



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ADAPTACIÓN DE TENDENCIAS PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ZAPADORES ANFIBIOS EN LAS SECCIONES DE RECONOCIMIENTO DE INGENIEROS

DAC Marina Quirós Bielsa

Director académico: Dña. M.^a José Esteban Zuriaga

Director militar: Capitán D. Antonio Lucas López Maya

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2024



Agradecimientos

Este proyecto ha sido concebido y desarrollado por la DAC Marina Quirós Bielsa, pero su realización no habría sido posible sin la valiosa colaboración y el apoyo incondicional de todo el personal que ha contribuido tanto a su redacción como a su enfoque principal.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a quienes han abordado este trabajo con el mismo compromiso y dedicación que si fuera propio. Al Sargento 1º Fernández del BZ XVI y al Cabo Santiago del RPEI 12, que desde el inicio se involucraron de manera activa, aportando ideas innovadoras y propuestas valiosas, así como investigando y proporcionando gran parte de la información necesaria.

También me gustaría reconocer al Soldado Trujillo y al Cabo 1º Rosales, quienes generosamente compartieron su amplio conocimiento, lo que fue fundamental para el desarrollo del trabajo. Un agradecimiento especial al Sargento Rico, quien, con su vasta experiencia, contribuyó a la formulación de diversas propuestas.

A los tenientes Arribas, Benito, Núñez y Menchón, les agradezco profundamente su dedicación y empeño para que este proyecto avanzara sin contratiempos, asegurando que la información se obtuviese de manera directa y accesible.

Mi más sincero reconocimiento va también a la directora Académica, M.^a José Esteban Zuriaga, cuya dedicación y disposición inquebrantable hicieron posible llevar a cabo este proyecto.

Por último, me gustaría hacer una mención especial a mi familia y amigos, quienes han sido un pilar fundamental en este camino. Su paciencia, motivación y apoyo incondicional han sido clave para que haya podido llegar hasta aquí.



RESUMEN

La investigación se centra en la evaluación de diferentes herramientas y métodos para el reconocimiento subacuático, destacando la importancia de contar con equipos avanzados que faciliten la comunicación y la coordinación entre buceadores y la superficie. Se han presentado diversas propuestas, con el fin de mejorar la efectividad de las misiones de reconocimiento.

La necesidad de mejorar las técnicas de reconocimiento subacuático surge de la creciente complejidad de las operaciones militares en entornos acuáticos, donde la falta de comunicación y la dificultad en la coordinación pueden poner en riesgo tanto la seguridad de los operativos como el éxito de las misiones. La identificación de deficiencias en las prácticas actuales ha motivado la búsqueda de soluciones que permitan superar estos desafíos y optimizar la operatividad de los equipos.

El objetivo principal de la implementación de estas mejoras es garantizar la seguridad y efectividad en las operaciones de los zapadores anfibios, asegurando que cuenten con las herramientas necesarias para realizar su labor de manera eficiente.

La metodología empleada en este trabajo consistió en la recopilación de datos a través de encuestas y entrevistas dirigidas a los miembros de las unidades de Ingenieros, así como la revisión de manuales y documentación existente sobre técnicas de reconocimiento subacuático. Se ha llevado a cabo un análisis comparativo de las diferentes propuestas, evaluando su viabilidad, inconvenientes y beneficios en el contexto operativo.

Los resultados de la investigación muestran una clara preferencia por la radio sumergible y el Informe de reconocimiento normalizado, los cuales han sido consideradas las alternativas más efectivas. La primera gracias a la encuesta realizada y la segunda por su sencillez y eficaz implementación. Estos resultados reflejan un consenso sobre la necesidad de mejorar la comunicación y la adaptabilidad de los equipos en situaciones de inmersión.

Los resultados obtenidos no solo se alinean con los objetivos establecidos en la investigación, sino que también proporcionan un marco claro en cuanto a adaptaciones de mejoras en las Unidades de reconocimiento subacuático. Al adoptar las propuestas recomendadas, se espera que las unidades de Ingenieros del Ejército de Tierra logren aumentar su efectividad operativa y garantizar la seguridad de sus misiones en el ámbito acuático.

PALABRAS CLAVE

Reconocimiento

Medio acuático

Zapador Anfibio

Comunicaciones

Propuestas de mejora



ABSTRACT

The research focuses on the evaluation of different tools and methods for underwater reconnaissance, highlighting the importance of having advanced equipment that facilitates communication and coordination between divers and the surface. Various proposals have been presented with the aim of improving the effectiveness of reconnaissance missions.

The need to enhance underwater reconnaissance techniques arises from the increasing complexity of military operations in aquatic environments, where the lack of communication and difficulties in coordination can jeopardize both the safety of personnel and the success of missions. Identifying deficiencies in current practices has motivated the search for solutions that allow for overcoming these challenges and optimizing the operability of the teams.

The primary objective of implementing these improvements is to ensure safety and effectiveness in the operations of amphibious engineers, ensuring they have the necessary tools to perform their tasks efficiently. The methodology employed in this work consisted of collecting data through surveys and interviews directed at members of the Engineer units, as well as reviewing manuals and existing documentation on underwater reconnaissance techniques. A comparative analysis of the different proposals was conducted, evaluating their feasibility, drawbacks, and benefits in the operational context.

The results of the research show a clear preference for the submerged radio and the standardized recognition report, which have been considered the most effective alternatives. The former due to the conducted survey, and the latter for its simplicity and effective implementation. These results reflect a consensus on the need to improve communication and the adaptability of teams in immersion situations.

The results obtained not only align with the objectives established in the research but also provide a clear framework for the necessary adaptations in underwater reconnaissance units. By adopting the recommended proposals, it is expected that the engineer units of the Army will increase their operational effectiveness and ensure the safety of their missions in aquatic environments.

KEYWORDS

Reconnaissance

Aquatic environment

Amphibious sapper

Communications

Improvement proposal



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
INDICE DE CONTENIDO	IV
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
INDICE DE TABLAS	VI
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	2
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	2
2.2 METODOLOGÍA.....	2
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 CONTEXTO HISTÓRICO	5
3.2 ANTECEDENTES CIVILES	5
3.3 ORGANIZACIÓN OPERATIVA	7
3.4 LEGISLACIÓN QUE RIGE EL BUCEO MILITAR	9
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	10
4.1 ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO ANFIBIO.....	11
4.1.1. INFORME RECONOCIMIENTO ACUÁTICO	11
4.1.2. SISTEMA ATAK.....	15
4.1.3. RADIO SUMERGIBLE PARA RECONOCIMIENTO DE INGENIEROS	20
4.1.4. BOYA SATELITAL PARA BUCEADORES	24
4.2 VALORACIÓN DE LAS PROPUESTAS	28
5. CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXOS	37



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Placa escultórica en el RPEI 12	5
Ilustración 2. Federación Española de Actividades Subacuáticas.....	6
Ilustración 3. Embarcación del RPEI 12.....	8
Ilustración 4. Buceadores del ET	8
Ilustración 5. Esquema del reconocimiento perpendicular	12
Ilustración 6. Vista previa aplicación ATAK.....	16
Ilustración 7. Importación de la Ficha de reconocimiento anfibio para localización de obstáculos subacuáticos en PDF a ATAK.....	17
Ilustración 8. Creación de informe in-situ	17
Ilustración 9. Envío de documentación vía ATAK.	18
Ilustración 10. Fotografía de cargas simuladas a los pies de un puente con metadatos.	18
Ilustración 11. Análisis DAFO sistema ATAK.....	19
Ilustración 12. MPU 5 radio inteligente	21
Ilustración 13. Integración entre Wave Relay y ATAK	22
Ilustración 14. Relación entre Wave Relay y MPU5	22
Ilustración 15. Entradas y salidas MPU 5	23
Ilustración 16. Ensayo MANET Wave Relay del RT I y Menpro	24
Ilustración 17. Boya satelital.....	25
Ilustración 18. Orden de preferencia de criterios	29
Ilustración 19. Encuesta sobre importancia de propuestas	32



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Explicación de cursos acuáticos ofrecidos por el ET	4
Tabla 2. Informe de Reconocimiento Acuático (ANEXO IV)	15
Tabla 3. Análisis de Riesgos de la Boya Satelital	26
Tabla 4. Matriz de riesgos y estadística	26
Tabla 5. Ejemplo de medidas para mitigación de riesgos (ANEXO VIII)	27
Tabla 6. Matriz de evaluación de criterios.....	29
Tabla 7. Matriz comparativa de alternativas	30
Tabla 8. Matriz de decisión	31



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AHP: Analytic Hierarchy Process

ATAK: Android Team Awareness Kit o Android Tactical Assault Kit

BZ XVI: Batallón de zapadores XVI

CASEVAC: Casualty Evacuation

CBA: Centro de Buceo de la Armada

CIFAS: Centro de Inteligencia de las Fuerzas Armadas

CMAS: Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas

COA: Compañía de Operaciones Anfibias

DAFO: Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades

DECO: Detonador Completo

EOD: Explosive Ordnance Disposal

ET: Ejército de Tierra

EZAN: Equipo de zapadores anfibios

FEDAS: Federación Española de Actividades Subacuáticas

GPS: Global Positioning System

IMCA: International Maritime Contractors Association

MADOC: Mando de Adiestramiento y Doctrina

MANET: Mobile Ad hoc Networking

MCANA: Mando de Canarias

MOE: Mando de Operaciones Especiales

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte

PAB: Pareja de Buceadores

PLB: Punto de Largado de Buceadores

PTT: Push To Talk

RF: Radiofrecuencia

RI: Razón de Inconsistencia

RING 7: Regimiento de Ingenieros n.º 7

RING 8: Regimiento de Ingenieros n.º 8

RPEI 12: Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros n.º 12

SAA: Sección para la formación de Especialistas en Actividades Anfibias

SERECO: Sección de Reconocimiento

ZAN: Zapador anfibio



1. INTRODUCCIÓN

El entorno operacional que se conoce actualmente y en el que en tiempos futuros se vivirá está marcado por una destacada característica, la incertidumbre. De ahí el interés en reforzar la importante función de obtención de información por todo tipo de medios disponibles, con una gran exigencia de medios y unidades especializadas en todos los escalones de mando. Dicha obtención de información se alcanza gracias al reconocimiento, entre otros métodos, implicando para ello diferentes organizaciones operativas específicas, dotadas de capacidades adecuadas para lograr tal objetivo.

Además, las acciones de reconocimiento son clave para proteger la fuerza, mantener la iniciativa y consolidar los logros, contribuir a la seguridad alertando sobre el enemigo y sus intenciones, identificando las amenazas y vulnerabilidades que acechan a las fuerzas propias.

Una gran variedad de unidades se encarga de llevar a cabo estas misiones que son consideradas como concretas en propósito, espacio y tiempo. Su flexibilidad y movilidad en el campo de batalla hace que sean capaces de operar de manera aislada de las fuerzas propias, pudiendo penetrar y explotar a fondo la sorpresa frente a organizaciones enemigas.

Dentro de las unidades de apoyo al combate se encuentran las unidades de ingenieros, que enfocan parte de su trabajo y preparación al reconocimiento de Ingenieros, orientándolo sobre todo al estudio del terreno, de infraestructuras existentes que afecten de alguna manera a las operaciones y de las capacidades de ingenieros del adversario. Estas unidades precisan de un grado de especialización técnica que requiere que el personal destinado en estas unidades lo adquiera para formar parte de patrullas o equipos de reconocimiento integrados en otras armas. [1]

El reconocimiento de Ingenieros cuenta con diversas ramas de especializaciones dentro de sus unidades. Entre ellas se encuentran las intervenciones acuáticas por unidades anfibas del ET (Ejército de Tierra). Estas organizaciones se instruyen (entre otros cometidos) y trabajan con el objetivo de aportar información proveniente de un medio acuático, gracias al reconocimiento que realizan en cursos y masas de agua, que puedan afectar de manera directa a los planes de inteligencia que se aportan desde escalones superiores. Estas unidades cuentan con personal y técnicas especializadas, además de material específico para ejecutar los exigentes reconocimientos, debido a las especiales características y limitaciones a las que se enfrentan dentro del medio acuático. [2]



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El tema central a tratar será la identificación de diversas alternativas destinadas a mejorar las técnicas actuales de obtención de información por parte de los equipos subacuáticos del Ejército de Tierra. Este proceso es crucial para optimizar las operaciones de reconocimiento en entornos acuáticos, donde la precisión y la rapidez en la recopilación de datos son fundamentales para el éxito de las misiones militares.

Con el fin de lograr estos avances, se llevará a cabo un estudio exhaustivo de los métodos y tecnologías utilizados en el ámbito militar, así como en el ámbito civil particularmente en empresas especializadas y clubes de buceo. Estas organizaciones cuentan con una gran experiencia en el manejo de equipos subacuáticos, lo que las convierte en valiosas fuentes de conocimiento. A través de este análisis, se pretende identificar herramientas y prácticas que puedan ser adaptadas para los equipos subacuáticos del ET, ya sea para reducir significativamente los tiempos de operación o para facilitar el trabajo de los equipos subacuáticos.

Además de aprovechar los conocimientos y tecnologías del sector civil, se buscará implementar la utilización de tecnologías existentes dentro del Ejército de Tierra. El objetivo es desarrollar y explotar al máximo el potencial de los medios subacuáticos ya disponibles en el arsenal militar, asegurando su integración con las tecnologías más avanzadas. Esto no solo permitirá incrementar la efectividad de las misiones de reconocimiento subacuático, sino también garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos con mayor precisión y eficacia.

El alcance de este trabajo se centra en la propuesta de mejoras e iniciativas diversas que contribuyan a optimizar el rendimiento de los equipos, permitiendo aprovechar al máximo su potencial. Estas acciones se llevarán a cabo siempre ajustándose a las particularidades y circunstancias de cada unidad, en cuanto a los materiales y equipo que se va a estudiar.

2.2 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el análisis del proyecto, se emplearán tanto métodos cualitativos como cuantitativos.

En primer lugar, se realizará una investigación detallada y el análisis de estudios previos relacionados con la actuación acuática en contextos militares, obteniendo información de manuales del ET, documentos oficiales, informes o revistas militares. Además, se han realizado entrevistas con expertos y personal involucrado en las operaciones acuáticas, tanto civiles como militares. Estas entrevistas proporcionarán información cualitativa valiosa sobre las experiencias y percepciones del personal, así como sobre las necesidades y desafíos específicos que enfrentan en el terreno. Por ello, el primer paso ha sido ponerse en contacto con un buceador de la COA (Compañía de Operaciones Anfibias) de Zaragoza, que ha facilitado un breve resumen de diferentes medios, aparatos que podrían ser útiles y las carencias que existen en los equipos acuáticos actualmente. Aparte, en el Batallón de Zapadores XVI (BZ XVI), se ha podido recopilar una serie de información por parte del equipo de buceadores de la Sección de Reconocimiento. Aunque actualmente no cuentan con suficiente personal para llevar a la práctica sus conocimientos adquiridos en el curso, han podido aportar su visión en cuanto a deficiencias y propuestas actuales.

Complementando estos enfoques, se utilizarán herramientas de análisis estratégico, como el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), con el fin de ver hasta qué punto es o no eficiente o útil la propuesta a estudiar, y el análisis de riesgos, donde se analizan una serie de riesgos previstos para darles solución previa y evitarlos en un futuro. En definitiva, estos métodos permitirán evaluar en profundidad la eficacia de las mejoras propuestas



y determinar su impacto potencial en las operaciones acuáticas de los equipos anfibios.

Para finalizar el análisis y tener una conclusión lo más ajustada posible a las capacidades de las unidades del ET, se va a proceder a utilizar una metodología cuantitativa. Se realizará una encuesta de respuesta cerrada, donde personal especializado en la materia determine cuáles de las propuestas son más convenientes en función de varios parámetros establecidos, para así comparar y determinar cuáles de ellas son las más necesarias y realistas para implementar en los equipos de buceo del ET.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Dentro del Ejército de Tierra encontramos diferentes unidades con capacidad subacuática. Actualmente, esta capacidad se limita a la Comandancia General de Ceuta en el RING 7 (Regimiento de Ingenieros n. 07), Comandancia General de Melilla en el RING 8 (Regimiento de Ingenieros n. 08), Brigada “Canarias” XVI y Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros n. 012.

En la Brigada “Canarias” XVI, perteneciente al MCANA (Mando de Canarias), se encuentra el BZ XVI, formado por dos compañías de zapadores en la isla de Tenerife y una tercera en la isla de Gran Canaria. Además, una compañía de apoyo localizada en Tenerife, compuesta por una sección de máquinas, una sección de construcción, un equipo EOD (Explosive Ordnance Disposal), la plana de la CIA (compañía) y el equipo de reconocimiento.

