



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio para dotar de UAV a los OAV de artillería  
de campaña

Autor

CAC Diego Alcolea Otero

Directores

Director académico: Dr. D. Óscar de la Iglesia Pedraza

Director militar: Capitán D. José Heras Luna

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

**2022**





## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a todos los componentes del GACA I/30 en Ceuta, en especial a la Batería de Plana Mayor de Mando, que durante la realización de mis prácticas de mando me han acogido como a uno más, incorporándome en las funciones de la unidad y facilitando en gran medida la realización de este trabajo.

De forma particular, agradecer tanto a mi Director Académico, el Dr. D. Óscar de la Iglesia Pedraza, por su permanente disponibilidad e interés, que me han impulsado a buscar la perfección en la realización de este trabajo, como a mi Director militar, el capitán D. Antonio Heras Luna, que en todo momento ha buscado colaborar y tener una dedicación e implicación directa con el trabajo a la vez que me ha enseñado el funcionamiento de la unidad y ha resuelto cuantas dudas me han surgido en mi estancia en Ceuta. Sin ellos la realización de este Trabajo Fin de Grado no hubiera sido posible. Especial agradecimiento también a D. Juan Diaz Bejarano de la empresa Canard Drones, por su desinteresada ayuda a la hora de informarme sobre el sector.

Por último, en el ámbito personal, agradecer a mi familia, en especial mis padres Diego y Cristina y mi hermana Gala por acompañarme en todo momento durante mis estudios y ser partícipes tanto de los momentos duros como los felices, gracias de corazón.



## Resumen

En la actualidad, los sistemas aéreos no tripulados están teniendo un gran desarrollo en todos los sectores. Una de las aplicaciones más recientes es su uso para fines militares, tanto para tareas de reconocimiento como para acciones de combate. Dentro de estas aplicaciones militares, una de las ideas que se están desarrollando es la implementación de sistemas RPAS en las unidades de artillería que ayuden en el proceso de adquisición de objetivos y correcciones de tiro, aunque hasta ahora solo se han utilizado UAS tácticos para operaciones de targeting u objetivos muy concretos. Por otra parte, los equipos de OAV tienen la misión de acompañar a las unidades de maniobra, realizar las peticiones de fuego a la unidad que apoya cuando el JOOP lo requiera y realizar las correcciones de los disparos que se realicen. La generalización de los sistemas RPAS hasta el punto de incluirlos como material en los equipos de OAV de los GACA significaría una mejora muy importante en las capacidades de las Fuerzas Armadas. Por tanto, el objetivo de este trabajo es elegir el sistema RPAS adecuado para la tarea y posteriormente realizar un análisis de la viabilidad de la realización del proyecto.

Para realizar este estudio, se ha llevado a cabo un análisis de once medios con características prometedoras para llevar a cabo este cometido. Tras comparar las ventajas e inconvenientes de cada uno de los RPAS, se ha llegado a la conclusión de que la mejor opción es un UAS de Clase I tipo Small de ala fija. Los drones más pequeños han sido descartados por su incapacidad de ofrecer garantías en términos de alcance y autonomía, y los drones Clase II y Clase III tampoco son aplicables debido a los grandes problemas legislativos que implica su vuelo y a la poca eficiencia en la utilización de los recursos que supondría rebajar las capacidades de estos sistemas a una pequeña unidad. Se han priorizado los sistemas de ala fija por delante de otro tipo de drones como los helicópteros debido a sus mejores prestaciones en materia de autonomía, alcance, velocidad y techo máximo. Para todo este análisis se ha seguido la opinión del sargento Moro, actualmente destinado en el GAIL y experto en sistemas RPAS militares.

Una vez llevado a cabo este filtro, se han seleccionado tres posibles sistemas que cumplieran los requisitos: el Orbiter 4, el Atlantic y el Tarsis 75. Para priorizar uno de ellos se ha realizado un análisis multicriterio, analizando cada una de sus características y dándoles un peso en función a los resultados obtenidos de una encuesta con setenta respuestas de expertos en la materia. Esta encuesta ha sido realizada utilizando la herramienta Google Workspace. El sistema RPAS seleccionado como el más adecuado ha sido el Orbiter 4.

Para analizar la viabilidad del proyecto se ha realizado, en primer lugar, un análisis DAFO, ofreciendo estrategias para contrarrestar los inconvenientes que podrían surgir. Estas estrategias han sido ordenadas por orden de prioridad en función del impacto que tendrían al ser aplicadas. En segundo lugar, se ha realizado un análisis de riesgos con el objetivo de prevenir posibles problemas, dándole a cada uno de los riesgos un determinado grado de probabilidad de aparición y de impacto.

En base a los resultados de este TFG se puede decir que implementar sistemas RPAS en los equipos de OAV no solo es posible, sino que es una oportunidad para ser un ejército puntero en UAS, tener una ventaja operativa en el ámbito táctico y estar en la vanguardia en todo lo relativo a artillería de campaña.



## Abstract

Currently, unmanned aerial systems are having a great development in all sectors. One of the most recent applications is its use for military purposes, both for reconnaissance tasks and for combat actions. Within these military applications, one of the ideas that is being developed is the implementation of RPAS systems in artillery units to help in the process of target acquisition and fire corrections, although they have only been used for targeting operations using tactical UAS. On the other hand, the OAV teams have the mission of accompanying the maneuver units, making fire requests to the supporting unit when the JOOP requires it and making corrections to the shots that are made. The generalization of RPAS systems to the point of including them as material in the OAV equipment of the GACA would mean a very important improvement in the capabilities of the Armed Forces. Therefore, the objective of this work is to choose the appropriate RPAS system for the task and subsequently carry out an analysis of the feasibility of carrying out the project. So, the aim of this work is to choose the appropriate RPAS system for the task and subsequently carry out an analysis of the feasibility of carrying out the project.

To carry out this study, an analysis of eleven media with favourable characteristics to carry out this task has been made. After comparing the advantages and disadvantages of each of the RPAS, it has been concluded that the best option is a Class I Small fixed-wing UAS. Smaller drones have been discarded due to their inability to offer guarantees in terms of range and autonomy, and Class II and III drones are also not applicable due to the big legislative problems involved in their flight and the low efficiency in the use of resources that would mean reducing the capacities of these systems to a small unit. Fixed-wing systems have been prioritized ahead of other types of drones such as helicopters due to their better performance in terms of autonomy, range, speed and maximum ceiling. In this section, the opinion of Sergeant Moro, currently assigned to the GAIL and an expert in military RPAS systems, has been followed.

Once this filter has been carried out, three possible systems that met the requirements have been selected: the Orbiter 4, the Atlantic and the Tarsis 75. To prioritize one of them, a multicriteria analysis has been made, analysing each of its characteristics and giving them a weight based on the results obtained from a survey with seventy responses from experts in the field. This survey has been carried out using the Google Workspace tool. The RPAS system selected as the most suitable has been the Orbiter 4.

To analyse the viability of the project, a SWOT analysis has been carried out, offering strategies to counteract the inconveniences that could arise. These strategies have been arranged in order of priority based on the impact they will have when applied. Secondly, a risk analysis has been made with the aim of preventing possible problems, giving each of the risks a certain degree of probability of appearance and impact.

