

# Trabajo Fin de Grado

Material de observación a implementar en la  
Sección de Reconocimiento de un Batallón  
Acorazado y cómo adecuarlo a los sistemas de  
Mando y Control actuales.

Autor

Víctor Alonso Morán

Directores

Director académico: Dra. Vera Cuartero Yagüe.  
Director militar: Cap. Víctor Lanas Heras

Centro Universitario de la Defensa - Academia General Militar  
Año 2020

**[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento:*

*A la Brigada Guadarrama XII, al Regimiento Acorazado “Alcázar de Toledo” 61 y al Batallón “León” por la acogida y toda la ayuda prestada.*

*A toda la Compañía de Mando y Apoyo, por hacerme sentir desde el primer día como uno más.*

*Al Capitán Lanas por su plena disposición, entrega e implicación en este trabajo.*

*A la Dra. Cuartero por sus consejos, orientaciones y plena disponibilidad.*

*Al Sargento Primero Galván y a la Sargento Primero Sanz por toda la ayuda, documentación e información técnica dada acerca de los drones y los sistemas de transmisiones.*

*Al Capitán de Toro y al Subteniente Trujillo por sus orientaciones y disponibilidad.*

*Al Teniente Quijano junto al que realicé las prácticas externas y del que aprendí durante este mes y medio.*

*Y en general a todos aquellos que con su ayuda, testimonios e impresiones han colaborado en mayor o menor medida con este proyecto.*

*Por último, no quisiera olvidarme ni de mis compañeros de promoción ni de mi familia, por su apoyo incondicional durante estos años de formación.*

*Pero sobre todo, quiero expresar mi agradecimiento a mi pareja Marta, por suponer la sólida retaguardia que todo militar necesita.*

# Resumen

La Sección de Reconocimiento (SERECO) de cualquier Batallón de Infantería es la punta de vanguardia de su Teniente Coronel, sus ojos. La SERECO ofrece información determinante y crucial en muchas operaciones y por ello debe contar con el material y medios adecuados para tales cometidos.

Sin embargo, esto no es así cuando se habla de un batallón acorazado. Los batallones acorazados del Ejército de Tierra (ET) utilizan carros Leopard 2E, desde los que se combate siempre embarcado. Por vicisitudes relacionadas con cuestiones militares, la SERECO utiliza vehículos diferentes a los de la unidad que apoya ya que debe poseer la capacidad de desembarcar o embarcar su personal en cualquier momento y situación.

En la actualidad, las capacidades de observación que poseen los vehículos que emplean estas unidades de reconocimiento, son inferiores que las de los carros de combate. Es decir, la vanguardia ve peor que la unidad apoyada.

Este trabajo pretende proporcionar soluciones que solventen en parte o en su totalidad esta carencia. Sin olvidar la vital integración de estas propuestas en los sistemas de Mando y Control actuales del ET. No solo es fundamental conseguir captar esta información de oportunidad, sino tener la capacidad de transmitirla al mando de una manera eficaz, para acelerar el planeamiento y la conducción de operaciones.

Para realizar este proyecto se han empleado una serie de herramientas y métodos de trabajo aprendidos a lo largo del Grado; para conocer la situación actual, identificar las necesidades, proponer alternativas y analizar su viabilidad y adaptación.

Como resultado, se obtiene la propuesta de adquisición de determinados materiales y cómo se adecuarían a los sistemas de Mando y Control actuales.

Si se añadiesen estos medios a la SERECO, no solo se conseguiría dotar a esta unidad del material necesario para cumplir satisfactoriamente sus misiones, aumentando y potenciando la eficacia y eficiencia de las unidades acorazadas, sino que además se alcanzaría el nivel de otros ejércitos aliados líderes en tecnología.

# Abstract

The Scout Platoon of any Infantry Battalion is the leading edge of its Lieutenant Colonel, his eyes. The Scout Platoon offers decisive and crucial information in many operations and therefore must have the appropriate material for such tasks.

However, when speaking of an Armored Battalion this is not the case. The armored battalions of the Spanish Army use Leopard 2E tanks, from which they always fight on board. Due to military issues, Scout Platoons use vehicles different from those of the unit they support, since they must have the capacity to disembark or embark its personnel at any time and situation.

Nowadays, the observation capabilities of the vehicles that use these reconnaissance units are lower than those of the battle tanks. In other words, the vanguard sees worse than the supported unit.

This study aims to provide solutions that partially or totally solve this difference, without forgetting the vital integration of these proposals in the current Command and Control systems of the Spanish Army. It is not only essential to capture this information of opportunity, but also to have the ability to transmit it to the responsible commander in an effective way.

To carry out this project and to know the current situation, identify needs, propose alternatives and analyze their viability and adaptation, series of tools and work methods learned throughout the Degree have been used.

As a result, the proposal for the acquisition of certain materials is obtained and how they could be adapted to the current Command and Control systems.

If these materials were added to the Scout Platoon, it would not only be possible to provide this unit with the necessary material to successfully fulfill its missions, increasing and enhancing the effectiveness and efficiency of the armored units, but it would also reach the level of other leading allied armies in technology.

# Índice

<b>Lista de Acrónimos .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>11</b>
1.1. Estructura de la memoria.....	11
1.2. Contextualización del trabajo .....	12
1.3. Objetivos y Alcance .....	14
1.4. Metodología.....	14
<b>Capítulo 2. Estado del Arte.....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo 3. Material de observación .....</b>	<b>22</b>
3.1. Identificación del problema .....	22
<b>3.1.1. Entrevistas .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2. Diagrama de Ishikawa.....</b>	<b>25</b>
3.2. Análisis de las alternativas .....	27
<b>3.2.1. Modelo de Kano .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2. Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades).....</b>	<b>29</b>
3.3. Resultados.....	32
<b>3.3.1. Vehículo de observación tipo VERT .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.2. Vehículo de adquisición de datos VCOAV .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.3. Plataforma de observación tipo LRAS3/SERT .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.4. RPAS/UAV Clase I Micro/Mini.....</b>	<b>34</b>
3.4. Selección y propuestas .....	35
3.5. Adecuación a los sistemas de Mando y Control actuales en el ET .....	39
<b>Capítulo 4. Conclusiones y línea de investigación futura.....</b>	<b>40</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>41</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>44</b>
Anexo A. Modelo de entrevista a jefes de unidades de reconocimiento.....	44
Anexo B. Modelo de entrevista a jefes de Compañía de Mando y Apoyo.....	45
Anexo C. Modelo de entrevista a jefe de BICC. ....	46
Anexo D. Modelo de entrevista a expertos en transmisiones.....	48

Anexo E. Modelo de entrevista a pilotos de Mini RPAS Raven .....	48
Anexo F. Modelo de entrevista a piloto dueño del dron Mavic 2 Pro.....	49
Anexo G. Imágenes captadas con el dron Mavic 2 Pro durante diferentes períodos de instrucción llevados a cabo por la unidad.....	50
Anexo H. Estructura orgánica de la SERECO .....	52
Anexo I. Tabla clasificación tipos de reconocimiento. ....	53
Anexo J. Accesorios y cargas útiles compatibles con el dron Matrice 210.....	54
Anexo K. Tabla grados de protección IP.....	55

# Índice de figuras y tablas

Figura 1 - Carro de combate Leopard 2E del ET. (Elaboración propia). ....	12
Figura 2 – Transporte Oruga Acorazado (versión portamortero pesado). (Fuente: página web Ejército de Tierra). ....	13
Figura 3 - Sistema de observación y vigilancia LRAS3 (Estados Unidos). (Fuente: Informe respuesta 2096 R del OFEN en el CAC US Army). ....	17
Figura 4 – VERT (Fuente: Página Web Ejército de Tierra). ....	18
Figura 5 – VCOAV (Fuente: elaboración propia). ....	18
Tabla 1– Clasificación RPAS (Fuente: DGAM). ....	19
Figura 6 - Raven RQ - 11B (Fuente: elaboración propia). ....	20
Figura 7 – Esquema de los diferentes factores clave de “Fuerza 35” (Fuente: Fuerza 35. Ejército de Tierra)....	21
Tabla 2 – Respuestas de los entrevistados sobre las insuficiencias en las capacidades de la SERECO (Fuente: elaboración propia). ....	23
Tabla 3 – Calificación de la capacidad de observación de la SERECO por parte de los entrevistados (Fuente: elaboración propia).....	24
Tabla 4 – Resultados obtenidos ante las alternativas de material de observación a implementar planteadas. (Fuente: elaboración propia). *Con un “O” se ha señalado la segunda opción marcada por algunos entrevistados.....	25
Figura 8 - Diagrama de Ishikawa de los factores de relevancia en la carencia de capacidad de observación. (Fuente: Elaboración propia). ....	26
Tabla 5 – Análisis de las características del material de observación a implementar según el modelo de Kano. (Fuente: elaboración propia). ....	28
Tabla 6 – Análisis DAFO para vehículo de observación tipo VERT. (Fuente: elaboración propia). ....	30
Tabla 7 – Análisis DAFO para vehículo de adquisición de datos tipo VCOAV. (Fuente: elaboración propia). ....	30
Tabla 8 - Análisis DAFO para plataforma de observación tipo LRAS3/SERT. (Fuente: elaboración propia). ....	31
Tabla 9 – Análisis DAFO para RPAS Clase I Mini/Micro. (Fuente: elaboración propia). ....	31
Figura 9 – Interior del VCOAV. (Fuente: elaboración propia). ....	33
Tabla 10 – Comparativa posibles RPAS SERECO “Fuerza 35”. (Fuente: elaboración propia). *Raven DDL es la versión destinada a actualizar al actual Raven RQ-11B....	36
Figura 11 – Radar Chart de las características más representativas de los drones propuestos a implementar. (Fuente: elaboración propia). ....	38
Tabla 11 – Comparativa propuesta drones DJI a implementar (Fuente datos: elaboración propia).....	38
Figura 12 – BMS en TOA. (Fuente: elaboración propia).....	40

# **Lista de Acrónimos**

AGM	Academia General Militar
BICC	Batallón de Infantería de Carros de Combate
BMS	Battlefield Management System
CAC	Combined Arms Center
CC	Carros de Combate
C-RPAS	Counter Remotely Piloted Aircraft System
CUD	Centro Universitario de la Defensa
C-UAS	Counter Unmanned Aerial System
C-UAV	Counter Unmanned Aerial Vehicle
DAFO	Debilidades Amenazas Fortalezas y Oportunidades
DIDOM	Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales
ISTAR	Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance
ET	Ejército de Tierra
LRAS3	Long Range Advanced Scout Surveillance System (tercera versión)
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina
MAPO	Compañía de Mando y Apoyo
OFEN	Oficial de Enlace
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
RIAC	Regimiento de Infantería Acorazada
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SDG PLATIN	Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación
SERECO	Sección de Reconocimiento
SERT	Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre
SIGLE	Sistema Integral de Gestión Logística del Ejército
SOPT	Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica

TFG	Trabajo de Fin de Grado
TOA	Transporte Oruga Acorazado
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VCOAV	Vehículo de Combate de Observador Avanzado
VERT	Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre

# Capítulo 1. Introducción

Esta memoria muestra los resultados del Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería de Organización Industrial, impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar.

Este trabajo, desarrollado en el Regimiento Acorazado (RAC) “Alcázar de Toledo” 61, con plaza en la base militar “El Goloso” (Madrid), surge de la necesidad de dotar a la Sección de Reconocimiento (SERECO) de su Batallón de Infantería de Carros de Combate (BICC) “León” de un material de observación óptimo para poder llevar a cabo sus misiones y cometidos de un modo satisfactorio. Además, es imprescindible que estas implementaciones sean perfectamente adaptables a los actuales sistemas de Mando y Control del Ejército de Tierra (ET).

## 1.1. Estructura de la memoria

La presente memoria se estructura en cinco capítulos, cuyos contenidos se describen a continuación.

- **Capítulo 1: Introducción.**

Durante esta fase se presenta el objetivo del trabajo, así como su contextualización dentro del ET. Se presenta brevemente la situación y las carencias actuales de los materiales de comunicación de la SERECO.

- **Capítulo 2: Estado del Arte.** Durante este capítulo se analizará la situación y el desarrollo de doctrinas y tendencias previas. Así como el modo en que otras Fuerzas Armadas solventan este problema.

- **Capítulo 3: Material de observación**

En este capítulo se justificará el proceso de selección de las diferentes alternativas y serán estudiadas conforme a la metodología aplicada.

- **Capítulo 4: Adecuación a los sistemas de Mando y Control actuales en el ET.**

Se expone la integración que tendría la información obtenida mediante las opciones propuestas, en los sistemas de Mando y Control, teniendo en cuenta las características y requerimientos fundamentales. Además se propondrán posibles líneas de investigación futura que este trabajo abre.

## 1.2. Contextualización del trabajo

En la actualidad los carros de combate Leopard 2E (ver figura 1) son la máxima expresión de la potencia de combate que tiene la Infantería, y por ende el ET. Ofrecen una potencia de fuego, precisión (debido a sus sistemas de tiro y observación) y movilidad que no iguala ningún otro sistema de armas del ET hasta el momento.



