

DRONES SUBMARINOS

Octubre - 2022

INVIA: MÁSTER UNIVERSITARIO ANALISTA DE INTELIGENCIA
URJC / CARLOS III DE MADRID



Grupo 2



DRONES SUBMARINOS

ÍNDICE

Páginas

1. RESUMEN EJECUTIVO	2
2. INTRODUCCIÓN	2
3. ANTECEDENTES	4
4. SITUACIÓN POLÍTICA DEL INDOPACÍFICO	6
4.1. China	7
4.2. Estados Unidos	10
5. ASPECTOS TÉCNICOS	14
5.1. Casco de presión, hidrodinámico y sistemas de lastre	15
5.2. Mástiles	16
5.3. Energía, distribución eléctrica y propulsión	16
5.4. Sistemas de gobierno, navegación y posicionamiento	16
5.5. Lanzamiento y recogida	17
5.6. Sensores	18
5.7. Comunicaciones	18
6. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	20
7. MISIONES	24
7.1. Misiones militares	25
7.2. Misiones no militares	28
8. CONCLUSIONES	30
9. BIBLIOGRAFÍA	34
10. ANEXOS	37
10.1. Anexo 1: Clasificación de los UUV según tamaño	37
10.2. Anexo 2: Clasificación por partes de los drones submarinos	40



1. RESUMEN EJECUTIVO

Los drones submarinos tienen la capacidad de convertirse en un activo muy valioso para los países en el futuro. Sus aplicaciones militares, cuyos inicios pueden fecharse a finales de los años 50, son múltiples, sintetizándose en la capacidad de ejercer grandes daños de forma sigilosa y sin poner en peligro a personal formado. El uso de este tipo de dispositivos está muy presente en cómo Estados Unidos ve la guerra en el futuro. Sin embargo, su utilidad no se restringe al ámbito de la defensa, teniendo aplicaciones comerciales como el sondeo de yacimientos de recursos naturales.

Los drones también pueden ofrecer avances en el campo científico. Debido a que se requieren avanzados conocimientos técnicos, pocos países han destinado los recursos necesarios para el desarrollo de los drones submarinos, situándose Estados Unidos y China en primer lugar. Debido al alto valor que puede generar estos drones en múltiples aspectos, es recomendable la inversión en su desarrollo lo antes posible para evitar la dependencia de las potencias extranjeras cuando sea un mercado más desarrollado.

2. INTRODUCCIÓN

Los drones están revolucionando la historia reciente de la humanidad. El uso de vehículos no tripulados para la ejecución de diferentes tareas, ya sea en el ámbito militar como en el económico o el científico, ha permitido grandes avances en la actividad humana. Sin embargo, parece que aún estamos en la punta del iceberg. El continuo avance técnico cada día ofrece nuevas posibilidades. Los drones submarinos están íntimamente relacionados con estos avances. La superficie terrestre está compuesta por un 70% de agua y apenas hemos explorado el fondo de los mares, por lo que el uso de este tipo de drones parece que será un factor determinante para los países.

El uso de los drones ha experimentado un crecimiento e innovación constantes, mejorando muchísimo sus capacidades y alcance. Por eso, hoy en día, los drones acuáticos se utilizan en múltiples industrias y misiones militares en todo el mundo.

El vehículo submarino no tripulado (UUV), también llamado dron submarino, es un dispositivo capaz de navegar por el agua y sumergirse, el cual puede ser controlado a distancia por medio de un cable umbilical o de manera inalámbrica. Aunque la mayoría de los drones submarinos son controlados y dirigidos manualmente, ya hay modelos programables para realizar su ruta de forma autónoma.



Son como pequeños submarinos sin tripulación, la mayoría de los cuales funcionan con una batería como motor, tienen un diseño ergonómico para facilitar su movimiento en el agua, están fabricados con materiales resistentes a los agentes corrosivos y pueden ser de dos tipos: **marítimo o USV**, diseñados para navegar por la superficie del agua; **sumergibles o ROV**, diseñados para sumergirse y navegar por las profundidades.

Sus múltiples misiones se incrementan continuamente y su principal limitación es la comunicación y la autonomía. Pueden usarse tanto en el ámbito civil como en el militar. Son muy útiles en actividades legales (mapeo y estudio del suelo oceánico), pero también ilegales (tráfico de drogas).

El medio acuático abarca el 70% de la superficie de la tierra y es rico en recursos e información, pero resulta tremendamente hostil para el hombre, debido a la imposibilidad de respirar y la elevada presión, por lo que este tipo de drones resulta muy ventajoso y, en muchas ocasiones, son la única opción viable.

Los drones submarinos se han desarrollado y utilizado desde los años 50 del siglo pasado, cuando la Armada de EE. UU. y universidades de investigación empezaron a llevar a cabo misiones, siendo la década del 2000 la que supuso un gran impulso para este tipo de drones, gracias a la mejora de la tecnología en las materias, que hizo que cada vez fueran más portátiles.

La Armada española ya cuenta, desde hace poco más de un año, con su propio ROV *Leopard*, que opera desde el Buque de Salvamento y Rescate *Neptuno*, con base en Cartagena.



3. ANTECEDENTES

Del mismo modo que ocurre con los drones aéreos, una parte importante de la historia de los drones submarinos está estrechamente relacionada con el ámbito militar. En 1957, la Oficina de Investigación Naval de EE. UU. financió el desarrollo de uno de los primeros AUV, el **SPURV** (*Special Purpose Underwater Research Vehicle*). Este dron podía sumergirse hasta 10.000 pies y tenía una autonomía de cuatro horas. El Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad de Washington desarrolló este y otros AUV, como el **UARS** (*Unmanned Arctic Research Vehicle*).

En la década de los 60, la *US Navy* comenzó a utilizar los AUV para la **recuperación de equipos perdidos**. CURV-I, el primer prototipo de **CURV** (*Cable-controlled Undersea Recovery Vehicle*) recuperó, en 1966, una bomba nuclear desaparecida frente a las costas españolas. Durante la década de los años 70-80, el proyecto CURV continuó desarrollándose. En 1973, el modelo CURV III ayudó a localizar y salvar a la tripulación del submarino *Pisces III* hundido frente a las costas de Irlanda. Los ROV comenzaron a ser más comunes en numerosas industrias.

El programa SPURV se dio por finalizado en 1979 y Estados Unidos siguió desarrollando otros UUV, principalmente para la **exploración e investigación marina**. En 1985, el dron submarino *Argo* localizó y consiguió tomar las primeras imágenes de los restos del *Titanic* y, en 1989, de los del acorazado *Bismarck*. En la década de los 90, después de que dos barcos sufrieran graves daños por minas marinas iraquíes en el golfo Pérsico, la *US Navy* comenzó a invertir en UUV para **desminado**. El Plan de UUV de 1994 estableció las prioridades para el programa.

En 1996, Grumman desarrolló el **NMRS** (*Near-Term Mine Reconnaissance System*), una plataforma de dos vehículos que podía ser lanzada desde el tubo de torpedos de un submarino y se conectaba mediante una correa de fibra óptica a la embarcación. Este sistema fue finalmente sustituido por el **LMRS** (*Long-Term MRS*). La primera vez que se utilizó un UUV en un entorno de combate fue en 2003, durante la segunda guerra del Golfo. EE. UU. utilizó un dron submarino REMUS para ayudar a eliminar las minas marinas del área circundante al puerto de Umm Qasr.

Con el *Navy UUV Master Plan*, publicado por la *US Navy* en 2004, la Armada estableció nueve áreas de enfoque para las futuras capacidades de los UUV, entre las que se incluirían la entrega de suministros, la guerra antisubmarina, o la inteligencia, vigilancia y reconocimiento. En 2017, se crea el primer escuadrón estadounidense de drones submarinos, el **UUVRON 1** (*Unmanned*

Undersea Vehicle SquadRON 1) mostrando el compromiso de la *US Navy* con el futuro de los UUV. El presupuesto del Departamento de Defensa para su desarrollo continúa aumentando.

Para mejorar los medios de búsqueda y rescate bajo el mar, en 2021, la **Armada española** adquirió su primer ROV, el *Leopard* de la compañía sueca *Seaeye*. Este dron submarino vendría a reemplazar, a partir de 2023, al buque de salvamento y rescate Neptuno. En julio de 2022, la policía española incautó en el Campo de Gibraltar varios “**narcodrones**” submarinos, con capacidad para transportar hasta 200 kilos de droga. En 2019, ya se había interceptado en Galicia una nave semisumergible, que procedía de Brasil, con 3.000 kilos de cocaína en su interior.

4. SITUACIÓN POLÍTICA DEL INDO-PACÍFICO

En cada época histórica ha existido una región con una influencia fundamental en el desarrollo de la humanidad. Podríamos decir que Europa ocupó ese puesto entre los siglos XVIII y mediados del XX. Sin embargo, en la actualidad, será el Indo-Pacífico la región que dictará los acontecimientos en el futuro y donde se darán los cambios económicos, tecnológicos sociales y políticos más determinantes de las próximas décadas. El Indo-Pacífico se ha convertido en la región donde China y Estados Unidos disputan por la hegemonía global y que condicionará el futuro de las relaciones internacionales.

Por esta región compuesta de 38 países, fluye el 60% del comercio internacional, contiene más de la mitad de la población mundial y tres de las mayores economías mundiales, así como 24 de las 36 megaciudades existentes y 7 de los mayores ejércitos del mundo. Dentro del comercio, es importante destacar materias primas críticas. Por el Estrecho de Malaca circula el 25% del petróleo y el 50% del gas natural de todo el mundo.

En la región también se dan multitud de dinámicas de enorme variabilidad, ya que, a los cambios demográficos, tecnológicos, económicos y sociales que se dan en la región, hay que sumar que concentra el 60% de los desastres naturales a nivel mundial.