Based on the results of this TFG, it can be said that implementing RPAS systems in OAV teams is not only possible, but also an opportunity to be a leading army in UAS, have an operational advantage in the tactical field and be in the vanguard in everything related to field artillery.



# Índice

<b><i>Agradecimientos</i></b> .....	<b><i>I</i></b>
<b><i>Resumen</i></b> .....	<b><i>II</i></b>
<b><i>Abstract</i></b> .....	<b><i>III</i></b>
<b><i>Índices de figuras</i></b> .....	<b><i>VI</i></b>
<b><i>Índice de tablas</i></b> .....	<b><i>VII</i></b>
<b><i>Lista de siglas y acrónimos</i></b> .....	<b><i>VIII</i></b>
 <b><i>1. Introducción</i></b> .....	 <b><i>1</i></b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2. Motivación .....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.4. Alcance .....	3
1.5 Metodología.....	3
1.6. Ámbito de aplicación.....	4
 <b><i>2. Observadores avanzados en ACA</i></b> .....	 <b><i>5</i></b>
2.1. El grupo de artillería de campaña .....	5
2.2. Equipo de observadores avanzados.....	6
2.3. Empleo de los sistemas RPAS en el Ejército de Tierra.....	7
 <b><i>3. Elección del sistema RPAS</i></b> .....	 <b><i>10</i></b>
3.1. Medios propuestos .....	10
3.1.1. Sistemas RPAS en dotación .....	10
3.1.2. Sistemas RPAS comerciales.....	13
3.1.3. Sistemas RPAS utilizados en conflictos internacionales.....	16
3.2. Análisis sobre los diferentes sistemas .....	16
3.3. Análisis multicriterio .....	19
 <b><i>4. Análisis de Viabilidad</i></b> .....	 <b><i>24</i></b>
4.1. Análisis DAFO .....	24
4.1.1. Matriz DAFO .....	24



4.1.2. Estrategias .....	25
4.1.3. Prioridades .....	25
4.2. Análisis de riesgos.....	26
4.2.1. Riesgos potenciales .....	27
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>29</b>
5.1. Conclusiones.....	29
5.2. Líneas Futuras.....	29
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>31</b>
<b>Anexo I. Especificaciones de los RPAS.....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo II – Entrevista a Sgto. Moro del GAIL .....</b>	<b>36</b>
<b>Anexo IV – Análisis de Riesgos.....</b>	<b>43</b>
<b>Anexo V – Normativa sobre circulación aérea .....</b>	<b>45</b>



## Índices de figuras

Ilustración 1 - Orgánica del GACA .....	5
Ilustración 2 - Orgánica de la Batería de Plana Mayor .....	6
Ilustración 3 - Bayraktar TB-2.....	7
Ilustración 4 - DJI Mavic III .....	8
Ilustración 5 - RAVEN RQ-11B .....	10
Ilustración 6 - Searcher MK III.....	11
Ilustración 7 - Thyra V2 .....	11
Ilustración 8 - Tucán .....	12
Ilustración 9 - Atlantic I.....	12
Ilustración 10 - Orbiter 4.....	13
Ilustración 11 – Pelicano.....	14
Ilustración 12 - Alpha 900 .....	14
Ilustración 13 - Tarsis.....	15
Ilustración 14 - Fulmar X.....	15
Ilustración 15 - DJI Mavic III .....	16
Ilustración 16 - Análisis DAFO .....	24
Ilustración 17 - Matriz estrategias .....	25
Ilustración 18 - Análisis de riesgos.....	27





## Índice de tablas

Tabla 1 - Clasificación de los sistemas RPAS en España .....	9
Tabla 2 - Características de los RPAS analizados .....	19
Tabla 3 - Resultados de la encuesta .....	20
Tabla 4 – Valoraciones asignadas por atributo.....	21
Tabla 5 - Resultados por atributo y sistema RPAS.....	22
Tabla 6 - Puntuaciones finales de los sistemas RPAS .....	22
Tabla 7 - Especificaciones del RAVEN B .....	32
Tabla 8 - Especificaciones del Tucán.....	32
Tabla 9 - Especificaciones del Atlantic I .....	33
Tabla 10 – Especificaciones del Pelícano .....	33
Tabla 11 - Especificaciones del Thyra V2 .....	33
Tabla 12 - Especificaciones del Tarsis 75 .....	34
Tabla 13 - Especificaciones del Alpha 900.....	34
Tabla 14 - Especificaciones del Fulmar X .....	34
Tabla 15 – Especificaciones del Searcher MK-III .....	35
Tabla 16 - Especificaciones del DJI Mavic III .....	35
Tabla 17 - Especificaciones del Orbiter 4 .....	35
Tabla 18 - Análisis de Riesgos Completo.....	43



## Lista de siglas y acrónimos

ACA	Artillería de Campaña
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades
DEN	Destacamento de Enlace
FSE	Elemento de Apoyo de Fuegos
GACA	Grupo de Artillería de Campaña
GAIL	Grupo de Artillería de Información y Localización
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GT	Grupo Táctico
ISTAR	Inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento
JOOP	Jefe de la Organización Operativa
MTOW	Masa máxima al despegue
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OAV	Observador Avanzado
OST	Observador de seguridad de tierra
OSV	Observador de seguridad de vuelo
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PLMM	Plana Mayor de Dirección
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
S/GT	Subgrupo Táctico
SV	Seguridad en Vuelo
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UCO	Unidad, centro y organismo
JTAC	Joint Terminal Attack Controller



# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes

Para conocer los orígenes de la artillería nos tenemos que remontar al siglo XIV, con la invención de la pólvora y su aplicación a las armas de fuego, que llevaron a la creación del cañón. Durante los siguientes siglos se produjo una mejora de los cañones, con el desarrollo de sistemas de armas como la bombardarda, el falconete o la culebrina. A partir del siglo XVII la evolución se volcó en la mejora de las municiones, pasando de las rudimentarias bolas de cañón a las actuales municiones inteligentes, como los proyectiles Base Bleed<sup>1</sup> o la munición AHEAD<sup>2</sup>. Históricamente la artillería ha sido el factor diferencial en la mayoría de los conflictos, dando una enorme ventaja a los ejércitos que la ostentaban.

La artillería es el Arma del fuego por excelencia, un conjunto de sistemas de armas capaces de disparar proyectiles de gran tamaño y carga explosiva a largas distancias. Dentro de esta especialidad fundamental encontramos la artillería de campaña (ACA), que, junto a los morteros de la infantería, los fuegos de apoyo naval y los fuegos de apoyo aéreo, destaca como parte principal de la función de combate “apoyo de fuegos”. En este Trabajo Fin de Grado (TFG) nos centraremos en la ACA, cuya misión principal es apoyar y proteger a las organizaciones operativas terrestres de forma oportuna, decisiva y ajustada a la situación, y auxiliar al mando integrando todos los fuegos en la maniobra. Las características de estos fuegos de artillería son la potencia, la profundidad y la precisión. La potencia de fuego es la cantidad de fuego que puede ser proporcionada por una unidad o sistema de armas, queda determinada por el número de proyectiles que se pueden disparar en la unidad de tiempo, y por su tipo y efectividad. La profundidad de los fuegos, que viene limitada por los alcances máximo y mínimo de los materiales, obliga a desplegar a las unidades de ACA buscando su mayor rendimiento y a realizar cambios de posición en función de la evolución del combate. La precisión depende de las características balísticas de las plataformas de lanzamiento, de la capacidad tecnológica de las municiones, de la exactitud en la adquisición del objetivo y del grado de preparación técnica del tiro. Es importante conocer las características del Arma, ya que nos ayudan a entender los objetivos a la hora de mejorar sus prestaciones.