Figura 1 - Carro de combate Leopard 2E del ET. (Elaboración propia).

Estos medios acorazados se integran dentro de la estructura orgánica de la Fuerza Terrestre constituyendo batallones de combate. Dichas unidades de combate requieren de otras que apoyen sus misiones, por ello las llevan integradas dentro de su propia estructura. Estas unidades de apoyo, según su especialización, realizan tareas muy numerosas y diversas: logística, transmisiones, tareas de movilidad y contramovilidad, reconocimiento u obtención de información.

Esta memoria se centra en el estudio y análisis de una de estas unidades de apoyo, la SERECO y su material de observación.

La SERECO se encuentra encuadrada dentro de la Compañía de Mando y Apoyo (MAPO), que a su vez se encuadra dentro de los batallones anteriormente nombrados. Orgánicamente la SERECO se compone de dos pelotones de reconocimiento y un tercer pelotón de defensa contracarro. Pero dicha composición puede variar en función del tipo de batallón en el que este encuadrada (ver Anexo H). Sus misiones y cometidos específicos son muy diversos, entre los que destacan: numerosos tipos de reconocimiento (ver Anexo I) como el reconocimiento de una zona, el reconocimiento de un punto o el reconocimiento y jalonamiento de un itinerario. Otras acciones como el control del movimiento durante las marchas, el flanqueo de la unidad de maniobra, la constitución de una línea de vigilancia, puestos de observación y escucha o la constitución de la reserva. No obstante, para la eficaz consecución de todos ellos es importante una buena movilidad y esencial una buena capacidad de observación [1].

Como ya se citó, los carros de combate son los vehículos con mayor movilidad y capacidad de observación dentro del ET. Sin embargo, es importante indicar que la SERECO no está dotada de ellos por dos grandes motivos:

Por un lado, para cumplir con los cometidos señalados anteriormente, en ocasiones la propia SERECO deberá desembarcar a su personal, con el objetivo de desplegar su unidad para dividirla en elementos de entidad menor o para alcanzar alturas solo accesibles a pie desde las que observar. Dejando para ello los vehículos ocultos a retaguardia evitando ser detectados por el ruido, firma térmica, etc.

Así, actualmente las unidades de reconocimiento de los batallones acorazados se articulan en Transportes Oruga Acorazados (TOA) (ver figura 2), a pesar de ser vehículos que no llevan integrados ni tan siquiera sistemas de observación y además su tren de rodaje les ofrece una movilidad más reducida que la de los carros de combate.



**Figura 2 – Transporte Oruga Acorazado (versión portamortero pesado).** (Fuente: página web Ejército de Tierra).

Por otro lado, las últimas tendencias doctrinales, sugieren que todas las unidades de reconocimiento de los diferentes batallones de infantería, independientemente de que sean ligeros, motorizados, mecanizados o acorazados, deben ser completamente iguales. De lo contrario, se proporcionaría información al enemigo de qué tipo de unidad opera o maniobra en la zona, según el tipo de vehículos de reconocimiento que utiliza.

Doctrinas similares también se aplican en Ejércitos aliados de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) como el estadounidense [2] [3] [4]. Donde incluso se llegan a mezclar vehículos de ruedas con vehículos de cadenas dentro de estas secciones de reconocimiento, obteniendo así la polivalencia de poder apoyar a batallones de todo tipo (medios ruedas o medios cadenas). Además incrementan la movilidad, la flexibilidad y la capacidad de adaptación al terreno.

En definitiva, la SERECO presenta la limitación táctica de operar con vehículos inferiores en lo que a material y medios de observación se refiere, por lo que surge la necesidad de adquirir medios de observación que eliminen o compensen esta carencia.

Además, tan importante como captar la información adecuada en el momento idóneo, es hacerla llegar en tiempo y forma oportuna [1]. El jefe del batallón de carros necesita esa información para poder cumplir su misión y dar continuidad a la maniobra de su unidad. Por todo ello, también es primordial que este material de observación sea plenamente integrable a los medios de Mando y Control.

### 1.3. Objetivos y Alcance

El objetivo de este trabajo es, determinar cuál es el mejor material de observación a implementar teniendo en cuenta las características particulares de la SERECO y las diferentes alternativas posibles.

Una vez seleccionado, se estudiará cómo adecuarlo a los sistemas de Mando y Control que tiene en la actualidad el ET.

Para conseguirlo se abordará el problema desde una perspectiva múltiple, priorizando las siguientes características:

1. Material fácil y sencillo de manejar: es importante que la cualificación que necesite el personal que opere los dispositivos no requiera una alta especialización. De lo contrario estaríamos limitando el uso de estos medios.
2. Modulable y transportable: es primordial que el material pueda ser operado tanto desde el vehículo como a pie, y que además pueda ser utilizado en cualquiera de los vehículos del ET en los que pueda ir embarcada la SERECO.
3. Eficaz y eficiente: No solo es fundamental que el material cumpla con sus cometidos, sino que lo haga empleando la menor cantidad de recursos posibles.
4. Reparable o sustituible: resulta fundamental que la reparación del material de observación sea fácil y rápida. En caso contrario, se ha de disponer de la capacidad de transportar varios elementos de reposición en caso de avería.
5. Económicamente viable: se tratará de encontrar un compromiso entre los aspectos anteriores y el presupuesto que podría dedicarse a la adquisición de nuevo material, dentro de las posibilidades de la Unidad/Sección.

### 1.4. Metodología

A lo largo de la realización de este TFG, se han utilizado métodos y herramientas impartidos durante el Grado, que han sido seleccionados según su adecuación al problema abordado.

Con el fin de conseguir los objetivos anteriormente planteados, en la fase inicial se determina la situación actual de la capacidad de observación presente en una sección de reconocimiento de un batallón acorazado. Para ello, se han empleado fuentes tales como Publicaciones Doctrinales y Manuales de Instrucción y Adiestramiento de la Dirección de Doctrina, Orgánica y Material (DIDOM), publicaciones oficiales e informes del Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), de la Dirección General de Armamento y Materiales (DGAM) y de sus correspondientes órganos.

Además, con el objetivo de conocer las opiniones de los diferentes responsables de las áreas implicadas, se llevaron a cabo diferentes tipos de entrevistas.

Tras la identificación del problema se ha efectuado un Diagrama de Ishikawa (Causa-efecto) [5], con el fin de determinar las causas que favorecen la falta de observación y así determinar de un modo preciso y eficiente sobre qué actuar.

Reconocido el problema y su causa, queda fijado el objetivo: implementación de material de observación. Para el cual se realizó un perfil de los requisitos que debía alcanzar siguiendo el Modelo de Kano [5]. Esta herramienta de gestión de la calidad nos permite identificar y clasificar los distintos atributos según el grado de satisfacción que el cliente espera de un producto.

Tras el uso de las anteriores herramientas se conoce el problema presente, el efecto que produce, la principal causa y los requisitos que han de cumplir las posibles soluciones.

A continuación se está en disposición de examinar estas propuestas desde un punto de vista más integral. Para ello se efectúa el Análisis DAFO, [5] donde se estudian las Debilidades, las Amenazas, las Fortalezas y las Oportunidades de cada opción.

Finalmente serán presentados datos y aspectos técnicos de las alternativas escogidas como idóneas, en diferentes formatos para así facilitar su análisis, comparativa y selección.

## **Capítulo 2. Estado del Arte**

En el ámbito militar siempre ha sido un objetivo prioritario obtener información del terreno y del enemigo sin ser detectado. Dicha información es esencial y prioritaria en cualquiera de las fases del combate y no solo es empleada para el planeamiento previo de las operaciones, sino también para la conducción de éstas [1]. Por ello existen unidades dedicadas exclusivamente a estos cometidos, independientemente del tipo, tamaño o entidad de la unidad de combate.

La SERECO es la unidad encargada de la obtención de este tipo de información de oportunidad, haciéndolo de una manera directa y expedita para el jefe de un batallón.

Desde los orígenes de la táctica y la estrategia militar, la obtención de esta información se limitó a un mero reconocimiento visual con el material que la tecnología del momento permitía (monóculos, catalejos, prismáticos o teleobjetivos de todo tipo). Durante la segunda mitad del siglo XX, la potenciación de un nuevo elemento de combate como son los tiradores de precisión, facilitó el desarrollo y la incorporación de elementos de observación muy avanzados y con capacidades a este respecto muy elevadas.

Por ello, y con el fin de dotar a la SERECO de estos potentes medios de observación, los tiradores de precisión del batallón acababan siendo agregados a estas unidades de reconocimiento. Esta integración era realmente sencilla, ya que la formación de este elemento de combate se fundamentaba en aspectos como el movimiento silencioso, el dominio de la topografía y la adaptación al terreno. Aptitudes todas ellas, comunes a la SERECO.

No obstante, esta alternativa no solventaba la necesidad de captar (en imágenes o vídeo) la información, de tal modo que ésta pudiera ser enviada al puesto de mando. Además anulaba la posibilidad de que los tiradores pudieran actuar como un elemento de combate individual y aislado, que se estableciese en enclaves estratégicos desde los que observar y batir objetivos prioritarios.

La evolución tecnológica llevada a cabo durante la Guerra Fría y su continuación entrado el siglo XXI, favoreció la aparición de nuevas tecnologías [6] como las cámaras de visión diurna con potentes aumentos, la visión nocturna, la visión térmica, el telémetro láser o el manejo del espectro infrarrojo para la designación de objetivos y el guiado balístico. La combinación de todos estos elementos, favoreció la aparición de sistemas y plataformas de observación muy completas, que posteriormente fueron adaptadas para poder ser instaladas en vehículos.

Las posibilidades de estas plataformas son muy amplias. Además de las opciones anteriormente citadas, posibilitan una gran modularidad, por tratarse de estaciones independientes que pueden instalarse en cualquier tipo de vehículo que tenga una serie de adaptaciones previas.

Como ejemplo más representativo de los anteriores avances tecnológicos y su integración en la tecnología militar actual, puede verse en la figura 3 la plataforma

LRAS3 (*Long Range Advanced Scout Surveillance System*) de fabricación estadounidense. Con un coste por unidad de 160.000 dólares aproximadamente, posee cámara diurna, cámara térmica, visión nocturna, GPS integrado y telémetro láser con una precisión de hasta 5 metros. Un alcance máximo de observación de objetivos de hasta 10km. En la actualidad este completo sistema es utilizado por *the US Army* y *the US Marine Corps*<sup>1</sup>.



**Figura 3 - Sistema de observación y vigilancia LRAS3 (Estados Unidos). (Fuente: Informe respuesta 2096 R del OFEN en el CAC US Army).**

Sin embargo, la implementación de este tipo de estaciones de observación implica dos grandes limitaciones. En primer lugar, muchos de los vehículos a los que se les había adaptado la estación de observación, pierden su capacidad de hacer fuego, al emplearse para ello la torre donde va emplazado el armamento. En segundo lugar las unidades de observación quedan muy limitadas tácticamente, al ceñirse todas sus misiones a la posibilidad de ser cumplimentadas sobre vehículos. Con todas las servidumbres y limitaciones logísticas que éstos conllevan.

Siguiendo esta tendencia, en la actualidad el ET dispone de una plataforma vehicular denominada VERT (Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre) (ver figura 4), de dotación únicamente en unidades de Caballería. Estos vehículos incorporan una plataforma de observación denominada SERT (Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre) con características similares al LRAS3. Paralelamente, se está desarrollando el prototipo de un vehículo equivalente para las unidades de artillería,

<sup>1</sup>Fuente: <https://www.deagel.com/Sensor%20Systems/LRAS3/a001628>. (Consultado el 21 de octubre de 2020).

denominado VCOAV (Vehículo de Combate del Observador Avanzado) (ver figura 5). Esta plataforma tendría como fin la adquisición de los datos necesarios (distancias, datos del terreno, datos meteorológicos, etc.) para efectuar y corregir los fuegos de artillería.

Estas opciones han sido descartadas para la SERECO de un BICC, por los motivos analizados en el siguiente capítulo.



**Figura 4 – VERT (Fuente: Página Web Ejército de Tierra).**



**Figura 5 – VCOAV (Fuente: elaboración propia).**

Es en este contexto y gracias a los recientes avances tecnológicos, cuando aparecen los vehículos aéreos no tripulados (UAV), también conocidos como sistemas aéreos controlados remotamente (RPAS), sistemas aéreos no tripulados (UAS) o simplemente drones<sup>2</sup>. Estas alternativas aúnan la capacidad de instalar en estos terminales los completos sistemas ópticos anteriormente nombrados sin la necesidad de un vehículo. Incluso pueden ser utilizados por personal a pie.

Es necesario señalar que existen numerosas formas de categorizar los drones. Según su tamaño, según su forma, según su alcance, según su autonomía, según su uso, etc. Esta memoria se basará en la clasificación que hacen de ellos la Dirección General de Armamento y Materiales (DGAM) del ET (ver tabla 1).