Este equipo de reconocimiento cuenta con las capacidades acuáticas anteriormente mencionadas, importantes por la situación estratégica donde se encuentran las Islas Canarias, además de ser un medio para controlar y neutralizar cualquier amenaza que pueda surgir en las aguas circundantes al archipiélago. Esta unidad está dotada de conocimiento, material y personal con experiencia en trabajos de intervención subacuática gracias a los cursos que ofrece el ET para personal encuadrado en cualquier Batallón de zapadores, Regimiento de Ingenieros y operaciones especiales.

Los cursos propuestos por el Ejército de Tierra son los siguientes: Buceador Elemental y Buceador de Asalto. Ambos destinados al personal nombrado anteriormente, que siendo poseedores de dichos títulos serán considerados buceadores del ejército.

Después de superar tanto el curso de Buceador Elemental como el curso de Buceador de Asalto, únicamente militares provenientes del arma de Ingenieros tendrán la posibilidad de continuar su instrucción perfeccionando técnicas enfocadas a trabajos específicos de Ingenieros en el medio acuático, con el curso de Zapador Anfibio, que completa la especialización del zapador como buceador. [3]

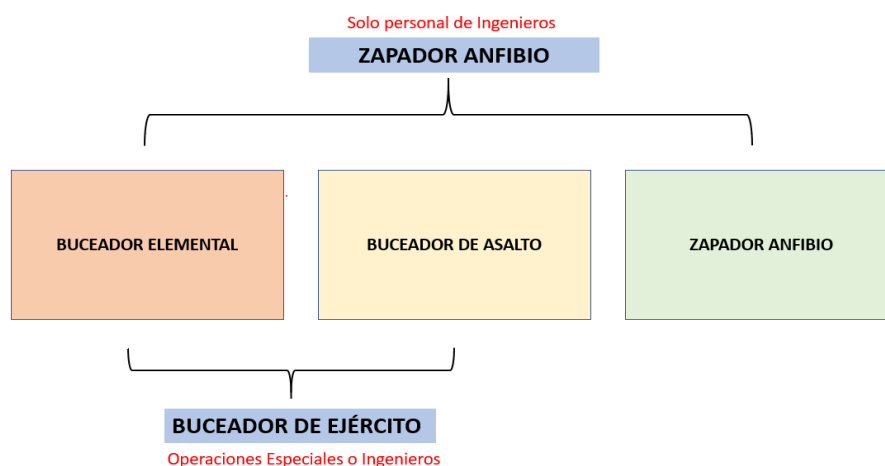


Tabla 1. Explicación de cursos acuáticos ofrecidos por el ET

Fuente: Elaboración propia



3.1 CONTEXTO HISTÓRICO

El punto de partida de la formación de buceadores en el Ejército de Tierra (ET) tiene su origen en la Sección de Actividades Anfibias de la Academia de Ingenieros (desde 1977 hasta el año 2000). La normativa de 1977 disponía una vinculación de apoyo directo entre la Sección de Actividades Anfibias y el Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros N.º 12 (RPEI 12). Esta indicaba que, durante el proceso de formación, se debía contar con los recursos y servicios de dicha unidad. A lo largo de los años, la cooperación entre ambas fue fortaleciéndose y transformándose, pasando primero por una colaboración estrecha, para finalmente desembocar en la transferencia de funciones y responsabilidades entre ellas. A partir de 2001, el RPEI 12 fue el encargado de garantizar la continuidad a la formación de los buceadores del ET, gracias a la Compañía de Operaciones Anfibias (COA) donde se encuentra el profesorado y personal de apoyo necesario, con el mayor nivel técnico anfibio necesarios para el desarrollo de los cursos de buceo. [4]



Ilustración 1: Placa escultórica en el RPEI 12

Fuente: [5]

3.2 ANTECEDENTES CIVILES

El despegue del buceo en España ocurrió a mediados del siglo XX. En 1951 se creó el Centro de Buceo de la Armada Española en Cartagena, un momento clave en la profesionalización de esta actividad. Este centro se convirtió en un núcleo de formación y desarrollo de nuevas técnicas de buceo para aplicaciones militares, lo que tuvo un gran impacto en el ámbito profesional del buceo en el país. Los buceadores de la Armada desempeñaron un papel importante en operaciones de rescate, desminado, y mantenimiento de infraestructuras submarinas.

A partir de las décadas de 1960 y 1970, el buceo recreativo comenzó a ganar terreno en España, impulsado por el auge del turismo en las costas mediterráneas, las Islas Canarias y las Islas Baleares. La popularización de los equipos de buceo autónomo, con reguladores y tanques de aire comprimido más accesibles, permitió a más personas explorar el mundo subacuático de una manera segura. Durante esta época, surgieron numerosos clubes y asociaciones de buceo que promovieron la práctica entre aficionados, creando una comunidad de buceadores en continuo crecimiento. [6]

El buceo científico también adquirió relevancia en este periodo. Investigadores marinos comenzaron a utilizar las nuevas técnicas y equipos para estudiar los ecosistemas submarinos, y España, con su extensa costa y biodiversidad marina, se convirtió en un importante centro de investigación subacuática. Parques naturales como las Islas Medas en la Costa Brava o los



fondos marinos de las Canarias y Baleares atrajeron tanto a científicos como a buceadores recreativos interesados en sus aguas cristalinas y su rica vida marina. [7]

En los años siguientes, España fue consolidando su posición como un referente en el buceo a nivel mundial. El país es hoy un destino clave tanto para el buceo recreativo como para el profesional, con numerosos centros de buceo certificados que ofrecen formación desde niveles básicos hasta avanzados. Las aguas españolas son conocidas por su diversidad y atractivo, desde las cuevas y formaciones volcánicas en Canarias, hasta los pecios y arrecifes del Mediterráneo. Además, el buceo técnico, una modalidad más avanzada que implica inmersiones a mayores profundidades y en entornos más desafiantes, también ha crecido en popularidad en España.

El buceo en España sigue evolucionando, incorporando avances tecnológicos y nuevas técnicas de buceo profundo y exploración de cuevas submarinas. Así, el buceo en el país no solo es una actividad de ocio y deporte, sino también una herramienta vital para la investigación científica, la arqueología submarina y la defensa nacional. España, con su rica historia marítima, continúa siendo un referente importante en la comunidad internacional del buceo. [6]

Hoy en día, en cuanto a representación civil con un alto prestigio en el ámbito del buceo, en España se cuenta con la FEDAS (Federación Española de Actividades Subacuáticas), que regula todo tipo de actividades deportivas subacuáticas, tratando disciplinas como el buceo deportivo-recreativo, la apnea, natación con aletas u orientación subacuática; perteneciente a la CMAS (Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas), organismo internacionalmente reconocido que dirige actividades a nivel mundial en ambiente acuático. [8]



Ilustración 2. Federación Española de Actividades Subacuáticas

Fuente: [8]

Por otro lado, en cuanto a empresas españolas que emplean sus esfuerzos y proyectos en inmersiones y medios acuáticos se encuentra la compañía Tecnosub.

La compañía española nace en 1975 en Cartagena, y se traslada un año más tarde a Tarragona gracias a las expectativas que ofrecía el sector petroquímico local, en una zona donde había un claro propósito de convivencia entre la industria y un sector turístico que crecía progresivamente. Hoy en día su sede sigue dispuesta en la ciudad de Tarragona, capacitada de equipos y recursos adecuados para llevar a cabo su negocio.

Los principales cometidos de Tecnosub se centran en el desarrollo de servicios de buceo para la instalación, mantenimiento, reparación y operación de instalaciones petroleras y brindar asistencia a accidentes marítimos.

Desde sus inicios, Tecnosub se dedicó a proporcionar asistencia y rescate en el ámbito marítimo dentro de aguas españolas. Lo hizo en estrecha colaboración con SMIT TAK y Wijmuller, dos de las principales empresas del sector, lo que le permitió adquirir las



competencias necesarias para operar de manera independiente en esta área. A lo largo de diez años, Tecnosub se fortaleció y, en 1997, fue designada como la primera empresa contratada por el Gobierno español para realizar labores de Salvamento Marítimo. Durante seis años, la compañía estuvo involucrada en todos los incidentes en las costas españolas, además de efectuar operaciones de rescate en África.

En 2009, Tecnosub fue admitida en IMCA (International Maritime Contractors Association) siendo hasta ahora la única empresa española de buceo comercial aceptada. [9]

3.3 ORGANIZACIÓN OPERATIVA

Los reconocimientos anfibios de Ingenieros se pueden clasificar en función del ámbito en que se desarrollan. Por un lado, pueden ser tácticos, enmarcados dentro de la Inteligencia Táctica de Ingenieros (por ejemplo, reconocimiento de obstáculos en masas de agua), y normalmente en presencia del enemigo en sus proximidades; por otro lado, reconocimientos técnicos, enmarcados dentro de la Inteligencia Especializada de Ingenieros (por ejemplo, reconocimiento de playa para el tendido de un puente).

Dentro de los órganos de Ejecución de Inteligencia de Ingenieros adquiere su máxima importancia el uso de las Patrullas de Reconocimiento, dependiendo su composición de la misión y normalmente, a cargo de un oficial. Estas patrullas se articulan en dos núcleos reducidos de entidad Equipos de Zapadores Anfibios (EZAN), para llevar a cabo los cometidos de los ZAN (Zapadores Anfibios). El equipo es la unidad fundamental de empleo. Su naturaleza es indivisible, ya que su capacidad de trabajo técnico y especializado debajo del agua se consigue gracias a la actuación de equipo reunido. Como célula de menor entidad de actuación se encuentra la Pareja de Buceadores (PAB), que está dotada de equipo autónomo de buceo y/o circuito cerrado.

Los EZAN, durante una misión de reconocimiento anfibio, tienen como cometido obtener información valiosa y relevante del medio estudiando el terreno, gracias a los medios, la instrucción y experiencia con la que cuenta el personal que forma parte de los equipos. Los órdenes de este tipo de reconocimientos se emiten por parte de los mandos responsables con la antelación necesaria para poder contar con la información obtenida en el momento adecuado. Este tipo de circunstancias se dan sobre todo en reconocimientos anfibios, dadas las limitaciones y especiales características del medio acuático, exigiendo unos plazos de tiempo adecuados. Según el tipo de misión y del medio, bien sean zonas pantanosas, lagos, embalses, canales o ríos, serán necesarias distintas patrullas anfibias. Existen patrullas anfibias de nadadores, buceadores, sobre embarcaciones a remo o sobre embarcaciones a motor.

Estas patrullas pueden trabajar de forma autónoma o formando parte de otra unidad, constituyendo un órgano importante y destacado dentro de la función de obtención de información. Además, su principal ventaja es la dificultad a la hora de ser detectados, gracias a los medios y al ambiente acuático, pero, por otro lado, la desventaja de ser muy vulnerables si son descubiertos por el enemigo, ya que en ese caso tendrían poca capacidad de respuesta por el fuego, o de repliegue buscando abrigos, teniendo solo un solo camino de vuelta. Por todo ello, este personal se destaca por el conocimiento y habilidad dentro de este ámbito. [3]

Las patrullas se conforman de tres equipos diferenciados:

- **Mando y enlace:** formado por el jefe y al menos otro zapador.
- **Equipo de Reconocimiento:** en base a un EZAN, dependiendo del medio de transporte y la misión.
- **Equipo de seguridad:** en base a un EZAN, dependiendo del medio de transporte y la misión.

Se pueden clasificar las Patrullas de Reconocimiento según el medio de transporte, existiendo patrullas a pie (son vulnerables al enemigo, pero no se limitan por ningún terreno),



patrullas ligero protegidas (pueden ser fácilmente detectables, pero tienen mayor capacidad de respuesta ante un ataque enemigo) y patrullas anfibas (útiles para zonas pantanosas, lagos, pantanos, ríos o canales y otras aguas interiores, además de las aguas costeras).

Las patrullas anfibas son especialmente bien instruidas y adiestradas debido al medio no habitual en el que se mueven. Para llevar a cabo su misión, las patrullas se clasifican dependiendo de la técnica y los medios de la patrulla de reconocimiento:

- **Mediante embarcaciones:** generalmente se utilizarán como medio de transporte embarcaciones a motor garantizando la rapidez del movimiento, pero también cuentan con embarcaciones a remo optimizando el sigilo.



Ilustración 3. Embarcación del RPEI 12

Fuente: [10]

- **Mediante natación de combate:** garantiza mantener la sorpresa. Se puede ver limitada por las condiciones meteorológicas, temperatura del agua, corrientes marítimas y fluviales, estado de la mar y la contaminación de las aguas. La patrulla debe estar compuesta por personal reconocido como zapadores anfibas, tanto el equipo de mando como los EZAN.
- **Mediante buceadores:** con limitaciones de factores de profundidad, tiempo en el fondo y autonomía de los equipos. El personal que compone estos equipos son buceadores del ejército, a diferencia del anterior. Además, en ocasiones se pueden hacer combinaciones de buceadores con nadadores o buceadores con embarcaciones, estudiado en el planeamiento previo. [11]



Ilustración 4. Buceadores del ET

Fuente: [10]



3.4 LEGISLACIÓN QUE RIGE EL BUCEO MILITAR

Las normas que se tratan son las siguientes:

1. ORDEN de 10 de agosto de 1977 (D.O. 143, de 13 de agosto de 1977). Establece la creación de una Sección para la formación de Especialistas en Actividades Anfibias (SAA).

Esta orden es la primera que ha hecho referencia a actividades relacionadas con el medio subacuático en el Ejército de Tierra. El motivo de la creación de SAA es complementar el trabajo del CBA (Centro de Buceo de la Armada) en relación a aguas interiores, impartiendo enseñanzas teórico-prácticas teniendo en cuenta las características de las Unidades y el medio donde se llevan a cabo las actividades.

2. ORDEN de 11 de diciembre de 1978 (D.O. 26, de 1 de febrero de 1978).

Regula ciertas colaboraciones y competencias entre la Armada y los Ejércitos de Tierra y Aire y Cuerpos de la Guardia Civil y Policía Armada, en relación a actividades subacuáticas.

3. ORDEN 18.839 (D.O. 289, de 19 de diciembre de 1979). Normas sobre aptitud de los especialistas en actividades anfibia y para reválidas de conocimientos.

Se conoce como buceador del Ejército a aquel militar que está oficialmente capacitado para utilizar equipos de buceo autónomos y de superficie en cualquier medio subacuático.

El Zapador Anfibio es el militar especialista en Actividades Anfibia que está claramente capacitado para realizar misiones tácticas o técnicas en el medio acuático.

El Buceador de Asalto es el militar especialista en Actividades Anfibia capacitado para llevar a cabo misiones tácticas o de combate anfibio.

El Buceador Elemental, curso que es impartido en el CBA, es de exigencia previa para la obtención de la aptitud de buceador de asalto o zapador anfibio.

4. ORDEN 282, de 20 de octubre de 1982 (D.O. 251, de 2 de noviembre de 1982). Reglamento de especialidades y aptitudes de la Armada. Modificada por ORDEN núm. 85/2000, de 24 de marzo (BOD 67, de 5 de abril de 2000)
5. RESOLUCIÓN 513/0467/99, de 18 de marzo de 1999 (BOD n.º 65 de 6 de abril de 1999). Aprueba la edición de OR5-404. ZAPADOR ANFIBIO. PROCEDIMIENTO DE EMPLEO.

Se aprueba la edición de OR5-404, donde se establecen niveles para determinar el riesgo asumible y las medidas de seguridad, los límites de profundidad, los Planes de Control de las Operaciones de Buceo y se explica el DIN (director de Inmersión).

6. NORMA GENERAL 05/00 de ADAPTACIONES ORGÁNICAS de 2000

Se decreta la disolución de la Sección de Actividades Anfibia (SAA) de la Academia de Ingenieros y la conversión del Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros nº 12 (RPEI 12) en una Unidad Escuela, mediante la adopción de una nueva plantilla. A partir del año 2001, el RPEI 12 asumió la formación de los buceadores, continuando así la labor educativa que previamente realizaba la extinta SAA. [11]



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para el desarrollo de este trabajo se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo sobre los métodos y tecnologías empleadas para la recopilación de información en entornos subacuáticos. Para ello se han realizado múltiples investigaciones y entrevistas con especialistas en este campo. Con ello, se quiere identificar las deficiencias y limitaciones más significativas en los equipos y técnicas actuales. Una vez detectadas estas áreas de oportunidad, se ha procedido a explorar y evaluar diversas alternativas que puedan no solo subsanar estas carencias, sino también optimizar y potenciar de manera significativa las capacidades operativas de los equipos utilizados en estas tareas.

