

SISTEMAS AUTÓNOMOS EN LA ARMADA: INTEGRACIÓN Y DESAFÍOS

El problema: entender la magnitud del cambio

LOS sistemas de armas autónomos desencadenarán la tercera revolución en el arte de la guerra, tras la de la pólvora y la de las armas nucleares. La OTAN define los sistemas de armas autónomos (AWS) como «los que deciden y actúan para alcanzar los objetivos deseados, dentro de unos parámetros definidos, basándose en los conocimientos adquiridos y en la evolución de la conciencia

situacional, siguiendo un curso de acción óptimo, pero potencialmente impredecible».

El programador humano del sistema define los parámetros de la misión para el AWS, incluyendo objetivos. A diferencia de los sistemas no tripulados (UxS) convencionales operados remotamente, los AWS son capaces de modificar sus itinerarios y tomar decisiones sobre sus actividades gracias a la integración de inteligencia artificial (IA).

Figura 1. Imagen conceptual de una fuerza naval con sistemas autónomos. (Elaborada con Sora)





*El mundo no es más que transformación,
y la vida, opinión solamente.*

Marco Aurelio

Los sistemas autónomos adquieren conciencia situacional de los datos que recopilan del entorno operativo con sus propios sensores y de los que se comparten en la red colaborativa autónoma a través de la nube de combate.

De manera general, podríamos aplicar la fórmula: $UxS + IA = AWS$. Sin embargo, tendremos en cuenta otros sistemas de armas autónomos de carácter estático que no tienen que estar necesariamente integrados en una plataforma vehicular. Identificamos dos clases de sistemas militares autónomos: *vehiculares*, de carácter dinámico, que se desplazan por el campo de batalla, y *capacitadores* de la fuerza, como sensores o armas.

La aplicación de la IA y otras tecnologías disruptivas en los sistemas de armas actuales modelará el futuro campo de batalla. Armas hipersónicas, de energía dirigida o tecnología cuántica son ejemplos de estas tecnologías que, combinadas, llegarán a cambiar las reglas de la guerra para siempre. La cuestión es analizar la magnitud del cambio que se cierne sobre las fuerzas navales. En este sentido, la Armada presentó a finales de 2024 el documento *Visión Armada 2050*. Esta estrategia define los mimbres con los que la Armada se organizará y se equipará para mantener ca-

pacidades avanzadas en un marco temporal a largo plazo. Las tres funciones esenciales identificadas por el AJEMA son la proyección del poder naval sobre tierra, el control del mar y la acción marítima. Adicionalmente, destaca la relevancia estratégica de una robusta industria de defensa nacional como principal suministrador de tecnologías y capacidades a la Armada, que deberá estar unida al pertinente recurso humano y financiero.

La potencial integración de AWS a largo plazo deberá ir acompañada de un esfuerzo de revisión de planes y estrategias al más alto nivel. El impacto de este cambio en las capacidades militares de una fuerza naval debe ser analizado a través de los elementos que la componen (MIRADO-I). Sirva este artículo como una aproximación a esta materia.

Los modos: operaciones navales autónomas

La guerra a la velocidad de las máquinas

Las tecnologías disruptivas están elevando los conceptos de velocidad y precisión a niveles sin precedentes, a la vez que desligan la operatividad de los sistemas de la dependencia de operadores humanos. Su integración en las fuerzas navales requerirá una reevaluación de

la doctrina y el desarrollo de conceptos de empleo adaptados. La Armada tiene ante sí un reto sin precedentes que puede llegar a cambiar por completo el perfil de la Flota, tanto físico como conceptual.

La Armada lleva años empleando vehículos no tripulados en actividades de alto riesgo, como desactivación de explosivos, trabajos en zonas contaminadas, exploración de fondos marinos o vuelos de larga duración. Tradicionalmente, estos vehículos son controlados remotamente por operadores. Sin embargo, en un entorno operativo en el que el espectro electromagnético comienza a estar congestionado y en constante disputa, la IA se presenta como una opción válida para garantizar la operatividad de estos sistemas, que además reduciría las dimensiones del UxS a solamente el vehículo propicio.

Disponer de sistemas autónomos que tomen sus propias decisiones tácticas mediante IA permitirá incrementar exponencialmente el ritmo de las operaciones y el tempo de las decisiones. El ritmo frenético que imponen las máquinas por su velocidad física y el mayor tempo en la toma de decisiones de la IA terminarán dejando al humano fuera de muchas actividades y acciones. Esta autonomización requerirá una menor implicación humana en las acciones y, como consecuencia directa, un menor grado de conocimiento situacional. Nos encontraremos un campo de batalla con dos cogniciones —una natural (humana) y otra artificial (IA)— y con procesos de toma de decisiones diferenciados.

La doctrina que regula el planeamiento de operaciones deberá evolucionar hacia una concepción distinta que enmarque ambas

cogniciones y formas híbridas de resolver problemas militares. Derivado de ello, la capacidad de engaño y decepción sobre estas cogniciones cambiarán. Si bien hasta ahora el humano engañaba al humano, en adelante podrán aplicarse maniobras de decepción máquina-humano, máquina-máquina y humano-máquina. Las fuerzas autónomas crean un nuevo paradigma en las dimensiones del planeamiento, toma de decisiones y decepción al adversario.

