativa, que genere en tiempo real una conciencia situacional unificada, confiable y compartible, mejorando la toma de decisiones autónoma o asistida en buques autónomos y unidades conectadas.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b></p> <p><i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>El objetivo de este proyecto es crear un sistema que permita al buque entender su entorno, tomar decisiones seguras y compartir su situación con otros actores (tripulación, otros buques o centros de control) gracias al uso de inteligencia artificial y visualización avanzada.</p> <p>Queremos que el buque pueda ver, comprender y actuar de forma autónoma incluso en condiciones difíciles (niebla, lluvia, interferencias), combinando información de cámaras, radares, sónares y otros sensores. Todo ello con una interfaz clara para que el operador humano entienda en todo momento qué está pasando y por qué el sistema toma ciertas decisiones.</p>
Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado
<p><b>¿Cómo?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>- Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.</i></li> <li><i>- Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.</i></li> <li><i>- Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución</i></li> </ul> <p>Implementar capacidades de IA en un sistema embarcado en un buque autónomo que permita integrar datos de múltiples sensores en tiempo real (imágenes EO/IR, radar, AIS, comunicaciones, sónar, meteorología, etc) para generar una presentación táctica coherente, precisa y contextualizada del entorno marítimo.</p> <p>El sistema debe ofrecer una representación táctica comprensible, tanto para operadores humanos como para otros sistemas automatizados, y ser fácilmente compartible con otras plataformas y nodos de mando</p>

#### Objetivo técnicos y funcionales:

- Unir la información de todos los sensores: el sistema recopila datos del entorno y los combina para crear una imagen única y coherente del escenario marítimo.
- Analizar y priorizar la información: agentes de IA evalúan la fiabilidad de cada sensor, detectan anomalías y destacan los elementos más relevantes (otros buques, obstáculos, riesgos).
- Apoyar la toma de decisiones: el sistema aplica las reglas marítimas (COLREGs) para recomendar maniobras seguras o asistir en la navegación autónoma.
- Mostrar la situación al operador: una interfaz 2D/3D presenta el entorno con colores, símbolos y niveles de confianza fáciles de entender.
- Aprender y adaptarse: el sistema registra los eventos y mejora su comportamiento con la experiencia, siempre bajo supervisión.
- Arquitectura modular basada en MCP servers, que actúen como conectores seguros para cada tipo de tare, para que los agentes IA colaboren entre sí. Los agentes de IA trabajan como asistentes especializados: uno interpreta imágenes, otro valida datos, otro detecta comportamientos anómalos y otro ayuda a planificar rutas.

TRL mínimo de partida de la tecnología: 3 (Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica).

TRL deseado alcanzado una vez finalice el reto: 4-5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio y/o entorno relevante).

El TRL de llegada dependerá del estado de madurez inicial de la tecnología proporcionada por la PEMEEE atendiendo a los plazos de la Fase 3.

#### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

##### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Impacto operativo: reducción de la carga de trabajo del personal a bordo, y mejora de la seguridad por la reducción de errores manuales.
2. Viabilidad técnica: integración con sistemas del buque y ciberseguridad.
3. Escalabilidad: portabilidad a otras clases de buque y arquitecturas.
4. Coste-beneficio
5. Plan de mantenimiento/soprote.

#### Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

##### ¿Por qué?

- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...

- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración

- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA

Para la Armada Española:

- Mejora la seguridad y conciencia situacional en todo momento.



- Reduce la carga de trabajo del personal a bordo.
- Permite colaborar con otras plataformas y centros mediante datos unificados.
- Facilita la evolución hacia operaciones marítimas autónomas y sostenibles.

Para la empresa tractora:

- Transferencia de metodologías IA/DT al ámbito naval y avance en el TRL.
- Mentoring y know-how en integración y operación en misión, aportando equipo técnico y toolchain de desarrollo.

**Resultados e indicadores de éxito esperados:**

Entregables:

- ✓ Plataforma MC2 con IA (versión piloto).
- ✓ Conectores a sistemas existentes y supervisión con tablero de KPIs.
- ✓ Informes de validación y prueba a bordo; manuales y formación de dotación.

KPIs medibles (objetivo inicial):

- TBD

**Empresa: Recursos disponibles y necesarios**

***¿con qué?***

- *Aportados por la PEMEEE*
- *Requeridos por la empresa tractora*
- *Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.*

Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Módulos SW IA, metodología de desarrollo de aplicaciones IA para de MC2
- ✓ Infraestructura de desarrollo.

Requeridos a la Armada:

- Base de Datos de prueba.
- Listado de sensores, información de sensores, tipo de conector, esquemas de interfaces.

**Cumplimiento normativo**

- Ciberseguridad: diseño secure-by-design (segmentación, listas blancas, control de integridad SW, endurecimiento de SO).
- Datos y confidencialidad: NDA, gobierno del dato, anonimización cuando proceda; repositorio seguro para históricos y logs.
- Plazos:
  - Análisis inicial: definir sensores, necesidades y objetivos.
  - Prototipo de laboratorio: probar la fusión de datos y los primeros agentes.
  - Piloto en el buque: validar el sistema en navegación real.
  - Despliegue completo: incorporar seguridad, mantenimiento y conexión con centros de control

**Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

- Código y modelos desarrollados por NTT DATA/PEMEEES con posibilidad de licencia a la Armada para su uso en la clase de buque definida.
- Entregables documentados (interfaces, modelos, procedimientos) para favorecer transferencia y escalabilidad.
- Apertura a colaboraciones con universidades/centros tecnológicos, PEMEEES.
- Protección de PI/know-how previa a difusión pública; régimen de confidencialidad y control de acceso acordado con la Armada.

## RETO 3: Coordinación inteligente de enjambres robóticos navales

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b>  <i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i>  <i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE IA – RETO 3: Coordinación inteligente de enjambres robóticos navales</b></p> <p>La creciente autonomía de los sistemas navales no tripulados plantea la necesidad de dotarlos de capacidades avanzadas de percepción y evitación de obstáculos, tanto fijos como móviles. Actualmente, los barcos autónomos carecen de algoritmos robustos de "sense and avoid" capaces de operar en entornos complejos y dinámicos, donde intervienen otros buques, condiciones meteorológicas cambiantes o limitaciones de visibilidad. Esta carencia limita su despliegue seguro y su integración en misiones conjuntas con unidades tripuladas. El desarrollo de una tecnología nacional de detección y evitación autónoma permitirá incrementar la seguridad operacional, reducir el riesgo de colisiones y optimizar la navegación cooperativa de enjambres de drones marinos. Su impacto esperado en la Armada Española es la mejora de la autonomía táctica y la capacidad de operar en escenarios complejos sin intervención humana continua.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b>  <i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>Este reto se alinea con los objetivos de transformación digital y superioridad tecnológica de la Armada Española, enmarcados en las líneas de acción de la Estrategia de Innovación en Defensa (COINCIDENTE y CDTI-MINISDEF). El desarrollo de sistemas navales inteligentes, cooperativos y seguros constituye un vector clave para la evolución de las operaciones navales no tripuladas.</p>
Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado
<p><b>¿Cómo?</b>  <i>- Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.</i>  <i>- Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.</i>  <i>- Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución</i></p> <p>Se busca desarrollar algoritmos de "sense and avoid" para enjambres de drones marinos, con la empresa tractora como responsable de su integración y validación: desarrollar algoritmos de percepción y planificación de trayectorias basados en sensores (cámaras, radar, LIDAR o combinaciones) que permitan a un barco autónomo detectar y esquivar obstáculos de forma segura.</p> <p><b>Objetivos técnicos y funcionales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de normas de navegación COLREGS</li> </ul>

- Operación en entorno multiagente.

TRL mínimo de partida de la tecnología: 3 (Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica).

TRL Deseado de llegada de la tecnología: 5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante).

### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

#### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

6. Grado de innovación.
7. Viabilidad técnica y económica.
8. Escalabilidad y modularidad de la solución.
9. Potencial de integración en sistemas navales de la Armada.
10. Impacto directo en la capacidad operativa y la seguridad de navegación.

### Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

#### ¿Por qué?

*- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...*

*- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración*

*- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA*

#### Para la Armada Española:

- aumento de la seguridad de operación de plataformas no tripuladas,
- reducción del riesgo de colisión y mejora de la coordinación en enjambres cooperativos.
- Contribuye a la independencia tecnológica y a la capacidad de interoperabilidad OTAN.

#### Para la empresa tractora:

- fortalecimiento de su posición en I+D naval,
- desarrollo de metodologías de integración y validación de inteligencia embarcada,
- apoyo en mentoring técnico PEMEEEs.

#### **Resultados e indicadores de éxito esperados:**

Validación progresiva de los algoritmos de percepción y evitación en dos fases: demostración de prueba de concepto en laboratorio y posterior validación del componente en un entorno relevante mediante simulación avanzada o plataforma USV controlada

- ✓ Precisión en la detección y clasificación de obstáculos >90% en entorno controlado y >80% en entorno relevante.
- ✓ Capacidad de reacción ante obstáculos estáticos y dinámicos con tiempos de respuesta inferiores a valores de referencia definidos en la fase de diseño (por definir).
- ✓ Cumplimiento verificable de reglas COLREGS en escenarios representativos.
- ✓ Estabilidad y repetibilidad del comportamiento del módulo de planificación de trayectorias en pruebas experimentales y simuladas.

### Empresa: Recursos disponibles y necesarios

#### *¿con qué?*

- *Aportados por la PEMEEE*
- *Requeridos por la empresa tractora*
- *Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.*

#### Aportados por la empresa tractora:

- ✓ experiencia en control de enjambres de USV.
- ✓ validación de software.

#### Requeridos a la Armada Española:

- acceso a escenarios de validación
- asesoramiento operativo

Los desarrollos deberán respetar las directrices europeas de seguridad en sistemas autónomos marinos. Se requerirá la firma de acuerdos de confidencialidad con respecto a la información compartida.

### Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

La titularidad de los resultados generados se acordará entre ambas empresas. Se establecerán acuerdos claros de licencias para el uso y explotación de los desarrollos realizados por la PEMEEE. Se fomentará la colaboración con universidades, centros tecnológicos y consorcios especializados en sistemas autónomos y robótica, con el fin de potenciar la innovación y facilitar el acceso a recursos científicos y técnicos adicionales.

## RETO3: Coordinación inteligente de enjambres robóticos navales

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b></p> <p><i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i></p> <p><i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE IA – RETO 3: Coordinación inteligente de enjambres robóticos navales</b></p> <p>La Armada busca reforzar su capacidad de vigilancia y reconocimiento sobre y bajo la superficie en áreas muy extensas, con escenarios cambiantes y, en ocasiones, con comunicaciones degradadas. Hoy por hoy, la coordinación de varios vehículos no tripulados (Unmanned vehicles o UVs) al mismo tiempo (aéreos y/o marinos) resulta compleja: la cobertura es discontinua, la respuesta ante incidencias no es óptima y no existe una herramienta sencilla que permita al personal planificar, supervisar y adaptar la misión de un grupo numeroso de estos sistemas desde el propio buque. Mas aún, no existe una herramienta que permita funcionar a estos UxVs de manera autónoma para completar una misión designada.</p> <p>Se propone desarrollar un prototipo de software (aplicación) que permita controlar y coordinar un enjambre de vehículos no tripulados desplegados desde buque para actuar en una gran extensión de manera autónoma, inteligente y coordinada. La solución permitirá planificar la misión, asignar acciones a cada vehículo y cambiar de modo por plataforma.</p> <p>Mediante un sistema de prioridades cada UV tomará decisiones individuales o en grupo cuando surja una alerta y se repartirán los recursos de forma ordenada y comprensible para el operador. Todo ello se gestionará desde una interfaz sencilla, adecuada para el personal a bordo.</p> <p>Cada decisión o reconfiguración autónoma quedará registrada para su revisión posterior por el operador, garantizando trazabilidad y control humano significativo sobre las acciones del enjambre.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b></p> <p><i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>El reto de “Coordinación inteligente de enjambres robóticos navales” se enmarca directamente en la visión tecnológica de la Armada hacia 2050, que busca una Fuerza Naval vanguardista, interoperable y preparada para operar en el multidominio, integrando sistemas no tripulados (UxV) y capacidades autónomas distribuidas como elementos decisivos en el combate.</p> <p>En el entorno operativo descrito por ARMADA 2050, caracterizado por una mayor complejidad, interconexión de dominios y necesidad de respuesta rápida, la coordinación autónoma de enjambres de UxV permite reforzar la proyección del poder naval, el control del mar y la acción marítima en escenarios de alta intensidad o zona gris.</p> <p>El reto se alinea también con la línea estratégica de la EEBA (Elementos Esenciales del Buque Autónomo), que persigue desarrollar un ecosistema de inteligencia embarcada para la toma de decisiones distribuida y la gestión cooperativa de unidades no tripuladas. Este concepto potencia</p>

el modelo de buque como nodo inteligente dentro de una nube de combate naval, con capacidad de operar enjambres coordinados de USV, UAV y UUV en misiones de reconocimiento, defensa perimetral...

Este reto impulsa la transformación digital y tecnológica de la Armada hacia un modelo operativo más autónomo, resiliente y conectado, alineado con los objetivos de soberanía tecnológica, sostenibilidad e innovación definidos en ARMADA 2050.

### **Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado**

#### **¿Cómo?**

- *Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.*
- *Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.*
- *Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución*

Desarrollo de inteligencia distribuida para coordinar enjambres robóticos navales autónomos de diferente tipología y funcionalidad, clave para la Armada 2050 y el futuro buque inteligente, interoperable y multidominio.

La arquitectura propuesta se basará en interfaces abiertas y protocolos estandarizados, favoreciendo su futura integración con sistemas navales y entornos interoperables OTAN.

#### **Objetivos técnicos:**

- ✓ Arquitecturas de mando y control capaces de gestionar enjambres heterogéneos (manejando asignación de tareas, rutas, replanificación autónoma, resiliencia al fallo).
- ✓ Capacidad de coordinar el despliegue/recuperación (via interfaz e integración) de múltiples UxV desde un buque nodal, y mantener cooperación entre ellas para misiones de vigilancia, escolta, patrulla marítima o perímetros de protección.
- ✓ Alta interoperabilidad con buques tripulados y otros sistemas (hombres, buques, sensores, UAV/UUV) bajo un modelo de “teaming” y “system-of-systems”.
- ✓ Autonomía suficiente para reducir la dependencia de la intervención directa humana, manteniendo la supervisión adecuada (según doctrina de control humano).
- ✓ Toma de decisiones descentralizada e inteligente, siendo cada UV un nodo en sí mismo, capaz de conocer su situación y estado y actuar en base a esta información (ej. Retorno a base en caso de riesgo).
- ✓ Capacidad de actuar en entornos de comunicaciones o sistemas de posicionamiento denegados (navegación mediante medios de posicionamiento propios y autónomos).
- ✓ Escalabilidad para operar en entornos multidominio y en escenarios complejos (litoral, mar abierto, zona gris, amenazas híbridas).

#### **Objetivos funcionales:**

- Desarrollar una solución de coordinación inteligente de enjambres de drones —múltiples plataformas no tripuladas que operen de modo cooperativo bajo mando distribuido y gran autonomía—, integrada en el paradigma del “buque autónomo” y los sistemas de combate naval del futuro.
- Alcance software: aplicación de mando y control para coordinar UxV con:

- Modos por plataforma: automático (en enjambre) y manual (sale temporalmente del enjambre).
- Reorganización automática y programable del resto del enjambre cuando una unidad entra en manual o cae (por sectores, zonas, distribución equidistante, u otros criterios configurables).
- Relevos de dispositivos en situaciones de baja operatividad y/o fallo si procede
- Asignación y priorización de tareas (vigilancia, patrulla, investigación de alertas) con replanificación ante incidencias y/o detección de amenazas.
- Trabajo en equipo sin supervisión humana cuando una orden dada a un UV requiera del apoyo de otro/s miembros del enjambre (ej comunicaciones a larga distancia mediante el apoyo de nodos intermedios).
- Interfaz de supervisión para personal del buque (estado de vehículos, tareas, zonas, alertas; trazabilidad básica).
- Pruebas en simulación y demo controlada con varios UxV para validar planificación, conmutación de modos y reorganización:
- Ámbito de simulación y herramientas. La validación será íntegramente en entorno sintético tipo Gazebo (Harmonic/Fortress) con ROS 2, publicando telemetrías simuladas (posición, velocidad, salud, batería) y aceptando órdenes de alto nivel (sectores/waypoints). Se empleará SITL (software-in-the-loop) para UxV y modelos simplificados de vehículos híbridos de superficie con piloto automático. Se incluirán plugins ambientales (viento/oleaje) y degradación de enlace (latencia/jitter/pérdidas) para probar continuidad de misión.