El trabajo se ha redactado teniendo en cuenta sobre todo la unidad puntera del ET en cuanto a medios y procedimientos acuáticos, la COA del RPEI 12, donde tienen los últimos avances en cuanto a material y técnicas de buceo y procedimientos tácticos a usar. Se ha tenido en cuenta, asimismo, el BZ XVI donde se han llevado a cabo las prácticas externas, pudiendo recopilar de este modo toda la información necesaria para desarrollar el proyecto.

Aparte, con el fin de poder tener una visión más amplia se ha querido abrir el rango de investigación, teniendo en cuenta especialistas en el tema del buceo civil y de esta manera conocer y poder desarrollar unas propuestas, no solo fundamentadas en los objetivos militares sino también captando ideas que puedan servir en los equipos militares desde el ámbito civil.

En primer lugar, se ha contactado con el soldado Trujillo de la SERECO (Sección de Reconocimiento), trabajador del club de buceo Mobula Dive, en el cual se encargan de la enseñanza y formación de futuros buceadores profesionales. Él es instructor de estos alumnos y tiene la suficiente experiencia para dar su aportación al presente proyecto.

Al soldado Trujillo se le ha preguntado por diferentes aspectos relacionados con las carencias actuales con el fin de poder enfocar el trabajo hacia unos objetivos claros. Por un lado, se ha querido saber los medios con los que cuentan para llevar a cabo sus inmersiones, los medios de comunicación que precisan y que utilizan en su empresa civil. Además, se le ha preguntado acerca del enlace entre los buceadores con la superficie, de la manera que tienen para mantener la comunicación de forma segura y eficiente. Y finalmente ha sido invitado a aportar una valoración personal, como persona especializada en la materia, de la principal o principales carencias que considera él que existan en el mundo del buceo, ya no militar sino civil. (ANEXO I)

Además, se ha contado también con la aportación del Cabo Mayor Garrido, que ha dado su punto de vista a las preguntas expuestas al soldado Trujillo. De este modo podemos apreciar versiones y puntos de vista distintos, dentro del ambiente civil que pueden generar buenas ideas para implementar en el buceo militar. (ANEXO II)

Gracias a las entrevistas se han podido comprender mejor los recursos y objetivos del sector civil, aportando perspectivas valiosas para modernizar ciertos aspectos en el ámbito militar, especialmente en el campo de las comunicaciones. Dando a conocer diferentes técnicas que capacitarían al ET de innovación y desarrollo tecnológico, áreas donde se ha visto que algunos de los procedimientos internos actuales muestran signos de obsolescencia o falta de actualización.

El principal problema actualmente en los equipos de reconocimientos anfibios para la obtención de información recae en el enlace y la comunicación entre ellos. Esto es debido al medio tan característico por el que se mueven que requiere tanto técnicas como material tan especializado que muchas veces dificulta los procesos por su alto coste o su complejidad a la hora de obtenerlo.

Tras una recopilación de información sobre carencias e ideas aportadas gracias al ámbito civil, se van a desarrollar en el cuerpo de este trabajo cuatro diferentes propuestas de mejora, que a su vez algunas de ellas se ven relacionadas entre sí. En primer lugar, se hablará sobre la



normalización de un informe de reconocimiento acuático que permita una recopilación de la información de una manera clara y concisa. En segundo lugar, se ha propuesto implementar un sistema de seguimiento y comunicación llamado ATAK (Android Team Awareness Kit), que permite una mejor comunicación y seguimiento de la maniobra. Además, en relación al problema de comunicación se expone una radio que existe en el mercado civil, capaz de garantizar un buen enlace entre los buceadores de la superficie y los inmersos en el agua. Finalmente, para cerrar el desarrollo se ha analizado un mecanismo de localización de buceadores a través de una boya que actúa como relé, y va unido a sus propios equipos.

4.1 ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO ANFIBIO

4.1.1. INFORME RECONOCIMIENTO ACUÁTICO

En primer lugar, gracias a la recopilación de información tras conversaciones con militares pertenecientes al equipo de buceadores de la SERECO del BZ XVI (Cabo Menchero y Sargento Rico), y la confirmación de un veterano como es el Sargento Primero Fernández, se ha identificado una de las principales carencias en la ausencia de informes formalizados, fundamentales para la correcta recolección y análisis de la información. Durante las operaciones de reconocimiento, los buceadores deben recoger los datos en unas fichas (que deben estar normalizadas), para posteriormente remitirlas a un nivel superior responsable de su análisis y conversión en inteligencia operativa. La elaboración de estos informes es realizada de manera manual al finalizar la inmersión, bajo la supervisión y responsabilidad directa del jefe de la operación subacuática.

En el manual de Reconocimiento de Ingenieros (MP-403) se anexan todos y cada uno de los informes que utilizan unidades de reconocimiento, obviando muchos de los que se llevan a cabo en ambiente subacuático. Un claro ejemplo es el reconocimiento anfibio para localización de obstáculos subacuáticos, coloquialmente conocido como reconocimiento perpendicular. De este modo, los equipos de buceadores utilizan informes de reconocimientos ya existentes adaptados al medio acuático, o bien recolectan la información que consideran de elevada importancia, sin un formato determinado.

El reconocimiento anfibio para localización de obstáculos subacuáticos se compone de un jefe de equipo, un hombre carretel, una pareja de buceadores (como máximo tres) y personal de protección, ajeno al equipo de reconocimiento.

El procedimiento a seguir es el siguiente: inicialmente, unos minutos antes de llegar al Punto de Largado de Buceadores (PLB) se inicia tolerancia en caso de que el sistema que lleven sea de circuito cerrado; el equipo se lanza al agua, colocándose por binomios, uniéndose por un cabo de unión y una pana¹, tomando el jefe de equipo rumbo a la playa, mientras el equipo navega hasta el punto inicial del reconocimiento. Una vez asegurado el punto de inicio, se fija en el fondo el carretel por medio de una piqueta, dejando unida a ella la pana de los binomios. El primer binomio (jefe de equipo y hombre carretel) inician la navegación perpendicular extendiendo la línea base hasta el veril² de 1 metro. El resto de binomios inician el movimiento por la línea base

¹ Cuerda que conecta y unifica a todo el equipo.

² Profundidad de la playa.



hasta la primera gaza³, donde amarran en carrete de 25 metros y tomarán rumbo perpendicular hacia la derecha. Iniciarán el reconocimiento a vanguardia y retaguardia del carrete, solapando con el resto de binomios. Una vez reconocida la parte derecha, se llevará a cabo el mismo procedimiento por la parte izquierda de la línea base. Realizando este mecanismo en cada gaza del carrete. En cuanto a las gazas, es importante que las que están siendo reconocidas o tendidas se marquen como modo de coordinación entre binomios.

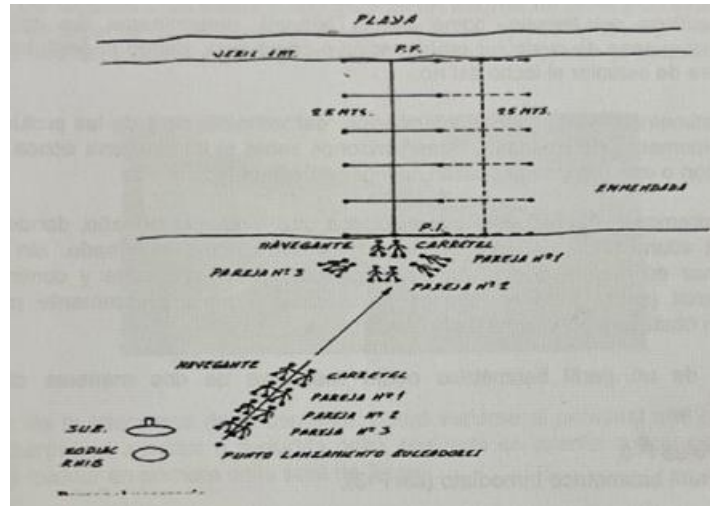


Ilustración 5. Esquema del reconocimiento perpendicular

Fuente: [11]

Para llevar a cabo el reconocimiento anfibio enfocado a localizar obstáculos subacuáticos, es preciso contar con un estudio batimétrico de las profundidades del medio. Con ello se cuenta con información sobre el lecho del río, y de sus profundidades en momentos determinados. Esto permite saber si durante una época del año, una embarcación o una compuerta podrán navegar en un punto determinado del río. Así, se pueden determinar puntos críticos, que suelen determinar las zonas más restrictivas para el paso de cualquier embarcación o compuerta.

Este perfil se puede realizar de dos maneras bien diferenciadas:

- **Mediante polea P-3:** Se coloca un carrete de orilla a orilla sobre un anclaje y tensado y asegurado gracias a la polea. Tras montarla se procede al sondeo para la obtención de los datos batimétricos.
- **Inmediato (sin P-3):** el sondeo se realiza según las distancias mínimas que marque el GPS que se utilice. Se monta una referencia visual en la segunda orilla para mantener alineados los puntos de sondeo. [11]

Después de expresar una de las principales carencias, como es la falta de un informe que recopile la información necesaria de manera general y estandarizada, se va a exponer una alternativa para poder mejorar este procedimiento no estandarizado. Primeramente, se va a llevar a cabo la propuesta de un informe de reconocimiento subacuático que pueda llegar a ser útil para estas características operaciones. Gracias a los informes existentes de otros reconocimientos y manuales de buceo se ha podido recoger toda la información y datos relevantes para este tipo de reconocimientos.

El proceso se ha desarrollado en varias etapas, cada una de ellas clave para asegurar un

³ Puntos intermedios del carrete que dividen el reconocimiento.



resultado óptimo. En primer lugar, fue necesario comprender con detalle el objetivo de esta propuesta y cómo se lleva a cabo este procedimiento subacuático. Seguidamente, se ha procedido a una búsqueda y análisis exhaustivo de los informes previos que ya existían sobre reconocimientos similares. Esto permite extraer información valiosa y apuntes que sirven como base para la elaboración del nuevo informe de obtención de datos, garantizando así que no se duplicara el trabajo y se construyera sobre lo ya aprendido.

Posteriormente, se llevó a cabo la recopilación minuciosa de todos los datos pertinentes que podrían resultar de importancia en este tipo de misión subacuática. Este proceso incluyó la consulta a diversos buceadores de la unidad, quienes, debido a su experiencia en el campo, aportaron información crucial para completar el informe de la manera más precisa y detallada posible. Esta colaboración con expertos permitió que el documento final tuviera una visión práctica y ajustada a la realidad del entorno acuático.

En cuanto a la ficha de referencia utilizada, se ha tomado como base la de reconocimiento de obstáculos (ANEXO III), de la que se han sacado ciertos puntos de interés para nuestro tipo de reconocimiento anfibio. Sin embargo, se han realizado modificaciones importantes para adaptarla específicamente al ambiente acuático, incorporando datos relevantes para este entorno particular.

Los datos del informe propuesto para el reconocimiento perpendicular se organizan en varias partes. En primer lugar, se refleja información general, donde se expresan datos referentes a la unidad que lleva a cabo la misión, localización o al plan de situación del propio reconocimiento. La parte principal se centra en una tabla donde se adjunta toda la información recabada en cada lado de la gaza de la línea base, además de incorporar una serie de datos generales acerca del obstáculo encontrado (distancia al carretel, profundidad, si está o no batido por el fuego...), añadiendo un croquis o fotografía del mismo si fuese necesario. Seguidamente, se ha proporcionado una parte específica del perfil batimétrico (estudio característico en los medios acuáticos), donde se habla de datos como el lecho, su profundidad, las coordenadas de la zona restrictiva, el grado de turbidez del agua, etc. Concluyendo el informe con un apartado sobre anotaciones adicionales donde el equipo buceador puede adjuntar todo tipo de información que considera relevante y no está reflejada en la ficha.

Finalmente, el informe resultante refleja un análisis detallado y preciso de todo el proceso, incluyendo fotografías para garantizar la comprensión del informe y de los puntos críticos y sus características que se toman en referencia al reconocimiento en cuestión (ANEXO IV).



Marina Quirós Bielsa

UNIDAD:	N.º RECO.:	FECHA RECO.:
JEFE DEL RECONOCIMIENTO:		
OBJETO RECONOCIMIENTO:		
ZONA, EJE, PUNTO, OBJETIVO, OBRA...:		
CARTOGRAFÍA:		
COORDENADAS:	DATUM:	
ACTUALIZA/MODIFICA EL RECONOCIMIENTO N.º ____ DE FECHA ____		

PLANO DE SITUACIÓN
Escala 1: xxx

CROQUIS O FOTOGRAFÍA DE LA SITUACIÓN

BORDEABLE (SI/NO):
OBSERVACIONES:

CROQUIS O FOTOGRAFÍA DEL OBSTÁCULO N.º:

TABLA DE RECONOCIMIENTO PERPENDICULAR:

	25 la	20 la	15 la	10 la	5 la	5 da	10 da	15 da	20 da	25 da
Nº										
	25 lb	20 lb	15 lb	10 lb	5 lb	5 db	10 db	15 db	20 db	25 db

ESTUDIO DEL PERFIL BATIMÉTRICO:

TIPO (Polea P-3/Inmediato):	
COORDENADAS ZONA RESTRICTIVA:	
PROFUNDIDAD ZONA RESTRICTIVA (m):	
LECHO (SI/NO):	PROFUNDIDAD LECHO (m):
NAVEGACIÓN (rutas seguras):	
VELOCIDAD CORRIENTE (m/s):	
TEMPERATURA AGUA (°):	
TURBIDEZ:	SALINIDAD:

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

N.º:	
RECUADRO:	OBSTÁCULO:
DISTANCIA CARRETEL (m):	PROFUNDIDAD SUP-OBST:
DESCRIPCIÓN:	
BATIDO POR EL FUEGO (SI/NO):	TIPO DE ARMAS:



Marina Quirós Bielsa

FOTOGRAFÍA PERFIL BALIMÉTRICO:

ANOTACIONES ADICIONALES

Tabla 2. Informe de Reconocimiento Acuático (ANEXO IV)

Fuente: Elaboración propia

Este informe aporta un método claro de trabajo capacitando al Equipo de Zapadores Anfibios para realizar sus procedimientos de actuación de manera ordenada y normalizada. De esta forma la información queda recogida rigurosamente, explicada de manera clara y concisa, aportando además datos que puedan ser relevantes y que no se hayan tenido en cuenta.

El hecho de tener unas fichas de informes que se utilizan en ambiente tanto hostil como técnico, dota a las unidades de un método de trabajo común, haciendo que el trabajo colectivo con otras unidades o con otros EZAN sea más clara y de fácil ejecución. El utilizar procedimientos estandarizados facilita la ejecución de los mismos y más aún cuando existe una cooperación de unidades que no han trabajado con anterioridad en conjunto. Este aspecto es el más importante ya que en muchas ocasiones el trabajo entre diferentes unidades puede ocasionar problemas por confusiones o diferentes modos de trabajo.

Además, esta propuesta garantiza que el escalón superior sepa en todo momento la información que le va a llegar gracias a su normalización. El no tener una ficha o informe para este tipo de reconocimiento puede ocasionar malentendidos entre los diferentes escalones sobre el flujo de información o cómo se ha llevado a cabo la recopilación de información. De esta manera se gana eficacia a la hora de realizar el reconocimiento perpendicular por parte de los Equipos de Zapadores Anfibios.

4.1.2. SISTEMA ATAK

En relación a la formalización de los datos en estos tipos de reconocimiento, se va a proponer un medio de traspaso de información diferente y moderna que facilite el procedimiento tanto para el equipo de mando como para los propios buceadores.

Se va a exponer una aplicación móvil llamada ATAK para uso civil, o el Android Tactical Assault Kit (también ATAK), una plataforma de visualización geoespacial de código abierto que facilita a los usuarios compartir y colaborar de manera instantánea en mapas, datos e información táctica dentro de entornos operativos. Este sistema permite gracias a la conexión de diferentes usuarios a un mismo servidor, mostrar información de un mapa 3D, conocer en todo momento la posición exacta de los mismos, compartir coordenadas, realizar planeamientos e importar y exportar documentos PDF, y sirve como una aplicación de mensajería entre miembros de un mismo equipo. ATAK permite el *targeting*, la captación de inteligencia sobre el terreno, la diseminación de la información entre nodos, la conciencia situacional propia del combatiente y de su entorno.