En este escenario, podríamos considerar que la tendencia tanto del tiempo del ciclo de toma de decisiones como el de ejecución de una acción tienden a cero. La franja temporal entre tempo y ritmo se acorta, mientras que su espacio de actuación tiende a infinito: la IA lo entiende todo, y los enjambres lo cubren todo. Por consiguiente, con valores equivalentes, tempo (lo cognitivo) y ritmo (lo físico) se fusionan para crear un nuevo concepto de guerra. Más allá de la guerra de atrición (máxima expresión de lo físico) y la guerra de maniobra (máxima expresión de lo cognitivo), es plausible que estemos ante el nacimiento de un nuevo concepto de guerra.

Imaginemos acciones en las que la IA es capaz de identificar en tiempo real vulnerabilidades del sistema adversario y aplicar una cantidad ingente de masa en base a enjambres de UxS durante el tiempo estrictamente necesario para alcanzar los efectos deseados y evitar la pérdida de capacidad de combate, y repetir esto una y otra vez de manera constante sin permitir margen de reacción o recuperación al enemigo. Estas acciones pulsantes serían el concepto de empleo idóneo para un sistema de combate autónomo.

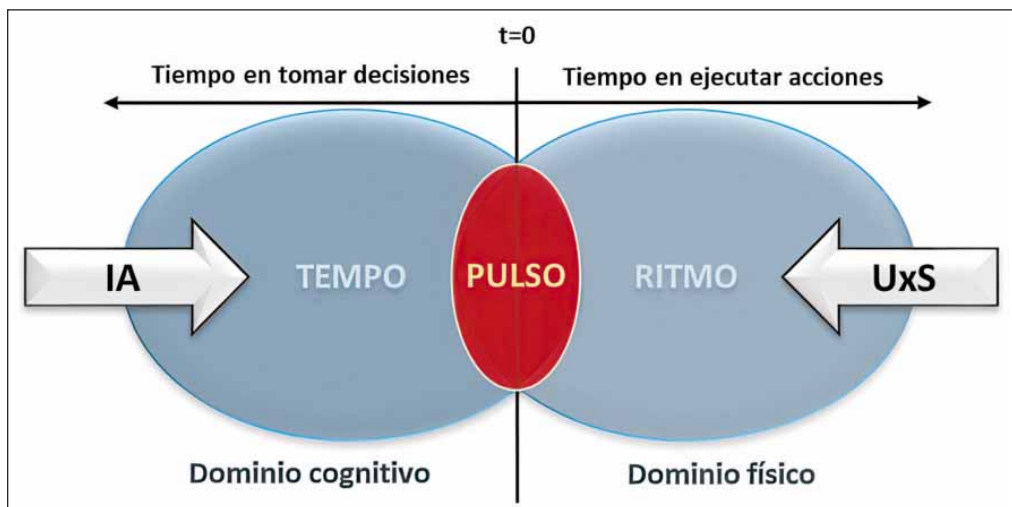


Figura 2. Gráfico ilustrativo del concepto de pulso. (Imagen facilitada por el autor)

Estaríamos ante una guerra de pulso o guerra pulsante, con máxima aplicación multidominio, en base a una gran red federada de combatientes autónomos que no requieren de una cadena jerárquica para tomar la mejor decisión, aplicando simultáneamente los principios de la guerra, una repetición constante de estímulo-decisión-acción.

Por su parte, la doctrina logística también sufriría cambios importantes. El sostenimiento tradicional de plataformas tripuladas dará paso al apoyo de plataformas autónomas en las que la presencia humana será residual. De esta manera, el apoyo sanitario perdería peso específico en beneficio del mantenimiento. El antiguo esfuerzo de evacuación y tratamiento de bajas se orientará a la recuperación y reparación de máquinas autónomas. Por su parte, el esfuerzo de transporte deberá adaptarse al movimiento seguro de AWS; al igual que las clases de

aprovisionamiento¹ centradas en el sostenimiento de plataformas tripuladas (I, II, VI y VIII) cederán peso específico ante las orientadas a las máquinas (clases III y IX).

Por ello, ser capaces de salvaguardar el buen funcionamiento de la IA y de su cognición asociada será fundamental para la supervivencia de una fuerza naval autónoma. El objeto de la protección pasaría de lo físico a lo virtual. La ciberseguridad se convertirá por tanto en el esfuerzo principal para la protección de las vulnerabilidades y para explotar las de enemigo en el dominio ciber. Todo ello en un entorno operativo con un espectro electromagnético congestionado y en competición, en el que ya podemos ser testigos de acciones pulsantes de índole virtual que pueden llegar a generar efectos físicos.

Con todo lo anterior, la atención humana podría llegar a centrarse más en cómo operan

1. I: víveres; II: vestuario; III: combustible; IV: construcción; V: munición; VI: sanidad; VII: armamento; VIII: electrónica; IX: repuestos.

los sistemas autónomos en vez de cuál es la situación táctica en el campo de batalla, un cambio de la niebla de la guerra a la niebla de los sistemas. Hay pensadores que van más lejos y anticipan una singularidad en el campo de batalla, según la cual la capacidad cognitiva humana no podrá seguir estos ritmos y tempos impuestos por las máquinas. Es decir, los humanos no harían contribuciones significativas, convirtiéndose en irrelevantes para las tomas de decisiones. Esto deriva en una cuestión de trascendencia: mantener o sacar al humano del ciclo de control de las máquinas.