La región en su propio nombre, compuesto por el Océano Índico y el Océano Pacífico, indica la relevancia del poder marítimo en la región. En la carrera que enfrenta a las potencias regionales y mundiales de la zona, el control de las aguas se ha convertido en algo fundamental. El gran valor de los océanos proviene de 4 aspectos tremendamente determinantes: Son una fuente de materias valiosas como petróleo, gas natural o pesca; también fundamental medio de transporte e intercambio (cerca del 90 % del comercio mundial por volumen se conduce hoy por vía marítima); como un medio de información y difusión de ideas, hoy en día los cables submarinos de fibra óptica constituyen la principal infraestructura física de la Internet; y como un medio para el dominio, como lo expresó el Almirante Dudley Knox “La clave del poder marítimo deriva de su relación con el continente y se ejerce para influir los acontecimientos en tierra.”



Ilustración 1: <https://ericolason.myportfolio.com/asia-pacific-trade-routes-1>

4.1. China

Tradicionalmente China ha sido una potencia terrestre. Durante la Dinastía Ming, en el siglo XV, se estableció la política de *Haijin* (Prohibición del Mar) que detuvo el comercio marítimo y desmanteló la flota china. Una de las consecuencias directas de la limitación del desarrollo marítimo fue el Siglo de la Humillación, donde potencias marítimas europeas como Gran Bretaña o Japón sometieron a China. El recuerdo humillante de que el “Imperio del Centro” fuera debilitado y sometido por extranjeros está muy interiorizado en la psique china. La falta de control del mar se considera una lección aprendida.

Entre los mayores logros de China se encuentran un crecimiento anual entre 1979 y 2010 de un 10%, llegar a ser la economía más grande del mundo en 2014, el principal productor de manufacturas en 2011 y la mayor nación comercial en 2012, así como ser el segundo mayor receptor de inversión extranjera y poseer la mayor reserva de divisas internacionales. Todo ello se debe y depende del acceso al mar. El 90% de las importaciones y el 85% de las exportaciones chinas se realizan por mar, además de que el 46% del PIB del país depende del tráfico marítimo. Empresas como COSCO o China Shipping están en el top 10 mundial de empresas logísticas.

“Décadas de desarrollo de infraestructuras, inversiones financieras y expansión industrial han fijado a China permanentemente en el sistema mercantil oceánico”

La particularidad geográfica del Indo-Pacífico ha hecho que existan grandes amenazas al comercio marítimo chino, que por, su relevancia hace que sean amenazas estratégicas para toda la nación. Es el caso del Estrecho de Malaca, un punto de estrangulamiento entre Singapur e Indonesia por donde debe pasar gran parte del comercio chino, especialmente recursos energéticos provenientes de Oriente Medio. La vulnerabilidad e importancia de este lugar han hecho que desde Beijing se refieran a él como el “Dilema de Malaca”, iniciando políticas de diversificación por rutas terrestres, que no han logrado reducir de forma significativamente la dependencia de este enclave.

Los recientes avances chinos demuestran que, a medida que el alcance geográfico de su poder económico se ha ido expandiendo, las necesidades estratégicas de su Armada lo han hecho a la par. La Armada China (PLAN) ha atravesado 3 fases estratégicas: En 1949 se enfocaba en la defensa del litoral y estaba completamente subordinada al ejército terrestre. En los años 80 adoptó el concepto de “defensa de los mares cercanos”, centrada en crear disuasión en la periferia marítima china, cubriendo el espacio entre la costa y la llamada Primera Cadena de Islas (Archipiélago de Japón, Islas Ryukyu, Taiwán y el archipiélago de Filipinas). China consideró especialmente crítica la experiencia de la Tercera Crisis del Estrecho de Taiwán que materializó el temor de que una fuerza extranjera fuera capaz de operar con normalidad en la costa china, en este caso fueron dos portaaviones estadounidenses y sus respectivos grupos de tareas.

Como respuesta, en los últimos 25 años China ha desarrollado dos estrategias: Una defensiva, llamada “mares cercanos”, centrada en el desarrollo de capacidades de “constricción”, generando un área de Denegación de Acceso (A2/AD) de carácter defensivo. Por otro lado, la ha combinado con la política de “mares lejanos”, centrada en la protección del comercio chino desde África Oriental y el Índico hasta el Pacífico. Para llevar esto a cabo, China ha construido la flota más grande de toda Asia, que supera en número (aunque no en capacidades) a la flota estadounidense. La flota china también es la herramienta empleada por Beijing para ejercer presión sobre sus reivindicaciones marítimas, resumidas en la Línea de los 9 puntos, según la cual China busca expandir su Zona Económica Exclusiva reduciendo la de Filipinas, Vietnam, Singapur o Brunéi.

Para aumentar su influencia marítima, China también ha aprovechado los vacíos diplomáticos dejados por USA en la región. Por ejemplo, Camboya, que ha sufrido una creciente marginalización debido a su tendencia autoritaria, ha estrechado grandes lazos con China permitiendo instalar una base militar. Otro ejemplo es el de las Islas Salomón, la dejadez

estadounidense, con su embajada desde 1993, ha permitido la penetración china en el gobierno local. China busca acuerdos similares con gran número de países, como pueden ser Myanmar, Tailandia, Singapur, Indonesia, Pakistán, Sri Lanka, Emiratos Árabes Unidos, Seychelles, Kenia o Tanzania. A esta teoría geopolítica se la conoce como la “Cadena de Perlas” y podemos destacar el caso de Yibuti, donde China construyó en 2016 su primera base militar en el extranjero.

La expansión naval china responde a una sensación de ansiedad geopolítica, ya que la costa del país, más allá de la Primera Cadena de Islas, está cercada por una barrera de archipiélagos que en su mayoría son aliados de EE. UU. como Japón, Corea del Sur, Filipinas, Tailandia o Singapur. Los compromisos de seguridad de EE. UU. con Taiwán también han condicionado el pensamiento chino sobre la importancia de poseer una marina que sea capaz de dominar sus aguas.



*Ilustración 2: Reivindicaciones en el Mar del Sur de China.
Fuente: Reuters The Military Balance 2015 y The Economist*

China tiene diversas instituciones de carácter público que han desarrollado drones submarinos: el Instituto de Automatización de Shenyang, parte de la Academia China de Ciencias, fue la primera institución en desarrollar drones submarinos completamente autónomos entre 1990 y los 2000. China Shipbuilding Industry Corporation, el conglomerado de astilleros más grande del mundo, también ha hecho grandes contribuciones al desarrollo del sector en China como el Haishen. En último lugar, con el mayor número de patentes está la Universidad de Ingeniería de Harbin, que ha llevado a cabo numerosas pruebas en Mar del Sur de China.

En conclusión, la expansión marítima china responde a la necesidad estratégica del país de asegurar la continua llegada de mercancía y recursos fundamentales a través de rutas comerciales que atraviesan una serie de vulnerabilidades geográficas. Inmersa en una creciente competitividad, tanto con Estados Unidos como con India, en el Pacífico y en el Índico, China intentará aplicar todos aquellos avances tecnológicos que le ofrezcan una ventaja sobre sus rivales. Los drones submarinos pueden ser clave en esta competición, ya que poseen capacidades que pueden resultar determinantes, como una difícil detección, un coste menor a los medios submarinos tradicionales o el uso de personal especializado sin poner en riesgo su seguridad física.

4.2. Estados Unidos

El enfoque en el Indo-Pacífico para Estados Unidos podríamos decir que comienza con la Administración de George W. Bush, aunque no es hasta Obama cuando se anuncia un “rebalance estratégico” dando prioridad a la región sobre el resto. Posteriormente, Trump reconocería la región como el “centro de gravedad mundial”. Los intereses estadounidenses en la región son claros, limitar lo máximo posible el ascenso chino y proteger a sus aliados locales. En este caso, son dos objetivos convergentes, ya que la mayoría de los países de la región temen la creciente influencia china. También algunos elementos fundamentales para la economía, como los semiconductores, provienen de esta región, por lo que EE. UU. también está interesado en asegurar su suministro, llegando a buscar una alianza industrial con sus socios locales.

Este enfoque multilateral permite a Estados Unidos explotar la ventaja geográfica que existe en el Pacífico utilizando su influencia sobre los países que componen esta barrera natural como Japón, Filipinas o Corea del Sur, donde ha realizado realizando numerosas visitas. Genera especial interés Singapur, situado junto al estrecho de Malaca, ubicación que convierte al pequeño país en un actor estratégico determinante.

Sin embargo, se ha de tener en cuenta que aunque EE. UU. es un actor que proyecta su fuerza en la región, es ajeno a esta y sus núcleos principales se encuentran a miles de kilómetros. Podemos apreciar esto debido al significativo decrecimiento que ha habido de las capacidades navales estadounidenses, pasando de mil barcos de primera línea en los años cincuenta a algo menos de trescientos en la actualidad. La marina china actúa localmente y apoyada desde su territorio, mientras que la norteamericana lo hace globalmente y sus bases principales se encuentran a miles de kilómetros de distancia, lo que dificulta su logística y la debilita



significativamente. Además, EE. UU. proyecta su poder por todo el mundo mientras que China puede centrarse únicamente en su entorno regional en caso de conflicto.

Aunque la Armada china ha superado en número a la de EE. UU. en número de barcos, también se debe tener en cuenta que a nivel cualitativo la Armada estadounidense es superior y se estima que los americanos aventajan tecnológicamente a China por una década. Aunque esta rivalidad no se limita únicamente a la fuerza militar, la gran influencia económica y diplomática que conserva Estados Unidos, así como las difíciles relaciones que mantiene China con algunos de sus vecinos más influyentes como Japón, Australia o India.

Como respuesta al aumento de capacidades chinas, los estadounidenses han aumentado su fuerza naval en la región, desarrollando nuevos conceptos operativos y una nueva doctrina (*Advantage at Sea*) mejorando la interoperabilidad entre los distintos cuerpos navales (Armada, Marines y Guardia Costera). Esta creciente asertividad ante posibles amenazas también se ha trasladado al espacio híbrido, mejorando la ciberdefensa o el uso de redes sociales.

Como temas principales de la estrategia americana están la garantía de la libertad de navegación, la seguridad portuaria, el control de los puntos de estrangulamiento marítimo como Malaca, la lucha por el dominio del mar y el fortalecimiento de las alianzas, pues considera que la competencia marítima chino-estadounidense es de alcance global.