Generalmente la artillería se utiliza para apoyar maniobras terrestres. Dichas maniobras están controladas por su respectivo jefe de la organización operativa (JOOP). La ACA está a disposición del JOOP para ser utilizada cuando crea que es necesaria para cumplir con la misión que tenga asignada. Los grupos de ACA, además de las baterías de armas que poseen los diferentes cañones, cuentan con unos equipos de observadores avanzados (OAV) que se desplazan con las unidades de maniobra. La función de estos OAV es levantar objetivos una vez que el JOOP decida utilizar la ACA y, tras la realización de los disparos, corregir los fuegos para aumentar la precisión y eficacia de los proyectiles. Los OAV generan peticiones de fuego que

---

<sup>1</sup> Sistema de propulsión utilizado en algunos proyectiles de artillería que puede aumentar el alcance hasta un 30 %.

<sup>2</sup> Munición inteligente que se divide en 152 subproyectiles por cada ojiva y permite al proyectil explotar a una distancia prudencial antes de llegar al blanco, creando una barrera antimisil de hasta 38 metros de diámetro.



llegan al JOOP. El JOOP, a su vez, autoriza aquellas que considere adecuadas y envía los datos de tiro necesarios a las piezas integradas en dicha maniobra para que puedan hacer fuego.

Para facilitar el proceso citado en el párrafo anterior se utiliza el programa TALOS, un programa de mando y control que permite al jefe de la misión visualizar de forma sencilla la operación y coordinar los apoyos de fuego que debe realizar la ACA. Además de estas funciones, el sistema TALOS permite coordinarse en operaciones internacionales ya que multitud de países utilizan este sistema u otros compatibles e interoperables entre sí. Existen dos variantes del sistema TALOS, el técnico, centrado en la realización de peticiones y órdenes de tiro, y el táctico, cuya función es la coordinación y conducción de la operación.

Dentro del Ejército de Tierra uno de los principales conceptos es el de inteligencia. La inteligencia permite recopilar información y proporcionar al mando la capacidad de tomar decisiones de forma más rápida y acertada. Los elementos utilizados para realizar estas tareas son conocidos como ISTAR (de *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*). Uno de los elementos con mayor auge para operaciones de inteligencia son los vehículos aéreos controlados a distancia o RPAS (de *Remotely Piloted Aircraft System*).

La labor principal de los RPAS es proporcionar imágenes aéreas de ciertas zonas de difícil acceso o elevada peligrosidad, sin embargo, la evolución de las tecnologías y la alta eficacia de estos medios invitan a crear medios cada vez más avanzados y con más capacidades. En el ámbito de la ACA, la posibilidad de utilizar RPAS en los equipos de OAV para la adquisición de objetivos y la corrección de los disparos de artillería podría significar una evolución exponencial de la operatividad y de las capacidades de estos.

## 1.2. Motivación

El avance de las nuevas tecnologías, la modernización de los ejércitos y las lecciones aprendidas de los conflictos internacionales más recientes, como el conflicto entre Ucrania y Rusia y la guerra entre Azerbaiyán y Armenia, nos muestran que el uso de medios RPAS como apoyo al uso de la ACA es el futuro del Arma. Los ejércitos que no se adapten a la era de los RPAS tendrán una clara desventaja táctica, que puede ser diferencial en cualquier posible conflicto o escenario de crisis, con respecto a los que sí lo hagan.

Además de la ventaja estratégica, la aplicación de estos sistemas en los grupos de ACA aumentaría exponencialmente la seguridad de las unidades de maniobra, ya que se podrían realizar acciones de fuego sin tener visión directa de los objetivos, pudiendo esperar en posiciones más seguras a que se produzcan los disparos.

Por estos motivos es necesario realizar un estudio sobre la implantación de RPAS en los equipos de OAV que permitan explotar sus ventajas y destacarse como uno de los ejércitos punteros en el empleo y uso de estos sistemas.

## 1.3. Objetivos

El principal objetivo de este TFG es la implementación de sistemas RPAS en los equipos de OAV de artillería de campaña. Para lograr este objetivo se han marcado los siguientes hitos:

- Elegir el sistema RPAS más adecuado para la tarea.
- Realizar un análisis de la viabilidad de la realización del proyecto.



## 1.4. Alcance

En lo que respecta al primer hito, el estudio se ha centrado en las siguientes características de los sistemas RPAS: autonomía<sup>3</sup>, el alcance<sup>4</sup>, la velocidad, el techo máximo<sup>5</sup>, el tamaño, el peso y la carga útil<sup>6</sup>, no entrando a valorar los costes de adquisición por la imposibilidad de adquirir dicha información.

Por otra parte, el análisis de viabilidad se ha realizado en base a un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) y a un análisis de los posibles riesgos de la implementación del sistema RPAS en los equipos de OAV.

## 1.5 Metodología

En primer lugar, se ha realizado una revisión bibliográfica para buscar información sobre los últimos avances en los ámbitos de los equipos de OAV, el uso de sistemas RPAS en el Ejército de Tierra, los diferentes UAS existentes en la actualidad y el uso de drones en los conflictos internacionales más recientes.

Posteriormente se ha procedido a entrevistar a expertos en las diferentes áreas, como los OAV, el JTAC<sup>7</sup> del GACA I/30 y el personal del Grupo de Artillería de Información y Localización (GAIL). También se ha contactado con la empresa Canard Drones, expertos en el empleo de drones para la obtención de coordenadas y con amplios conocimientos sobre los medios comerciales en el mercado. Para ampliar los conocimientos sobre el tema también se ha entrevistado a personal de la brigada experimental de la legión (BRILEG), punteros en todo lo relativo a últimos medios y tecnologías en el ET, así como a ingenieros de la empresa GMV, empresa encargada de desarrollar el sistema TALOS.

Con el objetivo de seleccionar el medio más adecuado se ha realizado un análisis multicriterio. Este análisis se ha basado en una encuesta para determinar la ponderación de cada característica, que se ha cuantificado mediante una escala numérica de 1 a 10, y en los datos técnicos de las característica analizadas.

Por último, se ha estudiado la viabilidad del proyecto mediante un análisis DAFO y mediante un análisis de riesgos, para valorar los diferentes peligros que se podrían afrontar en la realización del proyecto.

---

<sup>3</sup> Máximo recorrido que puede efectuar un vehículo sin repostar.

<sup>4</sup> Capacidad de alcanzar o cubrir una distancia.