El papel del ser humano

Una guerra naval con presencia humana en descenso abre una nueva perspectiva en el empleo del recurso humano en las fuerzas navales. El componente humano de las plataformas ha sido sustituido paulatinamente por máquinas y sistemas en aquellos procesos físicos que así lo permitían (ritmo), y como asistentes en ciertos desarrollos cognitivos relacionados con la toma de decisiones (tempo). Todo ello sincronizado por sistemas de mando y control que crean el entorno virtual en el que se integran humano y máquina y en el que el humano gobierna a la máquina.

Tenemos por lo tanto una nueva forma de entender el recurso humano. Una porción abandonará las tareas relativas a «operar» máquinas y se reconvertirá para «entrenar» máquinas. Una fuerza naval autónoma, o parcialmente autónoma, operará con tres modos en función del nivel control y supervisión humana sobre las máquinas:

—*Human-in-the-loop* (HITL): supervisión e instrucciones. Es necesaria la orden humana de

actuación, aplicando la tradicional *Kill Chain*. La *Iron Dome* (Cúpula de Hierro) israelí detecta misiles, predice su trayectoria y presenta esta información a un operador que decide el lanzamiento de un interceptor.

—*Human-on-the-loop* (HOTL): sólo supervisión; relacionado con el nuevo concepto de *Kill Web*. El sistema de defensa de punto MK15 Phalanx empleado por la US Navy detecta, evalúa e intercepta misiles o aeronaves hostiles a gran velocidad sin órdenes humanas.

—*Human-out-of-the-loop* (HOOTL): ni supervisión ni instrucciones; los denominados *killer robots*. Las máquinas son capaces de aprender y operan sin ningún tipo de intervención para alcanzar el objetivo fijado. Si bien no existen ejemplos militares confirmados, una muestra industrial son las denominadas *dark factories* chinas.

En situaciones de presión, cuando una máquina presenta una recomendación, el ser humano recurre al razonamiento automático en vez de al deliberativo. La psicología social identifica un «sesgo de automatización» por el que el humano comienza a ser marginado de la toma de decisiones al depositar excesiva confianza en las máquinas en situaciones con poco margen temporal, como ya es recurrente en accidentes relacionados con la conducción autónoma.

Volviendo al Phalanx, estamos ante un ejemplo de sistema HOTL que recientemente mostró sus bondades a bordo del USS *Gravely* en cuanto a capacidad de respuesta inmediata ante un ataque con drones huties en el mar Rojo. Los ciclos de toma de decisiones extremadamente cortos llevan años dejando fuera de juego a los operadores humanos, los cuales pueden llegar a cometer errores fatales

en estas situaciones, como se constató en el incidente del USS *Vicennes* o, más recientemente, con el USS *Gettysburg*.

La Armada ya dispone de un sistema HOTL: el Aegis. Se trata de un sistema de defensa aérea en el que el operador podría llegar a interrumpir la *Kill Chain* autónoma, y da respuesta a la limitación de éste de actuar con la suficiente velocidad y precisión como para interceptar una amenaza a gran velocidad, acuñándose la Regla Aegis. En un escenario en el que el ataque y la defensa se producen a velocidades sobrehumanas, la Regla Aegis marca el límite entre aquellas actividades que podrán ser controladas por humanos y las que deberán ser transferidas a las máquinas.

Por lo tanto, la Armada puede emplear el concepto de Regla Aegis para identificar aquellas actividades en las que los sistemas autónomos podrán o deberán ser empleados para hacer frente a las amenazas que sobrepasan la capacidad humana. Cuando la velocidad de la amenaza requiera una respuesta rápida, los AWS-HOTL serán la respuesta óptima. Identificar las áreas tácticas con necesidad de autonomización será uno de los pasos más importantes para la adquisición e integración eficiente de sistemas autónomos en la Armada.

Por otra parte, emplear IA permite acortar estos ciclos, mitigando los riesgos de las limitaciones cognitivas humanas. Pero, ¿siempre será la opción más acertada? No se plantean restricciones al empleo de AWS-HOOTL para operaciones de apoyo y sostenimiento a retaguardia, alejados de las zonas de conflictos. Además, como ya hemos visto, los AWS-HOTL se están convirtiendo en fundamentales para acciones

defensivas que, sin embargo, parece que seguirán requiriendo al humano para «apretar el botón» que desencadene una acción cinética con potenciales bajas humanas dentro de los parámetros AWS-HITL.

Es precisamente en la letalidad de estos sistemas donde radica el centro de la discusión ética. La desaparición del ser humano de los procesos de combate despierta las mayores dudas. El factor legal de las consecuencias de las decisiones y acciones llevadas a cabo por sistemas autónomos es una asignatura pendiente, incluso para aquellas acciones que no son letales por naturaleza. Hablamos de cuestiones como daños colaterales, responsabilidad entre comandante-operador-programador o instinto de supervivencia de los AWS que puedan llegar a entrar en conflicto con los derechos humanos. El empleo de sistemas autónomos debe observar la legalidad intencional. La Ley Humanitaria Internacional y la de Conflictos Armados identifican aspectos claves a tener en cuenta: distinción entre combatiente y civil, proporcionalidad en el uso de la fuerza y necesidad de empleo de la misma. La ONU está trabajando en un tratado internacional para 2026 que prohíba los sistemas autónomos letales (LAWS) sin control ni supervisión humana, es decir, los LAWS-HOOTL. La OTAN, por su parte, cuenta con la *National AI Strategy* (2021) y el *Autonomy Implementation Plan* (2022). Estamos ante un punto de inflexión legal y ético.