La industria de drones submarinos estadounidense está conformada por una serie de grandes compañías de seguridad privadas de diferentes países con los que han formado convenios de producción, aunque existe una gran inversión estatal. Dentro de estas numerosas compañías podríamos destacar General Dynamics, Kongsberg Maritime, Lockheed Martin, Oceaneering Internacional o Boeing.

El principal problema estadounidense es la distancia que tiene que abarcar, ya que su flota debe proteger una región que se extiende desde California hasta las costas de Pakistán. Esto plantea unas necesidades logísticas enormes, además de las capacidades militares que ha desarrollado China. Es poco probable que haya un enfrentamiento bélico entre las dos potencias, debido a la interdependencia económica que se ha generado. Sin embargo, los elementos de disuasión continúan siendo fundamentales para las relaciones entre ambos.

Los drones submarinos pueden suponer un elemento diferencial en el conflicto y ayudar a resolver estos problemas. Su indetectabilidad puede dificultar a China ubicar la presencia americana, especialmente teniendo en cuenta el enorme espacio geográfico por el que se puede desplazar. Por otro lado, también puede ayudar a mantener esa brecha tecnológica que hace que



la marina china continúe siendo inferior a la estadounidense. Además, la estrategia china, que se ha centrado en desarrollar capacidades de contraataque para la denegación de la operatividad, puede volverse infructuosa, ya que está enfocada en neutralizar grandes buques como portaviones o acorazados, y no tanto en pequeños drones.





5. ASPECTOS TÉCNICOS

Los drones submarinos o **UUV** (*Unmanned Underwater Vehicle*) son vehículos submarinos no tripulados que suelen dividirse principalmente en dos categorías y cuatro tamaños (ver *Ilustración 3*): los operados remotamente o **ROV** (*Remotely Operated Vehicles*) - que han supuesto la mayor parte de los antecesores de los actuales UUV - y los vehículos autónomos submarinos o **AUV** (*Autonomous Underwater Vehicles*). La autonomía de los últimos se refiere a la capacidad de operar con distintos niveles de independencia y no al tiempo en operación. Según el tamaño ([Anexo1](#)), se clasifican en:

- a. Pequeños o SUUV (*Small UUV*): Diámetro inferior a 25 cm, pueden ser transportados por una sola persona. Tienen capacidades limitadas en cuanto a autonomía y carga útil. Podrían tener su uso en operaciones especiales.
- b. Medianos o MUUV (*Medium UUV*): Diámetro entre 25 y 53 cm. Siendo esta última medida el diámetro estándar de los torpedos pesados, los MUUV están pensados para ser lanzados prácticamente desde cualquier submarino.
- c. Grandes o LUUV (*Large UUV*): Diámetro entre 53 y 213 cm. Precisan de adaptaciones especiales para poder ser acoplados a submarinos o barcos de superficie, aunque también podrán lanzarse desde grandes tubos verticales.
- d. Extragrandes o XLUUV (*Extra Large UUV*): Diámetro superior a 213 cm. Grandes capacidades, debido a su autonomía y capacidad de transporte. Barcos especialmente habilitados serán los encargados de su lanzamiento.

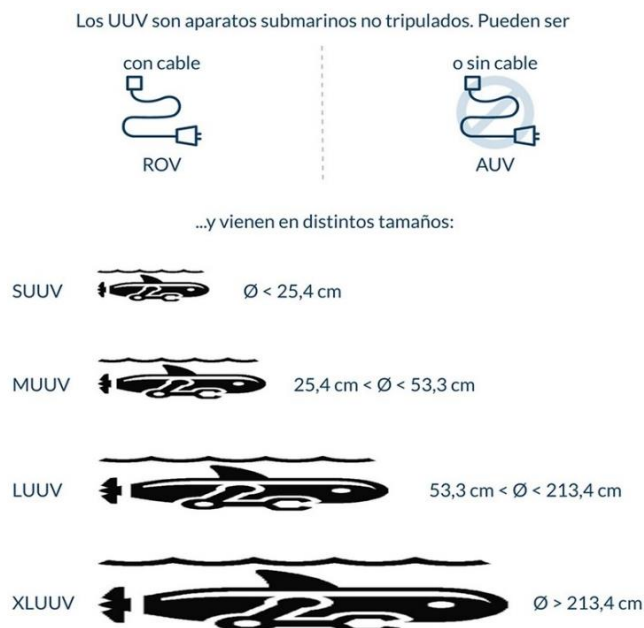


Ilustración 3: Clasificación drones submarinos
Fuente: Estudio: drones submarinos (UUV)



Los **ROV** están conectados a una unidad controladora o barco de superficie por un cable umbilical, a través del cual recibe las órdenes y la energía, y transmite la información generada por sus sensores y dispositivos de captación de imagen. Este cable facilita el control del vehículo, pero lo limita en alcance, por ejemplo, para misiones clandestinas, por lo que este informe se enfoca, sobre todo, en los **AUV**.

Físicamente, los AUV están divididos en tres o más secciones (ver [Anexo2 Fig.1](#)): un **cono de nariz** (encargado de minimizar la resistencia y con una apertura acústica para el altímetro, el sonar y el manómetro) (ver [Anexo 2 Fig.2](#)), una **sección central C3** (*command, control and communication*) (contendría la torre de comunicaciones y una cámara para el ajuste de la flotabilidad) (ver [Anexo 2 Fig.3](#)), una **sección de cola** propulsora (ver [Anexo 2 Fig.4](#)) y una cuarta o más **secciones opcionales de carga útil**.

5.1. Casco de presión, hidrodinámico y sistemas de lastre

El **casco de presión** (1) y el **casco hidrodinámico** (2) son los cascos interior y exterior de los vehículos submarinos (ver *Ilustración 4*). El primero se encarga de mantener la estructura y resiste la presión ejercida por el agua sobre el sumergible. El segundo es el que vemos desde el exterior, que se encarga de cortar el agua y, por lo tanto, debe ser hidrodinámico. Entre el casco de presión y el hidrodinámico se podrán instalar diversos elementos como el combustible de la propulsión independiente de aire o AIP (*air-independent propulsion*), las baterías o los tubos lanzatorpedos.

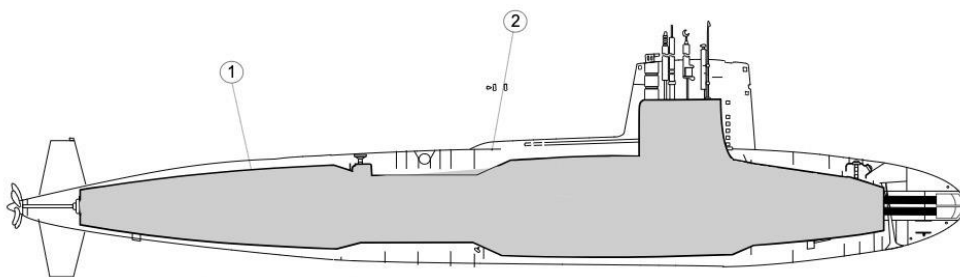


Ilustración 4: Casco de presión y casco hidrodinámico. Fuente: Estudio: drones submarinos (UUV)

Los **sistemas de lastre** permiten modificar la flotabilidad de los medios de transporte sumergibles, a la par que compensar los pesos que se embarcan. Además de permitir un desplazamiento vertical sobre la columna de agua, se utilizan para el trimado (mantener la horizontalidad del UUV o inclinar el submarino de modo que la propulsión logre un desplazamiento hacia arriba o hacia abajo del vehículo). La tecnología de los cascos y los



sistemas de lastre está muy consolidada, por lo que su aplicación a los drones submarinos no debería suponer ningún problema.

5.2. Mástiles

Aunque sencilla, la tecnología de los mástiles, aplicada a los UUV, sí plantea dos obstáculos importantes. El primero únicamente afectaría a los **MUUV**, diseñados para ser lanzados desde un tubo estándar, lo que deja dos opciones: el UUV tiene un diámetro menor que el tubo y, con el mástil, se alcanza el diámetro máximo del mismo, o queda recogido dentro del cuerpo del UUV, ocasionando una importante pérdida de espacio y haciendo obligatorio un complejo sistema de izado y recogida.

El segundo obstáculo a salvar está relacionado con la **altura** del mástil. A pocos centímetros de la superficie del mar, el oleaje puede bloquear el campo de visión y las comunicaciones tipo LOS (*line of sight*) o satélite. La estabilidad del UUV puede verse comprometida por la separación entre su centro de gravedad (G) y el de carena (C). A mayor peso, aumenta la tendencia al vuelco. Esto obliga a controles de estabilidad más complejos, que ocupan sitio y encarecen los drones.

5.3. Energía, distribución eléctrica y propulsión

Después de la autonomía, los **sistemas de generación y almacenamiento de energía** constituyen uno de los mayores desafíos para el desarrollo de los AUV en contraste con los ROV. El dron autónomo debe poder generar la energía suficiente para moverse y alimentar los equipos de a bordo, o ser capaz de almacenar toda la energía necesaria para la misión. La energía disponible condicionará lo rápido y lejos que podrá llegar el AUV, así como los equipos que podrá operar. Los últimos avances apuntan a **baterías de litio** para los UUV más pequeños, mientras que los más grandes podrán contar con plantas eléctricas similares a las de los submarinos.

La **distribución eléctrica**, que permite una descarga uniforme de la batería y la alimentación de todos los equipos garantizando la seguridad del sistema, es una tecnología perfectamente desarrollada que no debería afectar al desarrollo y empleo de los UUV. Tampoco así la **propulsión**, que para los más pequeños y velocidades reducidas tendrá suficiente con una hélice acoplada a un motor eléctrico u otro propulsor, mientras que para los grandes podrá contar de sistemas más complejos.



5.4. Sistemas de gobierno, navegación y posicionamiento

Los **sistemas de gobierno**, que posibilitan que el AUV sea capaz de moverse en la dirección deseada, son una tecnología perfectamente desarrollada que no debería causar mayores problemas. Por regla general, se utilizan superficies deflectoras (timones y *flaps*) o sistemas de propulsión orientables. Mientras que la mayoría de los sistemas militares modernos utilizan el GPS para posicionarse, debajo del agua, la señal de este se atenúa a tan solo unos metros de profundidad.