CLASE	CATEGORÍA	EMPLEO HABITUAL	ALTURA DE OPERACIÓN NORMAL	RADIO DE MISIÓN
<b>CLASE I (&lt;150 Kg)</b>	MICRO < 66 Julios	Subunidad táctica (lanzamiento manual). Operadores individuales	Hasta 200 ft AGL	Hasta 5 Km
	MINI < 15 Kg	Subunidad táctica (lanzamiento manual). Operadores individuales	Hasta 3.000 ft AGL	Hasta 25 Km
	SMALL >15 Kg <150 Kg	Unidad táctica (utiliza sistema de lanzamiento)	Hasta 5.000 ft AGL	50 Km
<b>CLASE II (150 - 600 Kg)</b>	TÁCTICO	Formación Táctica	Hasta 10.000 ft AGL	200 Km
<b>CLASE III (&gt; 600 Kg)</b>	MALE ( <i>Medium Altitude Long Endurance</i> )	Operacional / de Teatro	Hasta 45.000 ft MSL	Sin límite
	HALE ( <i>High Altitude Long Endurance</i> )	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin límite
	ATAQUE / COMBATE	Estratégico / Operacional	Hasta 65.000 ft	Sin límite

**Tabla 1– Clasificación RPAS (Fuente: DGAM).**

Por las características de la SERECO y las misiones y cometidos que se le atribuyen, siempre se moverá en un contexto de empleo táctico, es decir, dentro del marco de uso de una pequeña unidad. Por ello, el objeto de estudio de esta propuesta serán los RPAS clasificados por la DGAM como Clase I Micro y Clase I Mini. El resto de sistemas quedarían fuera del alcance de este proyecto, al ser drones diseñados con otros fines y que no cumplirían con la perspectiva analizada en el apartado 1.2. Objetivos y Alcance.

En la actualidad y dentro de la categoría de Clase I Mini, el ET dispone del RPAS Raven (RQ-11B) de la empresa AeroVironment (ver figura 6). Consta como alta en el

<sup>2</sup> Las expresiones UAV, RPAS, UAS y drones son equivalentes y como tales serán empleadas a lo largo de esta memoria.

ET desde 2009 y se le asignó un fin del ciclo de vida en 2019<sup>3</sup>. Dicho sistema actualmente está asignado al pelotón UAV de la Compañía de Inteligencia, donde se encuentran los pilotos de estos drones. Esta compañía se encuadra dentro del Batallón de Cuartel General, que supondría el “Mando y Apoyo” de una unidad tipo Brigada. Sin embargo, las características del Mini RPAS Raven hacen de él una herramienta de observación no apta para el uso de la SERECO, tal y como se concluyó tras las entrevistas realizadas a jefes de este tipo de unidades y pilotos expertos en el manejo de este modelo de dron (ver Anexo A, Anexo B, Anexo C, Anexo E).



**Figura 6 - Raven RQ - 11B (Fuente: elaboración propia).**

Las tendencias militares han sido testigos y partícipes de los avances tecnológicos, hasta tal punto, que los sistemas UAV se han integrado plenamente en todos los niveles del espectro militar. Ante este intenso desarrollo, en el año 2015 la DGAM elabora el *Plan Director de RPAS*, con el fin de que sea un medio de ayuda y guía en lo que a la categorización y planificación de adquisición de estos sistemas se refiere. Posteriormente en el año 2016, el Sistema de Observación y Prospección Tecnológica (SOPT)<sup>4</sup> desarrolla el “Proyecto Rapaz”. Este proyecto consiste en la evaluación de los RPAS (principalmente Clase I) y añade como nuevo elemento de estudio la tecnología Anti-RPAS<sup>5</sup>. Esta evaluación de los RPAS Clase I, busca analizar las alternativas presentes en el sector industrial, sus capacidades ISTAR (por sus siglas en inglés, Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento) y su alineación con los objetivos de las Fuerzas Armadas.

<sup>3</sup> Fuente: Dirección General de Armamento y Material (DGAM) (2015). *Plan director RPAS*

<sup>4</sup> Órgano perteneciente a la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDG PLATIN), que a su vez pertenece a la DGAM.

<sup>5</sup> También conocida como Contra-RPAS (C-RPAS), C-UAV o C-UAS.

En el año 2019 se publica “Fuerza 35”, como el proyecto de modernización que el Ejército de Tierra necesita para dar respuesta a los compromisos que el mundo actual plantea [7]. Se fundamenta en una serie de ramas o pilares (ver figura 7) de los que se pretenden reforzar dos aspectos. Por un lado, estructuras operativas flexibles y cohesionadas, capaces de trabajar en ambientes de todo tipo y en organizaciones internacionales. Por otro lado, una dotación tecnológica avanzada, eficaz y eficiente que proporcione las capacidades más vanguardistas.

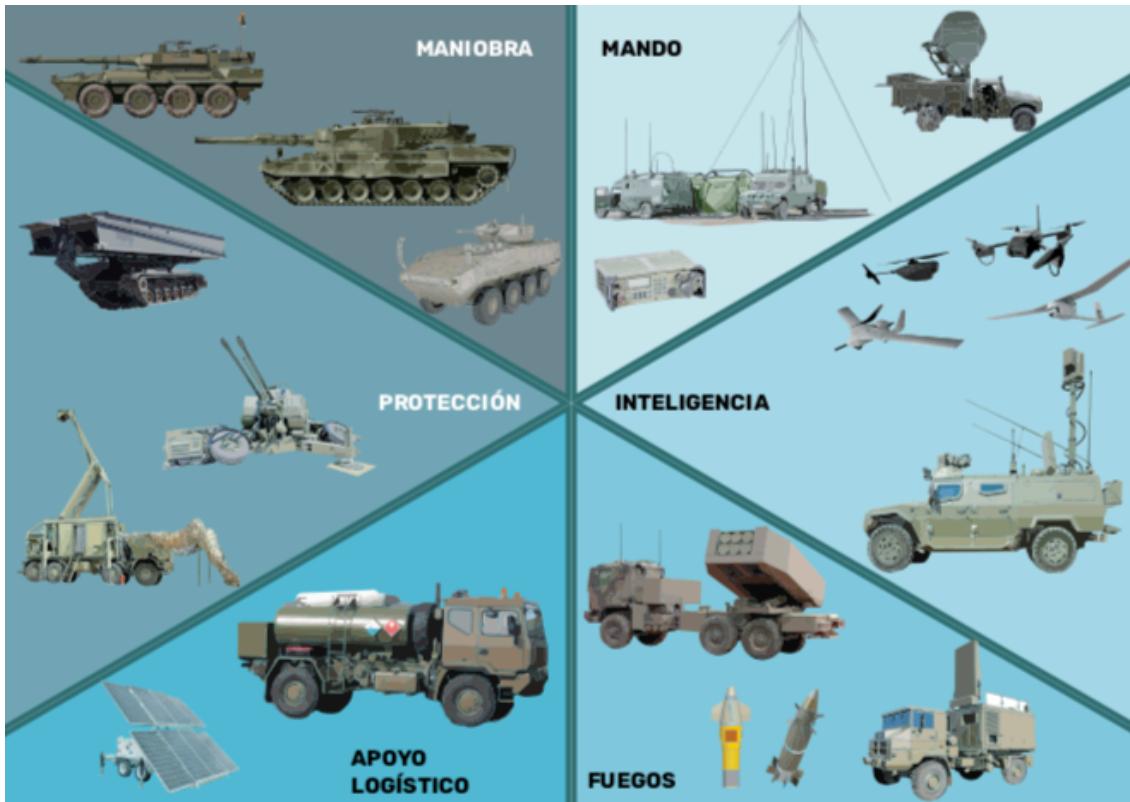


Figura 7 – Esquema de los diferentes factores clave de “Fuerza 35” (Fuente: Fuerza 35. Ejército de Tierra).

Con todo ello y tras la publicación de “Fuerza 35”, el “Proyecto Rapaz” se consolida, al actualizarse la función Inteligencia y quedar prácticamente monopolizada por los RPAS (ver figura 7).

En la actualidad y en base a las tendencias de esta fuerza futura [8] [9], el “Proyecto Rapaz” tiene en estudio drones de Clase I Micro y Clase I Mini [11], que podrían ser utilizados por unidades de reconocimiento, pero como se analizará en el siguiente capítulo han sido considerados no aptos para ser empleados por la SERECO de un batallón acorazado.

# **Capítulo 3. Material de observación**

A lo largo de este capítulo se presentarán las conclusiones obtenidas relacionadas con las actuales capacidades de la SERECO y se estudiarán las diferentes alternativas presentes tras conocer el estado del arte del material de observación.

Para ello se utilizarán las herramientas descritas en el apartado 1.3. Metodología, teniendo siempre presentes los objetivos y alcance referidos en el apartado 1.2.

## **3.1. Identificación del problema**

Como ya se planteó a lo largo de los capítulos 1 y 2, la extrema importancia de la obtención de información y el reconocimiento hace que dentro de la estructura militar existan diferentes tipos de unidades cuya misión sean éstas. El reconocimiento como acción militar, puede llevarse a cabo de diferentes modos en función de los materiales y recursos que se utilicen, así como de la finalidad que tenga la información obtenida. El correcto desarrollo de esta memoria demanda acotar y definir con precisión las tareas y cometidos específicos que se le exigen a la SERECO de un BICC. Para ello, se han revisado en profundidad los documentos, informes y publicaciones tanto internas del ET como pertenecientes a otros ejércitos aliados, que se enumeran a continuación:

- CAC 2096 R- Informe respuesta del OFEN sobre la organización de las secciones de reconocimiento de los batallones de infantería mecanizados y acorazados del Ejército de Tierra de los Estados Unidos (*US Army*). [2].
- Capacidades necesarias para las unidades de reconocimiento dentro del proceso ISTAR [12]
- CD 07/02 – Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento (ISTAR). [13].
- FM 3-20.98 – *Reconnaissance and Scout Platoon*. [3].
- FM 17-98 – *Scout Platoon*. [4].
- MA4-111 – Sección de reconocimiento acorazada/mecanizada. [14].
- MI4-112 – Equipo/pelotón de observación del batallón de infantería. [15].
- MI6-101 – Equipos de tiradores de precisión. [16].
- OR4-108 – Compañía de Mando y Apoyo del batallón de infantería. [17].
- PD4-018 (vol. 1) - Acciones militares tácticas de apoyo: Reconocimiento [1].

Es obligado indicar que se han consultado archivos de las unidades, que por contener información relativa a las tácticas, técnicas y procedimientos internos, tienen la clasificación de seguridad de “Confidencial”<sup>6</sup>. Por ello, a pesar de haberse tenido en consideración, no han podido ser incluidos en el presente trabajo.

---

<sup>6</sup> Nivel de clasificación de un documento que impide su uso y difusión a personal no autorizado.

Tras el análisis de la anterior documentación, se concluye que a pesar de tener la SERECO funciones muy heterogéneas, tienen en común todas ellas la absoluta necesidad de una óptima capacidad de observación.

### 3.1.1. Entrevistas

Han sido agrupadas en diferentes categorías según la formación profesional o el puesto táctico del entrevistado:

- Jefes de unidades de reconocimiento: un Comandante, un Capitán, un Teniente, un Sargento Primero, un Sargento. (Ver Anexo A).
- Mandos de la Compañía de Mando y Apoyo: un Comandante, dos Capitanes. (Ver Anexo B).
- Jefe de batallón de carros de combate: cinco Tenientes Coroneles. (Ver Anexo C).
- Expertos en transmisiones: un Subteniente, dos Sargentos Primeros. (Ver Anexo D).
- Pilotos de UAV/RPAS: un Sargento Primero, un Cabo Primero, un Soldado. (Ver Anexo E).
- Dueño de dron Mavic 2 Pro: un Sargento Primero. (Ver Anexo F)

Todos los entrevistados son considerados diferentes *Stakeholders* [18] o grupos de personas cuyo interés y poder en la solución del problema es determinante.

El 100% de los oficiales y suboficiales entrevistados aseguraron que en la actualidad las capacidades presentes en la SERECO eran insuficientes para cumplir su misión. Además, en relación con la insuficiencia de estas capacidades, las entrevistas, arrojaron los siguientes resultados (ver tabla 2):

Categoría de los entrevistados	Participantes	Capacidades insuficientes			
		Observación	Movilidad	Ambas	Otras
Jefes Uds. Reco.	1			X	
	2			X	
	3			X	
	4			X	
	5			X	
Jefes Cía. MAPO	1			X	
	2			X	
	3	X			
Jefes BICC	1			X	
	2			X	
	3			X	
	4			X	
	5			X	
Total	13	1/13		12/13	

Tabla 2 – Respuestas de los entrevistados sobre las insuficiencias en las capacidades de la SERECO (Fuente: elaboración propia).

A tenor de lo establecido en la Publicación Doctrinal 4-18: “Es esencial que la fuerza de reconocimiento esté especializada en el cumplimiento de la misión y que cuente con las capacidades necesarias para conducir sus acciones” (MADOC, 2018, p. 1-9). Sin embargo y tras el análisis de los datos obtenidos, se establece que existen insuficiencias en dos capacidad básicas para la SERECO: la movilidad y la observación.