TRL mínimo de partida de la tecnología: 3-4 (PoC software en simulación con prototipo funcional de coordinación, modos y reorganización).

TRL deseado alcanzado una vez finalice el reto: 5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante).

### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

#### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

#### 1. Grado de innovación

- Propuesta centrada en software embarcable de coordinación inteligente de enjambres con: cambio manual/automático por plataforma, control en grupo, individual o mixto, reorganización programable del grupo (sectores/zonas/equidistante) y priorización ante alertas.
- Aporta nuevos modos de empleo y simplifica la supervisión a bordo con una HMI específica para entorno naval.

#### 2. Viabilidad técnica y económica

- Alcance acotado a prototipo software (coste y riesgos contenidos), con simulación y demo controlada para validar funciones clave antes de integraciones mayores.
- Plan por hitos: arquitectura, HMI, políticas de reorganización, validación con KPIs; documentación y guía de integración.

#### 3. Escalabilidad



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño modular, preparado para pasar de pocos a n vehículos y para incorporar distintos tipos de UxV.</li> <li>• Librería de políticas ampliable e interfaces abiertas para futuras capacidades y sensores.</li> </ul> <p>4. <u>Potencial de integración en sistemas navales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensado “ship-first”: operación desde el buque, modos seguros, trazabilidad básica y procedimientos de empleo.</li> <li>• APIs estándar para integración progresiva con plataformas reales/simuladores y con sistemas existentes cuando proceda.</li> </ul> <p>5. <u>Impacto en la capacidad operativa de la Armada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Más cobertura y persistencia de vigilancia con el mismo personal.</li> <li>• Mejores tiempos de respuesta ante incidencias por priorización y reasignación automáticas.</li> <li>• Mayor seguridad al desplazar tareas repetitivas o de riesgo a medios no tripulados y facilitar su coordinación desde el buque.</li> </ul>
--

#### Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

##### ¿Por qué?

- Para la Armada: *beneficios en capacidades, costes, seguridad...*

- Para la empresa tractora: *alineación con I+D, interés en integración*

- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: *Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA*

##### Para la Armada Española:

- Mayor capacidad operativa y persistencia ISR: aumento de la cobertura continua sobre y bajo la superficie gracias a la coordinación de múltiples UVs y a la reorganización automática ante incidencias.
- Mejores tiempos de respuesta y superioridad táctica: priorización de tareas ante alertas y reasignación ágil de recursos, manteniendo la misión incluso con comunicaciones degradadas.
- Reducción del riesgo para las dotaciones: menos salidas de riesgo y menor exposición del personal al transferir misiones repetitivas o en entornos exigentes a medios no tripulados.
- Eficiencia operativa y costes contenidos: más horas de vigilancia por jornada y mejor uso de medios existentes, sin necesidad inicial de nuevas plataformas; prototipo 100 % software.
- Interoperabilidad y estandarización: base para integraciones progresivas con sistemas navales y adopción de interfaces abiertas, mejorando la cooperación con aliados (OTAN/UE) cuando proceda.
- Transición hacia el “buque con capacidades autónomas” (EEBA): el buque como nodo coordinador que despliega, reconfigura y recupera enjambres, habilitando nuevos modos de empleo.
- Sostenibilidad operativa: optimización de recursos, menor consumo asociado a patrullas tripuladas y operación segura en zonas remotas o de difícil acceso.
- La inclusión de vehículos híbridos permite aprovechar unidades existentes como parte del enjambre, aprovechando sus capacidades específicas, reduciendo tiempos de adopción y favoreciendo una transición gradual hacia capacidades no tripuladas, sin renunciar a la supervisión y operación del personal cuando la misión lo requiera

Para la empresa tractora:

- Alineación con I+D estratégico y cartera de soluciones: desarrollo de un prototipo integrable con potencial de evolución a producto dual (defensa–seguridad–puertos–infraestructuras).
- Posición en la cadena de valor naval: consolidación como referentes en software de coordinación de enjambres, con capacidad de integración con distintos fabricantes de UxV y sensores.
- TRL: avance desde PoC en simulación hacia TRL 5 en entorno relevante, con documentación, APIs y guía de integración que facilitan pilotos y escalado.
- Proyección europea: preparación para consorcios y programas (nacionales/UE) gracias a interfaces abiertas y enfoque interoperable, reduciendo dependencia de terceros y reforzando soberanía tecnológica.
- Oportunidad comercial: demostradores y casos de uso que abren líneas de negocio en vigilancia marítima, seguridad portuaria y protección de infraestructuras críticas.

**Resultados e indicadores de éxito esperados:**

Resultados:

- ✓ Prototipo software embarcable de coordinación de enjambres (aplicación + HMI + APIs/).
- ✓ Biblioteca de políticas de reorganización (sectores, zonas, equidistante, cobertura adaptativa).
- ✓ Gestor de tareas y prioridades (vigilancia, patrulla, investigación de alertas).
- ✓ Entorno de simulación (Gazebo + ROS2 – SITL) con inyección de fallos/alertas, generador de escenarios y recogida de métricas.
- ✓ Demo controlada con varios UxV (simulados) mostrando planificación, conmutación manual/automática y reorganización.
- ✓ Paquete V&V: plan de pruebas, casos, criterios de aceptación e informes de resultados replicables.

Plan de validación (solo simulación):

- ✓ Fase A — Validación funcional: escenarios litoral/mar abierto; comprobación de asignación de tareas, sectores y cambio de modos.
- ✓ Fase B — Operador en el bucle: sesiones con personal designado para evaluar HMI, usabilidad y priorización ante alertas.
- ✓ Fase C — Estrés y degradación: campañas de fallos múltiples, enlaces degradados y variaciones ambientales para medir robustez y continuidad de misión.

KPIs medibles (medidos en simulación; objetivos a concretar):

- Cobertura mantenida
  - Qué es: Porcentaje del área de vigilancia que sigue cubierta cuando un vehículo se pone en modo manual o se elimina del enjambre.
  - Cómo se mide:  $\text{Área cubierta después del incidente} \div \text{área objetivo} \times 100$ .
  - Objetivo:  $\geq X \%$ .
- Tiempo de reorganización
  - Qué es: Lo que tarda el enjambre en volver a una cobertura estable tras un incidente (baja, manual, nueva alerta).
  - Cómo se mide: Segundos desde el evento hasta que la cobertura vuelve a  $\geq X \%$ .
  - Objetivo:  $\leq T$  segundos.
- Respuesta ante alerta

- Qué es: Tiempo desde que aparece una alerta prioritaria hasta que algún vehículo llega o comienza la acción asignada.
- Cómo se mide: Segundos desde la marca de la alerta hasta el inicio de la tarea prioritaria.
- Objetivo:  $\leq T_a$  segundos.
- Cumplimiento de tareas
  - Qué es: Porcentaje de tareas planificadas que se completan dentro del tiempo previsto.
  - Cómo se mide:  $(\text{Tareas completadas a tiempo} \div \text{tareas planificadas}) \times 100$ .
  - Objetivo:  $\geq Y \%$ .

### **Empresa: Recursos disponibles y necesarios**

#### **¿con qué?**

- *Aportados por la PEMEEE*

- *Requeridos por la empresa tractora*

- *Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.*

#### Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Dirección y coordinación del proyecto (si fuera necesario): jefatura de proyecto, planificación por hitos, seguimiento y control de riesgos.
- ✓ Apoyo en el entorno de desarrollo y pruebas: repositorios, control de versiones, integración continua, gestión de incidencias y documentación.
- ✓ Laboratorio de integración (software): servidores para simulación, entornos de prueba controlados y herramientas para inyectar fallos, alertas...

#### Requeridos a la Armada:

- Apoyo a la definición de escenarios operativos y criterios de misión: definición de zonas tipo, reglas de empleo, prioridades ante alertas y criterios de evaluación de la demo/prototipo.
- Información técnica mínima para integración progresiva: especificaciones de telemetría/estados, formatos de mensajes y APIs de referencia de las plataformas a considerar.
- Datos y restricciones realistas: parámetros ambientales representativos (viento/oleaje), supuestos de comunicaciones (limitaciones/degradaciones) y eventos de interés para ensayo.
- Requisitos de seguridad y confidencialidad: lineamientos de clasificación de la información, NDA y pautas de ciberseguridad aplicables al prototipo y a los entornos de prueba.

#### **Cumplimiento normativo**

- Complejidad técnica en coordinación de enjambres Algoritmos de asignación de tareas, rutas y replanificación en entornos dinámicos (viento, mar abierto, oleaje, interferencias) con resiliencia a fallos de nodos y enlaces.
- Arquitectura con autonomía supervisada Mando y control robusto, con trabajo autónomo bajo supervisión humana (control humano significativo, registro de decisiones, modos seguros).
- Comunicaciones seguras y tolerantes a degradación Continuidad de misión ante enlaces intermitentes entre UxV y buque (superficie, subsuperficie, aéreo).
- Políticas de degradación controlada, buffer de decisiones y sincronización diferida.

- Integración de plataformas heterogéneas Coordinación de USV/UAV/UUV, con cargas útiles diversas.
- Ciberseguridad y protección de la información Cumplimiento de normativa OTAN/UE aplicable, buenas prácticas de hardening, gestión de credenciales, registro y auditoría.
- Plan de gestión de vulnerabilidades, pruebas de penetración sobre el prototipo y control de clasificación (confidencialidad).
- Cumplimiento regulatorio y estándares Alineamiento con doctrina y procedimientos de la Armada; consideración de estándares de interoperabilidad y marcos europeos.
- Logística de despliegue/recuperación (cuando aplique) Procedimientos para operar UxV desde buque nodal y coordinación con dotaciones. Para el prototipo software, se limita a procedimientos simulados o demos controladas.
- Aceptación operativa y doctrinal Introducción de nuevos modos de empleo requiere formación y manuales para personal embarcado. Paquete de manuales, checklists y sesiones de adiestramiento asociadas al HMI.
- Certificación y fiabilidad - Requisitos de seguridad funcional y fallo controlado para transición futura a operación real. En esta fase se documentan los supuestos y se definen rutas de certificación para fases posteriores.

#### **Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

##### **Propiedad industrial**

- Aportaciones previas (background): cada parte mantiene la propiedad exclusiva de lo que ya tenía antes del proyecto.
- Desarrollo propio durante el proyecto: cada parte mantiene la propiedad de lo que desarrolle de forma individual.
- Desarrollo conjunto (foreground): lo desarrollado en conjunto será propiedad compartida entre ambas partes en el porcentaje que se acuerde según la contribución efectiva (porcentaje a definir antes del desarrollo).
- Licencia a la Armada: la Armada dispondrá de una licencia de uso no exclusiva y sin royalties del prototipo (binarios, manuales y registros) para evaluación y uso operativo dentro del proyecto.

##### **Uso de datos y difusión**

- Los datos de simulación y evidencias generados podrán usarse por ambas partes y la Armada exclusivamente para evaluación y mejora del prototipo.
- Cualquier difusión pública (demos, publicaciones) se realizará previa autorización y respetando confidencialidad y normativa aplicable.

##### **Colaboraciones**

- Se podrán incorporar, en caso de ser necesario, universidades/centros tecnológicos o proveedores para tareas concretas, manteniendo la PI de cada uno partner de este proyecto (SATEC y CIS ROBOTICS) y firmando los acuerdos de confidencialidad necesarios.
- La interfaz de integración se documentará para facilitar colaboraciones futuras sin ceder PI.

**Gestión sencilla**

- Se elaborará un listado breve de aportaciones previas y desarrollos conjuntos (con el porcentaje acordado).
- Cualquier ajuste de porcentaje o nueva aportación conjunta se anotará en ese listado y se firmará por ambas partes.

## RETO 4: Gestión inteligente del consumo energético a bordo

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b>  <i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i>  <i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE IA – RETO 4: Gestión inteligente del consumo energético a bordo</b></p> <p>Actualmente, la generación de energía en un buque se hace a través de diversas fuentes y medios, como generadores diésel, paneles solares o pilas de combustible y el almacenamiento a través de baterías. En un buque autónomo es crítico alinear el objetivo de la misión con la capacidad energética almacenada y el consumo estimado de los sistemas del buque durante la misma e las condiciones de operación. Es imprescindible que el buque disponga de la energía que necesita en todo momento para los diversos sistemas de a bordo (sensores, comunicaciones, propulsión, computación...), de forma totalmente transparente para esos sistemas, sin tener que recurrir al control remoto para garantizar la autonomía plena del buque. Por medio de un sistema centralizado que incluya Inteligencia Artificial, el buque autónomo podrá predecir la energía requerida a corto y medio plazo, activar o desactivar los sistemas de generación y almacenamiento de energía, apagar sistemas no imprescindibles que consuman más energía de la disponible en caso de ser necesario, y activar el almacenamiento de energía cuando sea factible, en base a diversos parámetros como la energía disponible, el coste de producción, la vida útil de cada módulo de energía, consumos históricos e incluso la huella de carbono.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b>  <i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>Este reto encaja directamente con la ficha 4 de los retos propuestos actualmente, para optimizar la gestión energética de los sistemas embarcados en un buque autónomo, considerando la carga computacional, los sensores activos y las necesidades de propulsión. Las soluciones deberán identificar patrones de generación y de consumo, prever demandas futuras y aplicar estrategias de ahorro que no comprometan la autonomía operativa del buque o el éxito de la misión.</p>
Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado
<p><b>¿Cómo?</b>  <i>- Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.</i>  <i>- Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.</i>  <i>- Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución</i></p> <p><b>Objetivos técnicos y funciones:</b></p>

- Disponer de uno o varios medios de generación y/o almacenamiento de energía (baterías, pilas de combustible, paneles solares...) que se integren en el módulo HW/SW dotado de IA de la empresa tractora para su gestión integrada.
  - El módulo de la empresa tractora se encargará de obtener de cada módulo de energía la información de cuanta energía se puede suministrar, del estado operativo o no del módulo, y de la capacidad de suministro de energía a corto y medio plazo, para poder optimizar de forma automática el uso de los diversos módulos de energía en cada momento.
- Desarrollar un prototipo funcional de laboratorio, con un HW similar al que podría ir embarcado en un buque autónomo.

La arquitectura propuesta se basará en interfaces abiertas y protocolos estandarizados, favoreciendo su futura integración con sistemas navales y entornos interoperables OTAN.

TRL mínimo de partida de la tecnología: 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio).

TRL deseado alcanzado una vez finalice el reto: 5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante).

Plazo de ejecución: 5 meses.

#### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

##### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Grado de innovación
  - Sistema integral de gestión de la energía del buque, generada, almacenada y consumida, conforme a estándares militares.
2. Viabilidad técnica y económica
  - Sistema operable en entornos aislados, licenciable por buque o por sistema.
3. Escalabilidad
  - Diseño abierto que permita incorporar módulos de energía adicionales y activar o desactivar subsistemas y equipos del buque para ahorrar energía.
4. Potencial de integración en sistemas navales
  - Diversos medios de generación y/o almacenamiento de energía instalables en un buque autónomo.
5. Impacto en la capacidad operativa de la Armada
  - Garantizar la supervivencia y operatividad del buque, al no poder disponer de fuentes adicionales de energía y no poder contar con la supervisión humana continuada.

## Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

### ¿Por qué?

- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...
- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración
- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA

#### Para la Armada Española:

- Sistema integral de gestión de la energía, aislado y confiable, para garantizar la operatividad tanto de los buques autónomo como de los tripulados

#### Para la empresa tractora:

- Alienado con varios proyectos de I+D en curso, como los proyectos EDF NOMAD y SENTINEL, siendo necesario incorporar sistemas de producción de energía, así como optimizar el tamaño y el consumo del módulo SW con IA para permitir su instalación en una plataforma autónoma.

### Resultados e indicadores de éxito esperados:

#### KPIs medibles (medidos en simulación; objetivos a concretar):

- KPI 1
  - Módulo de producción de energía eléctrica basado en la hibridación de pilas de combustible PEM alimentadas con hidrógeno/amoniaco y baterías funcional.
- KPI 2
  - Firmware de gestión del módulo de producción de energía para su control externo.
- KPI 3
  - ICD para la gestión del módulo de producción de energía.
- KPI 4
  - SW de gestión de energía (de la empresa tractora) integrado con el módulo de producción de energía.