Es por ello que los **sistemas de navegación** de los UUV están basados en sistemas de posicionamiento acústico submarino (corredoras doppler) y estima. Los sistemas LBL (*long baseline*) operan dentro de una red de transpondedores de línea de base montados en el fondo del mar. Los sistemas SBL (*short baseline*) utilizan una línea de base que consta de tres o más transductores conectados a una caja de control central. Cuando se dispone de una referencia de superficie, como un barco de apoyo, se utiliza el USBL (*ultra short baseline*) y el SSBL (*super short baseline*).

Para actualizar estos sistemas, es necesario salir a superficie de vez en cuando para recibir señal GPS, lo que comprometería la clandestinidad. También será especialmente demandante la navegación en entornos cerca de la costa con fuertes corrientes, donde se espera que operen los UUV. Sin embargo, el gran desafío para la navegación está en desarrollar sistemas que detecten las redes, tanto de pesca como antibuceador o anti-UUV, e incluso sean capaces de desengancharse de ellas.

5.5. Lanzamiento y recogida

En cuanto al **lanzamiento** del dron, existen tres posibilidades: tierra, barco y submarino. El lanzamiento desde tierra no limitaría el tamaño del UUV, el dron es el único elemento en movimiento y se ve menos afectado por las condiciones meteorológicas. El lanzamiento desde un barco solventa la principal desventaja de la primera opción, salvo para zonas A2AD, que sería la distancia a recorrer hasta que el dron alcance su objetivo. El submarino es el medio clandestino por antonomasia, pero plantea bastantes limitaciones (tamaño, recogida, interfaz, certificaciones, etc.).

La maniobra de **recogida** de los UUV es de gran complejidad para cualquier plataforma marítima, ya sea un barco o un submarino. En primer lugar, requiere de una navegación de gran precisión y coordinación para reunirse en un punto concreto del mar con el dron submarino. La recogida puede ser llevada a cabo por la plataforma (mediante grúa y/o apertura de acceso a



bordo) o ser el dron el que, guiado por la unidad controladora o por sus propios medios, se introduzca en ella. La tercera alternativa, en el caso de los AUV más baratos, sería optar por desecharlos.

5.6. Sensores

Mientras que las armas se utilizan en condiciones muy concretas, los sensores están casi permanente en uso y son imprescindibles para cualquier tipo de misión. Además de sensores **magnéticos** (brújulas y magnetómetros) y registrador **CTD** (*conductivity, temperature and depth*), que son relativamente sencillos y no están restringidos al ámbito militar, tendremos los siguientes cuatro tipos de sensores:

- a) Acústicos (principalmente, los sonares): Se dividen en activos (emiten una onda sonora para escuchar su rebote y calcular distancia y dirección) y pasivos (escuchan el ruido del entorno). Los submarinos generalmente operan en pasivo, para no ser detectados. Hay que adaptar estos sensores, especialmente en cuanto a tamaño, para poder ser utilizados en los UUV.
- b) Electromagnéticos: Tecnología en desarrollo. Tendríamos igualmente dos posibilidades, pasivos (detectarían el campo electromagnético que genera un submarino, principio de funcionamiento del MAD) y activos (radar). En un informe de la agencia RAND se menciona un seguidor no convencional o NTT (*Non-Traditional Tracker*) que se estaría desarrollando bajo alto secreto.
- c) Ópticos: Diseñados para capturar tanto fotografía como vídeo, con el apoyo necesario de sistemas de iluminación. También pueden emplear sistemas láser. El gran reto en relación a estos sensores está relacionado con otras dos tecnologías a tratar en este informe, la capacidad de comunicaciones del AUV y su autonomía, ambas estrechamente ligadas a la inteligencia artificial.
- d) NBQR (defensa Nuclear, Biológica, Química y Radiológica): No debería suponer ningún problema montar estos sensores en un dron. Ofrecerían la posibilidad de detectar si un barco transporta material radiológico sin necesidad de acceder al mismo. Requieren de un tiempo de exposición alto, algo poco práctico, imposible o peligroso para un buceador frente a los UUV.

5.7. Comunicaciones

Los sistemas de comunicación disponibles para enlazar un UUV con su estación de control pueden ser acústicos, de radiofrecuencia, por satélite (SATCOM) y mediante cables de fibra óptica (en el caso de los ROV). La radio, el radar y los satélites tienen el inconveniente de que



las ondas electromagnéticas apenas se propagan bajo el agua, por lo que los vehículos submarinos utilizan las ondas acústicas (sonares). Sin embargo, la limitación a las comunicaciones acústicas es física, tanto en alcance como en ancho de banda, y difícilmente podrá ser superada.

Una de las alternativas consiste en subir a la superficie para poder utilizar otros métodos (SATCOM o radiofrecuencia) pero esto expondría al dron a ser detectado. Además, esta opción haría necesario algún tipo de mástil, con los complejos problemas de diseño ya mencionados en el apartado correspondiente, o la emersión completa del vehículo. Los mástiles, a su vez, no pueden ser muy grandes y los UUV más pequeños no estarán capacitados para enviar señales lo suficientemente potentes como para comunicarse a grandes distancias mediante satélite o radio.

Otra posibilidad es el uso de boyas como nodos intermedios mediante redes centralizadas. El dron se comunicaría con la boya y esta, por los sistemas citados, con el exterior. La boya tendría que ser transportada por el UUV y, posiblemente, abandonada a posteriori, dificultando su utilización en misiones clandestinas. También cabe el uso de nodos de comunicación bajo el agua a los que los drones podrían conectarse. Por último, mencionar la posibilidad de que los UUV puedan comunicarse en redes descentralizadas o enjambres.

Las comunicaciones y la autonomía (entendida como independencia y basada en la inteligencia artificial) son complementarias y suplementarias. Si se dispusiera de un sistema de comunicaciones al nivel de capacidades del de los drones aéreos, el nivel de autonomía necesario sería mínimo. Por otro lado, si la inteligencia artificial llegase a un nivel de desarrollo que apenas precisase de intervención humana para operar, desaparecería la necesidad de comunicación. La imposibilidad de contar con comunicaciones permanentes señala el papel determinante del siguiente apartado.



6. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Aunque hasta los últimos años no se ha percibido la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en la cotidianeidad, debido al desarrollo de la capacidad de computación, el origen de esta materia se remonta a mediados del siglo XX.

En el momento actual, siendo la inteligencia artificial uno de los principales campos de investigación, se han desarrollado nuevas áreas que tratan de aplicar la IA a los robots, dando lugar a la denominada robótica inteligente (RI).

La aplicación de la inteligencia artificial en los vehículos no tripulados se plantea como un importante campo de investigación, principalmente del área militar. La investigación de la inteligencia artificial en el campo de los drones submarino o UUV (de *Unmanned Undersea Vehicle*), es un factor clave para el desarrollo en esta área, debido a la dificultad de comunicarse en el medio acuático.

La problemática en el desarrollo de las armas controladas por inteligencia artificial está marcada por dos factores:

En primer lugar, el campo de las comunicaciones. Como ya se ha tratado, este es un elemento que afecta especialmente al desarrollo de los drones submarinos debido a las propiedades del medio acuático. En este sentido, la aplicación de la inteligencia artificial para evitar la detección de terceros, así como la capacidad de comunicarse entre submarinos autónomos es clave.

En segundo lugar, la capacidad de autonomía. En el momento actual los drones dirigidos por inteligencia artificial son capaces de trazar rutas simples y mantenerse fuera de zonas prohibidas. Aun así, no se tiene confianza en su capacidad de detectar, clasificar y reconocer objetivos, así como evaluar cuándo han sido detectados. La mejora en estos campos, además de la capacidad de evaluar amenazas e intenciones del enemigo, la toma de decisiones autónomas y realizar objetivos de manera conjunta, son los próximos campos de investigación.

En vista de que en el momento actual no existe la tecnología que permita que los drones submarinos se controlen de manera completamente autónoma, además de los problemas que supone que sean operados a distancia, se contempla que sean controlados de una manera mixta.

Se han realizado varias clasificaciones que permiten analizar el grado de autonomía de un dron:

“Una sería la que divide los drones en completamente autónomos, semiautónomos, teleoperados y operados remotamente” (Supervielle, 2020). En este caso, los drones submarinos se encontrarían en la clasificación de semiautónomos.



“Otra contempla seis categorías: operado, asistido, delegado, supervisado, mixto y completo” (Supervielle, 2020). En estas categorías, la autonomía del dron se podría clasificar entre delegado y mixto.

Una tercera taxonomía, quizás la más clara, los divide en *man in the loop* (humano en el ciclo; el operador está metido en el proceso de decisión), *man on the loop* (humano sobre el ciclo; el operador supervisa el proceso de decisión) y *man out of the loop* (humano fuera del ciclo; el operador no puede impedir las acciones del dron) (Supervielle, 2020).

En este caso, los drones submarinos se situarían en la categoría de *man on the loop*.

Aunque la utilización de drones controlados por inteligencia artificial en conflictos es todavía un campo en desarrollo, en marzo de 2021 el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas reportó el primer caso de un dron controlado por inteligencia artificial que atacó a humanos de manera autónoma. Este suceso registrado en Libia se cree que fue realizado por un dron STM Kargu-2, conocido como dron suicida. Aunque el STM Kargu-2 se plantea como un híbrido entre misil y dron, además de ser parcialmente autónomo, es el precedente de las denominadas “armas merodeadoras”.