<sup>5</sup> Altura máxima a la que puede volar una aeronave.

<sup>6</sup> Peso máximo que se le puede añadir a un sistema RPAS en materia de módulos o herramientas sin que suponga un riesgo para sus capacidades.

<sup>7</sup> Joint Terminal Attack Controller: operador terrestre con certificación OTAN para controlar y dirigir acciones de apoyo de fuego aéreo con fuerzas propias próximas.



## **1.6. Ámbito de aplicación**

El ámbito de aplicación principal de este TFG es el GACA I/30 en el acuartelamiento de Fuentes Pila en Ceuta, donde se han desarrollado las prácticas externas. Sin embargo, los resultados de este trabajo se pueden aplicar a todos los grupos de ACA, especialmente en los de las brigadas, ya que realizan apoyos a unidades de maniobra de forma habitual.



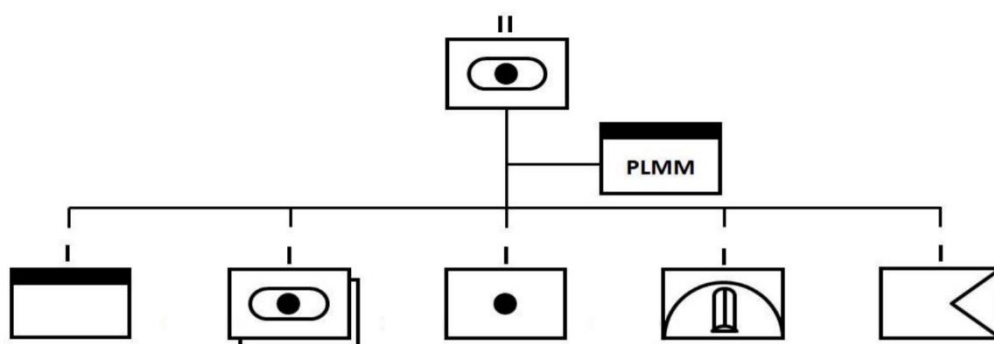
## 2. Observadores avanzados en ACA

### 2.1. El grupo de artillería de campaña

El grupo de artillería de campaña (GACA) es la unidad fundamental de la artillería de campaña, todas las brigadas del Ejército de Tierra están apoyadas por un grupo de ACA. Estos grupos pueden actuar siguiendo uno de estos cuatro cometidos tácticos: apoyo directo, refuerzo, acción de conjunto o acción de conjunto-refuerzo. Estos cometidos tácticos son fundamentales ya que son las capacidades que debe tener la unidad y tanto los medios como la instrucción de los GACA están basados en ellos.

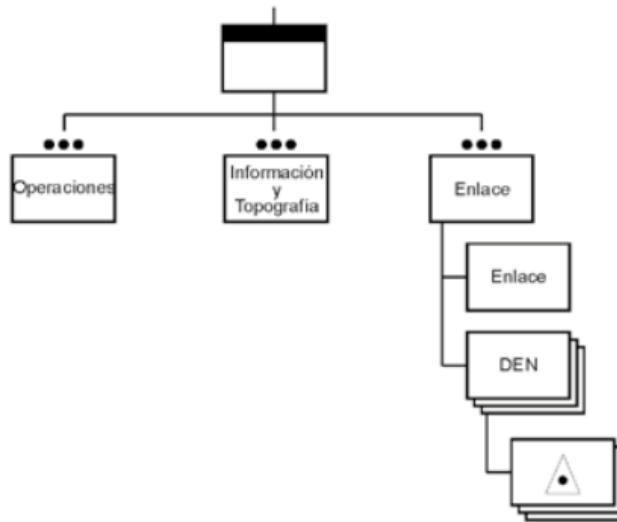
El cometido táctico de apoyo directo es el que se le da a una unidad de apoyos de fuego cuya misión es proporcionar fuegos a las tropas empeñadas en combate próximo. El cometido de refuerzo tiene como finalidad aumentar la potencia de fuego de otra unidad de apoyo de fuegos. El cometido acción de conjunto tiene por finalidad permitir al jefe de la unidad intervenir de forma directa e inmediata en el combate, reservando una parte de la artillería bajo su mando. El cometido táctico de acción de conjunto-refuerzo tiene una doble finalidad: permitir que una unidad de apoyos de fuego esté en condiciones de ser empleada por el mando de su gran unidad de una forma directa e inmediata y, a su vez, poder responder con rapidez a las peticiones de fuego de otra unidad de apoyos de fuego, normalmente la de apoyo directo. Pueden darse situaciones en las que la actuación de una unidad de apoyos de fuego no se adapte perfectamente a uno de los cometidos tácticos tipo. Entonces será preciso modificar alguna de las responsabilidades inherentes y acomodar así el cometido a la situación táctica. [1]

Generalmente los grupos de ACA están compuestos por su plana mayor de dirección, que asesora al teniente coronel, tres baterías de Armas, donde se encuentran los cañones, una batería de Servicios y una batería de Plana Mayor de Mando (véase Ilustración 1).



*Ilustración 1 - Orgánica del GACA*

La batería de Plana Mayor de Mando es la encargada de coordinar los esfuerzos del resto de baterías, así como ejercer todas las actividades de mando y control del grupo. Está compuesta por tres secciones, cada una al mando de un teniente: la sección de operaciones, la sección de información y topografía, y la sección de enlace (véase Ilustración 2). [2] Los OAV, foco principal de este trabajo, están ubicados dentro de la sección de enlace.



*Ilustración 2 - Orgánica de la Batería de Plana Mayor*

## 2.2. Equipo de observadores avanzados

Tradicionalmente se ha considerado a los equipos de observadores avanzados como los ojos de la artillería. Ya que levantaban objetivos y corregían el fuego de las piezas mientras colaboraban en la información general del campo de batalla. Con el aumento de los medios de vigilancia del campo de batalla, esta última misión de los observadores ha pasado a un segundo plano.

Los grupos de artillería de campaña de las nuevas brigadas orgánicas polivalentes cuentan con nueve equipos de observadores avanzados. Estos equipos estarán destacados en las unidades de combate, normalmente de entidad subgrupo táctico o inferior, y dependiendo del elemento de apoyo de fuegos (FSE, de *Fire Support Element*) del grupo táctico, normalmente establecido por un destacamento de enlace. [3]

Entre sus cometidos estará:

- Elaborar las listas de objetivos de la unidad a la que se destaca y elevarlas al escalón superior.
- Adquirir los objetivos que esté previsto batir con ACA asignados a la unidad a la que se destaca.
- Actualizar los movimientos de los objetivos asignados en su zona de observación.
- Servir como medio de enlace entre la unidad a la que se destaca y la unidad de ACA asignada.
- Obtener información general del campo de batalla.





Para el desarrollo de estos cometidos dispondrá entre sus medios de las transmisiones necesarias para integrarse en las mallas de datos y fonía del grupo. Por otro lado, también deberá integrarse en la malla de mando de la unidad apoyada.

La composición del equipo OAV es:

- Un Jefe de Equipo de empleo brigada o sargento 1º.
- Un Conductor de empleo cabo.
- Un Operador de Transmisiones de empleo soldado.