Este sistema está destinado para uso civil, lo que implica que no está sujeto a las restricciones o limitaciones impuestas por el Ejército español, ni cuenta con medidas de seguridad específicas para la protección de los datos que maneja. Esto significa que los datos utilizados en la plataforma no están protegidos bajo normativas militares ni bajo protocolos de seguridad diseñados para entornos de defensa.



Ilustración 6. Vista previa aplicación ATAK

Fuente: [12]

Gracias a la ayuda y a los conocimientos del Sargento Rico se ha podido recopilar información sobre las capacidades, el uso y utilidad del sistema ATAK. Además de estudiar cómo poder incorporar y usar esta aplicación de manera útil y eficaz en los reconocimientos anfibios de Ingenieros en relación a la obtención de información.

Para tener una visión general de cómo implementar el sistema se debe conocer el manejo básico de sus herramientas y cómo ponerlo en funcionamiento para el uso propio.

En primer lugar, la aplicación se descarga a través de *tak.gov*, donde se puede acceder a todo el paquete de ATAK. Seguidamente es conveniente generar el servidor del que se ha hablado anteriormente y que los usuarios autorizados consigan entrar, a partir de *zerotier*, donde cualquier usuario es capaz de crear su propio servidor y autorizar hasta un máximo de 25 personas a acceder al mismo. A partir de ahí, abriendo la aplicación ATAK automáticamente los militares pertenecientes a un mismo servidor podrán compartir todo tipo de información, además de poder obtener su ubicación en todo momento. [13]

Una vez se conoce la manera de acceder al sistema, se va a reflejar cómo se llevaría a cabo el proceso de obtención de información, adicionando la utilización de ATAK.

El procedimiento a seguir sería el siguiente:

1. Ejecutar el reconocimiento solicitado por el mando superior en el entorno acuático, asegurando el cumplimiento de los parámetros establecidos. Durante esta fase, los buceadores emplearán dispositivos especializados para el medio acuático, como tabletas resistentes al agua y diseñadas para la recopilación de datos en condiciones submarinas.
2. Recopilar toda la información recogida por el equipo de buceadores en un dispositivo de superficie (ya sea una tableta o un dispositivo móvil), bajo la supervisión directa del jefe de inmersión. Este procedimiento debe seguir el formato establecido mediante el informe normalizado detallado y desarrollado en la primera propuesta, garantizando la coherencia y precisión de los datos recopilados.
3. Importar el informe finalizado en formato PDF al sistema ATAK. Este paso requiere la correcta conversión del documento y su integración en la plataforma para garantizar la interoperabilidad con otros sistemas tácticos utilizados por las fuerzas operativas.



Marina Quirós Bielsa

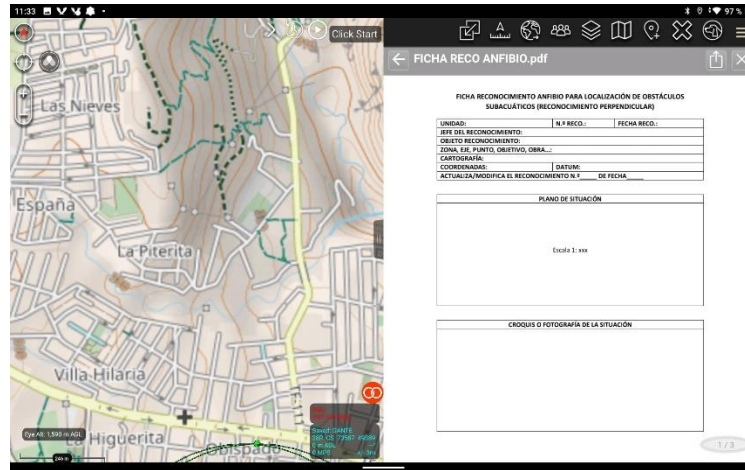


Ilustración 7. Importación de la Ficha de reconocimiento anfibio para localización de obstáculos subacuáticos en PDF a ATAK.

Fuente: Elaboración propia

Además, dentro de este sistema ATAK se puede añadir cualquier dato que sea relevante y no se haya tenido en cuenta en el informe expuesto anteriormente. Lo que significa que ATAK da la posibilidad de redactar un informe que se ha creado in-situ a través de la misma aplicación, gracias a un complemento que trae el sistema llamado “Reports” donde se pueden además, utilizar informes que vienen predeterminados, que pueden ser útiles en diversas situaciones ya que cuentan con mensajería normalizada a nivel OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) como puede ser un informe CASEVAC (Casualty Evacuation), pudiéndose transformar a formato PDF y mandarlo vía correo electrónico.

Habiendo expuesto esta capacidad del sistema, se propone (como alternativa a la importación del documento) que el informe se implementase en ATAK gracias a la capacidad que tiene de redactar informes sin formato, permitiendo crear al usuario el suyo propio, teniendo de esta manera la ficha de reconocimiento acuático predeterminada en la aplicación sin necesidad de insertarla desde el dispositivo.

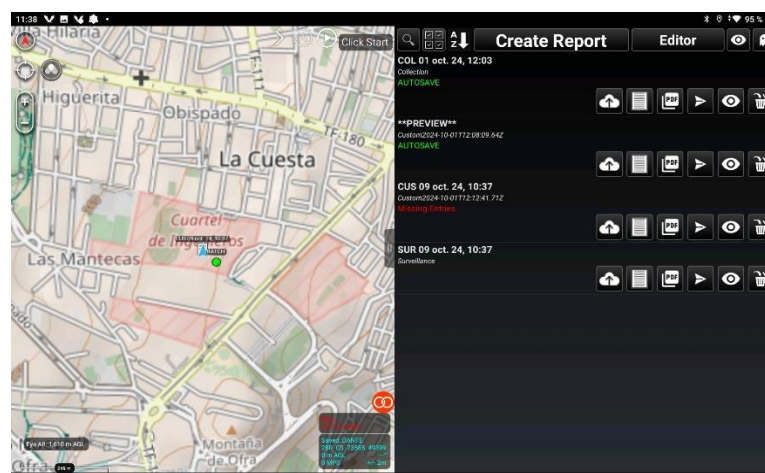


Ilustración 8. Creación de informe in-situ

Fuente: Elaboración propia

4. Transmitir el informe de reconocimiento al escalón superior a través del sistema ATAK. El informe debe ser enviado en el formato y protocolo adecuado para asegurar que los destinatarios puedan recibir, interpretar y tomar decisiones basadas en la información



proporcionada. La transmisión eficiente de estos datos es crucial para garantizar una respuesta ágil y bien redactada por parte del mando superior.

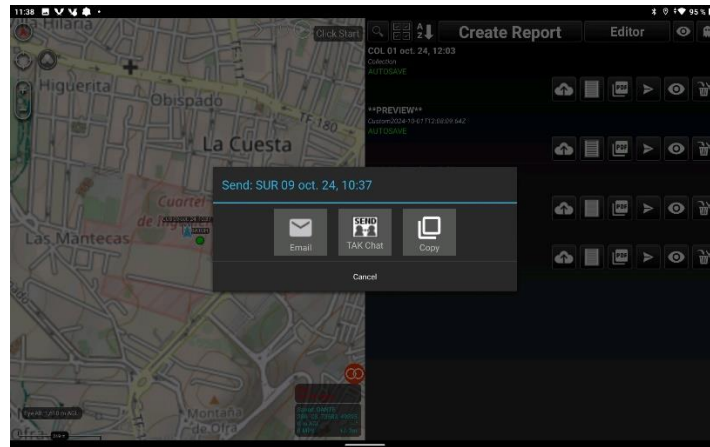


Ilustración 9. Envío de documentación vía ATAK.

Fuente: Elaboración propia

En el informe es posible adjuntar fotografías que no solo ofrecen una representación visual de los puntos de interés, sino que además incorporan datos o metadatos asociados. Estos elementos adicionales brindan información clave que puede resultar útil para obtener una comprensión más detallada de ubicaciones específicas. Dichos puntos, considerados críticos o de alta relevancia, son fundamentales para el análisis y la toma de decisiones, ya que aportan una capa extra de precisión y contexto a la información ya recopilada en el informe principal, como se puede observar en la Ilustración 10. [14]



Ilustración 10. Fotografía de cargas simuladas a los pies de un puente con metadatos.

Fuente: [14]

ANÁLISIS DAFO

Se va a proceder a analizar la propuesta con una herramienta estratégica, el análisis DAFO, que tiene como propósito identificar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que pueden influir en el éxito de implementar la idea en los procedimientos de reconocimientos anfibios.



Ilustración 11. Análisis DAFO sistema ATAK

Fuente: Elaboración propia

Atendiendo a los factores internos que son influyentes para la propuesta expuesta, cabe destacar dentro de las debilidades, la inexistencia de un servidor privado que consiga proteger los datos que se comparten vía ATAK y que puedan poner en riesgo material confidencial del Ejército. Como fortalezas internas la capacidad de geolocalización y la adaptabilidad del sistema hace que sea muy eficiente para el tipo de trabajo que se busca en nuestros equipos de reconocimiento.

Por otro lado, es importante citar dentro de los factores externos, la política gubernamental de la aplicación ya que pertenece al gobierno de Estados Unidos y eso podría ser una amenaza para la utilización de este en nuestro ámbito. Además, una de las oportunidades que cabe destacar sería adaptar esta tecnología con nuevos medios como inteligencia artificial para aprovechar el máximo del potencial de ambas herramientas que tan útiles se ha demostrado que son.

El análisis muestra que, aunque el sistema presenta desafíos importantes como la falta de un servidor cifrado y su complejidad para nuevos usuarios, tiene grandes fortalezas, como su interoperabilidad y capacidades avanzadas de geolocalización. Las principales amenazas son los ciberataques y las posibles regulaciones gubernamentales más estrictas, pero existen oportunidades clave para su mejora e implementación, como la integración de nuevas tecnologías (drones, inteligencia artificial) y su reconocimiento dentro del ejército. Aprovechar estas oportunidades podría consolidar su posición y superar las debilidades actuales.

Esta segunda propuesta refleja un medio muy útil para la actualidad de la instrucción, en este caso de los zapadores anfibios. Gracias a esta aplicación puede garantizarse el enlace y la comunicación entre los componentes del equipo, además de realizar planeamientos anteriores a la ejecución, localizar puntos críticos, obstáculos y conocer la posición exacta de los militares que ejecutan la misma maniobra. Además, relacionándolo con la primera propuesta, nos garantiza un flujo de información muy eficaz, gracias a que es un medio de enlace entre el escalón superior y la unidad que se encuentra realizando la misión. Garantiza el envío y recepción de la información necesaria, aportación de información adicional, además de poder



realizar in-situ y de manera digital el proceso.

Por otro lado, el inconveniente de su poca seguridad puede afectar en diferentes aspectos, ya que en ambiente táctico el enemigo podría entrar en nuestro servidor y recepcionar la información que se está obteniendo sin ningún problema, aparte de que personal civil también podría hacerse con estos datos, lo que ocasionaría un problema en la Unidad ejecutante. Es por eso por lo que actualmente en las Unidades del Ejército de Tierra no están incorporando en su instrucción esta aplicación tan valiosa que podría servir y evolucionar de manera gradual muchos de los procedimientos actuales.

Por ello, hoy en día se está trabajando en otro sistema parecido a la aplicación ATAK, que si contiene las mismas características podría ser útil y modernizar las unidades tanto táctica como técnicamente.

4.1.3. RADIO SUMERGIBLE PARA RECONOCIMIENTO DE INGENIEROS

Con el fin de profundizar en el conocimiento sobre la tecnología empleada por otros equipos, como la Armada y las fuerzas de Operaciones Especiales, que tan en vanguardia se destacan, se ha decidido establecer contacto con un Capitán de Corbeta experto en la materia. Este oficial, además de ser un destacado conocedor de las capacidades y ventajas de un nuevo sistema radio (el MPU5), ha tenido la oportunidad de implementarlo con éxito en sus equipos, lo que lo convierte en una fuente invaluable de información. Su experiencia directa y su dominio técnico permitirán obtener una visión más detallada y precisa del funcionamiento y las fortalezas de esta tecnología en un entorno real de operaciones.

Este Capitán de Corbeta es actualmente Business Development Manager de una empresa llamada Menpro S.L. (que representa Persistent Systems) la cual ofrece productos de excelente calidad y avanzados específicos para el campo de la Defensa y Seguridad. Sus principales clientes son: Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, Ejército de Tierra, Armada Española, Ejército del Aire, Guardia Civil, Policía Nacional y las grandes empresas del sector de la Defensa en ámbito nacional e internacional.

Además, destaca la aportación del Cabo Santiago del RPEI 12, uno de los militares más especializados en este ámbito con los que se ha contado para la realización de este proyecto. El Cabo asegura que una de las principales carencias es la comunicación y que una propuesta fundamental que aportaría mejoras en los equipos de buceadores sería una radio polivalente, que sea capaz de sumergirla y portarla en sus inmersiones. (ANEXO V)

“Actualmente, lo que hacemos es recepcionar un Baofeng (radio individual) dentro del traje seco y al salir nos quitamos todo y enlazamos con los nadadores que vayan a hacer el reconocimiento de la playa o lo que se disponga en la misión encomendada. Para nosotros no es algo cómodo ni eficiente a la hora de hacer nuestras inmersiones.

Aparte existen unas máscaras que van con equipo autónomo con comunicaciones a través de un emisor que va con el buceador, junto con un receptor que va sumergido en el agua que conecta con una central. El defecto de este sistema es la distancia que coge, que no es suficiente para nuestros trabajos y las interferencias que surgen durante la inmersión. Además, que este sistema no funciona con oxígeno.” [15]

Por otro lado, gracias al Sargento Rico del equipo de reconocimiento del BZ XVI, sabemos que de manera rudimentaria se llevan a cabo otras medidas para poder comunicarse con los buceadores o para saber de su posición y poder enlazar con los mismos.

“Antes de las inmersiones, se llevan a cabo una serie de medidas de coordinación con los buceadores con el fin de poder conocer qué está pasando en el interior. Sobre todo, para mensajes en situaciones de



emergencia. Normalmente como el buceador va unido a un carretel que se enlaza con una boya para conocer su posición, lo que se hace es determinar con tirones del carretel los diferentes mensajes.” [14]

En definitiva, en el Ejército de Tierra no se dispone de radios diseñadas para ser sumergidas. En su lugar, se busca cumplir las misiones mediante coordinaciones previamente establecidas o utilizando radios protegidas con fundas estancas. El principal inconveniente identificado es que los buceadores permanecen completamente incomunicados durante sus operaciones de reconocimiento subacuático, ya que el Baofeng no es acuático e impide su utilización en las inmersiones. La disponibilidad de una radio sumergible no solo eliminaría la necesidad de utilizar fundas estancas o integrar el equipo dentro de su traje de buzo, sino que también les permitiría comunicarse de manera eficaz con otros equipos involucrados en la misión de reconocimiento, sin necesidad de aproximarse o depender de radios no sumergibles, cuyo enlace no siempre está garantizado, pero siempre teniendo que salir a la superficie para realizar el enlace.

Gracias a los testimonios se ha llevado el desarrollo de una nueva mejora. La propuesta a estudiar es una radio inteligente con un sistema operativo Wave Relay, que permite escalar para admitir redes de cientos de nodos móviles sin limitación impuesta en el conteo de saltos en una sola red, lo que permite un área de cobertura de red significativamente mayor y acomoda una mayor cantidad de usuarios. Esta es una de las características únicas ofrecida por las radios MPU5; Persistent Systems llama a esta funcionalidad Cloud RelayTM.

Esta radio lleva incorporado el GPS (Global Positioning System), la codificación/decodificación de vídeo y el audio PTT (Push To Talk) que permite compartir imágenes operativas. El modelo es MPU5 con unas dimensiones de 3,8 x 6,7 x 11,7 cm y un peso aproximado de 391 g, además cuenta con una resistencia al agua de hasta 20 metros durante 30 minutos de autonomía. Las temperaturas que puede llegar a alcanzar son de -40° hasta +85°. Cuenta con una capacidad de 128 GB de memoria flash. Además, los buceadores equipados con este aparato serán capaces de compartir información crítica, de modo que la información fluye de manera más efectiva hacia el escalón superior. Esto se da gracias a su red MANET (Mobile Ad hoc Networking) que es una red inalámbrica en la que los dispositivos o nodos se conectan entre sí de manera dinámica, sin la necesidad de una infraestructura predefinida, como un router o un punto de acceso central; cada dispositivo actúa como un nodo que puede enviar, recibir y reenviar datos (ANEXO VI). [16]



Ilustración 12. MPU 5 radio inteligente

Fuente: [17]

Este dispositivo es compatible con la aplicación ATAK de la que se ha hablado anteriormente, lo cual facilitaría el flujo de información y el conocimiento del jefe sobre datos relevantes, como la posición de los buceadores. Cada nodo de la red MANET Wave Relay es un nodo de la red ATAK.