En cuanto a la movilidad es necesario señalar que dicha insuficiencia se debe al hecho, ya indicado en la Introducción, de que la SERECO se articule en TOAs. Solventar esta falta de movilidad es una solución compleja y que implicaría dotar a la unidad de nuevos vehículos. En la actualidad existe un intenso debate al respecto, basado en las diferentes alternativas y sus implicaciones tácticas: vehículos ruedas, cadenas o ambos. Sin embargo, aunque solventar las carencias en movilidad de la SERECO no son objeto de estudio de este TFG, es relevante indicar que la implementación de un óptimo material de observación compensa indirectamente esta falta de movilidad.

En lo que respecta a la capacidad de observación, el 100% de los entrevistados la consideró la capacidad “más determinante” o “una de las más importantes” que debe poseer una unidad de reconocimiento. Sin embargo, la calificación que hicieron de ella con el material y medios actualmente existentes fue la siguiente (ver tabla 3):

Categoría de los entrevistados	Participantes	Calificación capacidad observación				
		Muy deficiente	Deficiente	Suficiente	Bueno	Muy bueno
<b>Jefes Uds. Reco.</b>	1	X				
	2	X				
	3	X				
	4	X				
	5	X				
<b>Jefes Cía. MAPO</b>	1		X			
	2	X				
	3	X				
<b>Jefes BICC</b>	1		X			
	2		X			
	3	X				
	4	X				
	5	X				
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>10/13</b>	<b>3/13</b>			

**Tabla 3 – Calificación de la capacidad de observación de la SERECO por parte de los entrevistados (Fuente: elaboración propia).**

Además, la totalidad de los entrevistados calificó la implementación de nuevo material de observación como la solución mas adecuada a este problema, considerando 12 de los 13 entrevistados que dicha solución iba en consonancia con las actuales

tendencias del ET. A continuación se propusieron a los entrevistados diferentes alternativas<sup>7</sup> y estos fueron los resultados obtenidos (ver tabla 4):

Categoría de los entrevistados	Participantes	Alternativas a implementar*			
		VERT	VCOAV	Plataforma de observación	RPAS
Jefes Uds. Reco.	1	X			
	2				X
	3				X
	4				X
	5				X
Jefes Cía. MAPO	1				X
	2				X
	3				X
Jefes BICC	1	O			X
	2				X
	3	X			
	4		O		X
	5			O	X
Total	13	2/13			11/13

**Tabla 4 – Resultados obtenidos ante las alternativas de material de observación a implementar planteadas.**

(Fuente: elaboración propia). \*Con un “O” se ha señalado la segunda opción marcada por algunos entrevistados.

Finalmente y tras el análisis de todos los datos obtenidos en las entrevistas a los jefes de unidad se concluye lo siguiente:

- La adecuada capacidad de observación debe ser una prioridad en la SERECO.
- En la actualidad tiene unas carencias tales que le impiden cumplir con sus misiones y cometidos.
- La implementación de nuevo material de observación que subsane estas deficiencias es calificada como la solución más idónea.
- De entre todas las alternativas propuestas, la adquisición de drones es la opción más seleccionada y considerada mejor alineada con las tendencias actuales.

### 3.1.2. Diagrama de Ishikawa

Como refuerzo a las conclusiones extraídas de las entrevistas, se ha llevado a cabo un diagrama de Ishikawa, también llamado causa-efecto o espina de pez, con el objetivo de confirmar que la solución propuesta es la adecuada para el problema dado.

Se inicia dibujando horizontalmente hacia la derecha una flecha que representaría el efecto sobre el que se busca encontrar la causa o las causas principales que lo provocan.

<sup>7</sup> Las 4 posibles alternativas han sido propuestas tras analizar el estado del arte y las actuales tendencias tecnológicas militares.

Seguida a esta flecha principal se le van añadiendo oblicuamente desde el margen superior y desde el margen inferior, sucesivas flechas que van agrupando posibles causas por conjuntos según su tipología.

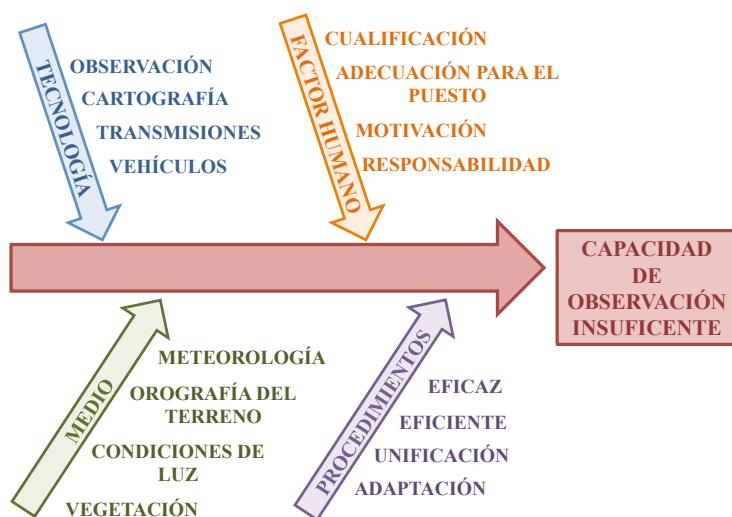
La figura 8 muestra el diagrama de Ishikawa, donde se identifica el problema de la carencia en la capacidad de observación como el efecto del que detectar las causas. El diagrama se ha elaborado a partir de las opiniones de expertos entrevistados y de la información bibliográfica consultada. Se obtienen cuatro principales ramas que pueden ser las causantes de la insuficiente capacidad de observación.

En color azul se identifican las causas tecnológicas de diferentes tipos, donde se analiza la existencia o no de tecnología suficiente para una observación eficaz.

En color verde se analizan aquellas causas directamente relacionadas con el terreno en el que las unidades llevan a cabo sus cometidos. Se busca determinar si los accidentes del medio llegan a suponer causas sobre las que actuar en la pérdida de capacidad de observación.

En color naranja se estudian diferentes aspectos relacionados con los recursos humanos como posible motivo del problema, al actuar éstos en los procesos de reconocimiento y observación.

En color morado se realiza un estudio de los procedimientos empleados en la obtención y transmisión de la información obtenida mediante la observación.



**Figura 8 - Diagrama de Ishikawa de los factores de relevancia en la carencia de capacidad de observación.**  
(Fuente: Elaboración propia).

A partir del diagrama presentado en la figura 8, es posible concluir lo siguiente:

- La tecnología hoy en día es un instrumento estratégico en el aumento de las capacidades. El ET sí posee vehículos, sistemas de transmisiones y cartografía en sus diferentes formatos, que eviten o minimicen la perdida de

la capacidad de observación que la SERECO requiere. Sin embargo, no posee el material de observación que ésta necesita.

- Existen diferentes factores humanos que intervienen directamente en la capacidad de observación. Uno de ellos es la cualificación, que se logra mediante la formación e instrucción diaria relacionada con estos cometidos específicos. Así se obtienen diferentes perfiles profesionales que posibilitan una correcta adecuación a los puestos que ocupan. Paralelamente a la formación técnica, el ET proporciona una fundamental formación en valores, necesaria por las servidumbres y características del trabajo militar e imprescindible para desempeñar su trabajo con motivación y responsabilidad. De todo lo anterior concluimos que los combatientes encargados de los cometidos de reconocimiento y observación, sí están cualificados y por ello son los adecuados para esos puestos. Además de las entrevistas que se les realizó directamente a ellos y a sus jefes, se determina que están motivados y son conscientes de la responsabilidad que sus puestos tácticos implica.
- Se puede considerar al medio una variable realmente determinante, la meteorología o la orografía del terreno son causas externas sobre las que apenas se puede influir. Se debe reducir su impacto adaptándose al medio con un estudio previo de la orografía del terreno, de la meteorología, de la vegetación y de las condiciones de luz.
- En la actualidad y con la inclusión de España en proyectos internacionales dentro del marco de la OTAN y de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la gran mayoría de operaciones y de procedimientos intrínsecos a ellas, son interoperables, se han unificado y adaptado [19]. De todos los procedimientos existentes, esta herramienta se ha centrado en el estudio de los modos relacionados con la forma de comunicar la información y los procedimientos de envío de ésta en sus diferentes formatos (voz, imágenes, etc.). Concluyendo que éstos son completos y están estandarizados, considerándose eficaces y eficientes.

En definitiva, se obtiene como principal y más determinante causa de la insuficiente capacidad de observación, la ausencia de un material óptimo destinado para tal fin.

## 3.2. Análisis de las alternativas

### 3.2.1. **Modelo de Kano**

Tras la confirmación del problema y su causa, y la decisión de implementar nuevo material de observación, es preciso definir las características que éste debe poseer. Para ello se han analizado las alternativas desde el estándar o modelo de Kano.

Este modelo analiza un bien o servicio para establecer los requisitos y condiciones que debe tener en función del valor añadido que tienen éstos para el cliente o interesado (ver tabla 5). El modelo de Kano, agrupa estas categorías en tres grandes bloques:

- Características básicas: aquellas implícitas, que no son expresadas por el interesado pero que se dan por hecho.
- Características expresadas: sí son expresadas explícitamente por el interesado y las debe tener el producto ya que son consideradas como indispensables.
- Características sorprendentes: aquellas que aunque no han sido expresadas, producen enorme satisfacción por el producto. Le otorgan valor añadido.

Es necesario señalar que han sido sombreadas en gris las celdas que contienen características ya previamente indicadas en el apartado 1.2. Objetivos y Alcance como muy relevantes.

Características básicas	Carcterísticas expresadas	Características sorprendentes
Existencia de cámaras que proporcionen una calidad de imagen mínima donde se pueda apreciar lo observado	Dispositivo que para su funcionamiento implique como máximo a dos combatientes	Capacidad de operar en modo autónomo
Alcance eficaz	Manejo remoto del dispositivo	Fácil integración del dispositivo en los sistemas de Mando y Control actuales del ET
Autonomía que proporcione una mínima independencia de la toma de corriente eléctrica	Posibilidad de operar distintos tipos de cámara	Encriptación de la información enviada
Posibilidad de grabar o registrar de algún modo la información observada	Existencia de telémetro láser para el cálculo de distancias	Instalación de software en el dispositivo que permita el reconocimiento automático de personas o vehículos
	Posicionamiento y balizamiento GPS	Posibilidad de operar el sistema en el vehículo de modo que el operador no quede expuesto a vistas y fuegos enemigos
	Relación calidad-precio coherente	
	Fácil reparación/sustitución	
	Manejo del sistema fácil e intuitivo, que no requiera una elevada cualificación del operador	
	Posibilidad de ser operado tanto desde el vehículo como a pie una vez desembarque el personal	

**Tabla 5 – Análisis de las características del material de observación a implementar según el modelo de Kano.**  
(Fuente: elaboración propia).

Se entiende como alcance eficaz aquel que sea como mínimo de 4 kilómetros. Este dato se ha establecido así al ser de 4 Km. la distancia máxima a la que un carro de combate Leopard 2E es capaz de hacer fuego eficaz, con los elementos de observación y cálculo de tiro que posee [20]. Es básico que la SERECO tenga capacidad de como mínimo reconocer todos aquellos objetivos a los que la unidad apoyada pudiese batir.

En cuanto a la autonomía no se ha establecido un dato de referencia mínimo, ya que dependería del tipo de dispositivo, pero implícitamente se espera que este aspecto no convirtiese el material en ineficaz.

### **3.2.2. Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades).**

Tras la aplicación de las anteriores herramientas y recursos, se deben analizar las alternativas de un modo más íntegro y contextualizado. Para ello se ha llevado a cabo un análisis de las debilidades (D), amenazas (A), fortalezas (F) y oportunidades (O)<sup>8</sup>, que presentan cada unas las alternativas consideradas a implementar:

- Vehículo de observación tipo VERT (ver tabla 6): vehículos presentes en la actualidad en unidades de Caballería del ET. Encuadrados dentro de la Sección de Exploración y Vigilancia.
- Vehículo de adquisición de datos tipo VCOAV (ver tabla 7): prototipo aún en fase de pruebas. Destinado a la adquisición de datos necesarios para realizar fuego de Artillería con sus pertinentes correcciones.
- Plataforma de observación tipo LRAS3/SERT (ver tabla 8): alternativa presente en numerosos ejércitos de países aliados en la OTAN (EEUU, Alemania, etc.). El sistema estaría compuesto por una plataforma normalmente instalada en vehículos, que en ocasiones también puede ser desmontada y empleada sobre el terreno, montada en una base tipo trípode etc. En el caso del SERT es la plataforma presente en el ET, que actualmente llevan adaptada únicamente los VERT.
- Drones tipo Clase I Mini/Micro (ver tabla 9): sistemas muy versátiles, en absoluto auge y desarrollo tanto en la industria civil como en la militar.

Sobre los cuatro aspectos estudiados en el análisis DAFO, es importante explicar en que se centra cada uno de ellos:

- Debilidades: factores internos de mi producto, empresa o proyecto que me sitúan en desventaja.
- Amenazas: factores externos a mi producto, empresa o proyecto que me sitúan en desventaja.
- Fortalezas: factores internos de mi producto, empresa o proyecto que me sitúan en una posición de ventaja.

---

<sup>8</sup> Fuente: herramienta web del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Gobierno de España: <https://dafo.ipyme.org/Home>. Consultado el 23 de octubre de 2020.