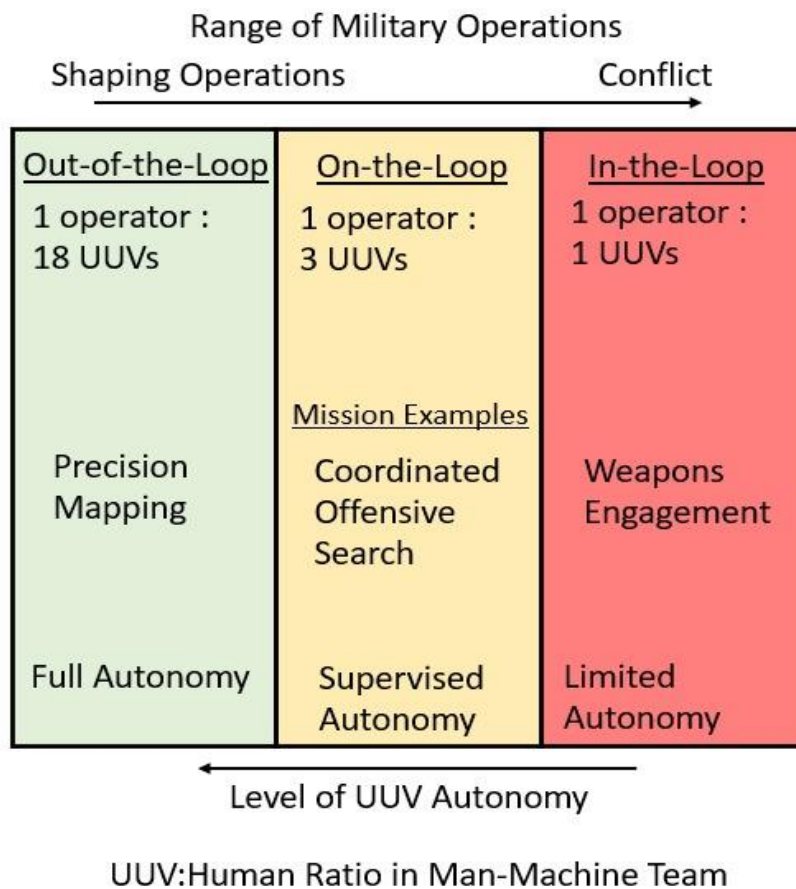


Ilustración 5



Las armas merodeadoras son un nuevo concepto del campo militar, también denominadas Sistemas de Armas Autónomos Letales (SALAS). Estos conceptos se refieren a objetos móviles dirigidos por inteligencia artificial con la capacidad de seleccionar y atacar objetivos de manera autónoma.

Así mismo, estas armas autónomas pueden tener la capacidad de comunicarse y realizar operaciones conjuntas, dando lugar a los denominados “enjambres”. Este proyecto de dotar a los drones de capacidad de actuar de manera conjunta es el siguiente paso tras mejorar su capacidad de operar de manera autónoma, ya que se necesita que puedan comunicarse entre sí y con el entorno.

Es necesario aclarar que el concepto de enjambre es diferente al de multirobot. Este último se compone de un número reducido de componentes, normalmente inferior a diez. En el caso de un enjambre este número ascendería a decenas, cientos o miles. Así mismo, los enjambres tienen escasa variedad en los drones que lo componen, formando normalmente un sistema homogéneo. En el caso de los sistemas multirobot, están compuestos por diferentes tipos de drones o tiene gran variedad entre los mismos.

Por otra parte, otro concepto similar que no debe ser confundido con un enjambre son las denominadas bandadas. En este caso el sistema está compuesto por elementos tripulados por humanos y drones autónomos. Por otra parte, los enjambres están compuestos exclusivamente por drones controlados por una IA.

Aunque hasta el momento actual no se conoce ningún ataque militar realizado por enjambres, numerosos países desarrollan programas de investigación en este campo, como el programa español “Rapaz” o el francés “Icarus”.

Este desarrollo de la aplicación de la inteligencia artificial en drones armados conlleva un conflicto ético que está siendo objeto de debate internacional. La principal disyuntiva que se plantea en el uso de armas autónomas en conflictos armados reside en la problemática de otorgar la elección de ejercer la fuerza a la inteligencia artificial.

En este sentido, se critica no solo el peligro que supone delegar la potestad de ejercer acciones bélicas a una inteligencia artificial. También la dificultad de buscar responsabilidades en caso de que se comenta un crimen de guerra, debido a la falta de legislación actual.

La denominada Campaña para Detener a los Robots Asesinos (*Campaign to Stop Killer Robots*), una coalición de organizaciones no gubernamentales es el principal exponente de la oposición al desarrollo de estas tecnologías. Aunque cerca de treinta países apoyan la completa



prohibición de las armas autónomas, EE. UU., China, Rusia, Israel, India y Reino Unido se han posicionado en contra de nueva legislación al respecto.

El desarrollo de inteligencia artificial con fines militares es diferente en China y Estados Unidos. En el caso de China, al igual que en Rusia, el sector privado coopera con el ejército en el desarrollo de este campo. En el caso de Estados Unidos, compañías de Silicon Valley han rechazado cooperar con el departamento de defensa.

En el área civil, grupos de ingenieros trabajan en el desarrollo de una tecnología que permita la comunicación entre drones submarinos usando señales sonoras. A diferencia del campo militar, en esta área no se tiene en tanta importancia la detección por parte de terceros, facilitando la comunicación con el exterior y entre los propios drones submarinos.

Esta posibilidad de contactar y comunicarse entre distintos submarinos dotados de inteligencia artificial crea la denominada *internet of underwater things*. Este nuevo concepto se refiere a un desarrollo de telecomunicaciones a nivel submarino, donde sensores y robots submarinos puedan intercambiar y enviar información, dando capacidad de monitorizar zonas submarinas.

El empleo civil de esta tecnología tiene tres implicaciones principales: seguridad del puerto, obtener información medio ambiental e inspeccionar barcos.



7. MISIONES

El uso de drones submarinos ha crecido a un ritmo acelerado. Si bien en un primer momento su uso quedaba restringido al control manual por un operador, los avances tecnológicos permitieron que estos fuesen dirigidos autónomamente, potenciados, aún más en la actualidad, con la inteligencia artificial (aunque esta, en un principio, no era per se IA, ya que estaba reducida a operaciones binarias o predefinidas). Ahora podemos hablar de entidades (AUV) que son completamente independientes y autónomas, hecho que está desarrollando el mercado internacional de drones submarinos, con perspectivas de un mayor crecimiento de estos en los próximos años, por las capacidades adaptativas y de autosuficiencia que tienen.

Por su diferentes características, propiedades y tamaños tienen utilidades muy divergentes, dependiendo en parte de la institución, empresa u organismo. En términos generales su uso se está incrementando, ya que reduce costes en comparación con medios tradicionales, tienen una mayor autonomía y no ponen en riesgo vidas humanas.

Como toda tecnología disruptiva, conlleva oportunidades al igual que amenazas. Se traduce en una ventaja al poder realizar operaciones que eran casi inimaginables con medios tradicionales, al igual que suponen una amenaza por un uso “corrupto” del mismo, como es el narcotráfico y terrorismo, o en el peor de los casos, conflictos bélicos. Como toda nueva tecnología, el control y posicionamiento en base a esta genera tensiones entre entidades. Es por lo que la investigación sigue una línea casi exponencial en los últimos años, siguiendo la expresión de carrera armamentística, también aplicada en este caso a efectos comerciales y científicos, en el que se intenta cubrir las debilidades al mismo tiempo que se explotan las oportunidades que una mejora tecnológica de estas características crea.

En nuestro estudio, para intentar mostrar una mayor caracterización de los drones submarinos, nos centraremos en los UUV, ya que son los que permiten una mayor ventaja competitiva con respecto a los tradicionales, operados manualmente, dividiéndolos en militares y no militares, según su función principal, aunque muchos de ellos compartan tecnología y características similares. La *Ilustración 6* muestra un diagrama de las principales misiones en la actualidad.



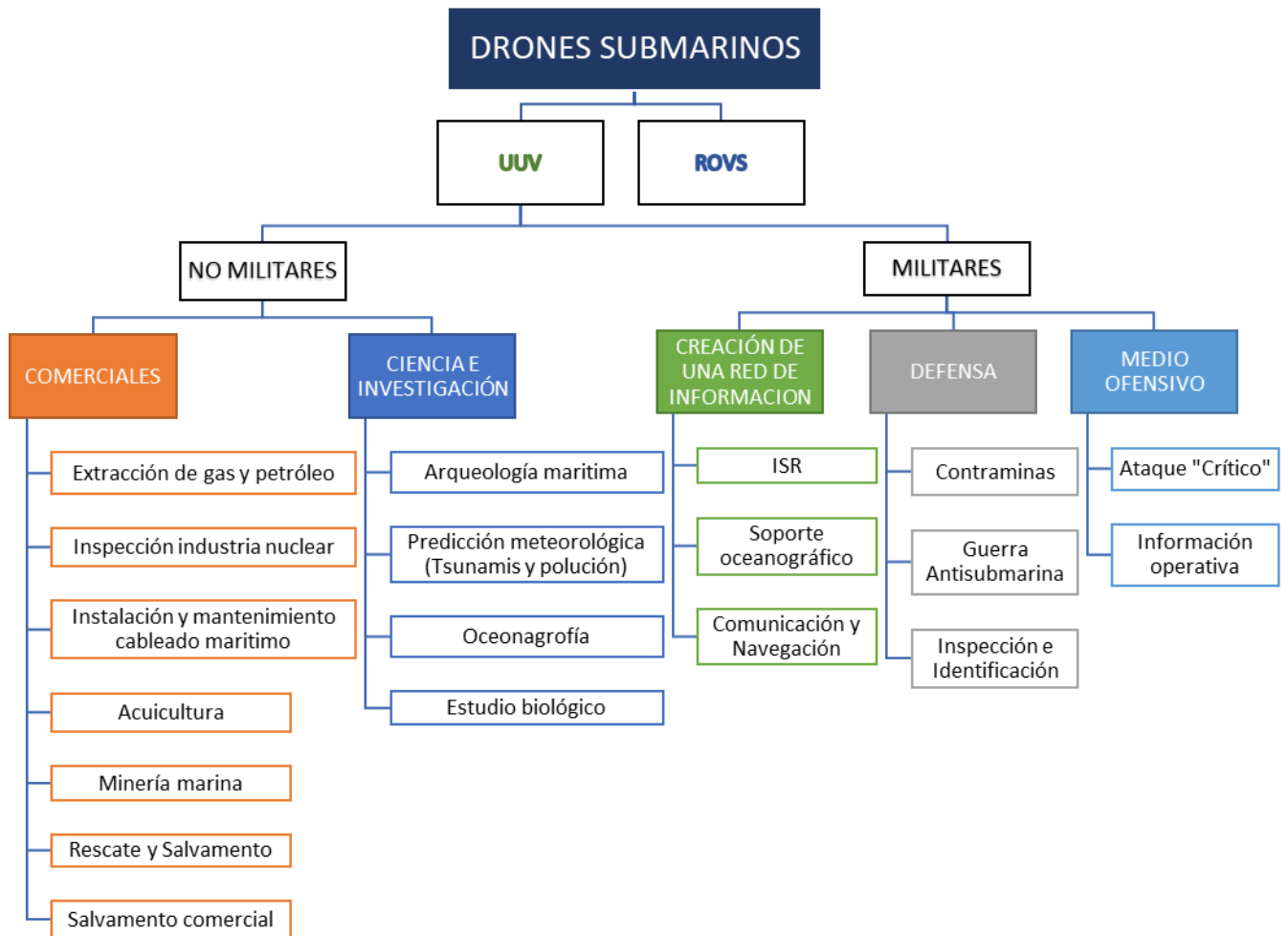


Ilustración 6: misiones UUV (elaboración propia)