Según documentación proveniente de la empresa de Persistent Systems, “la tecnología Wave Relay aporta a ATAK la capacidad de mantener constantemente la conciencia situacional de combatiente por el hecho que las MPU5 se integran de forma fluida con otros sistemas de comunicaciones como redes 4-5G y satcom”.

Además de integrar ATAK y permitir el uso de todos los plug-in disponibles para este SW, Persistent Systems ha desarrollado un plug-in ATAK para dispositivos de red Wave Relay que permite al combatiente detectar, identificar y geolocalizar interferencias RF (Radiofrecuencia) en tiempo real. El complemento utiliza los diagnósticos de la conexión entre nodos que realiza Wave Relay para presentar datos sobre los niveles de interferencia detectados en cada nodo de la red, facilitando así la identificación geográfica de las fuentes de interferencia y su mitigación. [16]



Ilustración 13. Integración entre Wave Relay y ATAK

Fuente: [17]

Desde la perspectiva del protocolo de enrutamiento, Wave Relay emplea un acceso múltiple con detección de portadora y prevención de colisiones, lo que permite un mecanismo de acceso a canales basado en prioridades. Esto optimiza la reutilización del espectro de acuerdo con las condiciones del entorno y facilita el uso eficiente del canal para satisfacer demandas variables.

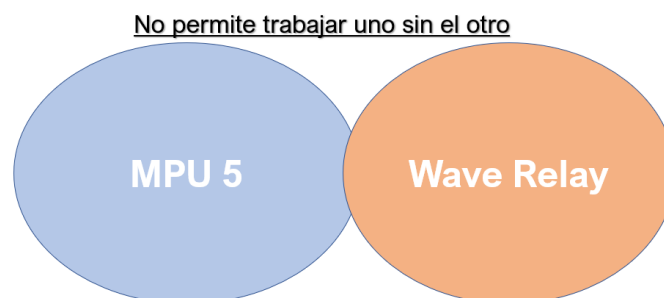


Ilustración 14. Relación entre Wave Relay y MPU5

Fuente: [16]

Los sistemas de acceso a los canales de Persistent Systems no dependen de la sincronización con el tiempo del GPS, lo que les permite funcionar eficazmente en entornos interiores, subterráneos o sin señal GPS. Gracias a que Wave Relay permite el enrutamiento de datos entre radios de manera realmente distribuida, la red es capaz de expandirse, adaptarse y extenderse al agregar nuevos nodos.

En abril de 2018, Persistent Systems realizó una prueba exitosa de una red MANET con 320 nodos usando la radio MPU5 en las instalaciones de entrenamiento urbano de Fort Bragg, en



Carolina del Norte. Esta prueba abarcó nodos instalados en vehículos en movimiento, en patrullas a pie y en ubicaciones estáticas, todo en un entorno urbano.

Hoy en día no se conoce ninguna radio tipo MANET que sea capaz de establecer redes fuertes de más de 20-30 nodos con características parecidas a las de las MPU5. [16]

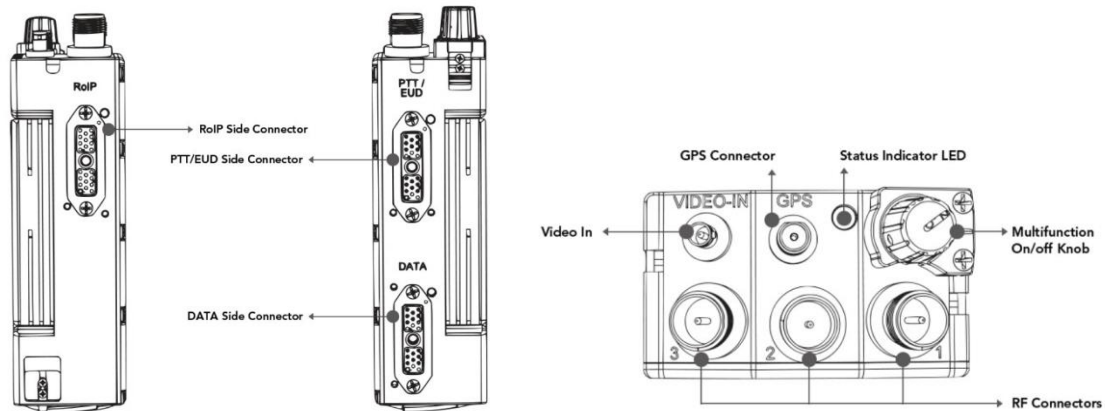


Ilustración 15. Entradas y salidas MPU 5

Fuente: [17]

La tecnología Wave Relay lleva en España desde 2014, en el momento que la empresa Menpro proporcionó varias radios MPU4 en Indra Group, que corresponde a la versión anterior a la estudiada.

Para las FAS, la radio MPU5 tiene un cometido muy importante y bien definido: el de garantizar una red de comunicaciones digitales dotando a las unidades de un gran número de tasas de datos y capacitándolas de una adaptabilidad eficiente para poder enfrentarse a las condiciones operativas requeridas, ya sea condiciones estáticas o con fuerzas en movimiento.

Actualmente, se puede encontrar este sistema en el MOE (Mando de Operaciones Especiales) y en el CIFAS (Centro de Inteligencia de las Fuerzas Armadas).

El MOE está analizando y estudiando la integración del MANET Wave Relay en su red de mando y control. Así, se han realizado una serie de pruebas, donde se ha intentado integrar con un servidor de la unidad con una serie de servicios, incluyendo el ATAK.

En el año 2020, se llevó a cabo una campaña donde se realizaron varios ensayos sobre una MANET Wave Raley, por parte del Regimiento de Transmisiones I y la empresa Menpro. En estos ensayos se simulaban nodos móviles y aeroportados, además de la capacidad de enlace RF hasta 30km de alcance. [16]



Ilustración 16. Ensayo MANET Wave Relay del RT I y Menpro

Fuente: [16]

Tras discusiones con personal especializado en la materia, se ha estudiado y analizado dicha propuesta considerándose de provecho para la ejecución de los reconocimientos anfibios, siendo capaz de mejorar la técnica anterior y evolucionar para acomodar y facilitar el trabajo a los buceadores. En la discusión que se ha llevado a cabo tanto con el Cabo Santiago del RPEI 12, como con el Sargento 1º del BZ XVI, se han tocado diferentes aspectos, como proponer una radio que pueda llegar a hacer enlace en ambiente subacuático, ya que son conocedores de que hay equipos de Operaciones Especiales que son portadores de esta tecnología. Adaptando el objetivo con nuestras capacidades se ha optado por el sistema expuesto que cumple con creces lo que se busca y supera la técnica que se usa hoy en día por los equipos anfibios de ingenieros.

4.1.4. BOYA SATELITAL PARA BUCEADORES

Con el objetivo de resolver las limitaciones inherentes a la comunicación y el enlace entre el entorno acuático y la superficie, específicamente entre los buceadores sumergidos y las unidades militares o de apoyo en superficie, se propone la implementación de una boya satelital de rastreo. Este sistema permitiría determinar la posición exacta de los buceadores, independientemente de la profundidad a la que se encuentren.

Se reconoce que la conexión de los buceadores con la superficie ha sido siempre una limitación, la cual se ha mitigado en cierta medida con los recursos disponibles para las unidades, aunque nunca de manera completamente eficaz. Se sabe esta información gracias a las entrevistas con buceadores del BZ XVI, en especial al Sargento 1º Fernández, veterano zapador anfibio del ET. (ANEXO VII)

“He contado con medios de dotación logística muy simplistas, no adecuados para la totalidad de los cometidos específicos en el medio acuáticos y medios que no son de dotación logística como walkies Baofeng. Luego había otros para comunicación cuando se trabajaba con casco (SDS) que eran más efectivos.” [18]

El mecanismo de la boya satelital opera de manera eficiente y sencilla. El buceador lleva incorporado a su equipo un carretel o línea que lo conecta físicamente con la boya, la cual permanece en la superficie del agua. Dicha boya está equipada con un dispositivo GPS integrado, que permite la localización precisa, y un transmisor de señales. Este transmisor actúa como un relé, enviando la posición del buceador a los satélites de navegación y comunicación.

Una vez que la señal es captada por los satélites, se retransmite a las estaciones receptoras en la superficie, lo que permite a las fuerzas militares u operadores en la embarcación de apoyo monitorizar en tiempo real la ubicación de los buceadores. Este sistema no solo mejora la seguridad al proporcionar visibilidad continua de la posición del buceador en todo momento, sino que es especialmente valioso en escenarios con condiciones adversas, como zonas de baja visibilidad o áreas remotas. De este modo, se facilita una respuesta más rápida y precisa ante cualquier eventualidad, optimizando tanto las operaciones como la protección del personal



involucrado.

Una alternativa viable para el seguimiento de buceadores utiliza un mecanismo similar al sistema GPS, aunque con ciertas modificaciones para superar las limitaciones del entorno submarino. Dado que las señales GPS no pueden penetrar directamente bajo el agua, el sistema emplea una unidad conocida como "puerta de enlace GPS", que generalmente se coloca en una boya flotante o en la embarcación de buceo.

Esta puerta de enlace está equipada con una antena de radio flotante que recibe señales GPS para determinar su ubicación exacta en la superficie. Para comunicarse con los buceadores, el sistema utiliza un transductor submarino que emite señales acústicas hacia los dispositivos portátiles de los buceadores, generalmente en forma de unidades de muñeca.

A través de esta comunicación acústica, las unidades de muñeca pueden calcular su distancia y dirección con respecto a la puerta de enlace GPS. Además, la puerta de enlace transmite su posición exacta, lo que permite a las unidades de muñeca determinar su propia ubicación absoluta, independientemente del movimiento o la deriva de la boya o el barco donde esté montada la puerta de enlace.

Este sistema es flexible y permite que la puerta de enlace se desplace sin afectar la precisión de la posición mostrada en las pantallas de los buceadores, donde la información se presenta en coordenadas de latitud y longitud, junto con un indicador visual, como un "punto", para facilitar la navegación submarina. [19] [20]

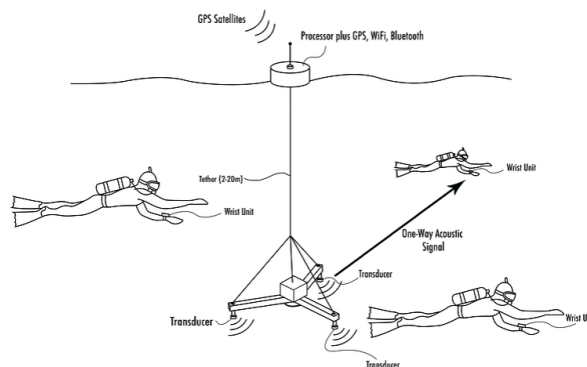


Ilustración 17. Boya satelital

Fuente: [20]

Análisis de Riesgos

Con el fin de analizar y poder observar si esta propuesta es efectiva o no, se ha procedido a estudiarla gracias a un análisis de riesgos. Con el análisis de riesgos se es capaz de determinar la probabilidad de que ocurra cada uno de los riesgos, así como el impacto que pudiese tener. Cada riesgo documentado e identificado es evaluado, teniendo en cuenta los dos factores: probabilidad de ocurrencia e impacto sobre nuestro fin.

En el presente análisis, se han identificado y evaluado un total de siete riesgos distintos que podrían impactar la efectividad de nuestras operaciones. Para cada riesgo, se ha determinado su probabilidad de ocurrencia, clasificándola en una escala que varía de 1 a 3. Esta clasificación se basa en la frecuencia con la que se ha observado la manifestación de cada riesgo en situaciones previas, así como en la evaluación de las condiciones operativas actuales.

Adicionalmente, se ha considerado el impacto potencial de cada riesgo en nuestras capacidades para la obtención de información y en el cumplimiento de nuestra misión de reconocimiento. El impacto ha sido categorizado en tres niveles: bajo (Low), medio (Medium) y



alto (High). Esta clasificación permite una mejor comprensión de cómo cada riesgo puede afectar nuestros objetivos operacionales.

ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Clase riesgo
1	Fallo en componentes de la boya (GPS, transmisor o batería)	Mal mantenimiento y comprobación del sistema por parte del equipo de buceadores o de la empresa responsable	2H
2	Desestabilidad y deterioro de la boya.	Malas condiciones meteorológicas (tormentas, fuertes oleajes o niebla).	2M
3	Pérdida o dificultad para la comunicación	Interferencias acústicas u obstáculos físicos.	3H
4	Falta de entrenamiento o conocimiento del sistema.	Poca formación del sistema de localización a los buceadores.	1L
5	Daños ambientales.	Una mala gestión de la instalación en el medio acuático.	1H
6	Impacto de especies marinas	Presencia de especies marinas que deterioren el sistema.	2M
7	Desajuste del Sistema boya-carretel	Mala preparación o mantenimiento de las fuentes de enlace entre ellos.	2H

Tabla 3. Análisis de Riesgos de la Boya Satelital

Fuente: Elaboración propia

Es fundamental llevar a cabo este análisis de riesgos de manera sistemática, ya que permite a los equipos de operación anticipar posibles contingencias y desarrollar planes de mitigación adecuados. La evaluación rigurosa de la probabilidad y el impacto de cada riesgo no solo contribuye a la seguridad de nuestras misiones, sino que también optimiza el uso de recursos y fortalece nuestra capacidad de respuesta ante situaciones adversas.

Matriz riesgos proyecto					Estadística	
Probabilidad	3	0	0	1	Clase riesgo	Número
	2	0	2	2	Crítico	1
	1	1	0	1	Alto - medio	2
		Low	Medium	High	Medio	3
		Impacto			Bajo	1
					Total:	7

Tabla 4. Matriz de riesgos y estadística

Fuente: Elaboración propia

Como se refleja en el análisis, se ha identificado un riesgo clasificado como crítico, el cual se refiere a la pérdida o dificultad en el establecimiento de comunicación y enlace debido a interferencias que pueden surgir en el medio acuático. Este riesgo se considera de alto impacto, ya que una interrupción en la comunicación comprometería gravemente la capacidad de localización de los buceadores, afectando el funcionamiento integral del sistema. La imposibilidad de rastrear la ubicación de los buceadores no solo pondría en peligro la seguridad de los operadores, sino que también significaría un fallo en la misión de monitoreo y seguimiento,



lo cual es inaceptable en entornos operativos sensibles.

La probabilidad de que este riesgo ocurra es considerablemente alta, dado que el medio acuático presenta características que dificultan la transmisión de señales de radio y acústicas. El agua es un entorno con propiedades de absorción y refracción que interfieren con la propagación eficiente de señales electromagnéticas, lo que complica tanto la emisión como la recepción de comunicaciones por parte de dispositivos sumergidos. Es sabido que la transmisión de señales de GPS, por ejemplo, es ineficaz bajo el agua, lo que obliga a recurrir a tecnologías alternativas como las señales acústicas, que también pueden verse afectadas por factores como la temperatura del agua, salinidad, turbulencias o la presencia de elementos físicos que bloquean o distorsionan las ondas.

Con el fin de mitigar y poder controlar estos riesgos que pueden aparecer y perjudicar nuestra maniobra, se tienen todos ellos en cuenta con antelación y se hacen propuestas para intentar evitar dicho daño, creando medidas o alternativas de mitigación. Con estas propuestas de mejora ante los riesgos impuestos se puede ver y notar una bajada tanto de probabilidad de ocurrencia como de la gravedad del impacto ocasionado. Con este análisis nos anticipamos a situaciones desfavorables que puedan ocurrir y subsanamos de la mejor manera (ANEXO VIII).

ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida	Tendencia
1	Fallo en componentes de la boya (GPS, transmisor o batería)	Mal mantenimiento y comprobación del sistema por parte del equipo de buceadores o de la empresa responsable	H	2	2H	Ralentizar o no llevar a cabo la misión de reconocimiento.	Realizar una revista del material y su funcionamiento previa.	1M	Decreciente (-)

Tabla 5. Ejemplo de medidas para mitigación de riesgos (ANEXO VIII)

Fuente: Elaboración propia

En el ejemplo de la tabla 5 se desarrolla tanto la descripción como la causa del riesgo, con el fin de conocer en qué medida puede afectar a nuestro proyecto, o en este caso a la misión encomendada, determinando la probabilidad de ocurrencia y su impacto, como se ha explicado anteriormente. En esta tabla se tienen en cuenta cuáles pueden ser los posibles efectos que ocasione el riesgo tratado y una propuesta de medidas o alternativas que ayuden a reducir o a eliminarlo. En este caso, la medida que se propone es la de realizar revistas de material y del funcionamiento con una antelación previa a la misión encomendada, la cual según el análisis reduciría tanto el impacto como la probabilidad de que el riesgo de la existencia de fallos en los componentes del sistema se materializase en el uso de la boya satelital.

Esta última propuesta de mejora se caracteriza por la innovación y la resolución de un problema tan importante como es la falta de información sobre los buceadores en el medio acuático. Este dispositivo no solo tiene el potencial de proporcionar datos en tiempo real sobre la posición de los buceadores, sino que también puede contribuir significativamente a la seguridad y eficiencia de las operaciones subacuáticas. Además, resuelve de manera muy gradual el problema y, aunque pueda tener alguna carencia, se puede ver como una idea para imponer que no lleva a cabo demasiada formación o especialización por parte de los buceadores y que es manejable dentro de este ambiente.

La facilidad de manejo de la boya satelital implica que los operativos pueden incorporarla rápidamente en sus prácticas diarias, permitiendo que el personal se enfoque en las misiones sin la carga adicional de complejas instrucciones o procedimientos.

La utilización de una boya satelital resuelve de manera efectiva los desafíos asociados con la localización de los buceadores, especialmente en situaciones de visibilidad reducida o en entornos complicados. Aunque es posible que la solución presente algunas limitaciones, como la dependencia de la tecnología o la necesidad de mantener el equipo en condiciones operativas óptimas, sus beneficios superan ampliamente estos inconvenientes.



4.2 VALORACIÓN DE LAS PROPUESTAS

Una vez presentadas, desarrolladas y analizadas las cuatro propuestas de mejora en relación con los procedimientos de reconocimiento anfibio, resulta fundamental llevar a cabo una evaluación exhaustiva de cada una de ellas. Este análisis debe considerar diversos aspectos, como su efectividad y utilidad operativa en el entorno en que se llevarían a cabo, así como su viabilidad técnica, logística y económica para su implementación en las unidades actuales. Además, es necesario determinar si estas propuestas se alinean con los requerimientos y capacidades de las Fuerzas Armadas en el contexto actual, y si su adopción contribuiría significativamente a mejorar las capacidades de las unidades involucradas en operaciones anfibias. Solo a través de una valoración integral será posible establecer si dichas propuestas son factibles y adecuadas para su aplicación en el Ejército, garantizando así la optimización de los procedimientos operacionales en este ámbito específico.

Con el fin de poder llevar a cabo una comparación respecto a las propuestas expuestas en el presente trabajo se ha utilizado el método de decisión multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process), facilitando de esta manera la toma de decisión en el caso de que fuese preciso la elección de uno o varios de ellos.

AHP es un método multicriterio, en el que se representan las diferentes alternativas a estudiar y a analizar respecto a diversos criterios impuestos, por medio de un sistema de comparación 'por parejas'.

El objetivo de este estudio es procesar una metodología que sea de fiabilidad alta y que sea válida para poder evaluar y/o ordenar las diferentes alternativas que se han tratado en el desarrollo del proyecto, en función de criterios/subcriterios. El funcionamiento del método es fácilmente comprensible, con un fundamento robusto y práctico.

El primer paso para llevar a cabo la comparación es determinar los criterios y subcriterios que van a determinar la importancia de cada una de las propuestas. En este caso se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

1. Costo definido
2. Necesidad actual
3. Relevancia (con los subcriterios: táctico y operacional)
4. Seguridad/ protección
5. Innovación
6. Compatibilidad

Estos criterios se han elegido gracias a un acuerdo con expertos buceadores pertenecientes al BZ XVI y a la COA del RPEI 12. Aparte de concluir en estos siete criterios, que se han considerado como los más importantes, se ha procedido a hacer una ordenación de preferencia, disponiéndolos según la importancia que tienen para este tipo de reconocimientos anfibios. El método para concluir en un orden ha sido una encuesta contestada por los mismos militares, y gracias a sus votos se ha podido generar la preferencia de criterios según su experiencia y conocimientos (ANEXO IX).

En la Ilustración 18 se refleja el orden de preferencia obtenido gracias a las respuestas en la encuesta nombrada anteriormente. Como se puede observar, el criterio más valorado por los expertos que han participado es la Relevancia táctica y operativa, lo que indica su importancia primordial en el contexto de la implementación de las propuestas. En el grueso se encuentran la Seguridad/Protección, Necesidad actual, Innovación y Compatibilidad, en ese mismo orden. Estos factores, aunque considerados de menor prioridad que la relevancia táctica y operativa, desempeñan un papel significativo en el proceso de toma de decisiones. Finalmente, como factor menos valorado se encuentra el Coste, lo que sugiere que, aunque es un factor a tener en cuenta, no se considera tan determinante en comparación con los demás criterios mencionados. La



principal razón que podría haber ocasionado que este criterio se posicionase como última prioridad viene relacionado con que los participantes de la encuesta no son responsables directos ni gestionan el ámbito económico de las unidades. Probablemente, si los expertos fuesen personal encargado de manejar el presupuesto, los resultados tendrían un notable cambio en su orden de preferencia.



Ilustración 18. Orden de preferencia de criterios

Fuente: Elaboración propia

Después se han determinado las alternativas a estudiar, coincidiendo con las cuatro mejoras desarrolladas en el cuerpo del trabajo.

1. Informe de Reconocimiento Acuático
2. Sistema ATAK
3. Radio sumergible
4. Boya satelital

Una vez determinados todos los parámetros requeridos, se crea una matriz de evaluación de criterios, donde se valorizan los criterios con respecto a los demás de manera manual. Este valor se realiza comparando un criterio con otro (en parejas), aplicando valores de uno, tres, cinco, siete y nueve, en función de la importancia de uno respecto a otro. En este proceso se calcula el peso que tiene cada criterio con respecto a los restantes, obteniéndose una matriz de pesos y la Razón de Inconsistencia (R.I.) de la propia matriz, donde se calcula el grado de incoherencia que se comete al calificar la importancia relativa de los criterios en parejas.

Evaluación de CRITERIOS							Escala de SAATY		
CRITERIOS	Compatibilide	Seguridad/pr	Innovación	Relevancia	Necesidad	Coste	PESOS(W)	Valor	Definición
Compatibili...	1	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0.04	1	a - Igual Importancia
Seguridad...	5	1	1/3	1/5	5	7	0.19	3	b - Importancia Moderada v 1/3
Innovación	3	3	1	1/5	1/3	3	0.13	5	c - Importancia Grande v 1/5
Relevancia	7	5	5	1	5	9	0.44	7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
Necesidad...	5	1/5	3	1/5	1	5	0.16	9	e - Importancia Extrema v 1/9
Coste	1	1/7	1/3	1/9	1/5	1	0.03		

R.I. : 0.2025

Tabla 6. Matriz de evaluación de criterios

Fuente: Elaboración propia



En esta tabla se aprecian los diferentes pesos que se otorgan a cada criterio. Siendo el criterio más importante la Relevancia y el menos importante el Coste. Gracias a la encuesta anteriormente expuesta se ha podido realizar la matriz y dar los valores con su fundamento.

Después, se procede a realizar el mismo procedimiento añadiendo la valoración de subcriterios dos a dos. Obteniendo de igual manera la R.I. y sus pesos de las alternativas en función de los criterios y subcriterios. En este caso, dentro de Relevancia se han incluido los subcriterios de Táctica y Operacional, a los cuales se les ha otorgado el mismo valor de peso, 0,50.

Seguidamente, se evalúan las diferentes alternativas, construyéndose tantas matrices como subcriterios hayan sido introducidos, y otras tantas matrices como criterios haya sin subcriterio. En este caso 7 matrices diferentes para comparar las alternativas, en función del criterio establecido en cada matriz.

R.I. : 0.5254					R.I. : 0.0329						
Compatibilidad	Sistema ATAK	Informe Reco Acuático	Radio sumergible	Boya satelital	PESOS(W)	Seguridad/prote	Sistema ATAK	Informe Reco Acuático	Radio sumergible	Boya satelital	PESOS(W)
Sistema ATAK	1	1	1/5	1/3	0.14	Sistema ATAK	1	1	1/7	1/9	0.07
Informe Reco...	1	1	3	3	0.37	Informe Reco...	1	1	1/3	1/5	0.09
Radio sumerg...	5	1/3	1	1/5	0.19	Radio sumerg...	7	3	1	1	0.38
Boya satelital	3	1/3	5	1	0.30	Boya satelital	9	5	1	1	0.46
R.I. : 0.0449					R.I. : 0.1622						
Innovación	Sistema ATAK	Informe Reco Acuático	Radio sumergible	Boya satelital	PESOS(W)	Táctica	Sistema ATAK	Informe Reco Acuático	Radio sumergible	Boya satelital	PESOS(W)
Sistema ATAK	1	5	1/3	1	0.23	Sistema ATAK	1	3	5	7	0.57
Informe Reco...	1/5	1	1/7	1/5	0.05	Informe Reco...	1/3	1	3	1	0.20
Radio sumerg...	3	7	1	1	0.42	Radio sumerg...	1/5	1/3	1	3	0.13
Boya satelital	1	5	1	1	0.30	Boya satelital	1/7	1	1/3	1	0.10

Tabla 7. Matriz comparativa de alternativas

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se representan los valores de cada propuesta en función del criterio o subcriterio, relacionando y comparando las alternativas para cada caso. Viendo que dependiendo de la matriz unas alternativas constan con más peso que otras.

Finalmente, se calcula la Jerarquización de Alternativas, donde se expresa matemáticamente cuál de las propuestas es más importante de acuerdo a los criterios y subcriterios establecidos, exponiendo todos los pesos calculados en las matrices anteriormente realizadas.

En la Tabla 8 se puede observar finalmente el orden de preferencia según los cálculos de este método, tras comparar matrices y realizar sus propios cálculos.

El sistema ATAK es el que cobra más relevancia, viendo que el criterio más importante es al que le corresponde más valor. Le sigue la radio sumergible, con su mayor peso en la innovación que cuenta con el puesto número cuatro en cuanto a importancia de criterios. La boya satelital es la siguiente, contando con un 0.46 de peso en la seguridad/protección, uno de los criterios con más importancia según la encuesta realizada. Y finalmente, en último lugar se encuentra el Informe de Reconocimiento Acuático, ya que su criterio más valorado es la compatibilidad, el cual representa el penúltimo puesto de importancia en los criterios.



MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Sistema ATAK	Informe Reco	Radio sumergible	Boya satelital
Compatibilidad	0.04	0.14	0.37	0.19	0.30
Seguridad/protección	0.19	0.07	0.09	0.38	0.46
Innovación	0.13	0.23	0.05	0.42	0.30
Relevancia	0.44	0.44	0.28	0.19	0.08
+ Táctica	0.50	0.57	0.20	0.13	0.10
+ Operacional	0.50	0.32	0.36	0.25	0.07
Necesidad	0.16	0.31	0.09	0.37	0.23
Coste	0.03	0.13	0.61	0.12	0.13
		0.30	0.20	0.28	0.22

Tabla 8. Matriz de decisión

Fuente: Elaboración propia

Tras realizar el anterior análisis y ver las diferencias y similitudes en cuanto al ámbito civil, se pueden exponer reflexiones personales sobre las alternativas y los criterios seleccionados.

En cuanto a las encuestas, se ha podido observar con claridad (sobre todo los más y menos relevantes), una similitud en los votos por parte de los buceadores que han aportado su opinión. Por ejemplo, el que se considera como más importante, la relevancia táctica u operacional, ha sido seleccionado por diez votantes, teniendo la encuesta una participación de un total de veinticinco militares. Por lo que casi la mitad de ellos han considerado el mismo criterio como el principal.

Gracias a los resultados obtenidos, se ha identificado que la principal preocupación radica en cómo los medios, procedimientos y técnicas impactan en los ejercicios operativos. En particular, se evalúa su utilidad en entornos hostiles y el grado en que facilitan las operaciones. En este contexto, el sistema ATAK ha sido señalado como el preferido de acuerdo con el análisis, ya que ofrece numerosas ventajas en escenarios tácticos, optimizando las operaciones de manera notable.

Por otro lado, los resultados sugieren que el costo de las nuevas implementaciones no debería considerarse como uno de los factores más importantes para su adquisición. Estas unidades de reconocimiento requieren de equipo especializado y actualizado para ejecutar sus inmersiones de manera efectiva. Por esta razón, el precio o coste se ha clasificado en último lugar, recibiendo doce de los veinticinco votos. En cambio, el Informe de Reconocimiento Anfibio ha sido priorizado personalmente, ya que representa una opción con costos significativamente reducidos.

Además, los participantes de la encuesta se han sometido a una última pregunta, valorando la importancia de las cuatro propuestas desarrolladas y determinando bajo su criterio cuál de ella tiene más valor hoy en día en los Equipos de Zapadores Anfibios. Estos resultados han determinado una clara inclinación por el servicio de la radio sumergible, y menos interés en el informe de reconocimiento acuático.



Marina Quirós Bielsa

¿Cuál de estas cuatro propuestas le parece más útil para las unidades de reconocimiento anfibio?

24 respuestas

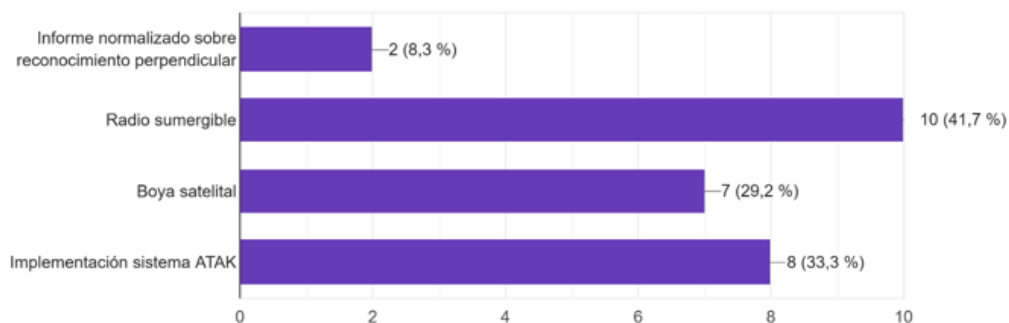


Ilustración 19. Encuesta sobre importancia de propuestas

Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 19 se puede observar cómo existe una ligera diferencia entre la respuesta de los expertos, valorando lo que ellos han considerado más útil o eficaz en estas unidades, y los resultados del análisis AHP que ha sido determinado con los criterios y su valoración por parte de los mismos. Aunque existe una diferencia mínima, no se considera significativa, ya que el sistema ATAK, que ha sido el favorito en el análisis AHP, supera a la radio sumergible solo por dos votos. Además, en el análisis AHP, la radio tiene una variación de apenas 0,02 respecto al sistema ATAK.



5. CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado cuatro alternativas viables que podrían implementarse en los Equipos de Zapadores Anfibios, se considera necesario concluir el análisis con una reflexión final que resuma los puntos clave de cada propuesta. Esta conclusión busca facilitar la comprensión integral de las opciones planteadas, permitiendo una evaluación comparativa que destaque las ventajas, limitaciones y eficiencia de los equipos. Además, esta síntesis pretende ofrecer una guía clara que apoye la toma de decisiones, orientando a los responsables hacia una solución concreta y efectiva para el problema inicialmente expuesto. De esta manera, se espera que el análisis facilite no solo la comprensión de las opciones disponibles, sino también su implementación en un contexto operativo que optimice los recursos y potencie las capacidades de los Zapadores Anfibios.

En primer lugar, cabe destacar que los criterios que se han tenido en cuenta para el análisis y comparación de las cuatro alternativas afectan y repercuten en la decisión, aunque en diferentes medidas.