## 2.3. Empleo de los sistemas RPAS en el Ejército de Tierra

Desde hace algún tiempo el uso de sistemas RPAS se ha extendido y generalizado tanto en el ámbito civil como en el militar. Su flexibilidad, utilidad y capacidad de adaptación los convierten en una herramienta excelente a la hora de recabar información o realizar determinadas tareas.

Originalmente los sistemas RPAS se incorporaron a las Fuerzas Armadas como herramientas de reconocimiento e inteligencia, proporcionando imágenes en tiempo real de ubicaciones clave o estratégicas. En los últimos años estos drones han sido modificados para cumplir numerosas funciones, incluyendo acciones ofensivas. En la actualidad, el uso de UAS se ha demostrado diferencial en numerosos conflictos como el de Nagorno Karabaj entre Armenia y Azerbaiyán o el de Ucrania y Rusia. En el conflicto del Cáucaso, el dron de ataque turco Bayraktar TB-2 (Ilustración 3) ha sido omnipresente, así como la munición merodeadora israelí adquirida por Azerbaiyán. Estas capacidades han decantado la balanza del conflicto, teniendo también un gran impacto como instrumento de propaganda y guerra psicológica. [4]



*Ilustración 3 - Bayraktar TB-2*

Otro claro ejemplo de la efectividad de los sistemas RPAS es el conflicto entre Rusia y Ucrania. En este conflicto se comenzó usando los Bayraktar TB-2 pero tras el desgaste de la guerra se optó por utilizar modelos comerciales más pequeños y económicos, como el DJI Mavic III (véase Ilustración 4). Los drones están siendo claves para la localización de objetivos y la corrección de fuegos artilleros, siguiendo la idea que se propone en este trabajo. Cada vez más países incorporan estos medios y apuestan por ellos como el futuro en materia de defensa, debido a su flexibilidad y a la elevada dificultad de los sistemas antiaéreos para contrarrestar este tipo de amenaza. [5]



Ilustración 4 - DJI Mavic III

Dentro de la artillería, los sistemas RPAS están destacando como herramientas de gran utilidad a la hora de adquirir objetivos y realizar correcciones de fuegos. Se han realizado numerosas pruebas con el Searcher MK-III, siendo incluido incluso como elemento del simulador de campaña (SIMACA)<sup>8</sup>. Los UAS están siendo integrados dentro del sistema de mando y control de fuegos, el TALOS. Para que el sistema RPAS sea interoperable con el TALOS, el flujo de datos que emite debe cumplir un formato estándar OTAN denominado MAJIIC (de *Multi-sensor Aerospace-ground, Joint-intelligence*). Si no cumple este protocolo, los datos se pueden transformar en una señal estandarizada OTAN mediante una interfaz denominada IRIS<sup>9</sup>, obteniendo una señal que tanto el TALOS como otros sistemas de mando y control extranjeros pueden utilizar. El principal problema que afrontan estos medios para su integración en el TALOS es que su elevado ancho de banda requiere unos sistemas de transmisiones muy potentes que a día de hoy no poseen las pequeñas unidades.

En España se ha establecido una clasificación de los drones en función de su peso y capacidades (véase Tabla 1). La división principal es según el peso, que establece tres clases. Se consideran drones de Clase I aquellos con un peso inferior a 150 kg, los drones de Clase II son aquellos con un peso de entre 150 y 600 kg, y los drones de Clase III son aquellos con un peso superior a los 600 kg. Dentro de la Clase I se distinguen tres tipos de drones diferentes en función de su alcance y características. Los Micro-RPA tienen alcances de unos 2 km y están diseñados para su uso en entornos cerrados y edificaciones. Los Mini-RPA tienen alcances de unos 10 km y se utilizan para misiones de reconocimiento próximas y sencillas. Los Small-RPA son los drones de Clase I con las capacidades más altas, pudiendo desempeñar una variedad de operaciones muy superior a la de los Micro-RPA y Mini-RPA. El alcance de los Small-RPA es superior a los 50 km.

De los tres tipos principales de drones, los de Clase I y Clase II se establecen como los de mayor importancia para el futuro de las Fuerzas Armadas. [6]

---

<sup>8</sup> Simulador situado en la Academia de Artillería de Segovia por el que pasan todas las unidades de ACA del ET dos veces al año y con capacidad para recrear operaciones reales y diversas con todos sus los elementos.

<sup>9</sup> Software utilizado para interoperar sistemas RPAS con sistemas de mando y control de artillería como el TALOS.



Licencia	Clase	Categoría OTAN	Radio normal de emisión	Ejemplo de RPAS
<b>TIPO I</b>	Clase I (peso $\leq$ 150 kg)	Micro-RPA	2 km	Black Hornet
		Mini-RPA	10 km	Raven
		Small-RPA	50 km (medio alcance)	RQ-11 B Pelícano
<b>TIPO II</b>	Clase II (150 < peso $\leq$ 600 kg)	TUAV (táctico)	200 km (largo alcance)	Searcher MK-III
	Clase III (peso > 600 kg)	UCAV (combate)	Sin límite (enlace por satélite)	Reaper
		MALE (altitud media)		Heron TP
		HALE (gran altitud)		Global Hawk

Tabla 1 - Clasificación de los sistemas RPAS en España



## 3. Elección del sistema RPAS

### 3.1. Medios propuestos

A continuación, se van a presentar varios sistemas RPAS junto con sus características más importantes. Todos estos sistemas se han dividido en tres tipos: medios en dotación dentro de las Fuerzas Armadas y otras Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado; medios comerciales que podrían adaptarse a este cometido; y medios que han sido utilizado en conflictos internacionales recientes. En el Anexo I se han detallado todas las características y especificaciones técnicas de cada uno de los sistemas RPAS que se presentan en este apartado.

#### 3.1.1. Sistemas RPAS en dotación

Los seis sistemas RPAS que ya están en las unidades y han sido valorados para este propósito han sido el Raven RQ-11B, el Searcher MK-III, el Thyra V2, el Tucán, el Atlantic y el Orbiter 4.

##### Raven RQ-11B

El sistema RPAS Raven RQ-11B (véase Ilustración 5) es una herramienta de reconocimiento y vigilancia que se lanza manualmente. El sistema transmite en directo imágenes de vídeo, rumbo magnético e información de localización a una estación de control de tierra, ordenador portátil (si está conectado) y terminal de vídeo remoto. Esta capacidad permite a los operadores navegar, buscar objetivos, reconocer el terreno y grabar toda la información para su posterior análisis. Otro punto a favor del Raven es que ya está en dotación en las compañías de inteligencia de todas las brigadas del ET, por lo que su implantación en los equipos de OAV podría ser más rápida. [7]



*Ilustración 5 - RAVEN RQ-11B*

##### Searcher MK-III

El sistema Searcher MK-III (véase Ilustración 6) es un dron táctico de Clase II en servicio en la Batería RPAS del GAIL II/63 en León. Está dotado de unos sensores electroópticos que permiten obtener imágenes de calidad tanto por el día como por la noche. Este medio RPAS tiene la capacidad de obtener coordenadas precisas y por lo tanto tendría incorporadas las capacidades necesarias para utilizarse para la corrección de fuegos de artillería, asimismo podría integrarse con el sistema TALOS. Se ha tenido en cuenta este sistema ya que actualmente está en dotación en el Ejército de Tierra y su implementación podría resultar rentable económicamente. [6]