## Empresa: Recursos disponibles y necesarios

### ¿con qué?

- Aportados por la PEMEEE
- Requeridos por la empresa tractora
- Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.

#### Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Módulo de generación y/o almacenamiento de energía integrables en un buque autónomo.

#### Requeridos a la Armada:

- Interfaz estandarizable de gestión del módulo que proporciona energía para su supervisión y control.
- Datos de consumo y generación conocidos y/o esperado de los sistemas de a bordo de un buque que permitan realizar un entrenamiento inicial del módulo de IA bajo diferentes contextos operativos.



**Cumplimiento normativo**

- Gestión de microrredes aisladas de energía conforme a los estándares IEEE 2030 (*Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS)*, and *End-Use Applications and Loads*)
- MIL-STD-3071 (*Tactical Microgrid Control*).
- API del módulo de energía cibersegura.

**Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

**Propiedad industrial**

- El SW de gestión de energía será propiedad de la empresa tractora, al ser diseñado y desarrollado íntegramente por ella.
- Tanto los módulos de generación de energía como la tecnología y conocimientos asociados serán propiedad de la PEMEEE, pudiendo la empresa tractora comercializarlos como parte de la oferta para futuras plataformas autónomas, incluyendo el coste del equipo en la oferta.
- En el caso de requerir colaboraciones adicionales con centros de investigación y/o universidades, la propiedad industrial de los trabajos que tuvieran que realizar permanecería en dichos centros, obteniendo a cambio la empresa tractora el derecho de comercialización preferente para el ámbito militar.

## RETO 4: Gestión inteligente del consumo energético a bordo

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b></p> <p><i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i></p> <p><i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE IA – RETO 4: Gestión inteligente del consumo energético a bordo</b></p> <p>El proyecto busca avanzar hacia un modelo de buque con capacidades crecientemente autónomas. En este contexto, la gestión energética —tradicionalmente supervisada y comandada por personal a bordo— debe evolucionar hacia sistemas capaces de tomar decisiones de manera automática, segura y eficiente. Actualmente, los sistemas existentes garantizan la operación del buque dentro de parámetros técnicos establecidos, pero dependen en gran medida de la intervención humana, especialmente ante situaciones no programadas.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b></p> <p><i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>El reto GESTIÓN INTELIGENTE DEL CONSUMO ENERGÉTICO A BORDO plantea el desarrollo de un nuevo sistema de gestión energética (EMS) basado en tecnologías de Inteligencia Artificial, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética global del buque y apoyar la transición hacia operaciones parcialmente autónomas.</p> <p>Existe una oportunidad clara para desarrollar sistemas avanzados de Gestión Energética (EMS) capaces de operar en buques con crecientes niveles de autonomía. Estas soluciones deben funcionar sin dependencia de la nube, incorporar Inteligencia Artificial local y ser capaces de optimizar consumos, anticipar demandas y priorizar cargas críticas incluso bajo restricciones tácticas reales. El desarrollo puede iniciarse en entornos de simulación y evolucionar posteriormente hacia prototipos embarcables.</p>
Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado
<p><b>¿Cómo?</b></p> <p><i>- Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.</i></p> <p><i>- Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.</i></p> <p><i>- Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.</i></p> <p><b>Objetivos técnicos:</b></p> <p>Para cumplir con el objetivo del reto, la empresa tractora proporciona un sistema de control base denominado MASTER SCADA, que simula un entorno simplificado de los sistemas eléctricos de un buque. Este SCADA incluye un HMI, un PLC y un gemelo digital básico, permitiendo gestionar cinco vectores energéticos:</p>

- ✓ Producción: generador asociado a turbina de gas/diésel y conjunto de baterías.
- ✓ Consumo: propulsión, consumo auxiliar del buque y un sistema de armamento basado en pulso electromagnético.

Esta solución cumple todos los requisitos funcionales del Reto 4 propuesto por la Armada atendiendo al Anexo I:

- Integración directa con el MASTER SCADA mediante drivers industriales seguros.
- Monitorización, análisis, previsiones y alertas energéticas.
- IA local para asistir decisiones (uso de sistemas de alta demanda, navegación silenciosa, gestión óptima de baterías).
- Funcionamiento en entorno aislado y compatible con arquitecturas OT.

#### **Objetivos funcionales:**

Los objetivos tecnológicos que se pretende alcanzar con la ejecución del reto por parte de la PEMEEE es el desarrollo de un EMS inteligente embarcable, integrado con el MASTER SCADA, capaz de monitorizar consumos en tiempo real, analizar tendencias, predecir demandas y priorizar cargas críticas mediante IA embebida. El objetivo es aportar una capa avanzada de supervisión energética y recomendaciones operativas sin depender de la nube.

El EMS que desarrolle la PEMEEE sea capaz de:

1. Monitorizar y controlar el consumo energético, utilizando la información del MASTER SCADA y fuentes adicionales (por ejemplo, submetering del consumo auxiliar).
2. Estructurar, analizar y visualizar datos energéticos, mostrando tendencias, previsiones de consumo y alertas mediante cuadros de mando intuitivos.
3. Aplicar Inteligencia Artificial embebida (sin nube) para proponer estrategias de operación, en función de las condiciones de misión del buque, tales como:
  - Momento óptimo para emplear el armamento de pulso electromagnético.
  - Estimación del tiempo disponible en modos de navegación silenciosa.
  - Decisiones óptimas de carga/descarga de baterías.

#### **Requisitos técnicos y funcionales PEMEEE:**

La PEMEEE participante debe aportar capacidades de analítica avanzada, predicción de consumo y lógica de priorización operativa, integradas sobre sistemas SCADA y entornos OT de alta exigencia. El resultado esperado es una solución embarcable, robusta y preparada para operar en condiciones reales, contribuyendo a la evolución hacia sistemas energéticos más autónomos y eficientes.

La PEMEEE participante actuará como desarrollador e integrador del EMS inteligente, adaptando su tecnología industrial existente (SCADA, monitorización avanzada, analítica y cuadros de mando) al entorno naval. Su papel será clave para:

- Implementar un EMS robusto, seguro y autónomo sobre la base del MASTER SCADA.
- Integrar sistemas de monitorización avanzada, análisis energético y visualización intuitiva en tiempo real.
- Integrar algoritmos de IA para apoyar la toma de decisiones operativas.
- Garantizar que el sistema pueda certificarse en entornos OT y operar sin intervención humana continua.

Este reto permitirá:

- Avanzar hacia soluciones de gestión energética adaptadas a buques con crecientes grados de autonomía.
- Validar las capacidades que aporta la IA embebida en sistemas críticos.
- Desarrollar un EMS listo para integrarse en entornos industriales y navales con altos requisitos de resiliencia y ciberseguridad.

#### **TRLs para monitorización, control, visualización:**

El TRL mínimo de partida de la tecnología será 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio) para las funcionalidades de monitorización, control, análisis y presentación de información.

El TRL deseado de llegada será 5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante) para el EMS completo (monitorización, control, visualización).

#### **TRLs para IA embarcada y lógica de priorización**

El TRL mínimo de partida de la tecnología será 3 (Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica) para las capacidades de IA dirigidas a la toma de decisiones operativas.

El TRL deseado de llegada será 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio) para la capa de IA embarcada y la lógica de priorización

Un aspecto fundamental del reto es que el EMS debe funcionar como un sistema completamente aislado, sin acceso a motores de IA en la nube. Esto requiere el desarrollo o adaptación de soluciones de IA embebidas (edge), compatibles con entornos OT y con altos estándares de ciberseguridad.

#### **Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución**

El desarrollo avanzará desde integración básica y monitorización (TRL 3), hacia analítica predictiva (TRL 4) y finalmente validación del prototipo embarcable con IA local (TRL 5). El plazo estimado para completar estas fases es de 5 a 6 meses, entregando un prototipo operativo y validado en entorno relevante.

#### **Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto**

##### **¿Quién?**

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

##### **1. Grado de innovación**

La PEMEEE plantea una solución basada en IA embebida, analítica avanzada y modelos predictivos capaces de priorizar consumos críticos en tiempo real sin depender de la nube. La novedad radica en combinar tecnologías SCADA industriales con algoritmos de optimización energética específicamente adaptados a un entorno naval aislado y tácticamente exigente.

##### **2. Viabilidad técnica y económica**

La solución se fundamenta en tecnologías ya disponibles en la PEMEEE (SCADA, monitorización, analítica), lo que garantiza un desarrollo realista, integrable y asumible en costes. Se asegura compatibilidad con PLC, buses industriales y protocolos OT, reduciendo riesgos técnicos y facilitando la industrialización futura.

##### **3. Escalabilidad**

El EMS se diseña con arquitectura modular, de forma que puede ampliarse a diferentes configuraciones de generadores, baterías, propulsión y sistemas de armamento sin rediseñar completamente la solución. Su núcleo puede extenderse desde simuladores y laboratorios hasta prototipos embarcables y, posteriormente, distintos tipos de buques.

4. Potencial de integración en sistemas navales

La propuesta contempla integración directa con el MASTER SCADA y adopta estándares OT utilizados en plataformas navales. La PEMEEE adapta su HMI, drivers y lógica de control a las especificaciones propias del entorno naval, facilitando una futura homologación e integración en arquitecturas de misión existentes.

5. Impacto en la capacidad operativa de la Armada

El EMS inteligente permitirá mejorar la eficiencia energética, prolongar tiempos de navegación silenciosa, optimizar la disponibilidad para sistemas de alta demanda y reducir consumos innecesarios. Esto se traduce en mayor autonomía, resiliencia operativa y preparación tecnológica para futuros buques con capacidades autónomas.

**Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados**

**¿Por qué?**

- Para la Armada: *beneficios en capacidades, costes, seguridad...*
- Para la empresa tractora: *alineación con I+D, interés en integración*
- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: *Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA*

Para la Armada Española:

- La solución EMS inteligente aporta mejoras directas en la eficiencia energética, optimizando consumos y reduciendo gasto energético auxiliar. Aumenta la autonomía operativa, al permitir mayor tiempo en navegación silenciosa y disponibilidad energética para sistemas críticos. Refuerza la seguridad operativa, al ofrecer alertas tempranas, detección de anomalías y apoyo a decisiones en tiempo real sin depender de la nube. Además, contribuye a la evolución hacia buques con mayor grado de autonomía, reduciendo carga de trabajo humano y mejorando la resiliencia del sistema eléctrico.

Para la empresa tractora:

- El proyecto se alinea con las líneas de I+D de la empresa tractora, especialmente en control energético, digitalización embarcada y evolución del MASTER SCADA. Supone una oportunidad para validar nuevas capacidades avanzadas (IA local, analítica energética, predicción) integradas sobre su sistema, permitiendo ampliar su catálogo de soluciones embarcadas. Facilita también la colaboración con PEMEEEs con tecnologías innovadoras, acelerando la integración de nuevos módulos y abriendo posibilidades de continuidad en futuros programas navales y de defensa

**Resultados e indicadores de éxito esperados:**

KPIs medibles (medidos en simulación; objetivos a concretar):

Los principales indicadores clave de rendimiento (KPIs) asociados al reto incluyen:

- Reducción del consumo energético total del buque en escenarios simulados.
- Aumento del tiempo de operación en modos silenciosos gracias a la optimización del uso de baterías y cargas auxiliares.
- Exactitud de las previsiones de consumo, medida por el error medio entre predicción y consumo real simulado.

- Capacidad de priorización operativa, evaluada según tiempos de respuesta y coherencia con criterios tácticos definidos.
- Número y calidad de alertas generadas, incluyendo detección de anomalías y anticipación de estados críticos.
- Nivel de integración con el MASTER SCADA, valorado por estabilidad, latencia y sincronización con el gemelo digital.
- Eficacia de los algoritmos de IA local, medida por recomendaciones correctas o útiles para el operador en escenarios de misión.
- Grado de madurez alcanzado (TRL 3–4) conforme a los requisitos del proyecto.

### **Empresa: Recursos disponibles y necesarios**

#### **¿con qué?**

- *Aportados por la PEMEEE*

- *Requeridos por la empresa tractora*

- *Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.*

#### **Aportados por la empresa tractora:**

- ✓ Acceso al sistema prototipo MASTER SCADA, incluyendo documentación técnica, drivers disponibles y esquema de los cinco vectores energéticos.
- ✓ Mentoring técnico por parte del personal experto en control digital y operación del SCADA, claves para la correcta alineación del EMS.
- ✓ Información estructural necesaria sobre rangos de potencia, perfiles operativos y parámetros energéticos de referencia del buque simulado.
- ✓ Apoyo para la validación conjunta en sala de control, así como coordinación en las pruebas y escenarios definidos para el entrenamiento de la IA.

Estos recursos aseguran que el EMS desarrollado por la PEMEEE sea plenamente compatible y estable sobre la arquitectura de control existente.

#### **Requeridos a la PEMEEE:**

La PEMEEE aportará los recursos técnicos y humanos necesarios para desarrollar el EMS inteligente, incluyendo:

- Sistema prototipo EMS, con módulos de adquisición de datos multi-fuente (generación, baterías, propulsión, consumos auxiliares).
- Tecnología SCADA propia, adaptable al entorno naval y compatible con drivers industriales seguros.
- Equipo técnico especializado, incluyendo ingenieros de software industrial, expertos en analítica energética y desarrolladores de IA embebida.
- Modelos de analítica avanzada y predicción entrenables mediante escenarios de misión.
- Cuadros de mando energéticos e interfaces HMI adaptados a consola de control.
- Infraestructura de simulación y pruebas, para validación previa antes de la integración con el MASTER SCADA.

Estos recursos permiten entregar un prototipo funcional y validado en entorno relevante, conforme al TRL objetivo del reto.

#### **Cumplimiento normativo**

La propuesta de la PEMEEE se adecúa a los requisitos normativos, de seguridad y de operación exigidos por el proyecto:

- Cumplimiento normativo OTAN/UE: alineación con estándares aplicables a sistemas embarcados, sistemas eléctricos, robustez ambiental y requisitos de continuidad operativa en entorno naval.
- Confidencialidad y protección del conocimiento: la PEMEEE se compromete al tratamiento reservado de toda la información técnica facilitada. La documentación y los datos del buque seguirán las reglas de clasificación indicadas por la empresa tractora o por la autoridad correspondiente.
- Ciberseguridad: el EMS operará en entorno OT aislado (air-gapped); ningún módulo dependerá de servicios externos ni habrá transmisión de datos fuera del dominio controlado. La IA se ejecutará en hardware local, siguiendo principios de hardening, control de dependencias y minimización de superficie de ataque.
- Plazos y entregables: la solución se entregará conforme a los hitos establecidos en el proyecto EEBA, incluyendo diseño técnico, prototipo EMS, integración con MASTER SCADA, validación en simulación y documentación final.

#### **Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

##### **Propiedad industrial**

- Aportaciones previas: cada parte mantiene la titularidad de los derechos sobre las tecnologías, conocimientos y desarrollos que aporte por separado al proyecto.
- Resultados conjuntos: los desarrollos generados durante la colaboración se atribuirán a cada parte según su participación efectiva.
- Disponibilidad y explotación: si la empresa tractora financia los costes de I+D, tendrá la exclusiva disponibilidad de los resultados, impidiendo que la PEMEEE los comercialice o los venda a terceros sin autorización expresa. Igualmente, la empresa tractora no podrá ceder los derechos a terceros sin consentimiento de la PEMEEE.

##### **Confidencialidad y protección de know-how**

- Ambas partes se obligan a mantener la confidencialidad de toda la información técnica o comercial compartida durante el proyecto.
- La obligación se extiende durante tres años después de la finalización del contrato.