Gracias a la encuesta realizada en el ANEXO IX, los expertos han determinado un orden de preferencia en cuanto a la implementación de las alternativas en los EZAN de las unidades del ET. Se observa una clara preferencia por la radio sumergible, ya que, como se ha analizado en el cuerpo del trabajo, uno de los problemas más críticos es la falta de comunicación eficaz entre los buceadores y la superficie, aspecto esencial para la seguridad y coordinación de las operaciones subacuáticas. La radio propuesta no solo solventa esta carencia, sino que además ofrece funcionalidades avanzadas que fortalecen la operatividad en condiciones de inmersión. Su diseño y capacidad de adaptación al entorno subacuático la convierten en una herramienta confiable y versátil, ideal para garantizar una comunicación fluida y continua. Por estas razones y por el impacto positivo que tendría en la eficiencia operativa, esta propuesta ha recibido el mayor respaldo entre los participantes.

Por otro lado, el Informe normalizado sobre reconocimiento perpendicular ha sido especialmente valioso para dos de los participantes en las encuestas. Consideramos que la baja cantidad de votos que ha recibido no se debe a la falta de importancia de la propuesta, sino a que su impacto en la operación no es tan directo o gradual como el de otras alternativas. Las demás propuestas ofrecen mejoras significativas en los procedimientos de reconocimiento, que la ficha de reconocimiento por sí sola no puede garantizar.

Además, el bajo costo asociado a la implementación de este informe no representa ningún inconveniente considerable, por lo que resulta recomendable su adopción y utilización. Esta alternativa podría implementarse sin generar dificultades relacionadas con la capacitación, los costos adicionales o la adaptación del personal. Se trata de una opción básica, clara y precisa, que contribuiría a mejorar el flujo y la coordinación entre las unidades, especialmente en lo que respecta al enlace y la comunicación.

La implementación del sistema ATAK se considera altamente beneficiosa para mejorar la planificación táctica y operativa, facilitando además la comunicación y coordinación en entornos hostiles. Sin embargo, el principal obstáculo de esta alternativa es la limitada formación disponible y la complejidad que presenta la aplicación. Actualmente, las unidades no cuentan con suficiente personal capacitado para asegurar la adecuada enseñanza y aprovechamiento del sistema ATAK. Además de la falta de seguridad y protección de datos con la que cuentan los usuarios, que dificulta la maniobra y la ejecución de la misión.

La propuesta de la boya sumergible, preferida por siete de los veinticinco participantes en la encuesta, representa una alternativa de gran valor que podría mejorar significativamente la seguridad y asegurar un enlace satelital confiable en entornos acuáticos. Esta opción ha sido considerada casi tan relevante como el sistema ATAK, con solo un voto de diferencia. Sin embargo, aunque su implementación sería muy útil, también implicaría costos considerables que no todas las unidades podrían asumir, además de los requerimientos de formación necesarios



para su adecuado uso.

Tras analizar las prioridades establecidas en la resolución de la encuesta formulada y considerando la relevancia individual de los criterios relacionados con cada una de las propuestas, se estima adecuada la implementación tanto del Informe de reconocimiento acuático como de la radio sumergible. El informe, gracias a su facilidad de adaptación, resultaría especialmente útil no solo para los equipos, sino para las unidades en su conjunto, optimizando los procesos y procedimientos operativos.

Por otro lado, la incorporación de la radio sumergible representa un avance significativo en las operaciones subacuáticas, ya que mejoraría notablemente la comunicación entre buceadores y la superficie, factor clave para garantizar la seguridad y eficiencia durante las inmersiones. Esta herramienta aportaría un progreso claro en las capacidades de reconocimiento de los zapadores anfibios, incrementando la probabilidad de éxito en sus misiones mediante una comunicación confiable y continua en entornos acuáticos.

De esta manera, la implementación combinada de ambas propuestas reforzaría la operatividad y el desempeño de los equipos en misiones de alto riesgo, contribuyendo al logro de los objetivos estratégicos con mayor seguridad y precisión.

Finalmente, se considera que las propuestas desarrolladas y analizadas son, en su mayoría, ventajosas y útiles para la implementación en las unidades del ET, ya que aportan innovación y desarrollo tecnológico, así como facilidades en las operaciones. Podrían ser un buen modo de aportar mejoras y nuevas técnicas, derogando las anteriores que pueden estar anticuadas o poco adaptadas al actual combate.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), «Manual MP-403 Reconocimiento de Ingenieros», 2020.
- [2] Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), «Manual PD4-205 Acciones militares tácticas de reconocimiento», 2024.
- [3] Mando de adiestramiento y doctrina (MADOC), «Manual PD4-412 Intervención subacuática en el Ejército de Tierra», 2024.
- [4] David Clavero Tello, «La formación de los buceadores en el ET», *Ejército*, p. 116, 2019.
- [5] David Clavero Tello, «El Mando de Ingenieros 'El camino del ingenio'», *jército*, p. 132, 2008.
- [6] Juan Ivars Perelló, *Historia del Buceo*, Murcia: Mediterráneo, 1988, p. 396.
- [7] Manuel-Reyes García Hurtado, «"Se puede vivir sin respirar". Contexto teórico y marco práctico de los buzos en la Real Armada española en el siglo XVIII», Páginas. Revista digital de la Escuela de Historia. Universidad Nacional de Rosario, 2021. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7895782>. [Último acceso: 07 noviembre 2024].
- [8] «Historia de FEDAS: FEDAS, sus orígenes, su historia, su futuro», Federación Española de Actividades Subacuáticas, 16 octubre 2016. [En línea]. Available: <https://fedas.es/federacion-espanola-de-actividades-subacuaticas/historia-de-fedas/>. [Último acceso: 12 noviembre 2024].
- [9] «Company's History», Tecnosub, [En línea]. Available: <https://www.tecnosub.net/web.php?op=history>. [Último acceso: 16 octubre 2024].
- [10] José María Navarro García, «La nueva embarcación de los pontoneros del Ejército de Tierra», *defensa.com*, 21 febrero 2019.
- [11] Unidad de Escuela de Buceo. «Curso de Buceador de Asalto (Tomo 1)», Zaragoza, 2017.
- [12] «El ecosistema TAK: la coordinación militar se vuelve de código abierto», Tiradores de precisión GC, 17 Julio 2023. [En línea]. Available: <https://tiradoresprecision.com/el->



ecosistema-tak-la-coordinacion-militar-se-vuelve-de-codigo-abierto/. [Último acceso: 03 noviembre 2024].

[13] «Our solution: Military», TAK.gov, 2024. [En línea]. Available: <https://tak.gov/solutions/military>. [Último acceso: 9 octubre 2024].

[14] Sargento Rico, Interviewee, [Entrevista]. 10 octubre 2024.

[15] Cabo Santiago, Interviewee, [Entrevista]. 22 Octubre 2024.

[16] «Consideraciones sobre MANET de alta capacidad», Menpro and Persistent System.

[17] «MPU5, The world's first smart radio», Persistent Systems, [En línea]. Available: <https://www.persistentsystems.com/mpu5/>. [Último acceso: 7 octubre 2024].

[18] Sargento 1º Fernández. Interviewee, [Entrevista]. 18 Octubre 2024.

[19] «Applied Acoustics: Underwater tracking, How does it work?», AAE technologies, 9 abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.aaetechnologiesgroup.com/news/underwater-tracking-how-does-it-work/>. [Último acceso: 23 octubre 2024].

[20] «How it works», Navimate. GPS for divers, 23 enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.navimate.com/>. [Último acceso: 26 octubre 2024].



ANEXOS

ANEXO I

ENTREVISTA AL SOLDADO TRUJILLO (EXPERTO BUCEADOR CIVIL)

1. ¿Cómo se llama tu empresa y a qué os dedicáis exactamente?

El centro de buceo se llama Mobula dive, somos un centro ubicado en el norte de la Tenerife, nos encargamos desde la formación de futuros buceadores, en todos sus niveles hasta la formación profesional en el mundo del buceo. Somos un centro que por la suerte de la zona estamos especializados en buceos de cueva ya que en su día el volcán nos dejó un gran regalo para disfrutar.

2. ¿Podrías explicar un poco por encima con el material que contáis?

El centro cuenta con una sala de recepción, diferentes equipos y tallas de trajes para que las personas que vengan de fuera puedan alquilar su equipo y para la gente que viene a formarse con nosotros, cuentan con dos compresores para la carga de 6 botellas, un aula para la teoría y una zona húmeda para el secado de los equipos y un vestuario con baños y duchas. [...]

3. ¿Qué tipo de sistema de comunicaciones tenéis?

Disponemos de una radio con frecuencia marina, puesta en el barco para cualquier emergencia en el mar y varias escafandras Ocean Reef Comunicador GSM Cube3 para los trabajos de realización cinematográfica.

4. ¿Tenéis alguna manera de localizar a los buceadores sumergidos desde la superficie?

Siempre en cualquier inmersión desde barco, los buceadores van dirigidos por uno de nuestros guías, en el barco por seguridad se queda un barquero que desde superficie se guía por las burbujas de los reguladores que llegan a superficie o cada buceador por ley tienen que llevar una boya DECO (Detonador Completo), que en casa de una pérdida por desorientación o cualquier otro motivo la lanzará para que el barquero acuda a su ayuda.

5. ¿Cuál considera que es la principal carencia en el mundo del buceo?

Desde mi punto de vista como Instructor Trainer de Buceo, la principal carencia que veo día a día en este mundo es la falta de formación. Hoy en día pagan un curso y ya se hacen instructores que pueden formar a cualquiera sin ellos tener un nivel de formación, y ahí nos llegan a nosotros los problemas cuando llevamos a buceadores que por su titulación para nosotros es experto y al entrar por ejemplo en una cueva nos llegan los problemas.



ANEXO II

ENTREVISTA AL CABO MAYOR GARRIDO (EXPERTO BUCEADOR CIVIL)

1. ¿Cómo se llama tu empresa y a qué os dedicáis exactamente?

La empresa es la Escuela de buceo recreativo y técnico. Su principal cometido es el de organización de salidas y viajes de buceo.

2. ¿Podrías explicar un poco por encima con el material que contáis?

El material con el que contamos actualmente es material de buceo completo para hasta grupos de 15 personas. Disponemos de compresor de carga y treinta botellas de diferentes capacidades.

3. ¿Qué tipo de sistema de comunicaciones tenéis?

Para comunicaciones de buceadores con superficie sólo cabos y boyas de señalización q depende del color tendrá un significado u otro.

4. ¿Tenéis alguna manera de localizar a los buceadores sumergidos desde la superficie?

El seguimiento de los buceadores se lleva a cabo o se plantea con dichas boyas o seguimiento de burbujas.

5. ¿Cuál considera que es la principal carencia en el mundo del buceo?

Por mi experiencia en el campo considero que actualmente faltan sobre todo formadores de calidad que aporten conocimientos valiosos y productivos para los cursos.



ANEXO III

FICHA DE RECONOCIMIENTO DE OBSTÁCULO

UNIDAD:	N.º RECO.:	FECHA RECO.:
JEFE DEL RECONOCIMIENTO:		
OBJETO DEL RECONOCIMIENTO:		
ZONA, EJE, PUNTO, OBJETIVO, OBRA.:		
CARTOGRAFÍA:		
COORDENADAS:	DATUM:	
ACTUALIZA/MODIFICA EL RECONOCIMIENTO N.º ____ DE FECHA ____		

PLANO DE SITUACIÓN
Escala 1:xxx

CROQUIS O FOTOGRAFÍA

B.13.1. Características generales

DESCRIPCIÓN DEL OBSTÁCULO:	
BATIDO POR EL FUEGO (SÍ/NO):	TIPOS DE ARMAS:
BORDEABLE (SÍ/NO):	
SEÑALIZACIÓN:	
OBSERVACIONES:	

En caso de que el obstáculo contuviera minas, se tendrán en cuenta las fichas incluidas en las publicaciones de minado y contraminado.



Marina Quirós Bielsa

ANEXO IV

FICHA PROPUESTA DE RECONOCIMIENTO ANFIBIO PARA LOCALIZACIÓN DE OBSTÁCULOS SUBACUÁTICOS (RECONOCIMIENTO PERPENDICULAR)

UNIDAD:	N.º RECO.:	FECHA RECO.:
JEFE DEL RECONOCIMIENTO:		
OBJETO RECONOCIMIENTO:		
ZONA, EJE, PUNTO, OBJETIVO, OBRA...:		
CARTOGRAFÍA:		
COORDENADAS:	DATUM:	
ACTUALIZA/MODIFICA EL RECONOCIMIENTO N.º _____ DE FECHA _____		

PLANO DE SITUACIÓN
Escala 1: xxx



CROQUIS O FOTOGRAFÍA DE LA SITUACIÓN

TABLA DE RECONOCIMIENTO PERPENDICULAR:

	25 ia	20 ia	15 ia	10 ia	5 ia	5 da	10 da	15 da	20 da	25 da
Nº										
	25 ib	20 ib	15 ib	10 ib	5 ib	5 db	10 db	15 db	20 db	25 db

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

N.º:	
RECUADRO:	OBSTÁCULO:
DISTANCIA CARRETEL (m):	PROFUNDIDAD SUP-OBST:
DESCRIPCIÓN:	
BATIDO POR EL FUEGO (SI/NO):	TIPO DE ARMAS:



Marina Quirós Bielsa

FOTOGRAFÍA PERFIL BALIMÉTRICO:

--

ANOTACIONES ADICIONALES

--



ANEXO V

ENTREVISTA AL CABO SANTIAGO DE LA COA DEL RPEI 12

1. ¿A qué unidad perteneces y cuánto tiempo llevas en ella?

Estoy destinado en el Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros 12 desde el 2011 y encuadrado en la Compañía de Operaciones Anfibias desde enero de 2015, año en el que hice el curso de Buceador elemental y Nadador de Salvamento y Rescate, posteriormente en 2017 hice los cursos de Buceador de Asalto y Zapador Anfibio.

2. ¿Generalmente con qué medios cuenta la COA?

Contamos con equipos de nadador de superficie, entre los que se incluyen detectores, material de montaña para infiltraciones por terrenos difíciles como barrancos y un dron tipo HUGINN, actualmente en estudio por fallos en el sistema. Tenemos equipos de buceo de aire, con los cuales se realizan búsquedas, reflotes e inmersiones profundas, equipos de Circuito Cerrado para infiltraciones tácticas y equipos de Suministro desde superficie para realizar todo tipo de trabajos subacuáticos. También disponemos de embarcaciones a remo, como kayak e IBS y a motor, Zodiac470, Supercat, Hurricane y la más reciente Vengador.

3. ¿Qué tipo de procedimientos lleváis a cabo para localizar la posición de objetivos o de buceadores en el medio acuático?

Para localizar la posición de objetivos podemos distinguirlo entre dos procedimientos según la ambientación:

Permisiva, en la que se realizan búsquedas con equipos de aire ya sea mediante filieres si es un área o circulares si es un punto en concreto. Y hostil, realizando búsquedas con equipos de Circuito Cerrado llevando a cabo reconocimientos perpendiculares siguiendo la línea hacia la playa. Una vez encontrada la amenaza y si se encuentra dentro de nuestras capacidades se procede a la colocación de explosivo para su destrucción o a la marcación para un reconocimiento por parte de equipos EOR o EOD si se tratara de UXOS o IED. Actualmente, la sección de reconocimiento cuenta con 4 EOR.

4. ¿Con qué medios de comunicación y enlace contáis?

Como medios de comunicación contamos con PNR500 y PR4G, aunque a nivel sección utilizamos la Baofeng.

5. ¿Cuál consideras que es la principal carencia de los equipos de buceadores del ET?