De esta manera, podríamos relacionar el modo de control HITL a las situaciones en las que existe margen humano de preparación (deliberado) y el HOTL cuando no (reactivo); y por sus connotaciones éticas, dejar las HOOTL



Figura 3. Interrelación de los niveles de control con el tipo de actividades tácticas. (Elaboración propia)

para operaciones no cinéticas, orientadas a acciones de apoyo o logísticas, mitigando al máximo el riesgo de daños colaterales.

Estaríamos ante la aplicación de la teoría de las tres manzanas al nivel de control humano en sistemas autónomos: Ofensivas-HITL, Defensivas-HOTL y Apoyo-HOOTL; los tres modos de control ocurriendo simultáneamente en el mismo campo de batalla.

Un marco legal y ético será uno de los primeros pasos a tomar, definiendo límites en la programación y el empleo de estos sistemas. Parece que todo pasa por comenzar por actividades no letales para agilizar su integración y, posteriormente, tras afianzarse técnica y éticamente, plantear la integración de capacidades letales, convirtiéndolos en *Lethal Autonomous Weapons Systems* (LAWS). Con ello, el recurso humano se reorientará de la primera línea de combate a labores de preparación y supervisión, con un alto nivel de especialización en competencias tecnológicas y digitales.

Fuerza naval autónoma

Los AWS deben ser entendidos como multiplicadores de la potencia de combate de una fuerza naval. Esto deja obsoletos los principios tradicionales de cálculo de potencia de combate relativa, así como los conceptos de empleo de las fuerzas navales. En este sentido, el cambio más radical que se anticipa es el propio diseño de la fuerza naval. La tendencia hasta ahora ha sido crear plataformas de gran desplazamiento en las que se integran sistemas combinados para hacer frente a las amenazas tradicionales.

Sin embargo, el éxito del empleo combinado de USV y UAV por Ucrania en su campaña naval contra la Flota rusa del Mar Negro abre el debate sobre si continuar o no organizando las fuerzas navales en base a grandes plataformas. Puede que con otras más pequeñas y menos personal se consigan generar efectos de mayor impacto, alcanzando objetivos en áreas inaccesibles para una fuerza naval

convencional. Y no nos referimos únicamente a áreas físicas, como el lecho marino, sino también cognitivas, con sistemas operando permanentemente sin descanso, reduciendo la exposición del personal y con ello el potencial número de bajas.

En definitiva, los AWS forzarán el modo de operar de las fuerzas navales, tanto de aquellas que las empleen como de las que tengan que hacerles frente. Esta nueva doctrina tendrá que dar cabida a tácticas, técnicas y procedimientos novedosos que podrán llegar a cambiar el paradigma del combate naval en los próximos años. La categorización de las marinas ya no estará basada en las capacidades de las plataformas (aguas azules, verdes o marrones), sino en el grado de autonomía de su fuerza naval (tripulada, controlada o autónoma).

Como hemos visto, la fuerza naval autónoma deberá alejarse de la visión física de la fuerza basada en plataformas y acercarse a una arquitectura cognitiva. Más allá de datos, ancho de banda, sensores o equipos de enlace, la

gestión y organización eficiente de estos elementos será la clave organizativa de las fuerzas navales autónomas. La ventaja táctica por tanto se alcanzará con la capacidad de implementar algoritmos de misión superiores a los del adversario. En definitiva, conseguir un alto grado de simbiosis dentro de una fuerza híbrida.

Esta simbiosis² naval genera una estructura federada aplanada, en la que la coordinación multiagente es uno de los grandes cambios en el mando y control tradicional. La organización deberá armonizar las actividades llevadas a cabo por máquinas, *software*, *hardware*, sensores y humanos. Un ejemplo lo encontramos en la *Kill Web*, la evolución de la tradicional *Kill Chain*, en la que el sistema emplea a todos los agentes disponibles (sensores, nodos y armas) para atender más eficientemente las necesidades tácticas en tiempo real.

Es por ello que de los tres tipos de estructuras (centralizada, descentralizada o distribuida), la relación multiagente requiere una estructura

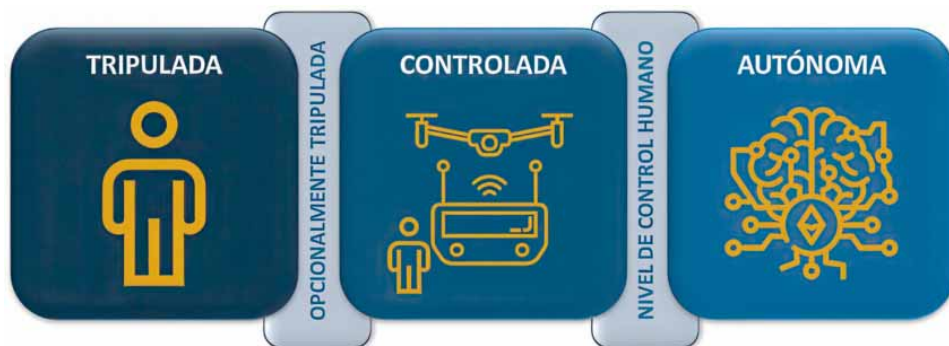


Figura 4. Clasificación de las marinas por grado de autonomía. (Imagen facilitada por el autor)

2. Asociación de individuos de diferentes especies que sacan provecho de la vida en común.

distribuida en la que el *software* compatible canalice la función de control de la fuerza naval simbiótica gobernada por máquina y humano. Y esta organización de ámbito táctico tendrá su réplica en escalones superiores. El cambio de una estructura descentralizada tradicional a una distribuida será sin duda uno de los principales retos de integración de sistemas autónomos en la Armada.