## BLOQUE CONCIENCIA SITUACIONAL

### RETO 6: Realidad aumentada/mixta

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b>  <i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i>  <i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE CONCIENCIA SITUACIONAL – RETO 6: Realidad aumentada/mixta</b></p> <p>Los sensores que conforman la conciencia situacional de los buques (radar, Sistemas electroópticos, AIS etc..) son fundamentales no solo para la navegación segura, sino que contribuyen al cumplimiento de las misión y operaciones de vigilancia, detección y señalización de objetivos, apuntamiento de armamento, navegación, protección y salvamento que tienen encomendados los buques de la Armada, operando con frecuencia en condiciones meteorológicas adversa, en zonas de conflicto o escenarios complejos (navegación en puertos congestionados, o situaciones de emergencia).</p> <p>Actualmente, el uso de estos sistemas tiene limitaciones operativas por las dependencias de su uso de consolas fijas, para cada sensor, y ubicaciones específicas en el buque.</p> <p>Esta limitación conlleva una conciencia situacional fragmentada y distribuida, que no favorece la toma de decisiones particularmente en situaciones de alta complejidad.</p> <p>La integración con visores VR/AR y haciendo uso de Realidad Aumentada, permitirá al oficial de puente o guardia, el acceso a la información y control de los sensores, desde un único interfaz, facilitando el uso combinado de la capacidad de conciencia situacional y mejorar la toma de decisiones.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b>  <i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>Esta propuesta está en línea con el RETO 6 “Realidad Aumentada/mixta” orientados a la modernización de operaciones navales, aumentando la conciencia situacional y resiliencia operativa en entornos multidominio, con medios actuales, contribuyendo a una mejora de sistemas de puente inteligente y las capacidades de entrenamiento inmersivo.</p> <p>Para la PEMEEE el abordaje de este reto le permite introducirse en un desarrollo modular, abierto, interoperable y escalable alineándose con necesidades operativas reales.</p>



### Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado

#### ¿Cómo?

- *Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.*
- *Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.*
- *Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.*

#### Objetivos técnicos y funcionalidades:

Para cumplir con el objetivo del reto la PEMEEE debe desarrollar un software de control de información y de funciones de una cámara electroóptica integrado con un visor VR/AR.

Con este Desarrollo se pretende lograr que el oficial del puente al mando disponga de modos operativos que le permitan por medio de la realidad aumentada acceder a la información sobre:

- ✓ detecciones aéreas o de superficie,
- ✓ geolocalización y rumbo,
- ✓ clasificación por medio de IA, obtenida de los sensores optrónicos de abordaje y representarlos como overlay sobre la imagen real.

A través de un interfaz, el usuario podrá marcar un objetivo para dirigir el sensor al punto en cuestión, sobreponer la imagen obtenida, activar zoom, el telemetro para obtener la distancia o hacer un seguimiento.

El TRL mínimo de partida de la tecnología será 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio).

El TRL deseado de llegada será 5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante).

Plazo estimado de desarrollo: 6-9 meses.

#### Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución

En futuras fases del proyecto, podrá integrarse la información proporcionada por otros sensores, radar, AIS, etc.

### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

#### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Escalabilidad  
Adaptación a diferentes plataformas navales
2. Impacto operativo  
Aumento de la conciencia situacional y reducción de riesgos.
3. Innovación  
Propiciará la integración sensores, AIS/Radar en un único interfaz.
4. Integración operativa  
Compatibilidad con sistemas navales y CIC, protocolo SAPIENT, otros

## Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

### ¿Por qué?

- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...
- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración
- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA

#### Para la Armada Española:

- El sistema VR/AR proporcionará una mejora de la conciencia situacional, al proporcionar en una única interfaz, información y control táctico de sensores sobre la imagen real. Gracias a ello se obtendrá una operación más segura en condiciones degradadas, con una mayor eficiencia en el uso, mayor disponibilidad operativa y flexibilidad táctica en operaciones de vigilancia, atraque y navegación, con reducción de accidente y daños por colisión.

#### Para la empresa tractora:

- Este desarrollo se alinea con otras iniciativas para otros dominios y la oportunidad de cooperar con PEMEEEs especializadas.

### Resultados e indicadores de éxito esperados:

Demostrador Conceptual de Visor de Realidad Aumentada para Oficial de Puente integrado con EO/IR. 1ª Fase.

#### KPI:

- Visualización de detecciones aéreas y de superficie.
- Comandos de control y funciones sobre el sensor electro-óptico
- Latencia del sistema < 60 ms
- Compatibilidad con sensores EO/IR navales estándar

## Empresa: Recursos disponibles y necesarios

### ¿con qué?

- Aportados por la PEMEEE
- Requeridos por la empresa tractora
- Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.

#### Aportados por la PEMEEE y requeridos por la empresa tractora:

- ✓ Software base de control de cámaras y un sensor EO/IR avanzado adaptado al escenario operativo.
- ✓ Laboratorio de desarrollo de la integración
- ✓ Equipo de ingeniería en visión por computador, VR/AR

#### Requeridos a la Armada:

- Acceso controlado a plataforma naval para fase de demostrador conceptual.
- Un prototipo funcional y validado en entorno relevante, conforme al TRL objetivo del reto.

#### **Cumplimiento normativo**

- Aunque se propone en la medida de lo posible para esta fase, el uso de elementos COTS, se tratará de que cumpla requisitos ambientales y de compatibilidad electromagnética, seguridad en cubierta, ergonomía naval, etc...
- Protocolos SAPIENT, que permitan una eficiente escalación e interoperabilidad.

#### **Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

#### **Propiedad industrial**

- Inicialmente la propuesta futura de modelo de relación sería una co-propiedad compartida con reparto de ámbitos de explotación. Se valorará con la empresa y en unas siguientes fases de maduración del producto.
- Posible participación en programas internacionales (OTAN, EDF, otros).
- Desarrollo de capacidades dual-use (defensa y civil marítimo).
- Hoja de ruta para escalado a plataforma conjunta (superficie/submarino) y de funcionalidades específicas (contraminado, periscópicas, SAR, etc.).

## RETO 7: PNT

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b>  <i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i>  <i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE CONCIENCIA SITUACIONAL – RETO 7: PNT</b></p> <p>Sistema PNT cooperativo, resiliente y de bajo coste para guiado en corto alcance de plataformas menores desplegadas desde buque en entornos GNSS degradados.</p> <p>La evolución de las capacidades de Guerra Electrónica (EW/ECM) en escenarios navales y litorales está degradando de forma creciente la disponibilidad, integridad y fiabilidad de los sistemas GNSS convencionales. Esta situación impacta de forma crítica en el empleo de plataformas de bajo coste y carácter sacrificable (UAS Small/Mini/Micro, USV ligeros, RHIBs, sensores desplegables), donde el coste del sistema PNT puede superar al de la propia plataforma. Estas plataformas operan típicamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En corto y medio alcance respecto a su plataforma madre (buque).</li> <li>• Dentro de redes de comunicaciones tácticas existentes.</li> <li>• En escenarios donde la resiliencia y la disponibilidad priman frente a la precisión absoluta.</li> </ul> <p>El reto se centra en definir y validar un sistema PNT alternativo o complementario a GNSS, basado en tecnologías europeas, de bajo coste, escalable y aplicable a plataformas marítimas y aéreas, con potencial extensión futura a otros dominios como línea evolutiva.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b>  <i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>El presente reto tecnológico se alinea de forma directa con la Visión de la Armada 2050, contribuyendo de manera transversal a sus cuatro ejes estratégicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li> <p><b>1. Decisivos y Relevantes desde la Mar</b></p> <p>El desarrollo de un sistema PNT resiliente y de bajo coste refuerza la capacidad de la Armada para operar de forma autónoma en escenarios de conflicto de media y alta intensidad, especialmente en entornos con degradación o denegación GNSS. La disponibilidad de capacidades PNT alternativas para plataformas no tripuladas y medios auxiliares incrementa la eficacia operativa del buque, mejora la proyección de fuerza desde la mar y contribuye a la interoperabilidad en operaciones multinacionales OTAN y UE.</p> </li> <li> <p><b>2. Ejemplares en el Compromiso con el Personal</b></p> <p>La automatización y robustez de los sistemas PNT asociados a plataformas autónomas reduce la carga cognitiva y operativa de las dotaciones, permitiendo una gestión más eficiente de los sistemas de misión. Asimismo, el uso de soluciones tecnológicas avanzadas, desarrolladas en colaboración con la industria nacional, favorece la atracción</p> </li> </ol>

y retención de talento técnico altamente cualificado y refuerza la capacitación del personal en sistemas de nueva generación.

### 3. Vanguardistas en Tecnología

El reto impulsa la integración de tecnologías emergentes en posicionamiento cooperativo, redes distribuidas y sistemas no tripulados, alineándose con el objetivo de situar a la Armada entre las marinas tecnológicamente más avanzadas. El enfoque en soluciones europeas, escalables y basadas en arquitecturas abiertas fomenta la colaboración con la industria y el ecosistema tecnológico nacional, acelerando la adopción de capacidades innovadoras en entornos multidominio complejos y saturados.

### 4. Eficientes en la Gestión

El desarrollo de un sistema PNT de bajo coste, modular y escalable permite optimizar la relación coste-capacidad en el empleo de plataformas sacrificables y sistemas no tripulados. Este enfoque contribuye a una gestión más eficiente de los recursos, reduce la dependencia de soluciones propietarias de alto coste y favorece modelos de sostenibilidad tecnológica y logística coherentes con una Armada moderna, flexible y resiliente.

## Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado

### ¿Cómo?

- *Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.*

- *Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.*

- *Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.*

### Objetivos técnicos y funcionalidades:

La solución propuesta por la PEMEEE deberá aportar en la actividad de / permitir:

- ✓ Posicionamiento y guiado en corto alcance para plataformas menores desplegadas desde buque, con capacidad de operación en modo GNSS degradado o GNSS no disponible y degradación controlada.
- ✓ Uso de enlaces de comunicaciones existentes (radios tácticas, enlaces IP) y consideración de enlaces emergentes (4G/5G privados) para intercambio de medidas y/o sincronización.
- ✓ Arquitectura cooperativa y distribuida, con posibilidad de:
  - Procesamiento deslocalizado (base/buque) y/o local (plataforma).
  - Nodos de referencia fijos y/o móviles (en buque y/o plataformas).
- ✓ La solución de posicionamiento (P) aportada por la PEMEEE podrá basarse en una o varias aproximaciones (no excluyentes), alineadas con el Anexo I:
  - Ranging tipo DME y estimación de acimut mediante goniometría, antenas directivas o interferometría.
  - Uso de señales digitales/5G o señales de oportunidad en redes donde no existe control exhaustivo de emisiones.
  - Empleo de balizas (fijas o desplegadas) para localización.
- ✓ SWaP-C compatible con plataformas attritable: coste unitario reducido, baja masa/volumen y consumo contenido.
- ✓ Escalabilidad multi-nodo, permitiendo el despliegue simultáneo de múltiples plataformas menores sin incremento exponencial de complejidad

- ✓ Integrabilidad con el ecosistema naval: interfaces con el sistema de mando y control, y con sistemas de guiado/autopiloto o misión de las plataformas.

El TRL mínimo de partida de la tecnología será 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio).

El TRL deseado de llegada será 5-6 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante, no operativo). *Sin provisión de datos reales de infraestructura de Armada en esta fase.*

- **Resultado de la fase II TRL 5–6 (alcance del proyecto): definición de arquitectura de sistema, interfaces, CONOPS (Plazo de ejecución Abril 2026) y demostración en entorno relevante representativo (no operativo) de un conjunto base+plataforma con capacidad de guiado en corto alcance en condiciones GNSS degradadas/no disponibles. (Plazo de ejecución Septiembre 2026).**

#### **Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución**

Evolución TRL 7–9 (fase posterior): integración con plataformas y sistemas del buque en entornos operativos, incremento de robustez frente a EW/ECM, ampliación a redes y señales adicionales (señales de oportunidad) y escalado industrial del nodo con trazabilidad y ciberseguridad reforzada.

#### **Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto**

##### **¿Quién?**

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

Las propuestas recibidas serán evaluadas conforme a los siguientes criterios, por orden de prioridad, valorándose evidencias objetivas, métricas cuantificables y la coherencia global de la solución.

#### **1. Viabilidad técnica y económica**

Se evaluará la madurez real y la viabilidad industrial de la solución propuesta, considerando:

- Evidencias objetivas de TRL 4:
  - Resultados de validación en entorno de laboratorio.
  - Demostradores, prototipos o pruebas experimentales documentadas.
  - Arquitectura técnica claramente definida (hardware, software y comunicaciones).
- Precio objetivo del sistema final:
  - Coste unitario estimado del nodo PNT en producción.
  - Escalado de costes en función del volumen.
  - Coherencia del coste con plataformas Small/Mini/Micro UAS, USV ligeros o RHIBs.
- Análisis de riesgos técnicos y operativos:
  - Identificación de riesgos clave (tecnológicos, de integración, ciberseguridad, espectro).
  - Propuestas de mitigación realistas y verificables.
  - Estrategia de degradación controlada (graceful degradation).
  - Integridad y modo GNSS-off

- Restricciones físicas del sistema:
  - Peso, volumen y consumo energético del sistema final.
  - Compatibilidad con plataformas ligeras y de bajo coste.
- Origen tecnológico:
  - Porcentaje de componentes de origen europeo.
  - Identificación de dependencias críticas extraeuropeas.

## **2. Potencial de integración en sistemas navales**

Se valorará la facilidad y realismo de integración de la solución en el ecosistema naval de la Armada, atendiendo a:

- Arquitectura abierta y modular:
  - Uso de interfaces estándar.
  - Separación clara entre hardware, software y servicios.
  - Posibilidad de integración progresiva por bloques funcionales.
- Compatibilidad con sistemas existentes:
  - Integración con sistemas de mando y control del buque.
  - Uso de enlaces de comunicaciones ya disponibles (radios tácticas, IP, AIS u otros).
  - Capacidad de coexistencia con GNSS y otros sensores de navegación.
  - No requiere infraestructura externa de terceros para operar en el alcance previsto
- Concepto de empleo (CONOPS):
  - Claridad en el uso operativo del sistema desde la perspectiva del buque.
  - Definición de roles: nodo de referencia, nodo móvil, procesamiento deslocalizado.
  - Impacto mínimo en la carga operativa de la dotación.
- Ciberseguridad y gestión de la información:
  - Enfoque de seguridad desde el diseño.
  - Protección frente a interferencias, spoofing y ataques a la red.

## **3. Escalabilidad y evolución de la solución**

Se evaluará la capacidad de la solución para evolucionar de forma ordenada y eficiente:

- Escalabilidad técnica:
  - Capacidad para aumentar el número de nodos sin incremento exponencial de complejidad.
  - Gestión eficiente de redes cooperativas densas.
- Plan de evolución tecnológica:
  - Roadmap claro para la evolución desde TRL 4 hasta TRL 8–9.
  - Identificación de hitos técnicos, tiempos estimados y necesidades de inversión.
  - Estrategia de transición desde entorno experimental a entorno operativo.
- Escalabilidad industrial:
  - Capacidad de producción y despliegue a gran escala.
  - Estrategia de mantenimiento y actualización del sistema.

## **4. Impacto en la capacidad operativa de la Armada**

Se valorará el impacto real y medible de la solución en operaciones navales, considerando:

- Incremento de resiliencia PNT:
  - Capacidad demostrable de operación en entornos GNSS degradados o denegados.
  - Mejora en disponibilidad y continuidad del servicio PNT.
- Mejora del guiado y control de plataformas auxiliares:

- Incremento de la precisión de posicionamiento y navegación en corto alcance.
- Capacidad de soportar misiones cooperativas y autónomas.
- Reducción de costes operativos:
  - Optimización del empleo de plataformas sacrificables.
  - Reducción de la dependencia de sistemas PNT de alto coste.
- Contribución a la conciencia situacional del buque:
  - Mejora del control y supervisión de sistemas no tripulados.
  - Aumento de la autonomía operativa del sistema naval.

##### 5. Grado de innovación

Se evaluará el carácter innovador de la propuesta de forma objetiva y cuantificable:

- Soberanía tecnológica:
  - Porcentaje de elementos de origen nacional.
  - Porcentaje de elementos de origen europeo.
  - Reducción de dependencias críticas de terceros países.
- Mejora frente al estado del arte:
  - Incremento de la precisión PNT en entornos GNSS degradados respecto a soluciones actuales.
  - Mejora de la disponibilidad y robustez del sistema.
- Uso innovador de sistemas existentes:
  - Aprovechamiento de infraestructuras y señales ya disponibles.
  - Uso novedoso de redes de comunicaciones actuales (radios tácticas, IP, 4G/5G privados).
  - Enfoques cooperativos, distribuidos o deslocalizados no convencionales.
- Carácter disruptivo y dual:
  - Potencial de aplicación en otros dominios (tierra, aire, submarino).
  - Capacidad de transferencia a otros programas nacionales o europeos.

#### Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

##### ¿Por qué?

- Para la Armada: *beneficios en capacidades, costes, seguridad...*
- Para la empresa tractora: *alineación con I+D, interés en integración*
- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: *Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA*

##### Para la Armada Española:

- Incremento de resiliencia PNT en escenarios EW.
- Reducción de costes por plataforma.
- Mayor flexibilidad en el empleo de sistemas autónomos.
- Refuerzo de la soberanía tecnológica europea.