La principal carencia es el personal formado, pero en cuanto a material, podemos distinguir varias necesidades:

- *Comunicaciones. Necesitamos una radio polivalente con el estándar necesario para poder portarla durante las inmersiones y establecer enlace una vez llegados a playa.*
- *Navegación subacuática. Modernización en los sistemas de navegación subacuática con Circuito Cerrado mediante sistemas con posicionamiento GPS por medio de boya y acelerómetros.*
- *Detección subacuática. Modernización en los sistemas de detección de amenazas. Actualmente existen equipos de reconocimiento mediante sonar pudiendo ser empleados en aguas con visibilidad reducida.*



ANEXO VI

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MPU 5 [16]

CONECTORES LATERALES	PTT/EUD (2) Canales PTT Serial RS-232 USB Host MyDP Salida de vídeo	DATOS 10/100 Mbps Ethernet serie RS-232 USB en movimiento	RoIP PTT, altavoz y micrófono Serial RS-232 USB Host Carrier Sense
ORDENADOR DE A BORDO	Procesador: 1 GHz Quad Core ARM Memoria RAM: 2 GB	Almacenamiento : 128 GB de flash Sistema operativo Wave Relay OS	API de desarrollador basada en navegador web para personalización
GESTIÓN DE REDES	Ethernet 10/100 Mbps integrado de serie a Ethernet	Integración y extensión Red de capa 2 sin interrupciones Cloud Relay™ compatible	Protocolos Algoritmos avanzados de multidifusión Compatible con IPv4 e IPv6 Servidor DHCP integrado USB RNDIS Host y dispositivo
ADMINISTRACIÓN	Interfaz de administración web Basado en navegador web Seguro Accesible de forma remota	Firmware y software Actualización de firmware de red Instalación de APK de red	Seguridad Reclave local o inalámbrica Clave local o inalámbrica cero
VÍDEO	Entrada de vídeo 3G-SDI compuesta Salida de vídeo vídeo HDMI Compresión de vídeo H.264 Codificación y decodificación Escalado nativo Flujo de transporte MPEG	Velocidades de bits de 250 Kbps a 5,25 Mbps Velocidades de fotogramas : 30 fps, 60 fps disponibles a 720p Resoluciones 1080p (1920×1080) 720p (1280×720) Estándar (720×480) VGA (640×480) QVGA (320×240)	Protocolos de red: UDP, multidifusión , UDP, unidifusión , RTP Pantalla Pantalla externa por cable Compatible con EUD comerciales Compatible con televisores o monitores



Marina Quirós Bielsa

AUDIO

Push-To-Talk

16 grupos de conversación Operación simultánea de 2 canales

Tonos

PTT Pulsado
Canal Liberado
Ocupado
Anulación de Flash Batería Baja

Compatibilidad

Cisco IPICS/Par trenzado WAVE

Radios RoIP

Tether LMR

Compatibilidad

Cisco IPICS/Par trenzado WAVE

RADIO

Para conocer las especificaciones de radio, consulte [Especificaciones del módulo de radio](#)

SEGURIDAD

Modos criptográficos

CTR-AES-256 Cifrado
SHA-256 HMAC

Batería de retención de **llaves**

de 30 días

Aceleración criptográfica **de hardware**

Algoritmos
CNSA

Llave de 2 manos Llave cero
sin alimentación

MANET

Relé de onda **MANET**
Autoformado/Curación
Peer-to-Peer
Sin Nodo Maestro*

Tiempo **de entrada del nodo** <1 seg

Número máx. de lúpulos
sin límite

Número máx. de nodos
sin límite

Distancia máx. entre nodos:
130 mi



ANEXO VII

ENTREVISTA AL SARGENTO 1º FERNÁNDEZ (VETERANO ZAPADOR ANFIBIO)

1. ¿Hace cuánto tiempo que tiene el curso de zapador anfibio?

El curso de BUAP (Buceador de Apoyo) desde el 2006. Después en 2015, me capacité como buceador elemental. Un año más tarde, realicé el curso de Buceador de Asalto (en 2016) y acabé con el título de Zapador Anfibio en el mismo año.

2. ¿En qué unidades ha devengado el curso?

- *BZ VII Secc. de reconocimiento y luego pasó a llamarse SEREDEX (BRILAT).*
- *BZ XVI SEREDEX (Tenerife).*
- *COA en el RPEI 12.*
- *EMB (Cartagena) en comisión de 6 meses como profesor.*

3. ¿Cree que han evolucionado los equipos de zapadores anfibios respecto a cuando estaba usted?

Por mi experiencia he podido notar que no ha habido una evolución, en plantilla siguen igual, pero de personal ha ido a peor.

4. ¿Con qué medios de comunicación ha contado en el pasado como zapador anfibio?

He contado con medios de dotación logística muy simplistas, no adecuados para la totalidad de los cometidos específicos en el medio acuáticos y medios que no son de dotación logística como walkies Baofeng. luego había otros para comunicación cuando se trabajaba con casco (SDS) que eran más efectivos.

5. ¿Cuál es la principal carencia que ve actualmente en estos equipos?

El personal, no hay personal suficiente debido seguramente a considerarles recurso crítico al personal de tropa, por lo que no quieren hacer los cursos de asalto y anfibio, ya que luego no pueden pedir a ninguna otra vacante, con lo cual se quedan en buceadores elementales que no tienen restricciones para poder moverse a otros destinos que no sea vacante de buceador.



ANEXO VIII

ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA BOYA SATELITAL PARA BUCEADORES

Evaluación de riesgos									
ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida	Tendencia
1	Fallo en componentes de la boya (GPS, transmisor o batería)	Mal mantenimiento y comprobación del sistema por parte del equipo de buceadores o de la empresa responsable	H	2	2H	Ralentizar o no llevar a cabo la misión de reconocimiento.	Realizar una revista del material y su funcionamiento previa.	1M	Decreciente (-)
2	Desestabilidad y deterioro de la boya.	Malas condiciones meteorológicas (tormentas, fuertes oleajes o niebla).	M	2	2M	Desgaste del sistema y reducción de su vida útil.	Tener en cuenta la meteorología cuando se realiza el ejercicio.	1L	Igual (=)
3	Pérdida o dificultad para la comunicación	Interferencias acústicas u obstáculos físicos.	H	3	3H	Dificultades para garantizar el cumplimiento de la misión.	Realizar pruebas de enlace en el medio previo al ejercicio.	3M	Decreciente (-)
4	Falta de entrenamiento o conocimiento del sistema.	Poca formación del sistema de localización a los buceadores.	L	1	1L	Llevar a cabo el proceso de obtención de información de un modo menos eficaz.	Proponer jornadas de instrucción para familiarizarse con el material.	1L	Igual (=)
5	Daños ambientales.	Una mala gestión de la instalación en el medio acuático.	H	1	1H	Perjudicar el medioambiente.	Revisar el sistema con anterioridad, evitando desgastes futuros.	1M	Igual (=)
6	Impacto de especies marinas.	Presencia de especies marinas que deterioren el sistema.	M	2	2M	Daños en la parte exterior del sistema.	Estudiar la zona para prever las especies marinas existentes.	2M	Igual (=)
7	Desajuste del Sistema boya-carretel	Mala preparación o mantenimiento de las fuentes de enlace entre ellos.	H	2	2H	Deterioro del sistema y mala ejecución del procedimiento.	Revisar y comprobar el sistema con anterioridad.	1M	Decreciente (-)

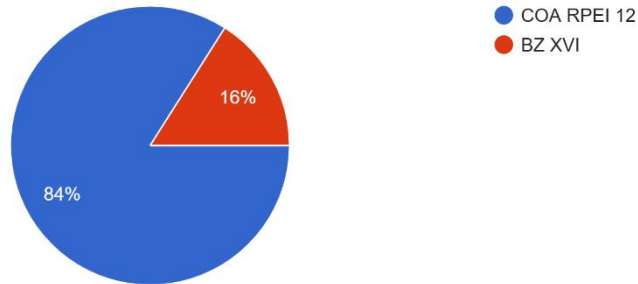


ANEXO IX

ENCUESTA REALIZADA A EXPERTOS BUCEADORES DEL ET PARA EL MÉTODO AHL

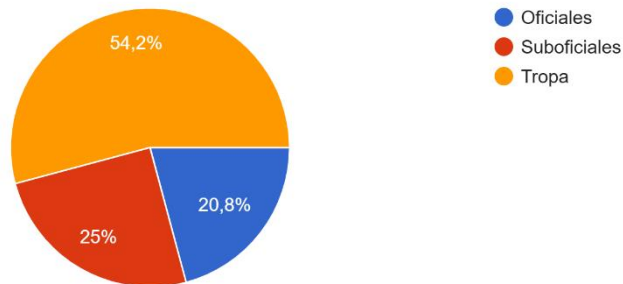
¿A qué unidad del ET pertenece?

25 respuestas



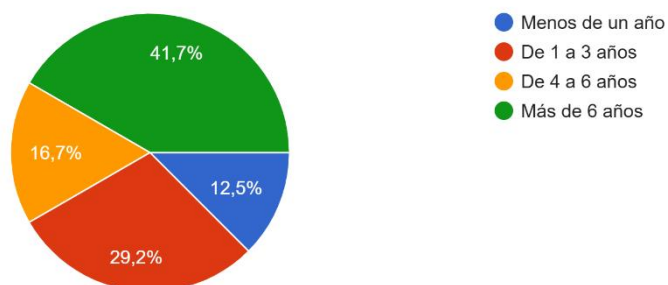
¿A qué escala del ET pertenece?

24 respuestas



¿Hace cuánto tiempo es titulado del curso de Zapador Anfibio?

24 respuestas

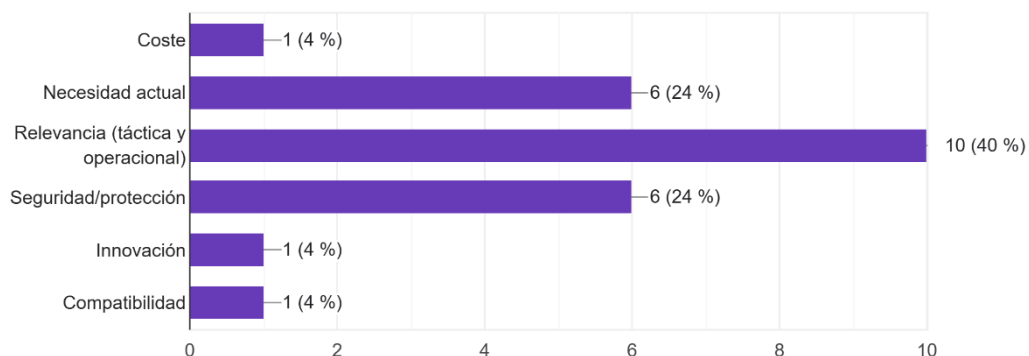




Marina Quirós Bielsa

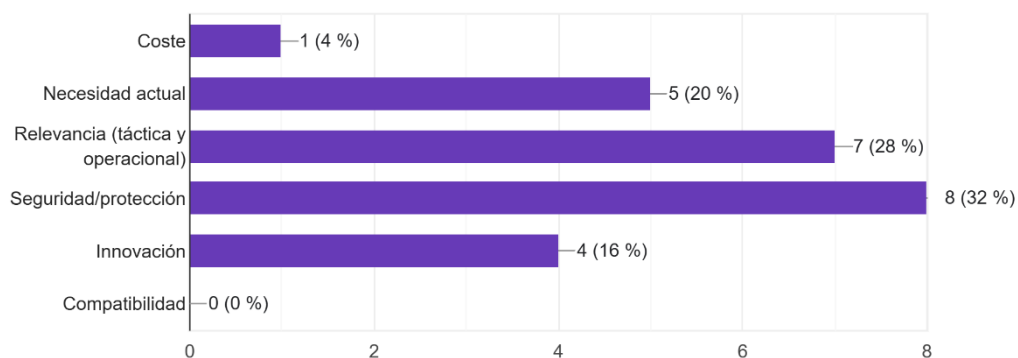
Diga cual de estos criterios pondría en posición 1 (más importante), para la obtención de nuevos medios en los EZAN (Equipos de Zapadores Anfibios)

25 respuestas



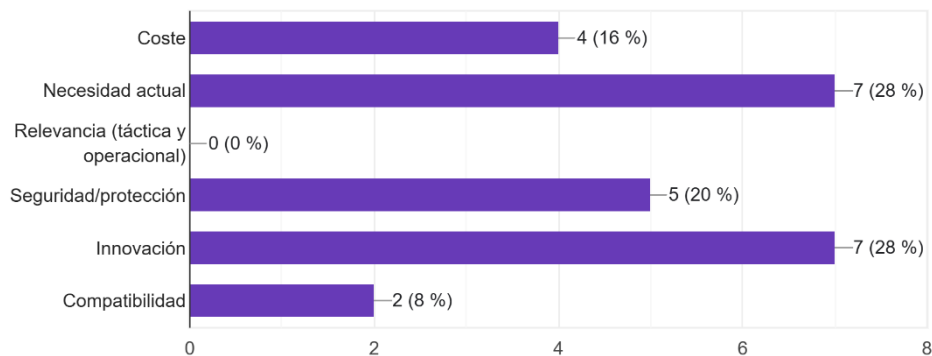
Diga cual de estos criterios pondría en posición 2, para la obtención de nuevos medios en los EZAN (Equipos de Zapadores Anfibios)

25 respuestas



Diga cual de estos criterios pondría en posición 3, para la obtención de nuevos medios en los EZAN (Equipos de Zapadores Anfibios)

25 respuestas

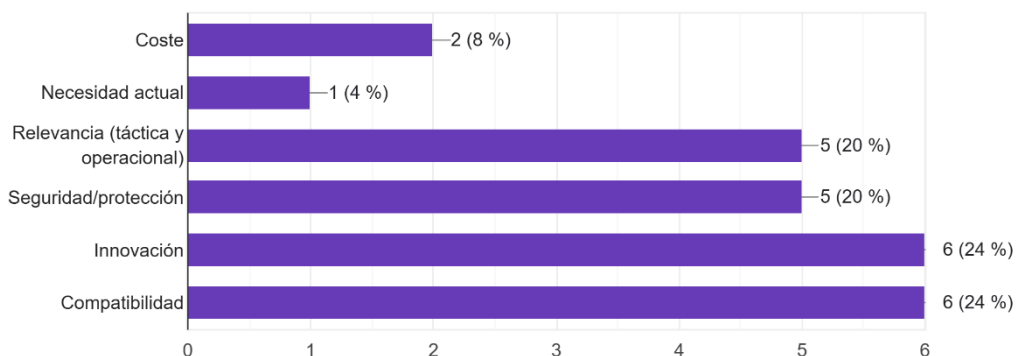




Marina Quirós Bielsa

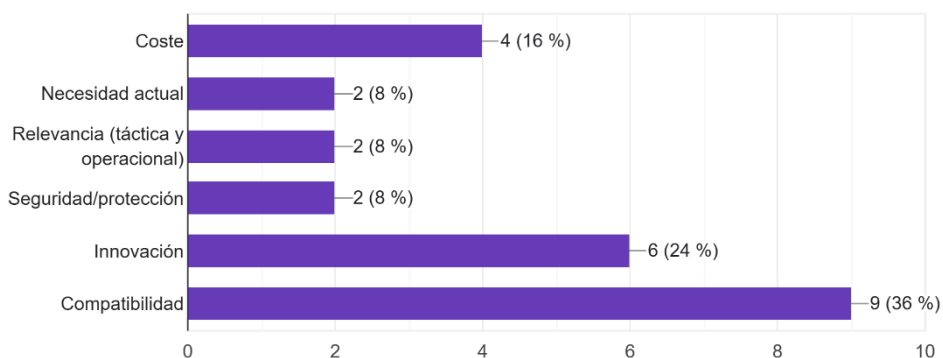
Diga cual de estos criterios pondría en posición 4, para la obtención de nuevos medios en los EZAN (Equipos de Zapadores Anfibios)

25 respuestas



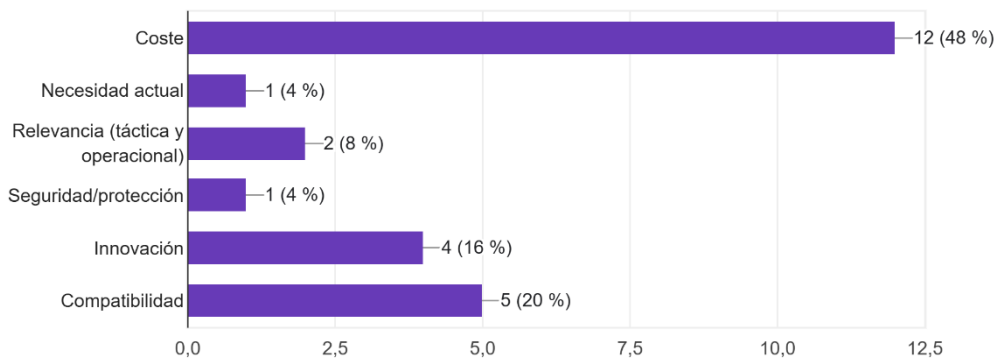
Diga cual de estos criterios pondría en posición 5, para la obtención de nuevos medios en los EZAN (Equipos de Zapadores Anfibios)

25 respuestas



Diga cual de estos criterios pondría en posición 6, (la menos importante) para la obtención de nuevos medios en los EZAN (Equipos de Zapadores Anfibios)

25 respuestas





Marina Quirós Bielsa

¿Cuál de estas cuatro propuestas le parece más útil para las unidades de reconocimiento anfibio?

24 respuestas