7.1. Misiones militares

La preocupación por la defensa marítima viene de tiempos inmemoriales. La proporción de superficie de nuestro planeta que está cubierta de agua y el uso y riquezas que emergen de ella ha sido siempre una preocupación para cualquier Estado. En la actualidad, el 90% de las mercancías que se comercian en el mundo son transportadas por medios marítimos. La existencia de grandes reservas energéticas al igual que mineras en el suelo náutico, con sectores tradicionales como la pesca y productos naturales, hacen de los océanos una cuestión de vital importancia para cualquier país. Sin tener en cuenta el hecho de que, en cualquier conflicto bélico, supone la forma de desembarco de tropas a gran escala más eficaz, al igual que en caso de ataques estratégicos, se pueden reducir distancias por medio de aguas internacionales.

En las últimas décadas podemos observar cómo se está intentando alejar el factor humano de cualquier conflicto armado, ya que es el más caro en cualquier departamento de defensa, así



como el único que no es reemplazable, por lo que vemos como la investigación continúa en sistemas de crucero, aviones de cuarta y quinta generación, misiles ultrasónicos, etc. Aquí es donde los drones suponen un paradigma, ya que son capaces de reemplazar a los soldados por tecnología.

La evolución de los conflictos armados nos muestra como los antecedentes a los drones submarinos ya eran utilizados en operaciones específicas en la Segunda Guerra Mundial por EE. UU., principalmente limitados a la limpieza de minas y evaluación del terreno. En la actualidad la aplicabilidad de los UUV es mucho más diversa, pasando de tareas convencionales a autónomas.

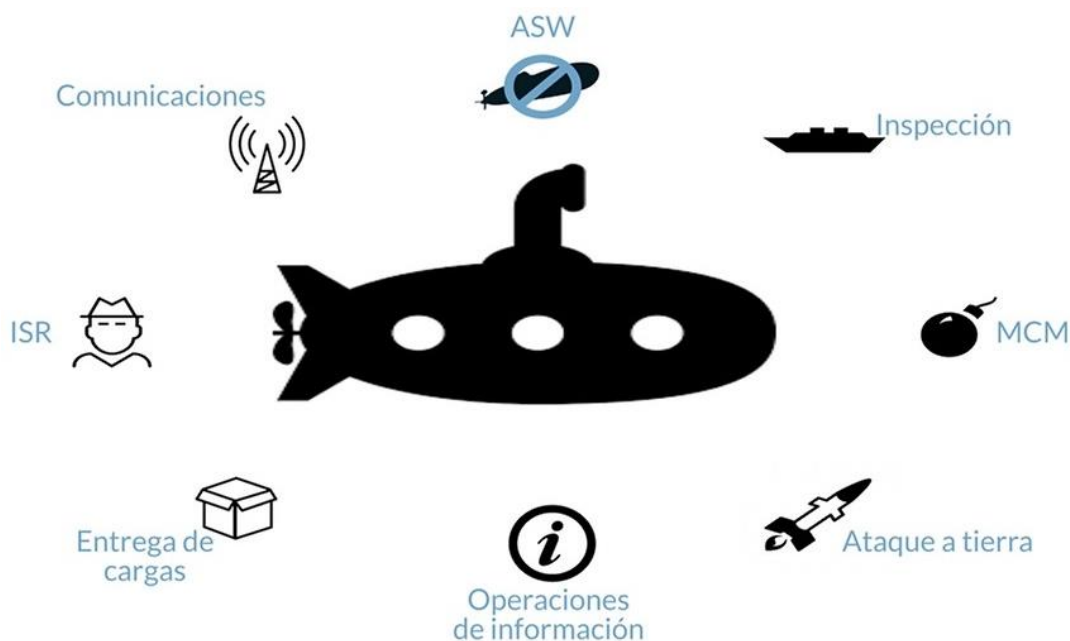


Ilustración 7: misiones drones submarinos (resumido)

La **cartografía**, aunque bien pueda parecer que tienen un trasfondo no militar, supone una ventaja táctica sobre países terceros. Así, aunque el agua cubre el 70% de nuestro planeta, se calcula que solo el 20% del fondo marino ha sido cartografiado. La investigación y las aplicaciones de los drones submarinos están creando un entorno en el que las fuerzas mundiales están desarrollando programas concretos, en muchas ocasiones asociadas a universidades y centros de estudios, ya que son fundamentales para misiones específicas tanto operativas como tácticas.

Teniendo en cuenta que los departamentos de defensa de cada país tienen diferentes programas relacionados con los drones submarinos, hacemos un ejercicio de abstracción y así podemos resumir las principales operaciones de los UUV en el terreno militar:



- a. Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR, por sus siglas en inglés): Obtención de información mediante la recolección de datos electromagnéticos y electro-ópticos del océano, creando un marco perfecto de áreas restringidas, especialmente en aguas poco profundas, inaccesibles para plataformas tradicionales.
- b. Oceanografía: Permiten una mayor operabilidad en condiciones extremas en entornos oceánicos, siendo esencial que la información recopilada para la creación de inteligencia sea en tiempo real y permitiendo una mayor maniobrabilidad a la hora de la toma de decisiones, más aún si esta es una operación ofensiva.
- c. Comunicaciones/Plataformas de navegación: Al proporcionar una red de circuito cerrado entre plataformas tripuladas y no tripuladas, provee un mayor control y conectividad que los sistemas de navegación. De lo contrario, las embarcaciones tendrían que salir a la superficie a actualizar su GPS. Al mismo tiempo, una red de comunicación de este tipo permite una mayor seguridad en operaciones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento al poder permanecer durante largos periodos sin ser detectados.
- d. Contraminas: Fue uno de los primeros usos que se les dio a los drones submarinos en cuestiones militares. Tienen funciones tanto ofensivas como defensivas, ya que por un lado permite la limpieza y control de puertos y canales, contra minas marinas, a la vez que se puede usar las mismas medidas contra fuerzas enemigas. Desde los inicios de su utilización hasta hoy en día, con los nuevos modelos UUV, supone la forma más sencilla y sin riesgo para la vida humana en la realización de este tipo de operaciones.
- e. Guerra antisubmarina: Son muy efectivos en operaciones contra submarinos, al estar especialmente diseñados para poder navegar en aguas cerradas o entornos donde una gran embarcación no podría operar. Aportan seguridad, ya que no se pone en riesgo a ningún tripulante, a la vez que pueden limitar la operatividad o incluso destruir las embarcaciones enemigas.
- f. Inspección/Identificación: Permiten una búsqueda rápida dentro de espacios confinados (en caso de barcos), dentro de y en las zonas circundantes a muelles y zonas de atraque. Son especialmente importantes en la lucha contra el terrorismo y en zonas estratégicas, ya que en su totalidad pueden asegurar puertos, vías fluviales y atracaderos.
- g. Payload Delivery: Dada su estructura son difíciles de detectar por medios convencionales, lo que les permite ser el medio perfecto para su uso como transporte en operaciones especiales, en las que clandestinamente se pueden introducir suministros en las líneas enemigas.



- h. Operaciones de información: Su tamaño reducido les permite operar en aguas poco profundas, pudiendo ser utilizados para la recopilación de información, además de como señuelos e inhibidores de señales de comunicación.
- i. Ataque crítico: Poder lanzar un ataque de artillería con precisión y minimizando el tiempo de respuesta del enemigo es una de las principales funciones de los UUV usados militarmente de forma hostil. Su capacidad de no ser detectados con medios tradicionales les permite acceder a áreas restringidas o severamente vigiladas, pudiendo ser utilizados para derribar estructuras o zonas estratégicas del enemigo.

En definitiva, el uso de los drones submarinos en todo el mundo se intensificará aún más en los próximos años, ya que el coste equitativo de las grandes embarcaciones tradicionalmente utilizadas es disparado. Esto puede crear secuelas en el terreno naval, ya que hay dos grandes actores, como es China y Estados Unidos, que pueden restringir el acceso a la tecnología o, en caso de confrontación, tener una ventaja clara sobre países terceros en los que el desarrollo y aplicaciones no son tan avanzadas.

7.2. Misiones no militares

Forman una parte importante del mercado de los drones submarinos, suponen un avance e instrumento para muchas industrias al igual que una forma de investigación científica. Aunque comparten tecnología y analogías con las misiones marinas, estas suelen tener un desarrollo comercial público. Dentro de las principales misiones, debemos destacar:

- A. Comerciales: Tienen un uso privado, mediante corporaciones y/o empresas que mediante su actividad obtienen un rédito económico. Suponen un importante avance para multitud de industrias, ya que mediante ellos pueden transformar su actividad productiva.
 - i. Industrias extractivas de gas y petróleo: Es una de las principales impulsoras de los UUV en el ámbito comercial. Mediante el uso de estos pueden recopilar información y realizar proyectos bajo la superficie marina que tradicionalmente eran muy costosos y limitados. Además de abrir el mercado a profundidades mucho mayores, difíciles de alcanzar por el ser humano. Así, en la actualidad, se está extrayendo a una profundidad normal de unos 1.000 metros, pudiéndose llegar a profundidades superiores a 2.000 metros.
 - ii. Instalación y mantenimiento de cableado en el mar: El poder usar instrumentos controlados o autónomos para este tipo de trabajos no solo reduce los costes, sino que además aumenta la eficiencia.