- Oportunidades: factores externos de mi producto, empresa o proyecto que me sitúan en una posición de ventaja.

 <b>Debilidades</b>	 <b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos de las unidades de reconocimiento (Poco Importante)</li> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos del análisis y toma de decisiones (Poco Importante)</li> <li>◦ Inexistencia de elemento de combate a pie que pueda desembarcar (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Movilidad sobre ruedas (Muy Importante)</li> <li>◦ Necesidad de formación altamente especializada en el manejo estos sistemas tecnológicos (Muy Importante)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Dificultad para mantener la sorpresa y el sigilo (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Elevados costes (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Servidumbres y limitaciones propias de este tipo de vehículos y de este nivel de tecnología (Muy Importante)</li> </ul>
 <b>Fortalezas</b>	 <b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ya implantados y plenamente operativos en unidades de Caballería (lecciones aprendidas) (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Menor exposición de los combatientes (Poco Importante)</li> <li>◦ Posibilita la implantación de armamento junto a la unidad de observación (Muy Importante)</li> <li>◦ Integración del sistema de observación con el de Mando y Control (Muy Importante)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nuevas tendencias y doctrinas militares agregan medios ruedas a las SERECO de los BICC (Importancia Media)</li> <li>◦ Menor dependencia logística que medios cadenas (Importancia Media)</li> </ul>

**Tabla 6 – Análisis DAFO para vehículo de observación tipo VERT. (Fuente: elaboración propia).**

 <b>Debilidades</b>	 <b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos de las unidades de reconocimiento (Poco Importante)</li> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos del análisis y toma de decisiones (Poco Importante)</li> <li>◦ Imposibilidad de embarcar elemento de combate a pie (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Necesidad de formación altamente especializada en el manejo de estos sistemas (Muy Importante)</li> <li>◦ Nula capacidad de autodenfesa al ser simulado el cañón que lleva instalado (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Escasa elevación del sistema de observación y adquisición de datos (Importancia Media)</li> <li>◦ Para llevar a cabo la observación y toma de datos el vehículo debe estar estático (Muy Importante)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Dificultad para llevar a cabo la adquisición de datos sin ser visto (Muy Importante)</li> <li>◦ Elevados costes (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Servidumbres y limitaciones propias de este tipo de vehículo y de este nivel de tecnología (Muy Importante)</li> </ul>
 <b>Fortalezas</b>	 <b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Menor exposición de los combatientes (Poco Importante)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Mayor movilidad de los medios cadenas (Importancia Media)</li> <li>◦ Mayor blindaje (Importancia Media)</li> </ul>

**Tabla 7 – Análisis DAFO para vehículo de adquisición de datos tipo VCOAV. (Fuente: elaboración propia).**

	<b>Debilidades</b>		<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos de las unidades de reconocimiento (Poco Importante)</li> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos del análisis y toma de decisiones (Poco Importante)</li> <li>◦ La mayoría de las veces limitado su uso a la movilidad de un vehículo (Muy Importante)</li> <li>◦ La articulación de la unidad para el manejo del sistema impide el combate a pie (Importancia Crucial)</li> <li>◦ No trabaja en modo autónomo (Importancia Media)</li> <li>◦ Necesidad de formación específica elevada para el personal que lo maneja (Importancia Media)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Costes elevados (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Difícil reparación y/o sustitución (Muy Importante)</li> <li>◦ Escasa autonomía (dependencia de conexión a toma de corriente) (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Sistema trabaja al nivel del suelo (sin altura para sortear el terreno y ganar perspectiva) (Muy Importante)</li> </ul>	
	<b>Fortalezas</b>		<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Sistema implantado en la actualidad y funcionando plenamente en los VERT (Importancia Media)</li> <li>◦ Integración del sistema de observación con el de Mando y Control (Muy Importante)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Muy modular (se pueden instalar/desinstalar diferentes sistemas ópticos según la misión) (Muy Importante)</li> <li>◦ Portátil (algunos modelos permiten su desmontaje para traslado y uso a pie) (Muy Importante)</li> <li>◦ Alcance elevado (de hasta 10 Km. según los elementos ópticos) (Importancia Crucial)</li> </ul>	

Tabla 8 - Análisis DAFO para plataforma de observación tipo LRAS3/SERT. (Fuente: elaboración propia).

	<b>Debilidades</b>		<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos de las unidades de reconocimiento (Poco Importante)</li> <li>◦ Cambios en las tácticas, técnicas y procedimientos del análisis y toma de decisiones (Poco Importante)</li> <li>◦ Grado de dependencia de esta tecnología (Importancia Media)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vulnerables a la guerra electrónica (Importancia Media)</li> <li>◦ Vulnerables a condiciones meteorológicas adversas (Importancia Media)</li> </ul>	
	<b>Fortalezas</b>		<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Tendencias y doctrinas actuales del ET en favor de su adquisición (Muy Importante)</li> <li>◦ Fácil integración con los sistemas de Mando y Control actuales en el ET (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Fácil adecuación (rugerización) de los sistemas al ámbito militar (en ocasiones innecesaria) (Muy Importante)</li> <li>◦ Fácil posibilidad de vuelo de los sistemas en instalaciones militares (campos de maniobras, etc.) (Muy Importante)</li> <li>◦ Transferencias de lecciones aprendidas de los RPAS que actualmente operan en el ET (Importancia Media)</li> <li>◦ Baja exposición a fuego y vistas enemigas de los combatientes (Muy Importante)</li> <li>◦ Elevada capacidad de llevar a cabo las misiones con sigilo y sorpresa (Muy Importante)</li> <li>◦ No anula la capacidad del elemento de combate a pie (Muy Importante)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Elevados alcances en todas las dimensiones (horizontal y vertical) (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Autonomía suficiente como para poder llevar a cabo reconocimientos eficaces (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Elevada flexibilidad y adaptación (diferentes tipos de cámaras, baterías, accesorios, etc.) (Muy Importante)</li> <li>◦ Fácil reparación y/o sustitución (Muy Importante)</li> <li>◦ Relación calidad-precio adecuada (Importancia Crucial)</li> <li>◦ Manejo fácil e intuitivo (sin requerir elevados niveles de formación) (Muy Importante)</li> <li>◦ Instalación de softwares con capacidad de reconocimiento automático de vehículos y personas (Importancia Media)</li> <li>◦ Posibilidad de instalación de plataformas de lanzamiento del sistema en vehículos (Importancia Media)</li> <li>◦ Capacidad de asignación de vuelo y misiones en modo autónomo (Muy Importante)</li> <li>◦ Posicionamiento y balizamiento GPS (Muy Importante)</li> <li>◦ Sensores anticolisión (Importancia Media)</li> </ul>	

Tabla 9 – Análisis DAFO para RPAS Clase I Mini/Micro. (Fuente: elaboración propia).

### **3.3. Resultados**

Tras la aplicación de la metodología anterior y el análisis de los datos obtenidos es preciso descartar estas alternativas por los siguientes motivos:

#### **3.3.1. Vehículo de observación tipo VERT**

La principal razón por la que se considera no apta esta alternativa es la económica. El Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre se articula sobre la plataforma de un URO VAMTAC ST5, cuyo importe unitario asciende a los 446.673,18€. Además, el Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre podría llegar a los 800.000€ dependiendo del tipo de sistemas de observación que se instale. Finalmente los dispositivos de transmisiones que hacen posible la integración de esta capacidad de observación con los sistemas de Mando y Control ascenderían a los 85.000€<sup>9</sup>. Con todo ello, el coste unitario de un VERT plenamente operativo para ser empleado por la SERECO sería de 1.300.000€ aproximadamente.

Por otro lado, la tripulación de un VERT es de cuatro personas: un conductor, un tirador, el observador y el jefe de vehículo. En caso de desembarco solo podría hacerlo el jefe de vehículo y el observador, perdiéndose en este último caso el punto fuerte de esta plataforma que es la capacidad de observación. El conductor no desembarca nunca para no perder el control del vehículo, al igual que el tirador para no perder la potencia de fuego. Por tanto, las características de este tipo de vehículo obligarían a articular la SERECO de tal modo que perdería su capacidad de desembarco. Perder esta capacidad de desembarco limitaría de un modo determinante las misiones y cometidos que por doctrina tiene atribuidos la Sección de Reconocimiento.

Por último, pero no menos importante, es señalar que el correcto manejo de estos sistemas tecnológicos requiere de una preparación y cualificación específica del personal, que limitaría la integración y polivalencia de los combatientes. Pudiendo llegarse a no cumplir determinadas misiones en función de que puesto táctico haya quedado sin cubrirse por baja de cualquier tipo.

#### **3.3.2. Vehículo de adquisición de datos VCOAV**

Primeramente es necesario señalar que el VCOAV es aún un prototipo en base a la barcaza del Vehículo de Combate de Infantería Pizarro (VCI Pizarro) para unidades de Artillería. Siendo este uno de los motivos más determinantes para descartar esta opción, ya que su implementación definitiva se prolongaría mucho en el tiempo.

Asimismo y como en el caso anterior la razón económica ha sido concluyente, al estar tasado por SIGLE en 4.582.836,41€ el sistema completo. De los importes económicos no se especifica más información al estar el proyecto todavía en fase de pruebas.

---

<sup>9</sup> Fuente: Sistema Integral de Gestión Logística del Ejército (SIGLE).

Es también un sistema con unos elevados requerimientos de cualificación por parte del personal que lo opera, debido a la complejidad de su tecnología. Además cada persona tiene unos cometidos muy específicos que limitarían la rotación de puestos, llegando a ser demasiado dependientes de ellos.

Por otro lado, posee ciertas limitaciones relacionadas con la capacidad de observación que no lo adecuan al tipo de reconocimiento que precisa la SERECO. Es muy difícil observar con este sistema sin ser visto, ya que es un medio cadenas (ruido, firma térmica, etc.). Su plataforma de observación apenas es capaz de ganar tres metros sobre el nivel del vehículo (gana poca altura para obtener mejor perspectiva) y no puede ir desplegada mientras el vehículo se desplaza por el terreno. Solo posee capacidad de observación y adquisición de datos en estático.

A lo anterior, debemos añadir la nula posibilidad de artillar el vehículo (al llevar el cañón exterior simulado (ver figura 5)) y la imposibilidad de desembarcar a los combatientes. A pesar de poseer la misma barcaza que el VCI Pizarro, su interior no alberga espacio para un elemento de combate a pie, al estar ocupado por los diferentes sistemas que integra (ver figura 9). Todo ello lo hacen una alternativa incompatible con los cometidos de la SERECO.



**Figura 9 – Interior del VCOAV. (Fuente: elaboración propia).**

### 3.3.3. Plataforma de observación tipo LRAS3/SERT

Si bien es cierto que esta opción es más asequible que las anteriores, también ha sido descartada por, entre otras, razones económicas. Aunque los costes unitarios ya han sido

indicados anteriormente (LRAS3 160.000€, SERT 800.000€), es importante indicar que éstos están estrechamente ligados a los sistemas que integren (cámaras térmicas, nivel de los aumentos, calidad de la imagen, etc.).

Otra importante razón es la estrecha dependencia que tienen estos sistemas de los vehículos. De hecho, en el caso del SERT, actualmente no existe una opción que pueda ser empleada desembarcada y en el caso del LRAS3, aunque tiene un trípode desde el que puede ser empleado una vez desmontado del vehículo, se sigue manteniendo una necesaria dependencia de una fuente eléctrica.

Por último, señalar que son alternativas de difícil reparación y sustitución en caso de avería

### **3.3.4. RPAS/UAV Clase I Micro/Mini.**

No solo ha sido la alternativa más elegida por los entrevistados, sino también es la solución que mejor se adapta al problema.

En primer lugar y en cuanto a la razón económica, es necesario indicar que existen modelos realmente asequibles capaces de satisfacer nuestras demandas. Poseen alcance (tanto vertical como horizontal) y autonomía suficiente para cumplir con éxito las diferentes misiones de la SERECO. Tienen fácil reparación y gracias a su asequibilidad la unidad puede tener en dotación varios de estos dispositivos a modo de reserva.

Además, existen multitud de opciones de configuración del dispositivo según el tipo de misión para el que se vaya a emplear (cámara nocturna, diurna, térmica, baterías de mayor duración, receptores con mayor alcance, hélices más silenciosas y un largo etcétera.). Existen variantes de un mismo UAV rugerizadas o con determinada resistencia al agua, para poder ser empleados en condiciones más adversas y en contexto militar. Incluso algunos fabricantes ofrecen softwares de reconocimiento automático de personas y vehículos integrados en sus medios de observación.

En segundo lugar, la implementación de este tipo de solución, mantendría la capacidad de la SERECO de embarcar o desembarcar de cualquier tipo de vehículo. Pudiendo llevarse el dron consigo para ser empleado desde cualquier punto del terreno y realizar todas las misiones para las que está destinada la unidad. Incluso existen plataformas vehiculares desde las que los drones son lanzados sin necesidad de exponer al operador.

Es importante añadir que la adquisición de estos sistemas es una corriente en pleno auge, como ya se analizó en el Capítulo 2, teniendo el ET dentro de su “Proyecto Rapaz” y “Fuerza 35” dos importantes aliados para su implementación.