La OTAN publicó en 2025 el STANAG 4817, la referencia en protocolos de red homogéneos que garantice la interoperabilidad en las arquitecturas multidominio de mando y control de los sistemas no tripulados. En este sentido, destaca el *Common Autonomy Tasking Layer* (CATL), que permite el intercambio fluido de información entre UxV integrados en el *Command, Control, Communication Maritime Robotic Exploitation* (C3MRE). En definitiva, una nube de combate creada en base a las últimas tecnologías disponibles en el ámbito de las comunicaciones satelitales, ópticas y 5G. Todo ello genera la conciencia situacional multidominio de todos los UxV integrados en el sistema.

Una opción factible a corto plazo sería la de agrupaciones navales compuestas por grandes plataformas tripuladas acompañadas por otras autónomas que realizan tareas de apoyo, como buques de aprovisionamiento, o de riesgo, como cazaminas. A su vez, las plataformas tripuladas contarían con UxS de menor tamaño que incrementarían sus capacidades ISR³ de superficie, aéreas y submarinas. Con la integración de AWS, las agrupaciones navales híbridas perderán personal y desplazamiento, dando paso a un mayor número de plataformas porta-AWS

capaces de generar masa en los momentos clave del combate. Estamos ante una nueva forma de combatir en la que los esfuerzos de adiestramiento de estas fuerzas tendrán que ir dirigidos tanto al componente humano como al artificial.

Concepto de empleo

El adiestramiento se define como el «proceso de enseñanza de habilidades sistemático y estructurado destinado a preparar individuos y unidades para llevar a cabo tareas específicas en situaciones conocidas o simuladas». Y es aquí donde identificamos una nueva doble tarea: seguir adiestrando humanos y empezar a poder adiestrar a las máquinas.

El adiestramiento humano continuará una línea similar a la actual, con perfiles técnicos y directivos para dar respuesta a las necesidades de las plataformas de combate. Sin embargo, incluirá formación orientada a la interacción humano-máquina que garantice el empleo eficiente de las fuerzas navales híbridas. Una porción del personal será responsable de la programación y supervisión del desarrollo de la IA encargada de gobernar los sistemas autónomos de toda la fuerza.

El entrenamiento de la IA que controle las AWS será uno de los pilares del adiestramiento de esta nueva fuerza naval autónoma. El *machine learning* es una rama de las ciencias de la computación que permite a los sistemas aprender de los datos sin ser programados explícitamente. Emplea la estadística inferencial y algoritmos para reconocer patrones y establecer hipótesis, las cuales van mejorando

3. Intelligence, Surveillance and Reconnaissance.

en función del entrenamiento y la experiencia. Es fundamental garantizar el acceso de la Armada a la tecnología IA necesaria para hacer realidad la fuerza naval autónoma, y esta IA deberá tener un origen nacional conjunto que sea compatible con los estándares OTAN y europeos.

Por otro lado, no ser capaces de proteger la integridad de esta IA, los algoritmos que la integren y la manera en la que se entrene podría llegar a tener consecuencias desastrosas en el futuro. Nos encontraríamos ante una vulnerabilidad crítica del sistema, una puerta trasera que podría ser atacada en pleno combate, haciendo que los AWS dejen de funcionar, limiten su operatividad o, en el peor de los casos, deserten. La IA para la Armada necesitará un entrenamiento robusto (que cubra todo el espectro de posibles situaciones tácticas) y seguro (que garantice la cognición que la fuerza naval usuaria desea).

Los AWS deberán ser capaces de operar en entornos degradados y congestionados, en los que, ya sea por la propia naturaleza del combate o por la categoría del control humano, se garantice su actuación eficaz. Pero una máquina inteligente operando aislada del resto de sus iguales pierde la sincronización de las acciones y la capacidad para compartir información y conciencia situacional. Por ello, cuando las comunicaciones inalámbricas entre AWS no sean posibles, se deberá optar por métodos como el láser, los enlaces ópticos o incluso los cables. De esta manera, las plataformas nodrizas podrán mantener el enlace con sus UxV conectados a la nube de combate.

El componente humano de la fuerza naval deberá aplicar conceptos disruptivos. En función de la misión, las unidades navales podrán ba-

sarse en modos de empleo semiautónomos. Existirán plataformas opcionalmente tripuladas (*optionally manned platforms*, OMP) que, dependiendo de la misión, contarán con personal a bordo, estarán controladas remotamente o serán plenamente autónomas. Empleando la misma tecnología, el combate colaborativo permitirá a unidades tripuladas operar acompañadas por sistemas autónomos mediante protocolos *Manned-Unmanned Teaming* (MUM-T).

Así, algunas funciones del combate podrán convertirse en autónomas, mientras que otras permanecerán bajo control humano o en un punto intermedio. La IA permitirá al humano ampliar el rango de datos a su alcance y realizar varios procesos simultáneamente. Paradójicamente, esto provocará que la organización exija aún más al operador, por lo que el adiestramiento del componente humano será primordial. En este sentido, el US Army cuenta con el curso Artificial Intelligence for Soldiers, que busca familiarizar a oficiales y suboficiales en el empleo de herramientas de IA aplicadas a las acciones militares terrestres.