##### Para la empresa tractora:

- Desarrollo de una capacidad estratégica integrable en programas navales.
- Alineación con líneas de I+D en sistemas autónomos y PNT alternativo.
- Posicionamiento como integrador de sistemas complejos.

##### **Resultados e indicadores de éxito esperados:**



Resultado de la fase II TRL 5–6 (alcance del proyecto): definición de arquitectura de sistema, interfaces, CONOPS (Plazo de ejecución Abril 2026) y demostración en entorno relevante representativo (no operativo) de un conjunto base+plataforma con capacidad de guiado en corto alcance en condiciones GNSS degradadas/no disponibles. (Plazo de ejecución Septiembre 2026).

KPI:

- Precisión de posicionamiento relativa en corto alcance (m).
- Precisión de posicionamiento absoluta cuando aplique (m).
- Tiempo de adquisición y/o re-adquisición de solución PNT (s).
- Disponibilidad/continuidad del servicio PNT en GNSS degradado/no disponible (% / tiempo).
- Integridad/confianza de la solución (detección de degradación y alarmas; tasa de falsas alarmas).
- Rendimiento de sincronización temporal: error de sincronización entre nodos y/o holdover ( $\mu$ s/ms según caso).
- Capacidad multi-nodo (nº de plataformas simultáneas).
- Coste unitario objetivo del nodo y SWaP (€/unidad, g, W).

**Empresa: Recursos disponibles y necesarios**

*¿con qué?*

- *Aportados por la PEMEEE*
- *Requeridos por la empresa tractora*
- *Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.*

Aportados por la PEMEEE:

Contribución técnica principal (Positioning – “P”):

- Módulo/sensor de posicionamiento en TRL 4 (subconjunto HW/FW/SW) orientado a guiado/posicionamiento de corto alcance en escenarios GNSS degradados/no disponibles.
- Prototipo funcional (mínimo 2–5 unidades, según estrategia de pruebas), con:
  - interfaz eléctrica y de comunicaciones definida,
  - firmware operativo,
  - herramientas básicas de configuración/diagnóstico/logging.
- Documentación de integración:
  - ICD (Interface Control Document) del módulo P,
  - especificación de mensajes/medidas entregadas (rango, acimut, TDoA/ToA, calidad, flags de integridad, etc.),
  - requerimientos de reloj/temporización (si aplica) y latencias.
- Soporte a pruebas y depuración:
  - presencia/soporte remoto en campañas de test,
  - análisis de datos, calibraciones y ajuste de parámetros,
  - reporte de resultados y lecciones aprendidas (evidencias para TRL 5–6).
- Evidencias TRL4:
  - resultados de pruebas en laboratorio,
  - trazabilidad de requisitos, tests, resultados,
  - riesgos técnicos identificados y mitigaciones propuestas.

- Modelo de coste y cadena de suministro:
  - BOM preliminar, dependencias críticas y alternativas,
  - estimación de coste unitario a volumen (lotes pequeños / cientos / miles),
  - porcentaje de componentes UE y justificación (disponibilidad, sustitución, riesgos).

Aportados por la empresa tractora:

1. Desde la perspectiva de proyecto: apoyo y supervisión a la PEMEEE durante el desarrollo.
2. Desde la perspectiva técnica, conocimiento para el desarrollo de los distintos apartados:
  - Ingeniería de sistema y arquitectura PNT:
    - definición de arquitectura distribuida/cooperativa,
    - definición de interfaces sistema (nodo base/buque-nodos plataforma),
    - definición CONOPS, modos degradados (“graceful degradation”) e integridad.
  - Desarrollo e integración de “N” (Navigation) y “T” (Time):
    - fusión multisensor (P de la pyme + IMU + GNSS opcional + odometrías/auxiliares),
    - navegación robusta en degradación (dead-reckoning asistido, estimación de sesgos),
    - sincronización distribuida/holdover (reloj local + distribución por red táctica).
  - Prototipado del nodo PNT completo:
    - diseño mecánico/eléctrico de integración (SWaP),
    - computación embebida y RT constraints,
    - interfaces hacia autopiloto/sistema misión (NMEA/UDP/serial/CAN según aplique).
  - Infraestructura de pruebas (laboratorio y entorno relevante representativo):
    - banco RF y registro de datos,
    - emulación de GNSS degradado/no disponible (cuando aplique),
    - instrumentación de tiempo/sincronía,
    - campaña de pruebas con 1 “base” + 1 “plataforma” (mínimo), escalando a multi-nodo.
  - Gestión técnica y de programa:
    - plan de verificación y validación para salto a TRL 5–6,
    - gestión de configuración (baseline/ICD/control de cambios),
    - gestión de riesgos, calidad y entregables.

**Cumplimiento normativo**

Se valorará positivamente que la propuesta demuestre alineamiento, total o parcial (o con plan de convergencia), con normativas de referencia del entorno OTAN/defensa (STANAG), estándares MIL-STD y/o normativa civil europea aplicable al producto y a su integración (marítima/aérea).

En particular, se valorará que la PEMEEE:

- Identifique qué normas aplica a su solución (según el dominio y la plataforma) y qué parte cubre ya.
- Aporte evidencias (ensayos, informes, trazabilidad de requisitos) o un plan de cumplimiento realista para TRL 7–9.

Se considerarán especialmente relevantes, por su impacto directo en robustez e integración:

**a) Ensayos ambientales (robustez física del nodo)**

- MIL-STD-810F

**b) Compatibilidad electromagnética / EMI-EMC** (robustez frente a entorno EW y coexistencia electrónica)

- MIL-STD-461F
- MIL-STD-464

**c) Integración e interfaces** (cuando el nodo se conecte a buses/sistemas de misión)

- MIL-STD-1553B
- En caso de integración en ecosistemas navales, también se valorará que la propuesta considere requisitos de alimentación, choque y vibración embarcada típicos de entorno marítimo militar (cuando aplique en fases posteriores TRL 7–9).

Importante: en TRL 5–6 no se espera certificación “tipo producto”, pero sí un enfoque de diseño y verificación compatible con estas normas, y una estrategia de ensayos coherente con el salto a TRL superiores.

**Confidencialidad y seguridad de la información**

- Firma de NDA y establecimiento de un marco de intercambio seguro (repositorio controlado, control de accesos, trazabilidad).
- Gestión de documentación sensible (arquitectura, vulnerabilidades, detalles RF) bajo el régimen de clasificación que determine la Armada/CT (incluyendo control de copias y de exportación).
- Compromiso explícito de la pyme de no incorporar componentes/servicios de terceros no autorizados que comprometan soberanía tecnológica o seguridad.

**Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

La relación mercantil y el régimen de propiedad industrial e intelectual (IP) entre la empresa tractora y la PEMEEE se establecerán mediante acuerdo específico previo al inicio de los trabajos, atendiendo a las políticas aplicables y a los requisitos de confidencialidad y seguridad del proyecto.

Con carácter general:

- **Background IP:** cada parte mantendrá la titularidad de la tecnología, conocimiento, software, diseños y métodos preexistentes aportados al proyecto.
- **Foreground IP / Resultados:** la titularidad y el régimen de explotación de los resultados generados durante el proyecto (incluyendo mejoras, adaptaciones, desarrollos derivados e interfaces) se definirán en función de:
  - la contribución efectiva de cada parte,
  - la necesidad de integración en sistemas navales,
  - y los requisitos de explotación/uso por parte de la Armada y la empresa tractora.

- **Derechos de uso y licencias:** se contemplará la concesión de licencias (exclusivas o no exclusivas, según negociación) para:
  - uso interno e integración en demostradores y evoluciones del sistema,
  - explotación comercial o en programas de defensa/seguridad,
  - mantenimiento, actualización y soporte a lo largo del ciclo de vida.
- **Acceso a resultados para integración:** se priorizará un marco que garantice a la empresa tractora y, cuando aplique, a la Armada, la disponibilidad de los derechos de uso necesarios para asegurar la integración, operación, mantenimiento y evolución futura del sistema, sin dependencia crítica de un único proveedor.
- **Confidencialidad y publicación:** cualquier difusión técnica, publicación o comunicación de resultados requerirá autorización previa conforme a los acuerdos de confidencialidad y a los requisitos del programa.
- **Colaboraciones:** la participación de universidades, centros tecnológicos u otros terceros podrá considerarse cuando aporte valor técnico (p. ej., ensayos, validación, modelado o apoyo a industrialización), siempre bajo acuerdos de confidencialidad, control de acceso a información y alineamiento con el marco de IP definido entre las partes.

## BLOQUE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

### RETO 8: Autopistas de la Información

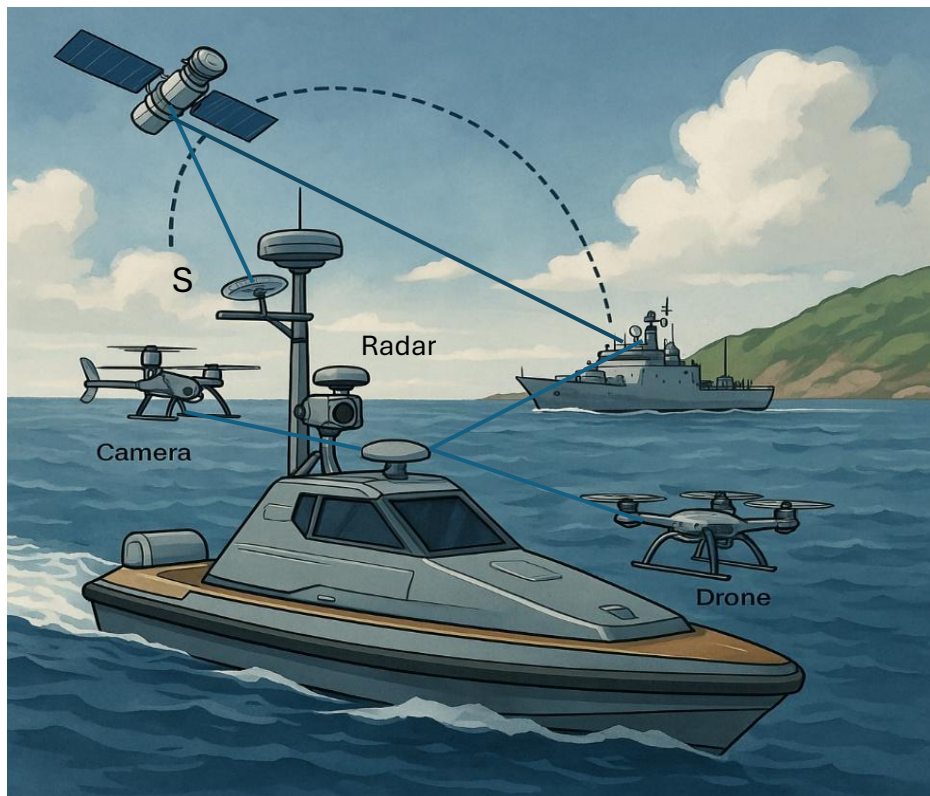
Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b></p> <p><i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i></p> <p><i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN – RETO 8: Autopistas de la Información</b></p> <p>El creciente uso de plataformas navales autónomas requiere comunicaciones seguras, resilientes y de largo alcance. Las redes 5G ofrecen alta capacidad y baja latencia, pero su cobertura es limitada en mar abierto; por otro lado, los enlaces satelitales proporcionan alcance global con restricciones de ancho de banda y latencia elevada.</p> <p>El reto consiste en desarrollar una arquitectura híbrida 5G–Satélite embarcada que permita crear “burbujas de conectividad” locales para sensores, drones y sistemas a bordo, con enlace satelital de respaldo hacia buques nodriza o centros de control, con tecnología española.</p> <p>Esta solución reforzará la autonomía operativa, la seguridad de las comunicaciones y la interoperabilidad entre plataformas, contribuyendo a la transformación digital y a la superioridad informacional de la Armada.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b></p> <p><i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>El reto se enmarca en los Elementos Esenciales de Buque Autónomo (EEBB) y en la estrategia de transformación digital y superioridad informacional de la Armada.</p> <p>La conectividad híbrida 5G–Satélite es clave para garantizar el mando y control de plataformas no tripuladas en entornos marítimos extensos, reforzando la autonomía operativa y la resiliencia de las comunicaciones.</p> <p>El proyecto impulsa la colaboración con PEMEEEs tecnológicas en el ámbito 5G y satelital, fomentando la innovación nacional y la soberanía tecnológica en defensa.</p>
Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado
<p><b>¿Cómo?</b></p> <p><i>- Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.</i></p> <p><i>- Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.</i></p> <p><i>- Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.</i></p> <p><b>Objetivos funcionales:</b></p> <p>Para cumplir con el objetivo del reto se pretende:</p>

- ✓ Desarrollar y validar una arquitectura híbrida de comunicaciones 5G–Satélite embarcada, capaz de mantener conectividad continua entre buques autónomos, sensores, drones y centros de control.
- ✓ Optimizar el tráfico de señalización del stack 5G para operar eficientemente sobre enlaces satelitales de banda estrecha y baja latencia, integrando módulos ligeros y escalables aptos para plataformas de pequeño porte.

**Requisitos técnicos:**

- conectividad resiliente,
- interoperabilidad con sistemas C2 navales
- operación segura más allá de la línea de visión.

**Arquitectura conceptual de conectividad híbrida 5G–Satélite para plataformas navales autónomas.**



El TRL mínimo de partida de la tecnología será 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio).

El TRL deseado de llegada será 5-6 (Validación de componente y disposición de los mismos en un entorno relevante).

**Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución**

El objetivo future del reto y la colaboración con la PEMEEE es llegar a la realización de producto comercial en dos años, que logre facilitar a la Armada un sistema completo de Comunicaciones 5G-SATCOM comercializado desde la empresa tractora.

## Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

El proyecto presenta un alto grado de innovación al combinar tecnologías 5G embarcadas y enlaces satelitales optimizados, configurando una solución inédita en el entorno naval nacional. Su viabilidad técnica se apoya en la madurez de los componentes 5G y la experiencia existente en integración de sistemas de comunicaciones marítimas, permitiendo un desarrollo progresivo y rentable.

La arquitectura modular y escalable facilita su adaptación a distintos tipos de plataformas — desde lanchas rápidas hasta buques nodriza— y su integración con sistemas C2, sensores y vehículos autónomos de nueva generación.

El Impacto en la capacidad operativa de la Armada con el desarrollo futuro de un Sistema completo de Comunicaciones 5G-SATCOM será otro criterio a tener en cuenta.

En conjunto, la solución incrementará de forma significativa la capacidad operativa, la autonomía y la resiliencia de la Armada, mejorando la eficacia en misiones de vigilancia, reconocimiento y control marítimo.

### Criterios que busca la empresa tractora de la PEMEEE:

- ✓ Conocer sus capacidades técnicas y el estado de desarrollo de sus soluciones, para entender qué tecnologías dominan y cómo pueden contribuir al proyecto.
- ✓ Entender su experiencia previa en proyectos relacionados, especialmente ejemplos que demuestren su capacidad para entregar resultados en contextos similares al nuestro.
- ✓ Saber cómo está formado su equipo y cuáles son sus principales competencias, asegurando que cuentan con perfiles adecuados y suficientes para abordar las tareas requeridas.
- ✓ Contar con una PEMEEE con organización estable y buena capacidad de respuesta, que pueda gestionar el trabajo de manera ordenada y cumplir plazos con fiabilidad.
- ✓ Ver que existe una alineación natural con nuestras necesidades y objetivos, de modo que la colaboración resulte beneficiosa para ambas partes y avance en la misma dirección.
- ✓ Tener claridad sobre cómo gestionan la propiedad intelectual y los desarrollos, para garantizar una colaboración transparente y sin ambigüedades en cuanto a derechos y usos futuros.
- ✓ Valorar su capacidad de escalar la solución en fases posteriores, asegurando que podrán acompañar el crecimiento del proyecto si la cooperación se amplía.
- ✓ Explorar la posibilidad de establecer alianzas a medio y largo plazo.

## Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

### ¿Por qué?

- Para la Armada: *beneficios en capacidades, costes, seguridad...*

- Para la empresa tractora: *alineación con I+D, interés en integración*

- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: *Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA.*

Para la Armada Española:



- El desarrollo de esta conectividad híbrida 5G–Satélite supondrá una mejora sustancial en su capacidad de mando, control y cooperación entre plataformas autónomas y tripuladas, permitiendo operaciones distribuidas, seguras y resilientes incluso fuera del alcance de redes terrestres. Esta capacidad refuerza la autonomía operativa, la superioridad informacional y la interoperabilidad multinivel con sistemas aliados y OTAN.