Otro aspecto fundamental es el manejo de estos sistemas, cada vez mas sencillo e intuitivo, sin la necesidad de que el dispositivo quede ligado a un único operador. En cuanto al vuelo de estos dispositivos, el personal militar podrá instruirse en su manejo sin las limitaciones que la población civil puede tener al interferir con determinadas restricciones del espacio aéreo y que no son de aplicación a los vuelos de RPAS

militares [21]. Teniendo estos últimos permitido el vuelo sobre acuartelamientos y campos de maniobras.

Las diferentes modalidades de vuelo que estos dispositivos ofrecen son cada vez más autónomas e independientes. Utilizan para ello posicionamiento GPS (en caso de caída sirven al operador para conocer dónde se encuentra el dispositivo), de tal modo que el operador puede ordenar determinadas misiones, zonas o puntos que observar al dron. Para ello, estos dispositivos cuentan con sensores anticolisión automáticos e incluso una función de regreso cuando estiman que la batería no va a ser suficiente.

En cuanto a las vulnerabilidades de estos dispositivos a la Guerra Electrónica<sup>10</sup>/contra-RPAS, tras las entrevistas con jefes y expertos se concluyó que la información que puede obtener una pequeña unidad tipo SERECO, no es en la actualidad prioridad de las unidades de Guerra Electrónica enemiga. El uso de esta tecnología está destinado a objetivos de mayor entidad. Por tanto no debe ser una amenaza considerada como relevante. Asimismo, en lo que a meteorología respecta, no tienen una limitación mayor que las anteriores propuestas. Por ejemplo, la cámara térmica o el telémetro que tanto el VERT, como el VCOAV, como las plataformas de observación emplean, también ofrecen muy mala visibilidad ante condiciones de niebla o fuerte lluvia.

A continuación en el apartado 3.4. serán analizados los anteriores motivos de un modo más técnico y serán propuestas diferentes alternativas de RPAS Clase I Micro/Mini.

### 3.4. Selección y propuestas

El estudio realizado ha llevado a considerar la adquisición de material de observación tipo RPAS en la SERECO de un batallón acorazado como la mejor alternativa para subsanar sus carencias en capacidad de observación.

Para el desarrollo de este apartado es particularmente conveniente señalar la siguiente documentación:

- Fuerza 35. [7]
- IES-RA-14-10 – Análisis de experiencia UAV. Operación Romeo Alfa (Afganistán). [22]
- MI-100 – Equipo Mini UAV Raven B. [23]
- NOP – Empleo del Mini UAV Raven B en operaciones. [24]
- PD4-013 – Empleo táctico de la Unidad de RPAS. [25]
- PD-100 Personal Reconnaissance System: Operator's manual. [26]
- Plan Director de RPAS. [27].
- Proyecto RAPAZ y tecnología anti-RPAS. [11].

---

<sup>10</sup> Uso de la tecnología con el fin de determinar, reducir, explotar o impedir el uso del espectro electromagnético por parte del enemigo, conservando la utilización de dicho espectro en beneficio propio.

- Real Decreto 1036/17 de 15 de diciembre por el que se regula la utilización de las aeronaves pilotadas por control remoto. [21]
- Tendencias según especialidades: Infantería (vol. )[10]

Además, es necesario señalar que se han consultado archivos multimedia de las unidades, que por contener imágenes que contienen información relativa a las tácticas, técnicas y procedimientos internos, tienen la clasificación de “Confidencial”. Por ello, a pesar de haberse tenido en cuenta, no han podido ser incluidos en esta memoria.

También es importante precisar que el análisis de la anterior documentación bibliográfica se ha completado con las entrevistas a pilotos de Raven del ET (ver Anexo E) y con las conclusiones extraídas en el anterior estudio de la SERECO.

El mercado de drones presente es tan extenso que se deben filtrar las opciones existentes, fijando las características pretendidas según el uso que se hará de él.

En la actualidad existen dos nuevas alternativas RPAS Clase I Micro/Mini en fase de experimentación y prueba en determinadas unidades del ET específicamente seleccionadas. Estas posibilidades fueron previamente estudiadas en el “Proyecto Rapaz” y tras pasar el pertinente análisis fueron aceptadas dentro del proyecto “Fuerza 35” para ser estudiadas sobre el terreno. Sin embargo estas opciones han sido consideradas no aptas para el uso que se pretende hacer de ellas por la SERECO (ver tabla 10).

	BLACKHORNET	HUGINN X1	RAVEN DDL*
			
Categoría	Clase I Micro	Clase I Mini	Clase I Mini
Peso	18 Gr.	1,5 Kg.	2,1 Kg.
Alcance	1-2 Km.	2 Km.	10 Km.
Autonomía	25 minutos	25 minutos	90 minutos
Tipo de despegue	vertical	vertical	lanzamiento manual
Puesta en vuelo	< 2 minutos	< 2 minutos	10-15 minutos
Formación operador	2-3 días	-	curso 3 semanas
Precio	60.000,00 €	-	390.000,00 €

Tabla 10<sup>11</sup> – Comparativa posibles RPAS SERECO “Fuerza 35”. (Fuente: elaboración propia). \*Raven DDL es la versión destinada a actualizar al actual Raven RQ-11B.

<sup>11</sup> Fuente precios (sistema completo): SIGLE.

Fuente datos Black Hornet: *PD-100 Black Hornet Operator's Manual*.

Fuente datos Huginn X1: SOPT. DGAM. *Proyecto Rapaz*.

Fuente datos Raven: Los datos plasmados en la tabla han sido extraídos de las entrevistas a pilotos de Raven del ET junto a MADOC. *MI-100 Equipo Mini UAV Raven B*.

Los principales motivos por los que se han rechazado estas alternativas han sido sombreados en rojo.

Tanto el Black Hornet como el Huginn X1 poseen un alcance máximo incompatible con el mínimo exigido para la SERECO según el análisis establecido en el Modelo de Kano. Por otro lado la formación requerida para manejar el Raven DDL también es incompatible con el criterio establecido en objetivos y alcance, de material fácil y sencillo de operar. Asimismo el criterio económico refuerza los anteriores motivos.

Ante la anterior situación se realizó un exhaustivo estudio de mercado. Es importante señalar que la información publicada relativa a drones cuya finalidad es el uso civil o recreativo es muy extensa, no siendo así la de aquellos destinados o diseñados para el uso por parte de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad profesionales. Por ello, durante la realización de este trabajo se contactó con empresas referentes en este tipo de tecnología con el objetivo de obtener información más desarrollada y técnica.

Las alternativas propuestas son el RPAS Matrice 210 y el RPAS Mavic 2 (ver tabla 19), ambas de la empresa DJI. Es necesario destacar que las opciones seleccionadas lo han sido, no solo por adecuarse perfectamente a los requerimientos establecidos, sino además por pertenecer a la empresa que proporcionó información más completa y detallada. Ofreciendo de un modo continuo asesoramiento técnico y especializado.

Se ha decidido proponer dos opciones para de este modo satisfacer los posibles criterios del comprador o unidad encargada de su adquisición. Como ya se ha razonado, la implementación de ambas opciones solventaría la actual carencia de capacidad de observación que posee la SERECO de un batallón acorazado. Sin embargo, conviene detallar que el RPAS Matrice 210 es una opción diseñada para un uso profesional y más completa desde el punto de vista militar. Este avanzado RPAS permite un elevado grado de adaptación a la misión, al posibilitar la instalación de hasta tres cargas útiles o accesorios como por ejemplo cámara térmica, objetivos de gran angular o potente zoom (ver Anexo K). Implicando ser una opción económicamente más elevada (ejemplo: precio cámara térmica Zenmuse XT2: 9.500€<sup>12</sup>) .

A pesar de no ser una opción tan modular, el Mavic 2 es una opción considerablemente más barata, con mayor alcance y perfectamente capaz de dotar a la SERECO de la capacidad de observación suficiente (ver Anexo G) para que pueda cumplir su misión de un modo eficaz. Además, al ser este último RPAS una versión actualmente de venta al público, ha sido probado y testado por un mando de la unidad, cuyas impresiones fueron recogidas. (ver Anexo F).

Las siguientes representaciones (ver figura 11 y tabla 11) sintetizada la información más importante proporcionada por DJI:

---

<sup>12</sup> Fuente: presupuesto oficial DJI.

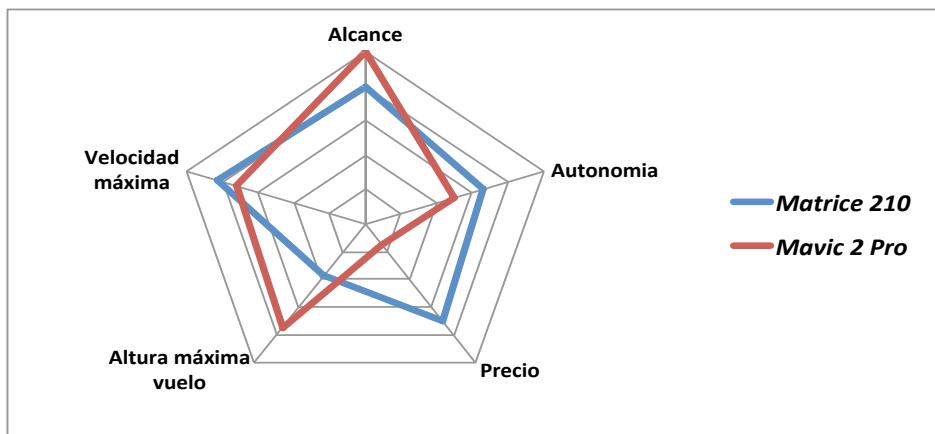


Figura 11 – Radar Chart de las características más representativas de los drones propuestos a implementar. (Fuente: elaboración propia).

	Matrice 210	Mavic 2 Pro
		
<b>Empresa</b>	DJI	DJI
<b>Peso</b>	3,8 Kg.	907 gr.
<b>Alcance</b>	8 Km.	10 km.
<b>Altura máxima de vuelo</b>	3.000 m.	6.000 m.
<b>Velocidad máxima</b>	83 Km/h.	72 Km/h.
<b>Autonomía</b>	35-40 minutos	29-31 minutos
<b>Índice de protección (ver Anexo K)</b>	IP43	No
<b>Encriptación (de control remoto y transmisión de datos)</b>	Sí	No
<b>Modo sigilo</b>	Sí	No
<b>ActiveTrack 2.0*</b>	Sí	Sí
<b>Detección de obstáculos</b>	Sí	Sí
<b>Cargas útiles</b>	Múltiples opciones configurables (hasta carga máxima de 2,34Kg.)	Única cámara fotografía y vídeo integrada
<b>Temperatura funcionamiento</b>	-20 °C a 50 °C	-10 °C a 40 °C
<b>Modos de vuelo automático**</b>	Sí	Sí
<b>Navegación</b>	GPS + GLONASS+BeiDou+Galileo	GPS + GLONASS
<b>Sensor espacio aéreo (detecta aeroplanos y helicópteros)</b>	Sí	No
<b>Lanzamiento</b>	Automático	Automático
<b>Recuperación</b>	Automático/Autónomo***	Automático/Autónomo***
<b>Precio</b>	7.024,79 € (solo el dron sin cargas útiles)	1.499 € (drone completo)

Tabla 11 – Comparativa propuesta drones DJI a implementar (Fuente datos: elaboración propia).

\*Software que dota al dron de las capacidades de: seguimiento, predicción de trayectoria y reconocimiento de personas y vehículos

\*\*Circular entorno a un punto marcado/Trayectoria marcada/Zoom fijo en un punto marcado

\*\*\*El dron regresa a la ubicación del piloto en modo autónomo cuando considera que el nivel de batería es lo suficientemente bajo

### 3.5. Adecuación a los sistemas de Mando y Control actuales en el ET

Si bien anteriormente se han propuesto dos RPAS como alternativas que den solución a la carencia de capacidad de observación que en la actualidad posee la SERECO, otro requisito fundamental, como ya se indicó al inicio de la memoria, es la necesidad de que este material propuesto posibilite el envío de información adecuada en tiempo y forma al Puesto de Mando. [1] Cumplir este objetivo solo es posible consiguiéndose una plena integración de los medios en los sistemas de Mando y Control actuales del ET.

Actualmente el sistema de Mando y Control empleado en las unidades acorazadas es el *Battlefield Management System* (BMS). Dicho sistema incorpora todo tipo de herramientas tácticas (establecimiento de líneas de coordinación, comunicación de peligros, solicitud de munición y combustible, etc.), posibilitando las tareas de Mando y Control durante todas las fases de la Operación. El BMS es una solución software capaz de ser integrada en las plataformas hardware existentes en el ET, para cuyo funcionamiento depende directamente de los sistemas de transmisiones (ver figura 12). Estos sistemas proporcionan enlace a toda la malla de usuarios, alcance y la seguridad que precisa el tipo de información que por esta red se transmite (encriptación y cifrado).