Los medios: integración de sistemas autónomos

Entender la importancia del software

A diferencia de las marinas convencionales, cuyo centro de gravedad radica en las grandes plataformas navales y en las capacidades que aportan, las que posean una fuerza naval autónoma se basarán en el empleo simultáneo y colaborativo de sistemas operativos compatibles. Un cambio profundo en la concepción de fuerza, variando del *hardware* del

dominio físico tradicional al *software* del dominio virtual en fuerzas navales autónomas.

Llevar a cabo operaciones militares empleando un amplio ecosistema de UxS autónomos requerirá un nivel de sincronización sin precedentes. Las fuerzas navales necesitarán priorizar que todos los sistemas operativos empleados sean iguales o, al menos, compatibles. De esta manera, se garantiza el flujo de información en la red federada que gobierna la fuerza naval. Los UxS autónomos podrán compartir los datos obtenidos de manera conjunta por los sensores de todo el ecosistema. Igualmente, las armas y componentes robóticos podrán alcanzar sinergias al combinarse eficazmente.

Aunque el *hardware* sigue siendo esencial para la adquisición de datos y la ejecución de acciones, coordinar el ecosistema autónomo de manera eficiente a través del *software* se presenta como la clave del éxito. Mientras que el *hardware* podrá provenir de diferentes suministradores en función de las necesidades militares, el *software*, y más concretamente los sistemas operativos, deberán ser muy específicos y, en la medida de lo posible, únicos. Los sistemas definidos por *software* se presentan como una posible solución, como ya emplea la Armada en el ámbito de las comunicaciones tácticas.

Por ello, la implantación de sistemas autónomos no debería comenzar exclusivamente con la adquisición de UxS a los que se les integra una IA, sino que para que las IA de todos estos sistemas puedan intercomunicarse y entenderse en el campo de batalla los programas de adquisición deberán ir determinados por el *software* y el sistema operativo dominante, y será de relevancia estratégica disponer de

software e IA nacionales que se conviertan en la piedra angular de la operatividad de las fuerzas navales autónomas. Además, llegarán a determinar tanto el comportamiento individual del AWS, por su capacidad de análisis de datos y toma de decisiones, como su integración operativa en un sistema de sistemas, destacando la sincronización eficaz de acciones en enjambre. Este *software* requerirá actualizaciones constantes para garantizar la eficacia e interoperabilidad de sus módulos IA y algoritmos de definición.

Navantia ha desarrollado el sistema *Advanced Integrated Autonomous Defence* (NAIAD) para la integración táctica de UxS en el ámbito marítimo. Esta integración se ha hecho realidad en las últimas ediciones del Ejercicio REPMUS (*Robotic Experimentation and Prototyping using Maritime Uncrewed Systems*), en las que los buques de acción marítima (BAM) de la Armada participantes han integrado el NAIAD, posibilitando el control integrado de UAV, USV y UUV en el Sistema de Combate de Buques de la Armada (SCOMBA).

El NAIAD también puede ser empleado en estaciones de control en tierra mediante enlace satelital, algo de gran interés no sólo para la Fuerza Anfibia, sino también para la Fuerza Conjunta. Con esto, la Armada contaría ya con un *software* capaz de integrar los datos y controlar UxS en un *Combat Management System* (CMS) nacional, con la intención de que el NAIAD pase a ser una funcionalidad más del SCOMBA en un futuro cercano.

Esta capacidad de integración de UxS es, sin duda, un paso esencial en la generación de una arquitectura capaz de soportar el *software* óptimo para operar con sistemas autónomos. En este sentido, Navantia también

destaca por su papel protagonista en el proyecto europeo SWAT-SHOAL (*SWArm and Teaming Operation of Manned & Unmanned Underwater Vehicle*) que, lanzado en 2024, persigue desarrollar un sistema de enjambre de UxS que opere de manera cooperativa y eficiente en el ámbito submarino.

Este proyecto se desarrolla en paralelo a otros de gran interés, como la Nube de Combate Multi-dominio (EDOCC), las plataformas autónomas *offshore* de vigilancia marítima (USSP), el buque de superficie medio semi-autónomo *EUROGUARD* o el proyecto E-NACSOS. Este último resulta interesante por la relevancia que da al *software* y fijará los estándares europeos en los CMS, que permitirán la fusión de información de diferentes sensores y plataformas y su empleo colaborativo en el campo de batalla.

Por su parte, Indra presentó en marzo de 2025 IndraMind, una IA que podría ser integrada en muchos de los sistemas y procesos de unidades de la Flota. Esto coloca a la industria nacional en una situación de ventaja competitiva a nivel europeo, de lo que sin duda se beneficiarán España y la Armada para la implantación de sistemas y procesos autónomos. IndraMind podría aplicarse en sensores, identificación de blancos, sistemas de mando y control, análisis de entornos sintéticos, *wargaming* o en sistemas de combate autónomos.

Indra destaca también como coordinador nacional del proyecto europeo FaRADAI (*Frugal and Robust AI for Defence Advanced Intelligence*), que busca generar una base de conocimiento técnico relativo a IA para apoyar la investigación de la industria de defensa en la materia y permitir el desarrollo de proyectos

que potencien la autonomía de los sistemas de combate. En definitiva, el segundo factor para garantizar la interoperabilidad entre sistemas.