Para la empresa tractora:

- El reto impulsa la consolidación de capacidades soberanas en comunicaciones embarcadas y ciberseguras, potenciando la integración con PEMEEEs y centros tecnológicos nacionales.
- Reforzará su posición como integrador de referencia en comunicaciones críticas, generando conocimiento exportable y contribuyendo al liderazgo tecnológico de la industria española en defensa naval.

**Resultados e indicadores de éxito esperados:**

Los indicadores de éxito incluirán:

- la reducción del tráfico de señalización (<10%),
- la latencia controlada en comunicaciones críticas,
- la interoperabilidad con sistemas C2 navales, alcanzando un nivel de madurez tecnológica TRL 5/6.

**Empresa: Recursos disponibles y necesarios**

**¿con qué?**

- *Aportados por la PEMEEE*
- *Requeridos por la empresa tractora*
- *Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.*

Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Actuará como entidad mentora e integradora, aportando su experiencia en comunicaciones embarcadas, infraestructura de laboratorio y los recursos técnicos necesarios.

Requeridos a la PEMEEE:

- Asumirá el liderazgo en la implementación del stack 5G optimizado y la integración del hardware embarcado, bajo la supervisión técnica de la empresa tractora.

Requeridos a la Armada:

- El acceso a capacidades satelitales y equipos de comunicaciones satelitales para las pruebas del proyecto serán facilitadas por la Armada, en caso de ser necesario y previa autorización de la Armada.



### **Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

#### **Propiedad industrial**

- Modelo de colaboración que contemple un esquema de copropiedad con reparto de ámbitos de explotación, orientado al desarrollo conjunto de una solución de comunicaciones 5G integrada con backhaul satelital.
- Los resultados generados serán de titularidad compartida entre las entidades participantes, garantizando la protección de la propiedad intelectual y la posibilidad de licencias de uso controladas por parte de la Armada. La empresa tractora, como entidad mentora, supervisará la integración y certificación del prototipo, mientras la PEMEEE desarrollará los módulos 5G y softwares asociados.

## RETO 10: Fotónica

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b></p> <p><i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i></p> <p><i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN – RETO 10: Fotónica</b></p> <p>Los sistemas de comunicaciones a bordo de los buques actuales, tanto en plataformas tripuladas como en desarrollos incipientes de buques autónomos, dependen mayoritariamente de infraestructuras cableadas de fibra óptica y enlaces inalámbricos de radiofrecuencia (RF). Estas tecnologías presentan varias limitaciones críticas en este tipo de entornos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Hiperconectividad</u>: Alta complejidad estructural aumentando costes de despliegue y mantenimiento de redes, especialmente en buques con gran densidad de sensores y sistemas que requieren estar conectados entre sí, y trabajar compartiendo datos a muy alta velocidad y con baja latencia.</li> <li>• <u>Vulnerabilidad electromagnética y congestión del espectro de RF</u>: Alto riesgo de interferencias en entornos con alta concentración de equipos o durante operaciones en escenarios electromagnéticamente disputados. Saturación del espectro de RF conforme las operaciones son más complejas, especialmente en operaciones conjuntas o entornos costeros.</li> <li>• <u>Limitaciones en redes internas</u>: Las infraestructuras basadas en cable presentan restricciones de ancho de banda, peso y resistencia ambiental.</li> <li>• <u>Falta de escalabilidad tecnológica</u>: Las plataformas navales requieren actualizaciones frecuentes, pero las redes actuales dificultan la integración modular.</li> </ul> <p>Las comunicaciones ópticas inalámbricas representan una tecnología estratégica para modernizar las capacidades de defensa en el entorno naval proporcionando soluciones a todos los desafíos mencionados. Ofrecen soluciones eficaces en términos de seguridad, rendimiento y adaptabilidad. Por todo ello, en este proyecto se propone el desarrollo de terminales compactos y ligeros para la implementación de enlaces de comunicaciones ópticas inalámbricas internas al buque o externas con otros buques o plataformas en el mismo o en otros dominios. Se contempla, a su vez, una línea de proyecto estructurada en varias fases, en las cuales la tecnología experimentará una evolución progresiva, con mejoras en el alcance y velocidad de dichos terminales.</p> <p><b>Limitaciones de las soluciones existentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tecnologías RF no garantizan seguridad frente a guerra electrónica ni a espionaje.</li> <li>• Las redes actuales no permiten la transmisión eficiente de datos de alta resolución en tiempo real a la velocidad requerida. La arquitectura de red tradicional limita la interoperabilidad entre sistemas embarcados y plataformas externas (drones, satélites, etc.).</li> <li>• En cuanto a los sistemas ópticos convencionales presentan diversas limitaciones, entre ellas una elevada sensibilidad a la alineación y a las condiciones ambientales, un tamaño y consumo energético significativos, una reducida robustez mecánica y una integración limitada con los sistemas electrónicos de a bordo.</li> </ul>

- Las soluciones actualmente disponibles para la implementación de redes ópticas inalámbricas que permitan afrontar los principales desafíos se sustentan en tecnologías ópticas convencionales, además el uso de estas soluciones implica una dependencia de tecnología extranjera y una consecuente pérdida de soberanía tecnológica en las capacidades actuales.

#### **Impacto esperado de las comunicaciones ópticas inalámbricas en aplicaciones de la Armada**

- La incorporación de comunicaciones ópticas inalámbricas basadas en fotónica integrada permitirá a la Armada disponer de enlaces de alta capacidad, seguros y resistentes a interferencias, mejorando la conectividad y la resiliencia de sus plataformas.
- La fotónica integrada ofrece una vía de solución al miniaturizar y robustecer los componentes ópticos, reduciendo drásticamente el tamaño, consumo y coste, y permitiendo la creación de enlaces ópticos inalámbricos seguros y resistentes adaptados al entorno naval.

Estas tecnologías favorecerán la evolución hacia buques más autónomos, ligeros y modulares, optimizando su sostenibilidad y preparación operativa en entornos complejos.

#### **Contexto Estratégico**

##### **¿Para qué?**

*-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada*

La incorporación de la tecnología fotónica integrada para comunicaciones ópticas permitirá nuevas arquitecturas de comunicación a bordo de la plataforma (interna) como con otras plataformas del mismo o de otro dominio (externa). Su integración en entornos navales refuerza la capacidad de maniobra, resiliencia, conectividad de alta velocidad y seguridad de las flotas del futuro. Estas soluciones fotónicas contribuyen directamente a los pilares del programa EEBA, como la digitalización, la conciencia situacional, la autonomía operativa y la gestión sistémica de información, al mismo tiempo que promocionan el desarrollo tecnológico nacional. Su estadio de madurez (TRL intermedio) permite considerarlas como candidatas para fases de demostrador o prototipo dentro del programa EEBA, avanzando hacia la estandarización de tecnologías habilitadoras para navíos autónomos.

#### **Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado**

##### **¿Cómo?**

*- Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.*

*- Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.*

*- Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.*

Para lograr el objetivo planteado se busca una PEMEEE dedicada al diseño de circuitos ópticos integrados (chips fotónicos) para el desarrollo de terminales compactos de comunicaciones ópticas inalámbricas, que permitan desplegar redes más seguras, con mayor capacidad de transmisión de datos y mayor robustez, al eliminar la necesidad de componentes ópticos discretos.

#### **Objetivos técnicos y funcionales:**

Demostrar el funcionamiento de un link punto a punto de comunicaciones ópticas inalámbricas que emplee terminales FSOC integrados y de bajo SWaP (Size, Weight and Power), aptos para comunicaciones intra-buque con alcances del orden de cientos de metros y velocidades de transmisión de varios Gbps.

El TRL mínimo de partida de la tecnología será 3 (Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica). El alcance mínimo del proyecto consistirá en el desarrollo y validación de una prueba de concepto en un entorno de laboratorio que demuestre la capacidad de la tecnología para transmitir información a velocidades equivalentes a las de la fibra óptica entre dos terminales separados por distancias de varios cientos de metros.

El TRL deseado de llegada será 5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante). El objetivo deseado será la demostración de la tecnología en un entorno relevante, en el que las condiciones del canal atmosférico influyan en el establecimiento y mantenimiento del enlace óptico, validando así su operatividad en escenarios relevantes.

#### **Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto**

##### **¿Quién?**

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Grado de innovación:

La propuesta destaca por la combinación de comunicaciones ópticas inalámbricas con tecnologías fotónicas integradas, una convergencia que ofrece soluciones compactas, eficientes y de alto rendimiento.

2. Viabilidad técnica y económica:

Existe una fuerte sinergia con las hojas de ruta de producto ya definidas a nivel de empresa, así como con los casos de uso planteados por la empresa tractora, lo que facilita la integración y reduce los riesgos tecnológicos y financieros.

3. Escalabilidad:

El uso de tecnologías fotónicas integradas tiene como ventaja inherente el uso de procesos de fabricación CMOS, comunes en el ámbito de los semiconductores. La solución técnica sería a su vez escalable a otros casos de uso como, por ejemplo, añadiendo sistemas de apuntamiento híbridos que combinen sistemas mecánicos y fotónicos, se podrían habilitar los casos de uso de enlace entre buques, estaciones costeras y otros tipos de embarcaciones.

4. Potencial integración en sistemas navales:

La naturaleza compacta, eficiente y robusta de la tecnología propuesta (fotónica integrada) facilita su integración en entornos navales, tanto en plataformas nuevas como en la modernización de sistemas existentes.

5. Impacto en la capacidad operativa de la Armada:

La adopción de esta tecnología podría mejorar significativamente la capacidad de comunicación segura y de alta velocidad entre unidades navales, incrementando la resiliencia de las redes tácticas y reduciendo la dependencia de enlaces de radiofrecuencia tradicionales.

## Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

### ¿Por qué?

- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...
- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración
- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA

### Para la Armada Española:

- Mayor seguridad: Transmisiones ópticas inalámbricas difíciles de interceptar, con baja firma electromagnética. Por naturaleza las comunicaciones ópticas son LPI/LPD resilientes a interferencia en comparación con las comunicaciones de RF, reduciendo, además, la firma electromagnética de la plataforma. Incremento del ancho de banda y la velocidad de comunicación, esenciales para la coordinación entre buques autónomos, el intercambio de datos sensoriales y la toma de decisiones distribuida. Además, las comunicaciones ópticas en espacio libre presentan una compatibilidad intrínseca con tecnologías de comunicaciones cuánticas seguras, incluyendo esquemas de distribución cuántica de claves (QKD).
- Alta capacidad y velocidad: Las redes ópticas permiten transmisión masiva de datos en tiempo real, clave para sensores y sistemas de combate.
- Reducción de peso y volumen en sistemas de a bordo, facilitando diseños más ligeros y eficientes para plataformas autónomas.
- Terminales más compactos y de menor consumo que los terminales de RF debido al uso de la fotónica integrada, con la que conseguimos miniaturizar los componentes ópticos, reduciendo drásticamente el tamaño, consumo y coste,
- Resiliencia operativa: Mayor inmunidad a interferencias electromagnéticas eliminando interferencias y emisiones detectables, mejorando la seguridad y la discreción táctica.
- Modularidad, escalabilidad y flexibilidad: Facilitan la integración de nuevos sistemas sin rediseños estructurales y reducción de costes de despliegue/ampliaciones en la arquitectura de sistema.
- Simplificación del mantenimiento, al sustituir parte del cableado por enlaces ópticos inalámbricos reconfigurables.
- Interoperabilidad avanzada: Posibilitan enlaces seguros entre buques, aeronaves, satélites y vehículos no tripulados.
- Su integración con otras tecnologías de conectividad, como redes 5G o mallas híbridas, permite articular nodos de agregación de información de alta densidad y enlaces ópticos de muy alta capacidad entre dichos nodos y los centros de mando,
- Innovación submarina: Abren la puerta a nuevas formas de comunicación óptica bajo el agua, mejorando la coordinación táctica.
- Impulso a la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) y la Estrategia Industrial de Defensa (EID) y la EEBA, promoviendo la soberanía tecnológica en sistemas navales de nueva generación.

### Para la empresa tractora:

- Para la empresa tractora puede suponer además la mejora de sistemas C4ISR: Las comunicaciones ópticas permiten integrar sensores, radares, sistemas de mando y control con mayor velocidad y seguridad en diferentes plataformas y dominios en arquitecturas modulares, escalables, flexibles y configurables.

Durante esta PoC se establecerán y medirán una serie de indicadores clave de rendimiento (KPIs) que permitan demostrar la viabilidad técnica de la solución.

KPIs medibles:

- Tasa de datos (Data rate) y distancia máxima de transmisión.
- Directividad.
- Tasa de error de bit (BER).
- Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE).
- Capacidad de apuntamiento electrónico.
- Parámetros SWaP (tamaño, peso y consumo energético).

Objetivos esperados:

- ✓ Se prevé alcanzar una tasa de datos de 1–2 Gbps, compatible con distancias superiores a 100 metros, manteniendo una BER  $< 10^{-3}$  y una PIRE objetivo entre 70 y 80 dBm.
- ✓ En cuanto al SWaP, se establece un objetivo de 100 × 80 × 80 mm y un consumo inferior a 25 W.

**Empresa: Recursos disponibles y necesarios**

*¿con qué?*

- Aportados por la PEMEEE
- Requeridos por la empresa tractora
- Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.

Aportados por la empresa tractora:

- ✓ aportará conocimiento y contribuirá a la definición de requisitos en función de las necesidades de la Armada.

Requeridos a la Armada:

- Se requerirá la posibilidad de usar escenarios para bancos de pruebas realistas para realizar la comunicación óptica inalámbrica entre puntos dentro de un buque.

**Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

**Propiedad industrial**

- El modelo de relación entre ambas partes se definirá de manera conjunta, garantizando que las condiciones se ajusten a lo establecido en las bases de la convocatoria y permitan una colaboración equilibrada y transparente. La obligación se extiende durante tres años después de la finalización del contrato.

## RETO 12: Gemelo Digital

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b>  <i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i>  <i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN – RETO 12: Gemelo Digital</b></p> <p>El presente proyecto propone el desarrollo de un gemelo digital inteligente a nivel TRL6 para un buque ficticio. Dado que el futuro buque autónomo no existe en la actualidad, en este proyecto se trabajará con un buque ficticio compuesto de varios sistemas que se puedan encontrar en la actualidad.</p> <p>Igual que el buque real se compone de los diferentes subsistemas a bordo; el gemelo digital de un buque se compone a su vez de los diferentes gemelos digitales de sus subsistemas. Sin embargo, los suministradores pueden no disponer de modelos que representen sus sistemas o son reacios a compartir información sensible de ellos. En este reto, se propone:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El desarrollo de modelos subrogados basados en redes neuronales que permitan aprender a partir de los datos de operación de los subsistemas. Estos modelos se desarrollarán sobre la base de un modelo matemático que permita aproximar la física del sistema. Sobre este modelo, se entrenará un modelo de IA que aprenda los residuos con respecto a los datos de funcionamiento reales. De esta manera se preserva la privacidad de los datos más sensibles y se mejora la velocidad de ejecución del modelo combinado.</li> <li>2. La integración de los diferentes modelos generados en un gemelo digital global. Para que el gemelo digital sea funcional, es necesaria una ontología que permita relacionar los componentes a bordo y obtener causas y efectos en la simulación conjunta. No se trata de generar una plataforma con sistemas aislados sino de un verdadero gemelo digital operativo del buque.</li> </ol> <p>El gemelo resultante permitirá demostrar su utilidad en los siguientes casos de uso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar en tiempo real el estado físico, funcional y operativo del buque.</li> <li>• Predecir fallos y estimar vida útil remanente (RUL).</li> <li>• Detectar anomalías.</li> <li>• Simular escenarios tácticos, de operación y de mantenimiento.</li> <li>• Contribuir a la operación del futuro buque autónomo de la Armada.</li> </ul>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b>  <i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>La Armada señala el gemelo digital como un habilitador clave de autonomía, mantenimiento predictivo, reducción de indisponibilidades y entrenamiento. Este proyecto se alinea plenamente con esa estrategia al:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitar la transición hacia buques con operación cada vez más automatizada y resiliente.</li> <li>• Permitir reducir averías no planificadas, aumentando la disponibilidad de la flota.</li> </ul>

- Ofrecer capacidades de simulación y entrenamiento para operadores y sistemas autónomos.