- iii. **Inspección Industria Nuclear:** Garantiza la seguridad del personal, al mismo tiempo que puede proporcionar información en tiempo real de una planta nuclear, crítica para cualquier país, más ahora con la deficiencia energética que están viviendo la mayoría de las economías.
 - iv. **Acuicultura:** Los UUV introducen nuevas formas de recolección de datos y gestión en los criaderos de pescado, ya que tienen una mayor versatilidad.
 - v. **Minería en las profundidades del suelo marino:** La capacidad de autonomía e inmersión en las profundidades del suelo marítimo las convierte en las herramientas perfectas para este tipo de industria.
 - vi. **Rescate y salvamento:** Siendo una función normalmente pública, los drones submarinos, más concretamente los UUV, permiten ampliar el terreno de búsqueda de una forma sustancialmente más rápida, más aún con los completamente autónomos, reduciendo un tiempo de respuesta que es esencial en cualquier operación de salvamento y rescate.
- B. **Misiones científicas:** La investigación de los océanos comparte las bondades mencionadas tanto en las misiones militares como en las comerciales, siendo usadas por estas mismas. Las principales funciones son: arqueología marítima, oceanografía, predicción del tiempo (contaminación y tsunamis), estudio biológico de entidades marinas y el mapeado 3-D del fondo marino.



8. CONCLUSIONES

En el campo de los vehículos no tripulados, los drones submarinos son probablemente los más novedosos, por ello están **en constante innovación**.

Ya sean de **tipo marítimo o USV** diseñados para navegar por la superficie del agua o **sumergibles o ROV** diseñados para sumergirse y navegar por las profundidades, sus misiones son numerosas y muy variadas, por ello es necesario mejorar sus capacidades y también su autonomía y comunicación, que en la actualidad suponen sus principales limitaciones.

Aunque su trabajo esta principalmente ligado al ámbito militar, están teniendo un amplio y útil empleo en el ámbito civil, principalmente para la exploración e investigación marina.

En la **región Indo-Pacífico**, que muy probablemente, será el próximo epicentro mundial, el control de las aguas es algo fundamental ya que son una fuente de materias primas, por ellas se transporta el 90% del intercambio comercial mundial, y albergan infraestructuras estratégicas de comunicación. Esto hace que China y EE. UU. disputen por la hegemonía global en esta región, que condicionara sin duda el futuro de las relaciones internacionales.

La expansión marítima de China para asegurar sus rutas comerciales le ha llevado a construir la flota más grande de toda Asia y trata de aplicar todos los avances tecnológicos disponibles que le ofrezcan una ventaja sobre sus rivales. China fue la primera en desarrollar drones submarinos completamente autónomos que pueden ser claves en esta competición, por sus capacidades, su difícil detección y los menores costes económicos y humanos.

Los intereses estadounidenses en esta región geográfica son limitar al máximo el ascenso chino y proteger a sus aliados locales, que en su mayoría temen la creciente influencia china, así como, asegurarse el suministro de elementos fundamentales para la economía como los semiconductores.

Como respuesta al aumento de capacidades chinas, los estadounidenses han desarrollado nuevos conceptos operativos y una nueva doctrina ante amenazas híbridas, mejorando la ciberdefensa o el uso de redes sociales.

La industria de ese tipo de drones en EE. UU está en manos de grandes compañías de seguridad privada, aunque existe una gran inversión estatal, pues pueden constituir un elemento diferencial a la hora de resolver ciertos conflictos, y ayudar a mantener la brecha tecnológica con una China que se ha centrado en desarrollar capacidades de contraataque y neutralización de grandes buques y no tanto en pequeños drones.



Uno de los grandes desafíos para ese tipo de drones, después de la autonomía, son los sistemas de generación y almacenamiento de energía, pues esto condicionara lo rápido y lejos que podrán llegar, siendo las materias de litio uno de los grandes avances para los UUV.

Especialmente reseñable resulta la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en el campo de los drones submarinos, es un factor clave para su desarrollo debido a la dificultad de comunicarse en el medio acuático.

El uso de la IA permite trazar rutas simples y mantenerse fuera de zonas prohibidas. Aun así, es necesario mejorar en muchos campos como la capacidad de evaluar amenazas y la toma de decisiones autónomas. Por el momento no existe tecnología que permita que los drones submarinos se controlen de manera completamente autónoma.

La utilización de drones controlados por IA en conflictos es todavía un campo en desarrollo. En el área civil, grupos de ingenieros están trabajando en el desarrollo de una tecnología que permita la comunicación entre drones submarinos usando señales sonoras. A diferencia del campo militar, en esa área no se le da tanta importancia a la detección por parte de terceros, se emplea normalmente para Seguridad del Puerto, obtener información medio ambiental e inspeccionar barcos.

Los UUV permiten una mayor ventaja competitiva con respecto a los tradicionales, operados manualmente, y se pueden dividir según su función principal en militares y no militares, aunque muchos de ellos compartan tecnología y características similares.

En la actualidad los océanos son una cuestión de vital importancia para cualquier país, en el ámbito militar vemos como se está intentando alejar el favor humano de cualquier conflicto armado.

Muy significativo es su uso en el campo de la cartografía, pues actualmente se calcula que solo el 20% del fondo marino ha sido cartografiado, y un buen conocimiento de este ámbito puede suponer una ventaja táctica sobre terceros países, por ello se están desarrollando programas, tanto tácticos como operativos, con universidades y centros de estudio.

La misiones no militares, comerciales o científicas, forman una parte importante del mercado de los drones submarinos y suponen un avance e instrumento para muchas industrias y para la investigación civil.

El desarrollo de drones submarinos puede ser un elemento clave en el futuro de la competición entre estados. Sus aplicaciones en múltiples campos pueden resultar en ventajas militares,



económicas o científicas. Además, las necesidades técnicas y avances tecnológicos requeridos para el desarrollo de este tipo de drones hacen que sea muy limitado el número de estados que puedan poseerlos, dándole aún más valor a estos dispositivos.

A la cabeza de la industria, están claramente China y Estados Unidos, que están en posesión de las tecnologías más punteras en el desarrollo. En su competición por la región del Indo-Pacífico, donde parece que se decidirá el futuro del orden mundial, los drones submarinos pueden suponer para ambas potencias un elemento diferenciador, especialmente en el ámbito militar, ya que, debido a los puntos fuertes y débiles de cada bando, los drones podrían ser el elemento que decante la balanza. Ambos países han dedicado una gran inversión pública al desarrollo de este sector, lo que indica que sus gobiernos lo han considerado un proyecto clave.

Desde el punto de vista de la Unión Europea, no se están dedicando muchos recursos a este tipo de proyectos, debido a las dificultades tecnológicas y técnicas, sin un esfuerzo mayor, lo más probable que Europa quede atrasada, por lo que corremos el riesgo de depender de importaciones externas para obtener estos drones, en consecuencia siendo más dependientes de otros países, y quedarnos atrás en aquellos campos en los que trabajan, como la seguridad, la economía o la ciencia.





9. BIBLIOGRAFÍA

Admin. (12 de abril de 2020). La familia de armas merodeadoras probadas en combate de IAI se convierte en naval. <https://www.defensa.com/en-abierto/familia-armas-merodeadoras-probadas-combate-iai-convierte-naval>

Agudelo, C. E. (6 de diciembre de 2017). Open ROV una historia de éxito. Drones Submarinos. *MakersColombia Blog*. <https://makerscolombia.wordpress.com/2016/05/27/open-rov-una-historia-de-exito-drones-submarinos/>

Agustín Mastragostino, P. (2020), “La Inteligencia Artificial y su Implicancia en los Conflictos Armados Contemporáneos” Boletín Informativo del Grupo de Jóvenes Investigadores; año 2, no. 9.

Allard, Y. y Shahbazian, E. (28 de noviembre de 2014). *Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information Study*. OODA Technologies Inc. https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc199/p800838_A1b.pdf

Amnistía internacional, Detén a los robots asesinos. <https://www.amnesty.org/es/petition/stop-killer-robots/>

Association for Uncrewed Vehicle Systems International. (29 de septiembre de 2017). *Navy establishes first UUV squadron, UUVRON 1*. <https://www.auvsi.org/navy-establishes-first-uuv-squadron-uuvron-1>

Brown, R. B. (Enero de 2018). *La región del Indo-Asia-Pacífico y el concepto de batalla multidominio*. Obtenido de Military Review: <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Edicion-Hispanoamericana/Archivos/Primer-Trimestre-2018/La-region-del-Indo-Asia-Pacifico-y-el-concepto-de-batalla-multidominio/>

Chang, J. (01 de Junio de 2022). *The United States Looks to Form Semiconductor Alliance with Indo-Pacific Partners*. Obtenido de ASIA MATTERS FOR AMERICA MATTERS FOR ASIA: <https://asiamattersforamerica.org/articles/the-united-states-looks-to-form-semiconductor-alliance-with-indo-pacific-partners>

Currea, A. M. (2013). *Poder Marítimo y Poder Naval*. Obtenido de El poder naval y la asistencia humanitaria como mecanismo de inserción internacional de Colombia: <https://1library.co/article/poder-mar%C3%ADtimo-poder-naval-poder-naval-pol%C3%ADtica-exterior.myj76n2y>

Dormido y De la Cruz. (1989). “Inteligencia artificial: Pasado, presente y futuro”. Aldaba: revista del Centro Asociado a la UNED de Melilla

Draup. (2021). *Autonomous Underwater Vehicles Analysis*. Draup.

Drusilia, L. (5 de julio de 2022). La policía se incauta de varios narcodrones submarinos en el Campo de Gibraltar. *infodron.es*. <https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/3814145/policia-descubre-drones-submarinos-utilizados-narcotrafico-gibraltar>

El Radar. (21 de Febrero de 2021). *China evalúa la nueva Estrategia Naval de EE.UU.* Obtenido de El Radar: <https://www.elradar.es/china-evalua-la-nueva-estrategia-naval-de-ee-uu/>



Fedasiuk, R. (22 de Agosto de 2022). *How China is Militarizing Autonomous Underwater Vehicle Technology*. Obtenido de The Maritime Executive: <https://maritime-executive.com/editorials/how-china-is-militarizing-autonomous-underwater-vehicle-technology>

Fernández-Montesinos, F. A. (2021). *La rivalidad naval en el Indo-Pacífico*. Madrid: Instituto Español de Estudios Estratégicos.