*Ilustración 6 - Searcher MK III*

### Thyra V2

El sistema Thyra V1 (véase Ilustración 7) es un UAV desplegable y portátil diseñado para operaciones de vigilancia y utilizado por unidades de Protección Civil como la de Santa Cruz de Tenerife. La empresa que lo suministra, Aeronáutica SDLE ya ha incorporado al mercado el sistema Thyra V2, muy similar a su predecesor pero con mejoras notorias en el ámbito de techo máximo y autonomía. Tiene un tamaño reducido y una estación portátil que permitiría su fácil transporte y adquisición por parte de los equipos avanzados. Al ser un UAS de los denominados Quadrópteros<sup>10</sup> tiene una carga útil mayor que un Mini-RPA de ala fija. [8]

*Ilustración 7 - Thyra V2*

### Tucán

El sistema Tucán (véase Ilustración 8) es un dron de Clase I tipo mini enfocado a misiones ISTAR. Cuenta con un funcionamiento completamente eléctrico que lo hace muy difícil de detectar por los medios de contrainteligencia enemigos. Está en dotación en el GAIL, en la base de San Gregorio en Zaragoza y en el Ejército del Aire. Posee grandes capacidades en relación con su tamaño, entre 90 y 120 minutos de autonomía y velocidad máxima de 100 km/h, pero cuenta con una carga útil de tan solo 0,75 kg. [9]

---

<sup>10</sup> Dron multirrotor que es levantado y propulsado por cuatro rotores.



*Ilustración 8 - Tucán*

### Atlantic I

El sistema Atlantic I (véase Ilustración 9) es un RPAS de ala fija de medio alcance y alto rendimiento diseñado para misiones de inteligencia y reconocimiento. Se encuentra en dotación en el GAIL de León, que cuenta con dos unidades. Este dron tiene buenas características para su uso en la corrección de fuegos de artillería, con una carga útil de 5 kg y la velocidad más alta de entre todas las opciones valoradas, 110 km/h de velocidad de crucero y hasta 170 km/h de velocidad máxima. [10]

*Ilustración 9 - Atlantic I*



### Orbiter 4

El Orbiter 3 es un sistema RPAS de ala fija tipo Small de la empresa israelí Aeronautics que fue adquirido para ser desplegado por el Ejército de Tierra en la misión de Iraq. Esta misma empresa ha desarrollado ya la nueva versión del dron, el Orbiter 4 (véase Ilustración 10), añadiendo mejoras en muchas de sus prestaciones. Esta actualización se centra sobre todo en el aumento de la autonomía de vuelo, pasando de 7 a 24 horas de autonomía y en el aumento de la carga útil, que sin aumentar el peso total del sistema pasa a ser de 11 kg. El resto de las especificaciones son las mismas, alcance de 150 km, velocidad máxima de 130 km/h y techo de 5.400 m, haciéndolo excepcional para ser utilizado en la corrección del tiro. Las principales ventajas del Orbiter 4 son: su capacidad para ser desplegado por medio de catapulta desde cualquier posición; y su capacidad para ser recuperado mediante paracaídas, utilizando un GPS el dron cae suavemente en la ubicación seleccionada, pudiendo recuperarlo en caso de fallo o avería. Además puede ser desplegado por una dotación de solo cuatro sirvientes. [11]



Ilustración 10 - Orbiter 4

### 3.1.2. Sistemas RPAS comerciales

Además de estudiar los medios en dotación, se ha contactado con la empresa española Canard Drones, especialista en creación de *software* y módulos para medios RPAS y en estrecha relación con los Ejércitos de Tierra y del Aire, participando en proyectos conjuntos como el programa RAPAZ<sup>11</sup>. Con ayuda de esta empresa se han identificado una serie de drones que pueden ser óptimos para su implementación en los equipos de observadores avanzados. Estos drones son el Pelicano de la empresa INDRA, el Alpha 900 de la empresa Alpha Security and Defense, el Tarsis de la empresa AERTEC y el Fulmar X de la empresa Thales.

---

<sup>11</sup> Proyecto lanzado en 2017 por la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) del Ministerio de Defensa de España con el objetivo de evaluar los diferentes sistemas RPAS de Clase I desarrollados por la industria nacional con el fin de conocer las capacidades reales en operaciones y de cara a una posible adquisición en el futuro.



### Pelícano

El dron Pelícano de la empresa INDRA (véase Ilustración 11) fue desarrollado con el objetivo de responder a los requisitos y necesidades de las fuerzas armadas y de seguridad. Entre las capacidades de esta aeronave figuran sistemas electroópticos de visión diurna e infrarroja, capaces de tomar imágenes de muy alta resolución a gran altura. Esto sumado a su capacidad de despegue y aterrizaje vertical lo postulan como una gran opción para misiones de adquisición de objetivos y corrección de fuegos artilleros. [12]



*Ilustración 11 – Pelícano*

### Alpha 900

El RPAS Alpha 900 de la empresa Alpha Security (véase Ilustración 12) originalmente fue creado para operaciones de reconocimiento, marítimas y de control de fronteras. Sus capacidades de recopilación de datos LiDAR<sup>12</sup> y de levantamiento topográfico combinado con su alcance de 100 km lo convierten en un modelo válido para su implementación en los equipos de observadores avanzados. [13]



*Ilustración 12 - Alpha 900*

---

<sup>12</sup> Light Detection and Ranging: dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor laser a un objeto o superficie utilizando un haz laser pulsado.





### Tarsis 75

El sistema Tarsis 75 de la empresa AERTEC (véase Ilustración 13) es un UAS táctico ligero de alta tecnología diseñado para operaciones de observación y vigilancia. El punto fuerte de este medio es su flexibilidad y adaptabilidad, con una carga útil de hasta 12 kg que permite añadir numerosos módulos. Además, se ofrecen opciones operativas diversas como lanzamiento desde catapulta, recuperación de emergencia por paracaídas y sistema de comunicaciones satelitales, las cuales garantizan la seguridad de las operaciones y lo convierten en un medio muy completo para la corrección de tiros de artillería. [14]



*Ilustración 13 - Tarsis*

### Fulmar X

El dron Fulmar X de la empresa Thales (véase Ilustración 14) es un UAV de ala fija muy versátil especializado en misiones de inteligencia, búsqueda y captura, y apoyo a las unidades terrestres. Sus características son idóneas para implementarse en los equipos de OAV, sobre todo su tamaño, su autonomía y su carga útil. Una ventaja añadida de estos sistemas es que la empresa Thales ofrece la posibilidad de un modo de servicio donde el usuario sólo paga por una misión específica predefinida, pudiendo abaratar de forma cuantiosa los costes de adquisición y uso. [15]



*Ilustración 14 - Fulmar X*



### 3.1.3. Sistemas RPAS utilizados en conflictos internacionales

Por último, se ha realizado un estudio analizando los conflictos más recientes para buscar drones que ya estén cumpliendo labores similares en operaciones reales. El dron más factible para el propósito del TFG es el Mavic-III de la empresa china DJI, principalmente utilizado con fines militares en la guerra entre Ucrania y Rusia.