Para la realización de este trabajo y más concretamente para evaluar la adecuación de los drones a los sistemas de Mando y Control, se entrevistaron mandos especializados en transmisiones y BMS (ver Anexo D). Además, se pudieron examinar dichos sistemas físicamente instalados en los TOAs de la SERECO y probar las numerosas herramientas y posibilidades que ofrecen. El uso combinado del BMS y los drones, constituyen una conveniente combinación que se complementa a la perfección. Los UAVs dotan a la unidad de la capacidad de observación requerida en sus misiones y tras los diferentes reconocimientos efectuados por la SERECO, ésta puede reflejar vía BMS los resultados obtenidos. Señalizando, por ejemplo, dónde ha sido localizado el enemigo, qué tamaño tiene, condiciones del terreno, etc. Por todo ello, se la ha considerado adecuada la integración que tendrían los UAVs en el sistema de Mando y Control, tras su implementación en la SERECO.



Figura 12 – BMS en TOA. (Fuente: elaboración propia).

## Capítulo 4. Conclusiones y línea de investigación futura.

Este estudio ha demostrado la existencia de una carencia de capacidad de observación por parte de una unidad, la SERECO, que precisa de ella para desempeñar sus funciones. Ante tal problema se ha buscado una solución óptima y se ha concluido que no solo es necesario la implementación de nuevo material de observación, sino que los drones son el futuro mejor aliado de la SERECO. Esta herramienta cumple y satisface con creces todos y cada uno de los requisitos impuestos durante la memoria: material económicamente asequible, eficaz y eficiente, fácilmente reparable/sustituible, modulable y manejable sin requerir una intensa instrucción y con unas capacidades realmente sorprendentes.

Por último y para dar continuidad a este proyecto, se propone como línea de investigación futura el desarrollo de un sistema de comunicación de datos capaz de ser integrado en el BMS que, manteniendo la seguridad y el alcance necesario, posibilite la visualización en tiempo real del reconocimiento realizado por los drones de la SERECO. Además, se considera conveniente que esta visualización solo fuera posible para determinados usuarios de la red según el puesto táctico que ocupen.

En la actualidad la principal limitación radica en las radios que integran al sistema BMS. El BMS instalado en los vehículos de la SERECO opera con la radio PR4G V3 (ver figura 12). Este sistema de transmisiones, aún en los programas de trabajo más recientes, ofrece una velocidad de transmisión de datos máxima de 21.6 Kb/s [28] [29]. Este ancho de banda hace ineficaz en tiempo la transmisión de datos tipo fotografías o vídeo por este canal.

# Referencias bibliográficas

- [1] MADOC; DIDOM. (2018). *PD4-018 (vol. I). Publicación Doctrinal. Acciones militares tácticas de apoyo: Reconocimiento.* Granada: Centro Geográfico del Ejército. Granada: Centro Geográfico del Ejército.
- [2] MADOC. (2020). *Informe respuesta del OFEN en el CAC (US Army) sobre la organización de las secciones de reconocimiento de los batallones de infantería mecanizados y acorazados del Ejército de Tierra de los Estados Unidos (US Army).*
- [3] Headquarters, Department of the Army. (2009). *Field Manual 3-20.98: Reconnaissance and Scout Platoon.* Washington DC.
- [4] Headquarters, Department of the Army. (1999). *Field Manual 17-98: Scout Platoon.* Washington DC.
- [5] Acero, R; Pastor, J; Sancho, J; Torralba, M. (2012). *Ingeniería de la Calidad.* Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- [6] Escribano, F. *Capítulo 6. La Guerra Fría: Guía interpretativa.* Apuntes de Mundo Actual. Curso 2019-20. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- [7] Ejército de Tierra. (2019). *Fuerza 35.* Centro Geográfico del Ejército.
- [8] Estado Mayor del Ejército; Centro de Fuerza Futura 35. (2019). *Conceptos de transformación Fuerza 35.*
- [9] MADOC; DIDOM. (2020). *Tendencias 2018-2019. Tendencias relacionadas con Fuerza Futura.* Granada.
- [10] MADOC; DIDOM. (2020). *Tendencias 2018-2019. Volumen II. Infantería.* Granada.
- [11] SOPT. (2016). *Proyecto RAPAZ y tecnología anti-RPAS.* Secretaría General Técnica.
- [12] MADOC; DIDOM; Jefatura de Adiestramiento y Doctrina de la Academia de Caballería. (2014). *Capacidades necesarias para las unidades de reconocimiento dentro del proceso ISTAR.*
- [13] DIDOM. *CD 07/02. Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento (ISTAR).*
- [14] MADOC; DIDOM. (2006). *MA4-111. Manual de Adiestramiento. Sección de Reconocimiento. Acorazada/Mecanizada.* Granada: Centro Geográfico del Ejército.
- [15] MADOC; DIDOM (2010). *MI4-112. Manual de Instrucción. Equipo/Pelotón de observación del batallón de infantería.* Granada: Centro Geográfico del Ejército.
- [16] MADOC; DIDOM. (2007). *MI6-101. Manual de Instrucción. Equipo de tiradores de precisión.* Granada: Centro Geográfico del Ejército.
- [17] MADOC. *OR4-108. Orientaciones. Compañía de Mando y Apoyo del Batallón de Infantería.* Granada.

- [18] Sancho, J. *Tema 2: Gestión de la Integración.* Apuntes de Oficina de Proyectos. Curso 2019-20. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- [19] INDRA; THALES. (2017). *Curso de Formación BMS-ET XP.*
- [20] Academia de Infantería; Departamento de técnica militar. (2016). *A-213. Manual Didáctico Leopard 2E.* Toledo.
- [21] Real Decreto 1036/2017 por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto. 29 de diciembre de 2017. Núm. 316.
- [22] MADOC; DIDOM. (2014). *Operación Romeo Alfa. Afganistán. Análisis de experiencias UAV.* Granada.
- [23] MADOC; DIDOM. (2015). *MI-100. Manual de Instrucción. Equipo Mini-UAV Raven B.* Granada: Centro Geográfico del Ejército.
- [24] DIDOM. (2010). *Norma Operativa. Empleo del Mini UAV Raven B en operaciones.*
- [25] MADOC; DIDOM. (2016). *PD4-013- Publicación Doctrinal. Empleo táctico de la unidad de RPAS.* Granada: Centro Geográfico del Ejército.
- [26] Proxdynamics. (2017). *PD-100 Personal Reconnaissance System Operator's Manual.*
- [27] DGAM. (2015). *Plan director de RPAS.*
- [28] MADOC; DIDOM. (2016). *MI-500. Manual de Instrucción. Radioteléfono PR4G V3.* Granada: Centro Geográfico del Ejército.
- [29] THALES; Programas, Electrónica y Comunicaciones. *PR4G Fastnet evolución permanente.*
- [30] Estado Mayor del Ejército. (1996). *OR4-001. Orientaciones. Mando y Control en las pequeñas unidades de maniobra.* Madrid: Talleres del Servicio Geográfico del Ejército.
- [31] Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2003). *Guía técnica de aplicación. Significado y explicación de los códigos IP, IK.*
- [32] Andrés Moya, A. (2018). Trabajo Fin de Grado: *Integración de drones en unidades de Caballería para la realización de reconocimientos de itinerario y objetivo o puntual.* Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- [33] Jaraíz Corrales, J. (2019). Trabajo Fin de Grado: *Análisis de las herramientas de mando y control y sistemas GPS en la sección de infantería ligera protegida.* Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- [34] Tartaj Villarroya, R. (2019). Trabajo Fin de Grado: *Tiradores selectos en unidades*

*de montaña: estudio y propuesta de adaptación de las plantillas orgánicas e implementación de un programa de instrucción.* Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa

# Anexos

## Anexo A. Modelo de entrevista a jefes de unidades de reconocimiento.

Esta entrevista, ha sido realizada a jefes de Pelotón y Sección de unidades de reconocimiento de batallones acorazados. Tiene por objetivo recoger sus opiniones basadas en la experiencia, sobre si consideran necesaria la implementación de material de observación y de serlo, cuál sería el más idóneo a implementar. La entrevista es voluntaria y anónima.

### **Datos personales:**

Empleo:

Destino:

Puesto:

Tiempo de servicio en el Ejército de Tierra:

Experiencia al mando de unidades de reconocimiento:

Experiencia en operaciones en el exterior:

### **Entrevista:**

1. ¿Considera que en la actualidad la SERECO cuenta con las capacidades suficientes como para cumplir satisfactoriamente con sus cometidos?
2. ¿Qué capacidades considera insuficientes?
  - a. Observación
  - b. Movilidad
  - c. Ambas
  - d. Otras
3. ¿Considera que en la actualidad la SERECO tiene carencias en lo que a capacidad de observación se refiere?
4. ¿Cómo calificaría el nivel de esta capacidad de observación?
  - a. Muy bueno
  - b. Bueno
  - c. Suficiente
  - d. Deficiente
  - e. Muy deficiente
5. ¿Cree que solventar dichas insuficiencias debe ser una prioridad?
6. Aún con todo, ¿Tiene la SERECO la capacidad de cumplir con sus misiones y cometidos con los materiales y medios de observación que por orgánica le corresponden?
7. ¿Qué premisas básicas considera que debe cumplir la capacidad de observación de la SERECO?

8. ¿Considera el Mini RPAS Raven una herramienta útil y apta para las misiones de la SERECO?
9. ¿Cree que la implementación de nuevo material de observación sería la mejor solución?
10. ¿Qué requisitos fundamentales debe tener este nuevo material?
11. De las siguientes opciones, ¿Cuál consideraría más adecuada?
  - a. Vehículo de observación tipo VERT de Caballería.
  - b. Vehículo de adquisición de datos VCOAV de Artillería.
  - c. Plataforma de observación tipo LRAS3 (*US Army*)/SERT (ET).
  - d. RPAS Clase I Micro/Mini.
12. En su opinión, ¿Son estas alternativas acordes y compatibles con los actuales planes y tendencias dentro del ET?
13. Pregunta libre, para añadir información e impresiones a lo anteriormente tratado.

## Anexo B. Modelo de entrevista a jefes de Compañía de Mando y Apoyo

Entrevista realizada con el fin de conocer las impresiones del escalón superior a los jefes de las unidades de reconocimiento. Es importante conocer si las necesidades que tienen los miembros y jefes de la SERECO son compartidas y apoyadas por su jefe, ya que puede ver el problema desde otra perspectiva. La entrevista es voluntaria y anónima.

### **Datos personales:**

Empleo:

Destino:

Puesto:

Tiempo de servicio en el Ejército de Tierra:

Experiencia al mando de MAPO:

Experiencia en operaciones en el exterior:

### **Entrevista:**

1. ¿Considera fundamental la misión de la Sección de Reconocimiento dentro del marco de la Compañía apoyando al Batallón?
2. ¿Cree que tiene la SERECO material y medios suficientes para llevar a cabo sus funciones?
3. ¿Dónde cree que radica el principal problema, o al menos, el más grave?
  - a. Capacidad de Observación
  - b. Movilidad
  - c. Ambas
  - d. Otros

4. ¿Considera la observación como la capacidad más importante que debe poseer la SERECO?
5. ¿Cómo calificaría el nivel de esta capacidad de observación?
  - a. Muy bueno
  - b. Bueno
  - c. Suficiente
  - d. Deficiente
  - e. Muy deficiente
6. ¿Considera el Mini RPAS Raven una herramienta útil y apta para las misiones de la SERECO?
7. ¿Cree que sería óptimo implementar nuevo material para mejorar esta capacidad?
8. ¿Qué requisitos fundamentales debe tener este nuevo material?
9. De las siguientes opciones, y teniendo en cuenta las servidumbres y limitaciones que pueda suponerle, ¿Cuál consideraría más adecuada?
  - a. Vehículo de observación tipo VERT de Caballería.
  - b. Vehículo de adquisición de datos VCOAV de Artillería.
  - c. Plataforma de observación tipo LRAS3 (*US Army*)/SERT (ET).
  - d. RPAS Clase I Micro/Mini.
10. En su opinión, ¿Son estas alternativas acordes y compatibles con los actuales planes y tendencias dentro del ET?
11. Una vez obtenida la información por la parte de la SERECO, ¿Qué considera más importante?:
  - a. Transmitir la información de forma rápida.
  - b. Transmitir la información de un modo seguro.
  - c. Ambas.
12. Pregunta libre, para añadir información e impresiones a lo anteriormente tratado.

### Anexo C. Modelo de entrevista a jefe de BICC.

Entrevista llevaba a cabo para conocer de primera mano la opinión del jefe de la unidad a la que da apoyo la SERECO y de quien depende directamente en operaciones. Es fundamental conocer cómo quiere que sea la información que recibe y cuándo la recibe. Así como saber desde una perspectiva superior como se abordaría el problema. La entrevista es voluntaria y anónima.