Además, el desarrollo de gemelos digitales de sistemas ya existentes, a partir de sus propios datos de operación y de modelos físicos simplificados, permite plantear la generación de gemelos digitales de buques ya existentes.

#### Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado

##### ¿Cómo?

- *Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.*
- *Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.*
- *Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.*

##### Objetivos técnicos y funcionales:

1. Ingesta y sincronización de datos multisistema provenientes de diferentes plataformas y sensores.
2. Generación de modelos subrogados que aprendan la física y el comportamiento de los sistemas del buque a partir de datos reales, preservando la confidencialidad.
3. Integración de los gemelos digitales de los subsistemas en un único gemelo mediante el uso de una ontología.
4. Predicción de fallos, cálculo de RUL y detección de anomalías mediante IA.
5. Simulación “what-if” para mantenimiento, operación y planificación táctica.

El proyecto responde exactamente a las limitaciones descritas por la Armada:

- Falta de modelos físicos compartidos por suministradores.
- Necesidad de un gemelo digital global y operativo.
- Requerimiento de capacidades de predicción y simulación.

La aproximación basada en IA subrogada es una respuesta directa al problema identificado.

El TRL mínimo de partida de la tecnología será 4 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio).

El TRL deseado de llegada será 6 (Modelo de sistema o subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante). Resultado previsto: prototipo validado en entorno relevante y pruebas con datos reales.

#### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

##### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Grado de innovación:
  - Propuesta diferencial: gemelo digital completo sin necesidad de modelos OEM, usando IA subrogada.
  - Combina modelos físicos + aprendizaje residual, mejorando precisión sin comprometer información sensible.



2. Viabilidad técnica y económica:
  - El uso de datos de sistemas reales permite validar rápidamente los modelos.
  - La modularidad reduce costes de integración a largo plazo.
3. Escalabilidad:
  - Arquitectura preparada para incorporar nuevos subsistemas sin rediseñar el modelo global.
  - Integrable en el gemelo digital de futuros buques de la Armada.
4. Potencial integración en sistemas navales:
  - Cumplimiento de interfaces C2/SCADA y estándares OTAN/UE.
  - Diseño orientado a operación embarcada con recursos limitados.
5. Impacto en la capacidad operativa de la Armada:
  - Mejora directa de disponibilidad, seguridad y planificación de misión.
  - Facilita el desarrollo de capacidades autónomas del buque.

#### **Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados**

##### **¿Por qué?**

- *Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...*
- *Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración*
- *KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA*

##### Para la Armada Española:

- Aumento de la disponibilidad del buque mediante reducción de fallos no planificados.
- Mejor planificación del mantenimiento, reduciendo costes y visitas correctivas.
- Anticipación de fallos críticos gracias a modelos predictivos.
- Mayor seguridad operativa mediante simulación de incidentes en tiempo real.
- Apoyo al desarrollo del buque autónomo, al proveer una réplica virtual fiable del comportamiento real.

##### Para la empresa tractora:

- Alineación total con líneas de I+D en mantenimiento predictivo e IA.
- Consolidación de experiencia en gemelos digitales, modelos subrogados y despliegues embarcados.

##### KPIs medibles:

- Precisión de predicción de fallo (AUC/F1).
- Antelación del aviso respecto al fallo real (horas).
- Reducción de falsas alarmas.
- Mejora de disponibilidad (%).
- Tiempo medio de simulación «what-if».
- Cobertura de subsistemas integrados (N).

## Empresa: Recursos disponibles y necesarios

### ¿con qué?

- Aportados por la PEMEEE
- Requeridos por la empresa tractora
- Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.

### Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Experiencia en IA predictiva, mantenimiento predictivo y gemelos digitales.
- ✓ Pipelines de datos, entrenadores de modelos subrogados y módulos de detección de anomalías.
- ✓ Equipos de IA, infraestructura de desarrollo y herramientas de simulación.
- ✓ SW para integración, orquestación y despliegue en entorno relevante

### Requeridos a la PEMEEE:

- Experiencia en IA predictiva, mantenimiento predictivo y gemelos digitales.
- Experiencia en estándares FMI/FMU y herramientas de simulación (Ej: OpenModelica)
- Soporte en el desarrollo de modelos matemáticos y validación de modelos

### Cumplimiento normativo

- Cumplimiento normativo y requisitos adicionales
- Normativa OTAN/UE de interoperabilidad y seguridad.
- Ciberseguridad: Uso de buenas prácticas y desarrollo seguro desde el inicio.
- Clasificación adecuada de datos y segregación de dominios.

## Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

### Propiedad industrial

- Modelos subrogados y pipelines de datos protegidos por propiedad industrial de la empresa tractora;
- acuerdos de licencia para uso por la Armada;
- marco de colaboración con universidades/centros para métodos de aprendizaje y XAI;
- acuerdos con suminsitradores para acceso a datos no sensibles/medidos y validación de interfaces;
- posibilidad de consorcio EEBA.

## RETO 13: Nube de Combate

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b>  <i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA</i>  <i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN – RETO 13: Nube de Combate</b></p> <p>La integración de activos autónomos en la Nube de Combate actual presenta desafíos críticos en interoperabilidad, latencia y seguridad. Estos sistemas deben funcionar como nodos activos inteligentes en redes tácticas distribuidas, requiriendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de procesamiento edge para datos sensoriales y de inteligencia (ISR) así como de estado y recomendaciones estratégicas.</li> <li>• Inter-operabilidad con plataformas navales, aéreas, terrestres, espaciales e inteligencia.</li> <li>• Integración de forma autónoma y segura en redes militares descentralizadas.</li> <li>• Escalabilidad ante la necesidad de ir integrando una mayor disponibilidad de activos y plataformas tripuladas y no tripuladas</li> </ul> <p>El reto busca desarrollar una arquitectura de nube de combate distribuida que permita a los buques autónomos participar como elementos de pleno derecho en el ecosistema operativo conjunto que dispone de diferentes entidades de defensa y sus activos.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b>  <i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>La Armada Española necesita evolucionar hacia arquitecturas de combate network-centric que integren plataformas tripuladas y no tripuladas en un entorno operativo unificado. Este reto se alinea con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La estrategia de modernización de sistemas C4ISR</li> <li>✓ La necesidad de interoperabilidad con aliados OTAN</li> <li>✓ La evolución por fases y prioridad hacia el concepto JADC2 (Joint All-Domain Command and Control)</li> <li>✓ Desarrollo de Operaciones colaborativas multidominio</li> <li>✓ Soberanía y Descentralización: Enfoque soberano para activos tácticos, permitiendo operaciones descentralizadas.</li> <li>✓ Resiliencia Operativa: Necesidad de operar en un entorno extremo que se garantiza la operatividad “offline” y sincronización automática</li> <li>✓ Seguridad Avanzada: Enfoque “Zero-Trust”.</li> </ul> <p>Para la PEMEEE este reto supone la oportunidad de desarrollar tecnologías de computación distribuida y gestión de datos tácticos para defensa.</p>
Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado

### ¿Cómo?

- *Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.*
- *Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.*
- *Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.*

#### Objetivos técnicos y funcionales:

1. Plataforma de computación edge para procesamiento ISR embarcado y otros datos e información operacional
2. Sistema de sincronización federada entre nodos tácticos
3. Mecanismos de tolerancia a desconexión y resincronización autónoma
4. IA Multinivel
5. Desarrollo de Arquitectura de Agentes

El TRL mínimo de partida de la tecnología será 3 (Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica).

El TRL deseado de llegada será 5 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante).

Plazo de Ejecución: 12 meses.

#### Entregable:

- Se entregará un **prototipo funcional de arquitectura de nube de combate** para buques autónomos, probado en un entorno simulado.
- Demostración funcionamiento de “misión” con recursos limitados.

### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

#### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Grado de innovación:
  - Arquitectura desacoplada con replicación inteligente de datos
  - Algoritmos de priorización dinámica de información táctica
  - IA Generativa y Agéntica: Sistema de agentes autónomos especializados en gestión recursos distribuidos, toma de decisiones en tiempo real, gestión inteligente de datos tácticos, etc.
  - Integración en el Edge: Procesamiento local de datos ISR y otros antes de transmisión con un hardware de computación “lite”.
  - Protocolos adaptativos según disponibilidad de enlace.
  - Capacidades de store-and-forward para gestión de desconexiones.
2. Viabilidad técnica y económica:
  - Integración con sistemas de mando y control existentes
  - Coste de implantación y mantenimiento en flota heterogénea
3. Potencial integración en sistemas navales:
  - Compatibilidad con estándares tipo MIL-STD y protocolos OTAN, ETSI, y otros que sean necesarios
  - Escalabilidad a diferentes clases de plataformas
4. Impacto en la capacidad operativa de la Armada:

- Reducción de latencia en compartir información crítica.
- Mejora en la conciencia situacional colaborativa.
- 5. Escalabilidad:
  - Capacidad de crecimiento desde unidades individuales a enjambres masivos.
  - Despliegue rápido.

#### Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

##### ¿Por qué?

- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...
- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración
- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA

##### Para la Armada Española:

- Interoperabilidad: Integración efectiva de buques autónomos en operaciones conjuntas
- Mejora significativa en la velocidad de decisión OODA (Observar, Orientar, Decidir y Actuar). El sistema proporciona conocimiento y recomendación de acciones.
- Resiliencia operacional mediante arquitectura distribuida.

##### Para la empresa tractora:

- Desarrollo de tecnologías duales aplicables a sectores civil y defensa
- Posicionamiento en el emergente mercado de sistemas autónomos conectados
- Acceso a programas de I+D conjuntos internacionales y grupos de trabajo de la OTAN.

##### KPIs medibles:

- Latencia < 500 ms en compartir datos críticos asumiendo conectividad alambrada (ej. Fibra, network cable).
- Sincronización automática en < 30 segundos tras pérdida de conectividad entre nodos.
- Operación efectiva, definida con un porcentaje de exactitud y probabilidad, cuando hay pérdidas de paquetes del 20%.
- Capacidad de gestionar >25 nodos simultáneamente.

#### Empresa: Recursos disponibles y necesarios

##### ¿con qué?

- Aportados por la PEMEEE
- Requeridos por la empresa tractora
- Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.

##### Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Arquitectura de software para nube táctica distribuida junto con sus especificaciones y estándares establecidos
- ✓ Modelos de lenguaje, tecnología de Agentes, y Algoritmos de sincronización y replicación de datos
- ✓ Plataformas de simulación para validación de conectividad
- ✓ Framework operativo integrado.

**Requeridos a la Armada:**

- Acceso a especificaciones de interfaces de sistemas de mando y control
- Escenarios operativos realistas para pruebas y sus datos
- Acceso a conectividad 'backhaul'.
- Poder validar en entornos de conectividad limitada o nula.

**Cumplimiento normativo**

- Cumplimiento de requisitos tipo TEMPEST y ciberseguridad militar
- Interoperabilidad con sistemas de aliados OTAN
- Operación en espectro electromagnético disputado
- Cumplimiento de políticas de información clasificada

**Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

**Propiedad industrial**

- Arquitectura de nube federada: desarrollo conjunto
- Algoritmos de sincronización: propiedad de la empresa tractora
- Interfaces de integración: estandarizadas y documentadas

## BLOQUE SAFETY, CIBERSEGURIDAD y RESILENCIA

### RETO 14 + 17 integrados: Automatización de ataques defensivos y Sistemas de detección adaptativos

Nombre y descripción del Proyecto que se presenta
<p><b>¿Qué?</b></p> <p><i>Título del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA.</i></p> <p><i>Descripción del proyecto</i></p> <p><b>BLOQUE SAFETY, CIBERSEGURIDAD y RESILENCIA – RETO 14 + 17 integrados: Automatización de ataques defensivos y Sistemas de detección adaptativos</b></p> <p>Desarrollo de un sistema integrado en buques autónomos capaz de detectar, categorizar y responder de forma autónoma ante ciberataques y acciones de guerra electrónica (EW) y NAVWAR, asegurando la misión y la seguridad de los sistemas críticos del buque. El sistema permitirá compartir información sobre amenazas y coordinar respuestas defensivas colaborativas entre nodos de la nube de combate, utilizando monitorización multisensor y aprendizaje continuo seguro.</p>
Contexto Estratégico
<p><b>¿Para qué?</b></p> <p><i>-Breve explicación de cómo se alinea el reto con la estrategia de la Armada</i></p> <p>El reto se alinea con la estrategia de la Armada y el programa EEBA, dotando a los buques autónomos de capacidades avanzadas de vigilancia y supervivencia electrónica.</p> <p>La resiliencia sensorial y la adaptación automática son claves para operar en entornos de alta amenaza electrónica, facilitando la autonomía operativa y la continuidad de misión sin intervención humana directa.</p>
Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado
<p><b>¿Cómo?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>- Objetivos técnicos y funcionales del Reto que se pretenden alcanzar con la participación de la PEMEEE.</i></li> <li><i>- Estado de madurez de la tecnología, TRL imprescindible de partida y compromiso TRL de llegada.</i></li> <li><i>- Proyección y evolución del Reto, TRL deseado, y plazo de ejecución.</i></li> </ul> <p>El sistema propuesto mejora la autonomía operativa, reduce la carga de decisión humana en entornos congestionados (con multitud de objetivos y amenazas) y degradados y facilita operaciones en áreas de alta amenaza electrónica, incrementando la capacidad de disuasión y la supervivencia del activo.</p>

#### Objetivos técnicos y funcionales:

- Detección de ataques ciber-electromagnéticos sobre sistemas IT y OT del buque.
- Identificación y clasificación de señales de amenaza y respuesta automatizada según el riesgo.
- Detección y clasificación de fuentes de jamming, spoofing y meaconing sobre sistemas PNT GNSS y conectividad a la nube de combate.
- Aprendizaje continuo seguro en el borde, agregación/cooperación entre plataformas sin exponer datos sensibles.
- Seguridad y auditabilidad: actualizaciones verificables, privacidad de datos y resistencia a envenenamiento de modelos.

TRL mínimo de partida de la tecnología: 3-4 (Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica / Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio).

- Prueba de concepto de la arquitectura SW/HW con selección de sensores/fuentes a monitorizar.

TRL deseado alcanzado una vez finalice el reto: 5-6 (Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno relevante).

- Motor de detección ejecutándose en hardware edge con datos simulados.

Plazo de ejecución: Adaptable según la propuesta de la PEMEEE y el nivel de madurez inicial de la tecnología, pudiendo oscilar de 5 a 12 meses.

#### Propuesta Tecnológica: Criterios de evaluación de las respuestas al Reto

##### ¿Quién?

*Criterios de evaluación por orden de prioridad para la selección del o los candidato/os para abordar la ejecución del presente Reto:*

1. Grado de Innovación: se evaluará la MTD en plataformas navales, aprendizaje continuo en el borde
2. Viabilidad técnica y económica: se analizará la integración en buques y el coste/beneficio.
3. Escalabilidad: se tendrá en cuenta la capacidad de despliegue en flota.
4. Potencial de integración en sistemas navales: se valorará la compatibilidad con sistemas existentes.
5. Impacto en la capacidad operativa de la Armada: se valorará la mejora de la continuidad de misión y la reducción de riesgos.

#### Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados

##### ¿Por qué?

- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...

- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración

- KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo I: Retos definidos por la Armada - Proyecto EEBA

Para la Armada Española:

- Mejora en la detección y respuesta ante amenazas electrónicas.
- Reducción de costes operativos y dependencia de operadores humanos.



- Aumento de resiliencia frente a ataques.

Para la PEMEEE:

- Oportunidad de desarrollar know-how en defensa electrónica y ML en el borde.
- Acceso a plataformas de prueba navales y potencial comercial posterior.

KPIs:

- Prototipo funcional SW+HW en laboratorio/entorno relevante.
- Validación en simulador y pruebas de mar.
- Tasa de detección y respuesta, reducción de falsas alarmas, tiempo de reacción.

**Empresa: Recursos disponibles y necesarios**

*¿con qué?*

- *Aportados por la PEMEEE*
- *Requeridos por la empresa tractora*
- *Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.*

Aportados por la empresa tractora:

- ✓ Equipo multidisciplinar, infraestructura de desarrollo, mentoring.

Requeridos a la Armada:

- Participación en definición de requisitos y diseño.
- Datos operativos y especificaciones (perfiles de amenazas reales, patrones de operación).

Requeridos a la PEMEEE:

- Se valorará la aportación de tecnologías innovadoras, capacidad de integración y flexibilidad para colaborar en entornos de defensa.