El Mavic-III (véase Ilustración 15) es un dron que se ha venido utilizando en conflictos principalmente por su bajo coste de adquisición (en torno a los 2.000 \$) y su versatilidad, ya que es aplicable para un gran número de misiones que abarcan desde reconocimiento de zonas hasta el lanzamiento de bombas y explosivos. Ha sido una gran opción siguiendo la estrategia de compra masiva que permitía reponer de forma rápida los drones en caso de incidente, de modo que con este sistema se podía prescindir de las capacidades de drones más avanzados, pero mucho más caros. Su principal inconveniente es su reducida carga útil (6 kg). [16]



Ilustración 15 - DJI Mavic III

## 3.2. Análisis sobre los diferentes sistemas

Para cumplir las necesidades de los equipos de OAV deben utilizarse sistemas de Clase I, ya que los drones de Clase II y III no son aplicables. Esto es debido principalmente a su elevado peso y tamaño, que impiden que sean transportados y utilizados por un equipo de observadores avanzados de forma autónoma. Además, tienen mayores restricciones y obligaciones en lo que respecta al tráfico aéreo, como se especifica en el Anexo IV. Estos drones están reservados para su empleo a nivel estratégico y su uso está más enfocado al *targeting*<sup>13</sup> y al combate. Aun así, en el apartado anterior se ha citado como excepción el MK Searcher. Asimismo, los drones de Clase I tipo Micro-RPA como el Black Hornet también quedan descartados, ya que su uso está enfocado a espacios muy reducidos y combate en interiores o zonas urbanizadas.

Es importante resaltar que con este proyecto se busca dar un salto de calidad y una mejora sustancial de la tecnología y los procedimientos de los equipos de observadores avanzados. Por ello, uno de los objetivos es que la precisión del dron sea, al menos, la misma que pueda tener en la actualidad un observador avanzado utilizando sus propios medios. Se podrían utilizar sistemas RPAS muy básicos y económicos cuyo único objetivo fuera obtener imágenes que permitieran realizar correcciones por medio de trigonometría, analizando el ángulo de salida de la cámara y la posición del dron. Incluso se podría realizar una aproximación por medio de una

---

<sup>13</sup> Actividad cuya finalidad es facilitar la consecución de los objetivos del mando a alto nivel ejecutando acciones y sincronizándolas entre sí y con el resto de la operación.



trisección<sup>14</sup>, tomando varias imágenes desde distintas posiciones, pero seguiría siendo un método menos preciso que implicaría un paso atrás en las capacidades de los OAV. Independientemente de esto, se podrían utilizar este tipo de medios para adquisiciones de objetivos y correcciones del fuego de forma muy rudimentaria en una situación de necesidad, como se ha venido haciendo en la guerra entre Rusia y Ucrania [4], aunque en estos casos puntuales, una solución mucho más viable sería contactar con escalones superiores o con el Ejército del Aire para pedir apoyo de UAS estratégicos o de combate, que pueden obtener coordenadas con altísima precisión.

En relación con lo que se acaba de exponer, un requerimiento importante es que el sistema elegido sea capaz de obtener coordenadas con desviaciones máximas de 5 m, distancia que no implicaría una reducción de los efectos deseados, teniendo en cuenta el radio de acción de los proyectiles de que disponemos. Para conseguir esas bajas desviaciones, los sistemas RPAS deben poder transportar un telémetro laser, que imitaría la labor de los Vector 21 Nite<sup>15</sup> que utilizan los observadores avanzados, o en su defecto, una cámara de calidad suficiente como para asegurar esta precisión. En el anexo II se puede leer al completo la entrevista al Sargento Jesús Moro Cuesta, destinado en el GAIL, piloto de drones militares con amplia experiencia en el sector, donde se puede apreciar su opinión sobre algunos de los datos mencionados en este apartado, base para el análisis realizado en el mismo.

Como se puede comprobar, en el apartado anterior se han expuesto las capacidades y características de hasta once sistemas RPAS de la más diversa índole y tipo. Al comenzar el estudio la lógica indicaba que la solución a la propuesta de implementar un dron en los equipos de observadores avanzados pasaba por la adquisición de un sistema de tamaño y peso reducidos, a ser posible un Clase I mini, que permitiera a los OAV integrar estos medios dentro de sus propios vehículos y desplegarlos cuando se quisiera realizar un tiro de artillería y operarlos sin necesidad de aumentar el personal de los equipos. El primer medio que se tuvo en cuenta fue el sistema RAVEN, ya que cumplía estas características y ya estaba en dotación dentro de las unidades. Tras hablar con expertos y recabar información con el manual del sistema (MI-100 RAVEN) se llegó a la conclusión de que era un sistema muy básico para este propósito, ya que no estaba giro estabilizado, por lo que el sistema era muy inestable y complicaba la obtención de imágenes. Solo disponía de una cámara fija y de poca calidad que solo permitía realizar misiones de reconocimiento de forma rudimentaria. Su bajo alcance (10 km) sumado a la imposibilidad de añadir módulos o modificaciones que corrijan estos problemas descartaban el RAVEN como medio viable para este fin.

Tras descartar el RAVEN se buscaron otros medios similares, siguiendo esta línea se tuvieron en cuenta el Tucán y el Thyra V2. Estos dos medios poseen unas características muy similares tanto en alcance, tamaño, carga útil, techo máximo y velocidad, pero son dos tipos de sistema muy diferentes, ya que el Tucán es de ala fija y el Thyra V2 es un quadróptero. Teniendo en cuenta esto el Thyra V2 se aventajaba con respecto al Tucán, ya que el ala fija implica los problemas del despegue y sobre todo del aterrizaje, puesto que aunque cuenta con un sistema de recuperación de emergencia por paracaídas, supone una clara desventaja en los ámbitos de adaptabilidad y maniobrabilidad. Además, el Tucán dispone de un funcionamiento

---

<sup>14</sup> Técnica utilizada para obtener coordenadas que consiste en orientarse mediante la intersección de las líneas obtenidas de observar posiciones conocidas.

<sup>15</sup> Visor electroóptico que agrupa un binocular, un compás digital, un telémetro laser y un inclinómetro y que actualmente está en dotación en los equipos de OAV de los GACA.



completamente eléctrico que soluciona el principal problema de este tipo de medios, el ruido. Sin embargo, tanto el Thyra V2 como el Tucán tienen una carga útil muy reducida que, aunque aumentaran las prestaciones del RAVEN, no permitían una mejora sustancial en la calidad de la cámara o la precisión en la obtención de coordenadas, añadiendo el problema del bajo techo que, como indica el Sargento en la entrevista, los volvía muy vulnerables a los medios enemigos, pudiendo ser derribados hasta por el fuego de fusilería.