Colaborar con la industria

La Armada identifica la cooperación con la industria como uno de los pilares en los que basar el desarrollo de la Flota. Más allá de las cuestiones relacionadas con la base industrial de defensa, la colaboración entre actores comerciales y militares es fundamental. La estrategia dominante de construir un gran número de sistemas ofensivos y defensivos no tripulados más pequeños, baratos y ágiles con una limitación presupuestaria requiere adoptar una política tecnológica sostenible.

Este modelo sólo puede aplicarse aprovechando las tecnologías de doble uso y las empresas que operan tanto en el mercado de defensa como en el comercial. De esta manera, las tecnologías *Commercial-Off-the-Shelf* (COTS) se interrelacionan directamente con las *Military off-the-shelf* (MOTS). Las sinergias COTS-MOTS son la clave para la adopción e integración de las tecnologías de doble uso en el ámbito militar.

El objetivo es encontrar soluciones sostenibles económicamente a largo plazo en un escenario de capacidad financiera limitada. Las tecnologías de doble uso, al poder ser empleadas en su inmensa mayoría en el ámbito civil, tienen un menor coste de desarrollo y producción y el acceso a repuestos es mayor. Además, la resiliencia del sistema de producción y sostenimiento es mayor que la tradicional, ya que pueden encontrarse repuestos y sistemas compatibles en una zona geográfica más extensa. Pensemos en un UGV

(vehículo terrestre no tripulado) empleado en desactivación de explosivos cuyos componentes son en un 90 por 100 compatibles con un UGV civil agrícola.

La sustitución del combatiente humano por la máquina evitará bajas humanas, pero incrementará la pérdida de equipo militar. El modelo y velocidad de reposición de estos sistemas serán factores de gran impacto en el planeamiento de las operaciones y su ritmo de ejecución. Hay que tener presente que los procesos de adquisición gubernamentales afectan a la velocidad de desarrollo de la tecnología. Los procesos de adquisición tradicionales, plagados de demoras burocráticas, deben ser sustituidos por un modelo más ágil y flexible, como el *Just-In-Time* (JIT), con la premisa de oportunidad para reponer los sistemas autónomos perdidos en combate.

Por otro lado, el volumen y el peso que tradicionalmente se dedicaban al componente humano de sistemas tripulados serán empleados en nuevas capacidades o directamente eliminados. Con ello, las plataformas autónomas podrán hacer lo mismo con un menor tamaño y coste. En esta materia cobran gran importancia los factores SWaP⁴ de estos sistemas y sensores. La tendencia en el diseño y desarrollo de elementos autónomos es a disminuir los factores SWaP para ganar en discreción, disminuir el perfil físico y abaratar costes. De esta manera, con un ratio SWaP inferior por sistema, el campo de batalla podría ser inundado por un ecosistema de pequeños sensores y vehículos con una rentabilidad coste/efecto elevada.

Bases navales autónomas

Las bases navales que alberguen unidades autónomas requerirán adaptar sus infraestructuras. Los amarres, hangares o almacenes necesitarán disponer de tecnología apropiada para las actividades de mantenimiento rutinarias de estos sistemas. Esta línea de trabajo puede sumarse a la del concepto Arsenal 4.0. Uno de los puntos clave para iniciar la singladura de la integración de sistemas autónomos en la Armada será disponer de infraestructuras fijas dotadas con personal experto y equipadas con el material necesario.

Estas «bases fijas» permitirán que los sistemas autónomos tengan un punto de referencia geográfico, logístico y cognitivo para evolucionar en la línea que la Armada marque. Será necesario invertir para conseguir que los arsenales, bases y estaciones navales se conviertan en *autonomous systems capable* que habiliten la posibilidad de que sistemas autónomos operen desde esas instalaciones, y desde este campo de prácticas se podría poner en marcha un programa de integración de AWS en la Armada.

El diseño conceptual de la integración de AWS en la Armada podría basarse en dos líneas de esfuerzo: una de acciones autónomas de carácter externo, orientada hacia la amenaza, y otra interna, centrada en el apoyo y protección de las fuerzas propias. El borrador que presentamos se divide en tres grandes fases:

—Fase 1: instalaciones (2030). Centrada en empleo de AWS para tareas rutinarias de vigilancia y asistencia a buques en instalaciones de la Armada, como bases y arsenales. Corea

4. Space, Weight and Power.

del Sur ya emplea el SGR-AI, un robot centinela estático autónomo para la vigilancia de la zona desmilitarizada. De la misma manera, gran parte de las actividades llevadas a cabo por los trenes navales podrían automatizarse.

—Fase 2: litoral (2040). Orientada a tareas de reconocimiento en aguas de soberanía, con una potencial descentralización en base a las comandancias navales. Esto permitiría enfrentarse al reto logístico y operativo de la sincronización de actividades autónomas. Adicionalmente, los buques hidrográficos y patrulleros serían las plataformas idóneas para comenzar con actividades colaborativas MUM-T, pudiendo llegar a operar de manera aislada en lugares o momentos en los que las plataformas tripuladas limitan su operatividad.

—Fase 3: expedicionario (2050). Busca convertir en expedicionaria la capacidad de combate autónoma de la Armada, integrando

AWS en plataformas que operan en aguas internacionales, como el Mediterráneo, golfo de Guinea u océano Índico. Esto pondría a prueba la autonomía operativa y logística de estos sistemas. Quedaría pendiente la materialización de la letalidad de los AWS, un tema de complejas implicaciones éticas, morales y legales. El primer paso en este sentido podría darse hacia acciones letales puramente defensivas, para madurar la capacidad antes de pasar a acciones ofensivas letales autónomas.