#### Datos personales:

Empleo:

Destino:

Puesto:

Tiempo de servicio en el Ejército de Tierra:

Experiencia al mando del Batallón:

## **Experiencia en operaciones en el exterior:**

### **Entrevista:**

- 1.** ¿Considera fundamental a la Sección de Reconocimiento para el Batallón?
- 2.** ¿Cree que tiene la SERECO material y medios suficientes para llevar a cabo sus funciones?
- 3.** ¿Dónde cree que radica el principal problema, o al menos, el más grave?
  - a. Capacidad de observación
  - b. Movilidad
  - c. Ambas
  - d. Otros
- 4.** ¿Considera la observación como la capacidad más importante que debe poseer la SERECO?
- 5.** ¿Considera que en la actualidad la SERECO tiene carencias en lo que a capacidad de observación se refiere?
- 6.** ¿Cómo calificaría el nivel de esta capacidad de observación?
  - a. Muy bueno
  - b. Bueno
  - c. Suficiente
  - d. Deficiente
  - e. Muy deficiente
- 7.** ¿Recibe usted la información que obtiene la SERECO en el tiempo y la forma adecuada?
- 8.** ¿Considera el Mini RPAS Raven una herramienta útil y apta para las misiones de la SERECO?
- 9.** ¿Cree que sería óptimo implementar nuevo material para mejorar esta capacidad?
- 10.** ¿Qué requisitos fundamentales debe tener este nuevo material?
- 11.** De las siguientes opciones, y teniendo en cuenta las servidumbres y limitaciones que pueda suponerle, ¿Cuál consideraría más adecuada?
  - a. Vehículo de observación tipo VERT de Caballería.
  - b. Vehículo de adquisición de datos VCOAV de Artillería.
  - c. Plataforma de observación tipo LRAS3 (*US Army*)/ SERT (ET).
  - d. RPAS Clase I Micro/Mini.
- 12.** En su opinión, ¿Son estas alternativas acordes y compatibles con los actuales planes y tendencias dentro del ET?
- 13.** Una vez obtenida la información por la parte de la SERECO, ¿Qué considera más importante?:
  - a. Transmitir la información de forma rápida.
  - b. Transmitir la información de un modo seguro.
  - c. Ambas.
- 14.** Pregunta libre, para añadir información e impresiones a lo anteriormente tratado.

## Anexo D. Modelo de entrevista a expertos en transmisiones

Entrevista efectuada con el fin de conocer de manos de expertos en la materia, si es viable o no la integración del nuevo material de observación en los sistemas de Mando y Control de el ET. En caso afirmativo, cuál sería la manera más óptima y eficaz de hacerlo. La entrevista es voluntaria y anónima.

### **Datos personales:**

Empleo:

Destino:

Puesto:

Tiempo de servicio en el Ejército de Tierra:

Experiencia al mando de unidades de transmisiones:

Experiencia en operaciones en el exterior:

### **Entrevista:**

1. ¿Cuál es en la actualidad el sistema de Mando y Control empleado en las unidades acorazadas del ET?
2. ¿Posibilita dicho sistema la integración de nuevos medios o material?
3. ¿Cree que sería imposible integrar un sistema tipo UAV?
4. ¿Dónde radicaría el mayor problema en dicha integración?
5. ¿Es capaz de operar el BMS con radios que posibiliten el envío de las imágenes o vídeos que los drones captén?
6. ¿Qué velocidad máxima de ancho de banda obtendríamos con cada sistema?
7. ¿Cuál lo hace de un modo más seguro?
8. ¿Qué alcance máximo de envío de información podríamos obtener con cada sistema?
9. ¿Son viables estas adaptaciones a los nuevos materiales de observación?
10. ¿Mejorarían los sistemas y procedimientos de transmitir la información?
11. Pregunta libre para añadir información e impresiones a lo anteriormente tratado.

## Anexo E. Modelo de entrevista a pilotos de Mini RPAS Raven

Se realizó para conocer todos los detalles de este tipo de material, al ser una de las propuestas de material a implementar en la SERECO. Detalles y aspectos técnicos, preparación y cualificación para manejarlos, mantenimiento, etc. La entrevista es voluntaria y anónima.

### **Datos personales:**

Empleo:

Destino:

Puesto:

Tiempo de servicio en el Ejército de Tierra:

Experiencia como piloto de Mini RPAS “Raven”:

Experiencia en operaciones en el exterior:

**Entrevista:**

1. ¿Considera el “Raven” un buen material de observación?
2. Por el sistema y la forma de trabajo que tiene, ¿Cree que sería adecuado para unidades de reconocimiento tipo pelotón o sección?
3. ¿Conoce de la existencia de otros tipos de UAV/RPAS más adecuados y manejables a las misiones y cometidos de la SERECO?
4. ¿Cuánto tiempo puede tardar en ponerlo en funcionamiento y estar emitiendo información en forma de imágenes o vídeo?
5. ¿Qué mantenimiento requiere?
6. ¿Qué alcance máximo tiene?
7. ¿Qué autonomía tiene?
8. En caso de avería, ¿tiene posibilidades de reparación *in situ*?
9. ¿Qué formación ha recibido para poder pilotar el “Raven”?
10. ¿Cuánto duró su periodo de formación?
11. ¿Considera que alguien sin esos conocimientos sabría pilotarlo de modo intuitivo?
12. ¿Conoce alguna de las medidas que existen en la actualidad C-RPAS?
13. Pregunta libre para añadir información a lo tratado anteriormente.

**Anexo F. Modelo de entrevista a piloto dueño del dron Mavic 2**

**Pro**

Se realizó para conocer todos los detalles de este dron concreto al ser una de las alternativas propuestas a implementar y ser uno de los mandos de la unidad poseedor de uno de estos dispositivos. La entrevista es voluntaria y anónima.

**Datos personales:**

Empleo:

Destino:

Puesto:

Tiempo de servicio en el Ejército de Tierra:

Experiencia en operaciones en el exterior:

Experiencia como piloto del dron Mavic 2 Pro:

**Entrevista:**

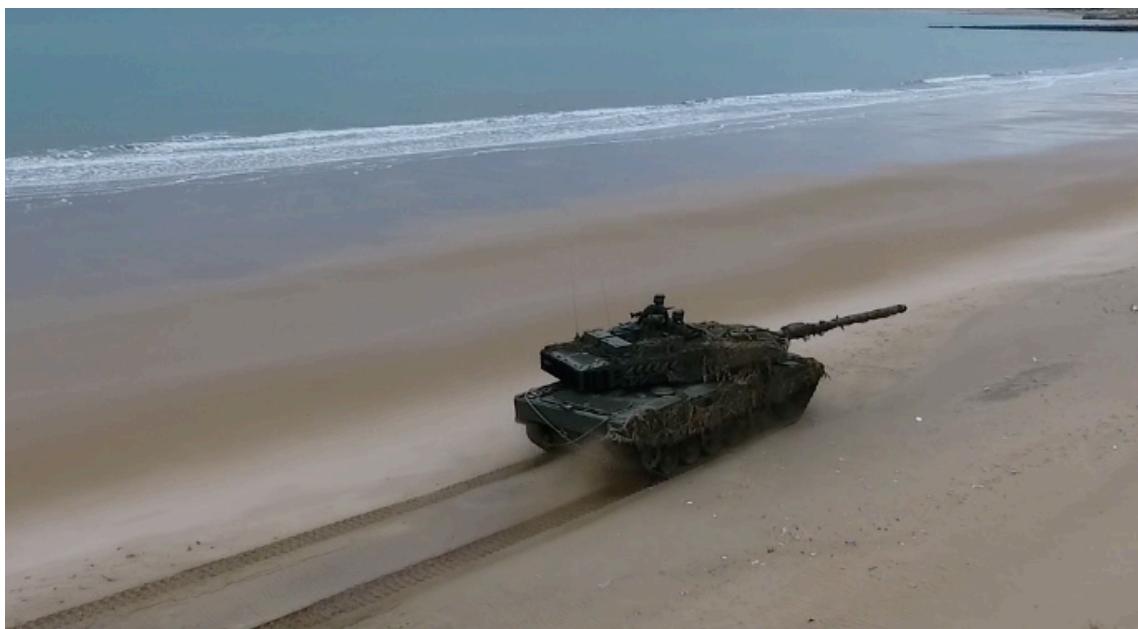
1. ¿Conoce cuáles son las principales misiones para las que la SERECO esta diseñada?

2. ¿Conoce las carencias existentes en la SERECO en lo que a capacidad de observación se refiere?
3. ¿Considera la implementación de drones como una solución posible a este problema?
4. ¿Considera el dron Mavic 2 Pro un modelo adecuado?
5. ¿Considera que tiene la óptica necesaria como para satisfacer las necesidades que pueda tener la SERECO en sus diferentes misiones?
6. Según datos del fabricante, el dron Mavic 2 Pro tiene 10.000 metros de alcance. ¿Confirma este dato?
7. Según datos del fabricante, el dron Mavic 2 Pro tiene unos 30 minutos de autonomía. ¿Confirma este dato?
8. ¿Cuánto tiempo puede tardar en ponerlo en vuelo y estar recibiendo imágenes?
9. ¿En qué consiste la interfaz o el sistema de manejo del dron?
10. ¿Qué mantenimiento requiere?
11. En caso de avería, ¿tiene fácil reparación?
12. ¿Considera fácil e intuitivo el manejo de este dron?
13. ¿Cuánto tiempo se tardaría, partiendo de 0, en conseguir manejar el dron con solvencia?
14. ¿Considera adecuada la relación calidad-precio?
15. ¿Recomendaría otro modelo de dron para este tipo de unidades?
16. Pregunta libre para añadir información a lo tratado anteriormente.

Anexo G. Imágenes captadas con el dron Mavic 2 Pro durante diferentes períodos de instrucción llevados a cabo por la unidad

Fuente: dueño del dron.



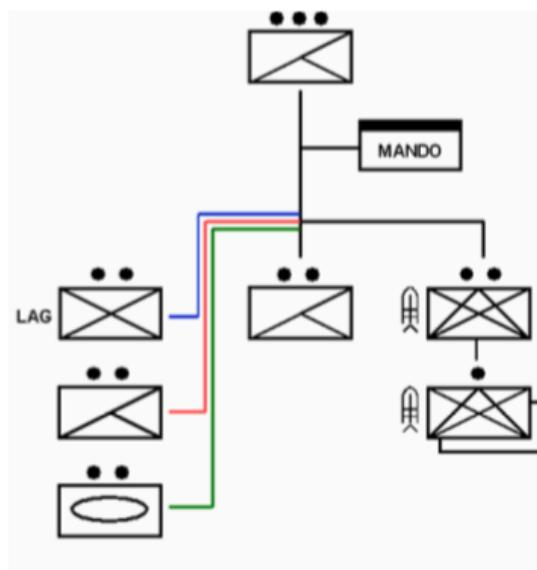


## Anexo H. Estructura orgánica de la SERECO

Está constituida por los siguientes elementos

- Mando.
- Pelotón de Defensa Contracarro
- Dos pelotones de Reconocimiento compuestos de equipos de: Reconocimiento, Apoyo y Exploración.

Según el tipo de batallón, uno de los pelotones de Reconocimiento es sustituido por un pelotón de CC, compuesto de dos carros o un pelotón de LAG, compuesto de dos equipos de LAG.



## Anexo I. Tabla clasificación tipos de reconocimiento.

Fuente: PD4-018 (vol. I). Acciones militares tácticas de apoyo: Reconocimiento.

Clasificaciones del reconocimiento		
Cuadro resumen		
Clasificación	Criterio	Denominación
<b>Por su modalidad</b>	Según esté orientada a un objetivo en contacto o situado en la profundidad del despliegue enemigo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• De combate</li><li>• En profundidad o especial</li></ul>
<b>Por la técnica utilizada</b>	Método básico de empleo del personal, material y equipo disponible.	<ul style="list-style-type: none"><li>• A pie</li><li>• Sobre vehículos</li><li>• Aeromóvil</li><li>• Por el fuego</li></ul>
<b>Por el procedimiento operativo empleado para la conducción</b>	Importancia o no de que se descubra la presencia de las fuerzas propias.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sigiloso</li><li>• Agresivo</li></ul>
<b>Por el tipo de objetivo a reconocer</b>	Naturaleza del objetivo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Objetivo o puntual</li><li>• Itinerario</li><li>• Zona</li></ul>

## Anexo J. Accesorios y cargas útiles compatibles con el dron Matrice 210

Se muestren algunas de las diferentes cargas útiles que ofrece el fabricante DJI en su pagina web<sup>13</sup> totalmente compatibles con el Matrice 210. Además, señalar que este dron también admite la instalación de cargas útiles de terceros.



Cámara térmica.  
Modelo Zenmuse  
XT2. Precio  
9.500€.



Toma instantánea de  
20 MP con obturador  
de láminas



Cámara Micro 4/3  
con varios posibles  
objetivos



Cámara con Zoom X 30



Estabilizador superior



Estabilizador inferior  
doble

<sup>13</sup>Fuente: <https://www.dji.com/es/matrice-200-series/payloads#subNavBar> . (Consultado el 28 de octubre de 2020).

## Anexo K. Tabla grados de protección IP

Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología. Guía técnica de aplicación. Significado y explicación de los códigos IP.

### **Grados de protección indicados por la primera cifra característica**

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que lleve a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.

### **Grados de protección indicados por la segunda cifra característica**

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Tipo de protección proporcionada por la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales
4	Protegida contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales
5	Protegida contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales

6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales
7	Protegida contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protegida contra la inmersión prolongada	<p>El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante</p> <p>NOTA – Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales</p>
Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Esto esta de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.		

**[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]**