**Cumplimiento normativo:**

- Cumplimiento normativo OTAN/UE: interoperabilidad y conformidad con estándares de cifrado, protocolos de intercambio de información y requisitos de seguridad/defensa de la OTAN y reglamentación europea aplicable.
- Confidencialidad: gestión de datos sensibles con controles de acceso, cifrado en tránsito y reposo, y segregación de información clasificada.
- Ciberseguridad: despliegue de TEE/TPM, firma electrónica de modelos, gestión de claves, monitorización de integridad y respuesta a incidentes

**Empresa: Consideraciones sobre propiedad industrial y colaboraciones**

*Titularidad de resultados, licencias, interacción con universidades, centros tecnológicos, consorcios, etc.*

- Titularidad de la empresa tractora en el porcentaje apropiado.
- Acceso a acuerdos comerciales de licencias de uso para la Armada en sistemas operativos.
- Posibilidad de colaboración con universidades, centros tecnológicos y startups, con cláusulas claras y restrictivas sobre IP, divulgación, publicación y acceso a datos, según los criterios generales del proyecto EEBA.

## ANEXO III: MODELO DE RELACIÓN EMPRESA TRACTORA – PEMEEEs

### PI en poder exclusivo de la pyme/startup

#### 1. Licencia exclusiva o preferente

La PEMEEE conserva la titularidad, pero concede a la empresa tractorsa (y, en su caso, a la Armada) una licencia exclusiva o preferente de uso en el ámbito militar.

- Compensación: la empresa tractorsa obtiene un derecho prioritario de explotación sin necesidad de ser copropietaria.

#### 2. Participación en los ingresos futuros (royalties o revenue sharing)

La PEMEEE explota la tecnología y comercializa (incluso en otros sectores civiles), pero debe compartir un % de los ingresos con la empresa tractorsa, en reconocimiento a su role de mentor, codesarrollador y facilitador de acceso a la Armada.

- Compensación: ingresos recurrentes para la tractorsa sin asumir costes adicionales de propiedad.

#### 3. Derecho de tanteo y retracto

La PEMEEE conserva la PI, pero la empresa tractorsa obtiene derecho de tanteo si la PEMEEE quiere licenciar, vender o transferir la tecnología a un tercero.

- Compensación: protección estratégica para la tractorsa.

### Copropiedad compartida de la PI entre pyme/startup y empresa tractorsa

#### 1. Copropiedad proporcional

Cada parte ostenta un % de la titularidad de la PI, normalmente en función de la aportación realizada (ej. 60% pyme – 40% tractorsa). Todo uso o explotación requiere acuerdo mutuo, salvo que se pacte lo contrario.

#### 2. Copropiedad con reparto de ámbitos de explotación

PEMEEE y empresa tractorsa son copropietarias, pero cada una tiene derecho preferente en un campo de aplicación.

- Ejemplo: la PEMEEE mantiene prioridad en usos civiles; la tractorsa en usos militares y de defensa.

#### 3. Derechos de explotación y comerciales

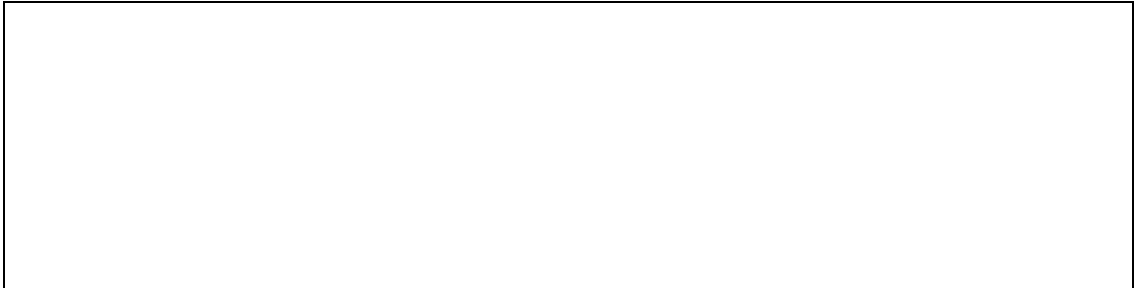
- Licencias a terceros: se puede pactar que cualquiera de los copropietarios pueda licenciar a terceros siempre que reparta los ingresos según el porcentaje (%) de titularidad.
- Explotación directa: si cada parte explota directamente la tecnología en su ámbito, no hay reparto de ingresos salvo pacto específico.
- Compra de participaciones: se puede reconocer a la empresa tractora una opción de compra sobre la participación de la PEMEEE en la PI si esta última abandona el proyecto o no tiene capacidad de escalar.

## ANEXO IV: SOLICITUD DE PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO EEBA 2025/2026

Datos de la PEMEEE solicitante
Escritura pública de constitución con número de protocolo ..... otorgada el ..... de ..... de .....por el Notario del Ilustre Colegio de ....., D/D <sup>a</sup> .....
Nombre de la empresa CIF Página web Email Teléfono Domicilio Social Fecha de inscripción de la empresa en el Registro Mercantil Fecha de inicio de la actividad Localidad/es donde se desarrolla o desarrollará la actividad Datos identificativos de los socios (Nombre y apellidos/Razón Social y DNI/NIF) Año inicio de actividad

Datos del Representante de la PEMEEE
<sup>2</sup> Escritura pública de apoderamiento con número de protocolo ..... otorgada el ..... de ..... de .....por el Notario del Ilustre Colegio de ....., D/D <sup>a</sup> .....
Nombre, Apellidos DNI Dirección Teléfono Email Actuando en calidad de:

<sup>2</sup> A cumplimentar si hay escrituras de apoderamiento. Si los datos del apoderado o administrador único aparecen en la escritura de constitución detallada en el apartado anterior, no es necesaria su cumplimentación.



Nombre, Apellidos
DNI
Teléfono
<i>Email</i>

	<sup>3</sup> Objeto social conforme a las escrituras de constitución o estatutos de la Sociedad:
Código IAE	
Breve descripción de la actividad de la empresa e indicación de su epígrafe de IAE	
Breve descripción de la actividad de la empresa conforme a las áreas del anexo.	

85

--

**DOCUMENTACIÓN QUE SE INCORPORA A LA PRESENTE SOLICITUD**

<input type="checkbox"/>	Anexo V Memoria descriptiva del proyecto
<input type="checkbox"/>	Anexo VI Declaración responsable
<input type="checkbox"/>	Copia de la tarjeta acreditativa del número de identificación fiscal (CIF)
<input type="checkbox"/>	Copia del DNI del representante legal.
<input type="checkbox"/>	Logotipo de la empresa (formato jpg)
<input type="checkbox"/>	CV socios fundadores

## PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES

Le informamos que los datos personales que nos facilita son recabados por FUNDITEC como responsable del tratamiento con el fin de llevar a cabo su participación en estas bases reguladoras. Asimismo, puede dar su autorización a su uso para informarle sobre eventos o iniciativas organizadas por FUNDITEC para la Armada.

Los datos que se recaban son los recogidos en este formulario de solicitud y serán tratados de conformidad con lo dispuesto en las normativas vigentes en protección de datos personales, el Reglamento (UE) 2016/679 de 27 de abril de 2016 (GDPR), así como la normativa española vigente en la materia, Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales y la Ley 1/1982 de protección civil, derecho al honor, intimidad personal y familiar y a la propia imagen.

Los datos que se tratan son:

- Datos de carácter identificativo: nombre, apellidos, NIF, teléfono de contacto, direcciones de correo electrónico, datos fiscales, datos bancarios, datos de la Seguridad Social.

FUNDITEC recoge exclusivamente la información personal en la medida necesaria para alcanzar un propósito específico. La información no se utilizará para una finalidad incompatible con la descrita o autorizada.

Los datos personales podrán ser comunicados a autoridades y organismos públicos, para el cumplimiento de una obligación legal requerida a la Armada. No están previstas cesiones internacionales de datos.

Los datos personales no se comunicarán a terceros, sin el previo consentimiento de los interesados.

Los datos serán tratados mientras permanezcan vigentes las autorizaciones derivadas de la participación en el presente proyecto; sin perjuicio de lo anterior, se suprimirán una vez resuelto el proyecto, siendo conservados exclusivamente:

- a) Durante el plazo de prescripción de las acciones derivadas de dichas relaciones, a los únicos efectos de cumplir las obligaciones legales requeridas, y para la formulación, ejercicio o defensa de reclamaciones.
- b) El correo electrónico y el teléfono se conservarán para informarle sobre futuros eventos o iniciativas organizados por FUNDITEC para la Armada, por un plazo máximo de 4 años.
- c) Los participantes en el proyecto EEBA y los asistentes a los diferentes eventos que se celebren en el marco de EEBA ceden en exclusiva y de forma gratuita a FUNDITEC y la Armada el uso de su imagen personal, que pudiera ser captada durante su participación o asistencia a dichos eventos, sin limitación ni restricción de ninguna clase.
- d) Los ganadores autorizan de forma irrevocable y gratuita a FUNDITEC y la Armada para hacer uso de su imagen y/o sus nombres en cualquier aviso o comunicación que se realice a través de cualquier medio escrito o audiovisual, en todo el mundo y durante todo el tiempo permitido legalmente y se comprometen a suscribir cualesquiera documentos o autorizaciones que pudieren ser necesarios para el uso de dicha imagen y/o nombre.

Para el ejercicio de sus derechos puede dirigirse mediante correo electrónico a [info@eebachallenge.es](mailto:info@eebachallenge.es) y/o [protocolo@aindef.es](mailto:protocolo@aindef.es).



Los Datos van a ser cedidos a los siguientes Destinatarios o categorías de destinatarios: Dirección de Ingeniería y Construcciones Navales dependiente de la Jefatura de Apoyo Logístico de la Armada, Ministerio de Defensa de España.

.....  
(\*) Para llevar a cabo el tratamiento sus datos serán cedidos a:

1. Identidad del responsable: Dirección de Ingeniería y Construcciones Navales dependiente de la Jefatura de Apoyo Logístico de la Armada, Ministerio de Defensa de España
2. Finalidad del tratamiento: La finalidad del tratamiento es gestionar la participación de las empresas en el proyecto EEBA, incluyendo la evaluación de las propuestas presentadas, la comunicación con las entidades participantes, la selección de proyectos, la difusión de resultados y, en su caso, el establecimiento de colaboraciones o acuerdos derivados del proyecto.
3. Base jurídica del tratamiento: el consentimiento que presta el interesado (art. 6.1.a) RGDP)
4. Categorías de datos personales: los concursantes en el proyecto o representantes legales.
5. Transferencias internacionales de datos: NO APLICA
6. Derechos del interesado: podrá en todo momento ejercitar los derechos de acceso, rectificación, supresión y portabilidad de sus datos, de limitación y oposición a su tratamiento, así como a no ser objeto de decisiones basadas únicamente en el tratamiento automatizado.
7. Plazo de conservación de los datos: los datos serán conservados mientras sean necesarios para alcanzar la finalidad perseguida.
8. Contacto: para ejercer sus derechos y obtener información adicional en materia de protección de datos puede dirigirse al correo [info@eebachallenge.es](mailto:info@eebachallenge.es) y/o [protocolo@aindef.es](mailto:protocolo@aindef.es).

Si necesita más información sobre qué derechos tiene reconocidos en la Ley y cómo ejercerlos, le recomendamos dirigirse a la Agencia Española de Protección de Datos, que es la autoridad de control en materia de protección de datos y la autoridad ante la que puede presentar una reclamación.

- ☐ Habiendo leído las bases de participación en el proyecto Elementos Esenciales del Buque Autónomo (EEBA), acepto las bases de participación del proyecto.
- ☐ Declaro que se cumplen todos los requisitos exigidos en las bases y la convocatoria del proyecto Elementos Esenciales del Buque Autónomo (EEBA) publicado en la web de AINDEF.
- ☐ SOLICITO la participación en el proyecto Elementos Esenciales del Buque Autónomo (EEBA) haciéndonos responsables de la veracidad de las declaraciones y datos consignados en la presente solicitud y en los documentos que se adjuntan a la misma.

En ....., a ..... de .....de 2026

Fdo.: .....





## ANEXO V: MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Extensión máxima 7 páginas. Tamaño Fuente: 11pt

Se tratarán los siguientes aspectos desde dos puntos de vista: madurez e impacto.

<b>Nombre y descripción del Proyecto que se presenta</b>
<i>Nombre del Reto al que se presenta atendiendo al Anexo II</i> <i>Título del proyecto que se presenta</i> <i>Descripción del proyecto</i>
<b>Contexto Estratégico</b>
<i>Breve explicación de cómo encaja el reto en la estrategia de la Armada/EEBA y con las exigencias del Reto seleccionado del Anexo II</i>
<b>Propuesta Tecnológica: Objetivos funcionales y TRL esperado</b>
<i>Estado de madurez de la tecnología</i> <i>Cumplimiento de los requisitos técnicos y funcionales del Reto seleccionado del Anexo II:</i> <i>Capacidad de compromiso con el cumplimiento del TRL mínimo y TRL deseado del Reto seleccionado del Anexo II.</i>

<b>Propuesta Tecnológica: Respuesta a los criterios de evaluación del Reto</b>
<p><i>Respuesta a los criterios de evaluación indicados en el Reto seleccionado del Anexo II atendiendo a:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado de innovación</li> <li>- Viabilidad técnica y económica</li> <li>- Escalabilidad</li> <li>- Potencial de integración en sistemas navales</li> <li>- Impacto en la capacidad operativa de la Armada</li> </ul>
<b>Propuesta Tecnológica: Impacto esperado e Indicadores de éxito esperados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la Armada: beneficios en capacidades, costes, seguridad...</li> <li>- Para la empresa tractora: alineación con I+D, interés en integración</li> <li>- Contribución al cumplimiento y/o Cumplimiento con los KPIs identificados en el Reto seleccionado del Anexo II</li> </ul>
<b>Mercado: Restricciones y condiciones</b>
<p>(Cumplimiento normativo OTAN/UE, confidencialidad, ciberseguridad, plazos, etc.)</p>

<b>Empresa: Recursos disponibles y necesarios</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Aportados por la PEMEEE</li><li>- Requeridos por la empresa tractora</li></ul>
<b>Otras consideraciones a tener en cuenta</b>
<i>Explique todo aquello que no se encuentre identificado en los apartados anteriores y aporte valor en la evaluación y consideración de su propuesta.</i>

Firma del representante

En ....., a ..... de .....de 2026

Fdo.: .....



## ANEXO VI: DECLARACIÓN RESPONSABLE

D. \_\_\_\_\_ con documento nacional de identidad número \_\_\_\_\_, actuando en nombre de \_\_\_\_\_, en \_\_\_\_\_ calidad de \_\_\_\_\_ con domicilio en \_\_\_\_\_ calle \_\_\_\_\_, según poder otorgado ante el notario de \_\_\_\_\_ D. \_\_\_\_\_, con fecha \_\_\_\_\_, bajo el número de protocolo \_\_\_\_\_.

### DECLARA:

- Que conoce y acepta lo establecido en las Bases y la Convocatoria del proyecto EEBA en la web de AINDEF.
- Que la información entregada es fidedigna y que la empresa es autor intelectual del proyecto que se presenta no habiéndose hecho uso de información privilegiada o registrada sin los permisos correspondientes, haciéndose responsables de cualquier reclamación sobre propiedad intelectual o utilización de información de dominio privado, manteniendo indemne a la Armada y a FUNDITEC ante cualquier posible reclamación.
- Que la empresa se halla al corriente en el cumplimiento de las obligaciones tributarias y frente a la Seguridad Social impuestas por las disposiciones vigentes.
- Que la empresa está constituida e inscrita en el Registro mercantil.
- Que la empresa tiene su domicilio social en territorio nacional.
- Que, en el caso de ser seleccionados, se comprometen a participar en las condiciones establecidas en las bases del proyecto Elementos Esenciales del Buque Autónomo (EEBA).
- Que no ha solicitado la declaración de concurso voluntario, no ha sido declarada insolvente en cualquier procedimiento, no se halla declarada en concurso, salvo que en éste haya adquirido la eficacia de un convenio, no está sujeta a la intervención judicial ni ha sido inhabilitada conforme a la Ley 22/2023, de 9 de julio, Concursal, sin que haya concluido el periodo de inhabilitación fijado en la sentencia de calificación del concurso.
- Que informarán sobre cualquier cambio en los miembros del equipo en el momento en que se produzca y sobre las posibles alteraciones de las circunstancias recogidas en la presente declaración en el momento en el que éstas se produzcan

Y para que así conste, firmo la presente Declaración.

Firma del representante

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2026

Fdo.: .....