La Armada ya ha identificado la necesidad de crear una unidad de referencia capaz de asumir el cometido de liderar la integración de los sistemas no tripulados en la organización. De esta manera en 2024 nació el Centro de Experimentación y Vehículos no Tripulados de la Armada (CEVENTA) en la Base Naval de Rota, que servirá de punto de encuentro para orientar las necesidades operativas de la Flota

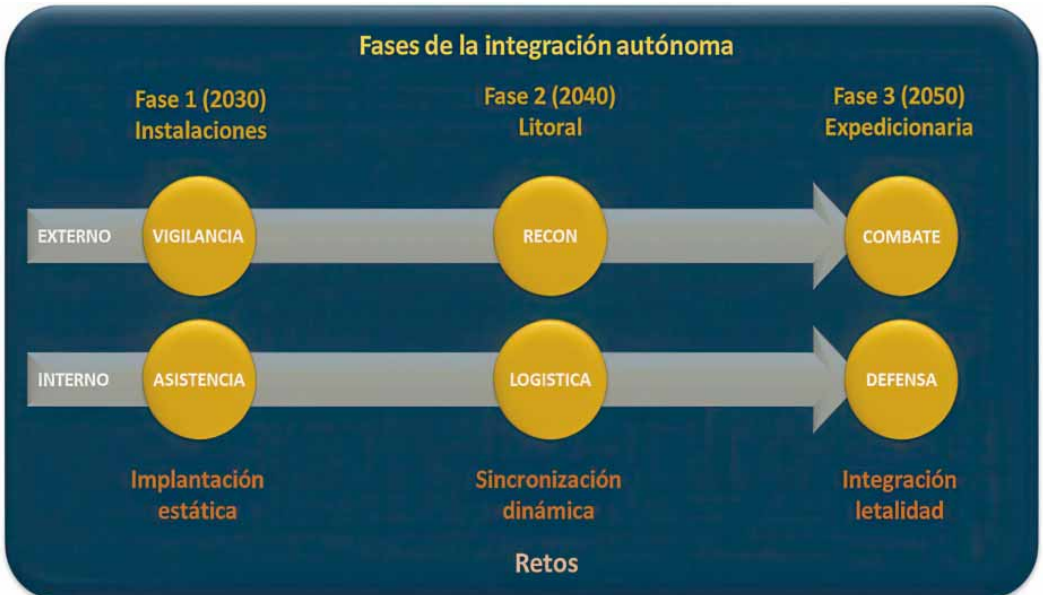


Figura 5. Diseño conceptual de la integración de AWS en la Armada. (Imagen facilitada por el autor)

hacia la industria y experimentar con los sistemas desarrollados por ésta para integrarlos en nuestras unidades.

Conclusiones

La integración de sistemas autónomos en la Armada se presenta como un gran reto que implicaría cambios profundos en la organización. El proceso de transformación iniciado con la *Visión Armada 2050* es una gran oportunidad para la inclusión de un diseño conceptual de integración de sistemas autónomos que anide con las líneas estratégicas de la Armada.

La colaboración con la industria nacional permitirá a la Armada tener acceso a la tec-

nología necesaria para la generación de sistemas autónomos. Es fundamental poner en valor la importancia del *software* como centro de gravedad en esta materia. La inteligencia artificial y los sistemas operativos serán capacidades críticas que deberán ser potenciados y protegidos.

Las tecnologías disruptivas están creando un nuevo paradigma en el combate, incluso en la forma de guerra. La guerra pulsante puede ser una realidad en un futuro próximo, en el que será costoso combatir sin los medios necesarios. Entender las nuevas amenazas y ser capaces de adaptar la doctrina será clave para disponer de una fuerza naval relevante.

BIBLIOGRAFÍA

Ukraine AI Drones Seek, Attack Russian Forces Without Humans Oversight.

Machine Wars: Integrating Autonomous Systems into Military Frameworks.

The Technology for Autonomous Weapons Exists. What Now? Potential for Army Integration of Autonomous Systems by Warfighting Function.

Las capacidades de MUM-T y enjambres de UAV Navigation y Primoco.

Pros and Cons of Autonomous Weapons Systems.

Potential for Army Integration of Autonomous Systems by Warfighting Function.

Clausewitzian friction and autonomous weapon systems.

CEVENTA, el centro de experimentación con sistemas no tripulados de la Armada.

REPMUS 24 to Host Continued Testing of NATO ASW Barrier Concept.

Indra y la Armada utilizan la inteligencia artificial para mejorar el mantenimiento de buques de nueva generación.

FaRADAI: Inteligencia Artificial Frugal y Robusta para Inteligencia Avanzada de Defensa.

Frugal and Robust AI for Defence Advanced Intelligence.

Autonomous Vessels and the Future of Maritime Warfare: Integrating AI and C4ISR Systems.

The Future of Warfare: Autonomous Technologies in Modern Conflict, <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/English/2019/SEP-OCT/Mittal/Mittal-Fig-1.svg>

NATO's new AI initiatives: full speed ahead for new military technologies, https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_208376.htm

El cazaminas *Tajo* se hace a la mar en condiciones de baja visibilidad para realizar la Inspección de Alistamiento previa a la Calificación Operativa. Enero 2026.
(Foto: Juan Luis Sobrino Franco)