Folk, E. (s.f.). The History of Underwater Drones. *Droneblog*. <https://www.droneblog.com/the-history-of-underwater-drones/>

Gettinger, D. (16 de noviembre de 2015). *What You Need to Know About Underwater Drones*. Center for the Study of the Drone (Bard College). <https://dronecenter.bard.edu/underwater-drones/>

Giuseppe, G. (25 de Enero de 2021). *The role of maritime power*. Obtenido de Modern Diplomacy: <https://moderndiplomacy.eu/2021/01/25/the-role-of-maritime-power/>

Golpe al narcotráfico: la policía incauta en el Campo de Gibraltar drones submarinos que pueden transportar 200 kilos de droga. (4 de julio de 2022). *RTVE*. <https://www.rtve.es/noticias/20220704/narcodrones-incautado-gibraltar-policia/2386589.shtml>

Guzman, M. (3 de junio de 2020). Dron Submarino 101 Todo lo que necesitas saber. *Deep Trekker*. <https://www.deeptrekker.com/cl/news/dron-submarino-101>

International Committee of the Red Cross (2018), *Ethics and autonomous weapon systems: An ethical basis for human control?*

La Armada española adquiere el robot submarino Leopard de Saab Seaeye. (24 de abril de 2021). *infodefensa.com*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/2964716/armada-espanola-adquiere-robot-submarino-leopard-saab-seaeye>

La Marina de los Estados Unidos selecciona al futuro UUV. (31 de marzo de 2022). *Zona Militar*. <https://www.zona-militar.com/2022/03/31/la-armada-de-los-estados-unidos-selecciona-al-futuro-uuv/>

Ministerio de Defensa (2018), *Documentos de Seguridad y Defensa 79. La inteligencia artificial aplicada a la defensa*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.

National Ocean and Atmospheric Administration. (30 de septiembre de 2022). *What is the difference between an AUV and a ROV?*. National Ocean Service. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/auv-rov.html>

Navarro, J. M. (23 de abril de 2021). Leopard, el nuevo robot submarino para la Armada española. *defensa.com*. <https://www.defensa.com/defensa-naval/leopard-nuevo-robot-submarino-para-armada-espanola>

Nichols, R. K., Ryan, J. J.C.H., Mumm, H.C., Lonstein, W. D., Carter, C. M., Shay, J., Mai, R., Hood, J. P. and Jackson, M. (2020). *Unmanned Vehicle Systems & Operations on Air, Sea, Land*. New Prairie Press. <https://kstatelibraries.pressbooks.pub/nicholsproject/open/download?type=pdf>



O'Rourke, R. (29 de septiembre de 2022). *Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles: Background and Issues for Congress*. Congressional Research Service. <https://sgp.fas.org/crs/weapons/R45757.pdf>

Pérez, B. (28 de mayo de 2021) Un dron suicida con IA tomó la decisión de atacar humanos. <https://quo.eldiario.es/tecnologia/q2105813314/un-dron-suicida-con-ia-tomo-la-decision-de-atacar-a-humanos/>

Real Instituto Elcano. (9 de Mayo de 2018). *El Indo-Pacífico: lo que hay detrás del concepto*. Obtenido de Real Instituto Elcano: <https://www.realinstitutoelcano.org/el-indo-pacifico-lo-que-hay-detras-del-concepto/>

Redacción National Geographic. (2 de junio de 2008). El Titanic fue encontrado durante una misión secreta de la Armada. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/historia/el-titanic-fue-encontrado-durante-una-mision-secreta-de-la-armada>

Saballa, J. (10 de mayo de 2022). US Navy Introduces First Orca Drone Submarine. *The Defense Post*. <https://www.thedefensepost.com/2022/05/10/us-navy-orca-submarine/>

Sierra, A. (22 de Julio de 2022). *China y la estructura de seguridad de Asia-Pacífico: los casos de Camboya e Islas Salomón*. Obtenido de Real Instituto Elcano: <https://www.realinstitutoelcano.org/china-y-la-estructura-de-seguridad-de-asia-pacifico-los-casos-de-camboya-e-islas-salomon/>

Special Purpose Underwater Research Vehicle (SPURV). (s.f.) Exclusive Content on Unmanned Naval Systems. NavalDrones. [http://www.navaldrones.com/SPURV.html#:~:text=The%20Special%20Purpose%20Underwater%20Research,of%20Naval%20Research%20\(ONR\).](http://www.navaldrones.com/SPURV.html#:~:text=The%20Special%20Purpose%20Underwater%20Research,of%20Naval%20Research%20(ONR).)

Supervielle, F. (2020), “Drones submarinos: dos escollos por salvar” en *Global Strategy*

Supervielle, F. (8 de agosto de 2020). Estudio: drones submarinos (UUV). *Federico Supervielle Bergés*. <https://www.fsupervielle.com/post/estudio-drones-submarinos-uuv>

The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan. (9 de noviembre de 2004). Department of the Navy. United States of America. <https://www.hsdl.org/?view&did=708654>

Vavasseur, X. (7 de mayo de 2022). Here Is Our First Look At The US Navy's Orca XLUUV. *Naval News*. <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/05/here-is-our-first-look-at-the-us-navys-orca-xluuv/>




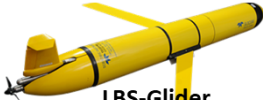





You, J. (2018). *The Indian Ocean. A Grand Sino-Indian Game of 'Go'*. Obtenido de Nueva Delhi: Oxford University Press. <https://www.redalyc.org/journal/5526/552663274004/html/>

Zhilenkov, A. (7 de octubre de 2016). The study of the process of the development of marine robotics. *Vibroengineering PROCEDIA*, Vol. 8, 17-21 <https://www.extrica.com/article/17335/pdf>



10. ANEXOS

10.1. ANEXO 1: Clasificación de los Drones Submarinos según tamaño.

Small (Man Portable) (Surface or Submarine Launch)						
	Sandshark Micro-AUV	0.51m x 0.124m x 0.124m	200m	5.12kg		General Dynamics Mission Systems
	Mk18 Mod 1 (Swordfish) REMUS 100	1.60m x 0.19m x 0.19m	100m	36kg		Hydroid Inc.
	IVER4 900	2.5m x 0.225m x 0.225m	300m	90kg		L3 Harris
	LBS-Glider (Slocum Glider)	1.5m x 0.22 x 0.22	150-1000m	55-70kg		Teledyne
	Mk18 Mod 2 (Kingfish) (REMUS-600)	3.93m x 0.66m x 0.66m	600m	282kg		Hydroid Inc.
	LBS-AUV (REMUS-600)	3.93m x 0.66m x 0.66m	600m	282kg		Hydroid Inc.
	LBS-AUV(S) (Razorback) (REMUS-600 Ver) (Submarine Operated)	Classified – To operate from a DDC				Hydroid Inc.
	Knifefish (Bluefin-21)	4.93m x 0.53m x 0.53m	4,500m	750kg		General Dynamics Mission Systems
	Knifefish P3I (Minesweeping)	6.70m x 0.53m x 0.53m		920kg		General Dynamics Mission Systems



Large (LDUUV)
(Surface or Submarine Launch)



ONR Innovative Naval Prototype

??m x 1.21m x 1.21m 121m

ONR



Snakehead Ph1 Vehicle

7.62m x 1.21m x 1.21m 600m

General Atomics
Electromagnetic
Systems

For - Concept of Operations (CONOPS), Initial Preparation of Environment (IPOE) development, Preliminary Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) capacity



Snakehead Ph2 Vehicle

Expand on range of Phase One IPOE and ISR capabilities



Snakehead INC 1

Explore payload integration, electronic warfare, anti-submarine and anti-surface warfare, and Mine Integration Warfare (MIW)

ONR Innovative Naval Prototype



ORCA

15.5m x 2.6m x 2.6m 150-1000m 50,000kg ONR

Extra Large (XLUUV)
(Pier Launch)



XLUUV Future Capabilities

15.5m x 2.6m x 2.6m 150-1000m 50,000kg Boeing

10.44m x 4.72m x 1.80m 243m 14,060kg

Naval
Undersea
Warfare
Center
Division
Newport



Military Extra Large (XLUUV)
(Pier Launch)



HSU-001 LDUUV

7m long

China



Project 7P22 Garmoniya-GUIDE

Russia



10m x 1.5m x 1.5m

RoK



'Cephalopod' Armed AUV

7m x 1.48m x 1.51m

600m

Russia



Harpichord-2P-PM AUV

6.5m x 1.0m x 1.0m

6,000m

Russia



10.2. ANEXO 2: Clasificación por partes de los drones submarinos

Figura 1: División UAV

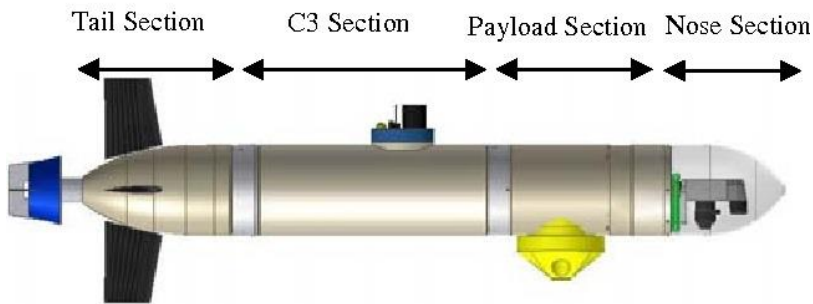


Figura 2: Cono nariz

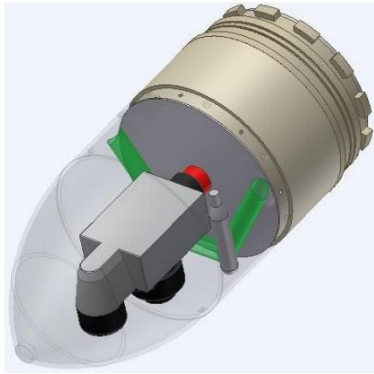


Figura 3: Sección central C3



Figura 4: Sección de cola