Al pensar en las desventajas de estos dos sistemas, se optó por analizar medios más grandes y por tanto con mayor carga útil y con un techo máximo superior. Tras investigar y analizar el mercado se llegó a los helicópteros no tripulados, un tipo de sistema RPAS que permitía aumentar exponencialmente esas dos características. Los dos sistemas con estas características que se han valorado en este trabajo son el Pelicano de la empresa Indra y el Alpha 900. El principal problema del dron Pelicano era que, aunque su tamaño no era excesivamente elevado (3,3 m de diámetro, 3,4 m de longitud y 1,2 m de altura), su peso era muy grande (alrededor de 200 kg). El peso del Pelicano lo sitúa como dron de Clase II, lo que implica multitud de inconvenientes, ya que estos sistemas forman parte del control aéreo y deben cumplir unos requisitos muy superiores a los de Clase I, como por ejemplo informar y coordinar con todo tipo de aeronaves el espacio aéreo cada vez que se despliega o tener que llevar un transpondedor<sup>16</sup>.

Teniendo en cuenta los problemas del Pelicano se optó por el Alpha 900 como el medio de este tipo con las características más adecuadas. El Alpha 900, con sus 25 kg de peso, posee una carga útil de 6 kg que permite implementar una cámara de alta calidad. Aunque para tripular este sistema haría falta un piloto certificado, las capacidades de despegue y aterrizaje vertical y la mejora de las características lo compensan. Cuenta con un alcance de hasta 100 km que suponen una revolución con respecto a los UAS tipo mini. Los principales inconvenientes del Alpha 900, según cita el sargento Moro, son que, pese a solucionar parte de los problemas del Thyra V2 y del Tucán, siguen dejando que desear en materia de techo máximo (1500 m) y velocidad (60 km/h), haciendo el dron vulnerable frente a multitud de sistemas enemigos. Al ser un medio bastante más caro que sus predecesores el problema de la vulnerabilidad se torna más importante. Además, este sistema RPAS requeriría de un vehículo propio para su transporte, pudiendo entorpecer las maniobras o reducir las capacidades operativas de la unidad de maniobra a la que apoyasen.

Teniendo en cuenta que el Alpha 900 era un sistema viable pero mejorable, se investigaron otras opciones. La opción a los helicópteros no tripulados eran los UAS Small de ala fija, con velocidades superiores y capacidad de volar a mucha más altura y emitiendo menos ruido, lo que evita la inmensa mayoría de los sistemas anti-drones y de detección existentes. Anteriormente, los medios de ala fija habían sido descartados por el problema que implicaba necesitar una pista tanto para el despliegue como para el aterrizaje, imposibilitando el poder desplegar en numerosas situaciones y lugares. Analizando estos sistemas se llegó a la conclusión de que el problema que a priori planteaban los sistemas como el Tucán podía en realidad ser la clave para la implementación de un medio óptimo y adecuado en los equipos de OAV, sólo había que aumentar la escala de estos. Las autonomías en los medios de ala fija son muy superiores a los de ala rotatoria, oscilando entre las 5 y 12 horas en los tres medios propuestos de este tipo (todos de tipo Small). En drones del tipo Mini este factor no era diferencial, pero en los tipo Small sí que

---

<sup>16</sup> Dispositivo utilizado en telecomunicaciones ampliamente utilizado en aeronáutica para el control de tráfico aéreo, sirviendo para la identificación de las naves, así como los datos necesarios de vuelo.



hay un cambio importante. En cualquier conflicto, una operación se inicia desde una base o acuartelamiento. Este acuartelamiento en la inmensa mayoría de los casos dispondrá de una superficie lo bastante amplia y equilibrada como para permitir el despegue y aterrizaje de un dron de Clase I Small, que necesita una pista de unas dimensiones muy inferiores a una aeronave, o en su defecto se podría habilitar una zona contigua para ello. Si se analiza lo dispuesto anteriormente podría haber un problema de concepto, ya que en todo momento se había intentado conseguir un medio que pudiera desplegarse desde la localización del equipo de OAV en situaciones puntuales cuando con estos sistemas se podría contar con el apoyo permanente de un sistema RPAS con capacidad de adquirir objetivos y corregir fuegos artilleros. Además, estos sistemas tendrían unas características que les permitirían operar a muy alta cota y con unas velocidades elevadas, haciéndolos prácticamente imperceptibles para los ejércitos enemigos y muy difíciles de derribar. Otra clara ventaja de este sistema es que permitiría prescindir de un vehículo o medio exclusivo para el transporte del dron y su logística.

Este concepto de dron permanente aumentaría exponencialmente otras capacidades de las unidades de maniobra ya que, además de todas las mejoras en los apoyos de fuego, otorgarían una visión panorámica, lejana y permanente a la unidad, aumentando la seguridad y la capacidad de obtener información, permitiendo al jefe tomar decisiones de manera más eficaz. En el caso de una operación prolongada en el tiempo, el largo alcance del dron permitiría a este volver a la base y repostar, de tal forma que combinando dos sistemas RPAS se pudiera disfrutar de estas capacidades de forma permanente. Por todas estas razones se ha optado por los sistemas RPAS de Clase I Small de ala fija como la clave para ser implementados en los equipos de observadores avanzados. Una excepción que se ha hecho ha sido con el dron Fulmar, que gracias a su capacidad para planear largas distancias era el sistema con más alcance (800 km), sin embargo su bajo techo de tan solo 800 m lo hacía muy vulnerable y no permitía observar de forma panorámica ciertos objetivos de gran entidad.

Los tres sistemas RPAS que se han seleccionado como medios óptimos para su implementación para tareas de adquisición de objetivos y correcciones del tiro de los sistemas de apoyo de fuegos han sido el Tarsis 75, el Orbiter 4 y el Atlantic. Los tres sistemas son de ala fija y poseen capacidad todo-tiempo, fundamental para poder ser operados en todo tipo de condiciones climatológicas. En la Tabla 2 se pueden apreciar las características de cada uno de estos sistemas.

Sistema RPAS	Peso	Tamaño	Autonomía	Alcance	Carga útil	Techo máximo	Velocidad
Orbiter 4	50 kg	18,5 m <sup>3</sup>	24 h	150 km	11 kg	5.400 m	100 km/h
Tarsis 75	75 kg	18 m <sup>3</sup>	12 h	150 km	12 kg	5.000 m	100 km/h
Atlantic	50 kg	21,8 m <sup>3</sup>	5 h	100 km	5 kg	3.500 m	110 km/h

*Tabla 2 - Características de los RPAS analizados*

### 3.3. Análisis multicriterio

Para elegir el medio más adecuado para ser implementado en los equipos de observadores avanzados se decidió realizar un análisis multicriterio. Este método permite analizar varios modelos teniendo en cuenta diferentes características, cada una valorada en función de su importancia. Para estimar cuales eran las características más importantes que debía cumplir el sistema RPAS se realizó una encuesta con la herramienta Google Workspace que se hizo llegar a todos los observadores avanzados de los GACA del ET, a mandos con experiencia en el tema, especialmente de las baterías de plana y personal del GAIL, a ingenieros especializados en la



creación de drones y a personal de empresas civiles centradas en el diseño de módulos y *software* de UAS.

En la encuesta se preguntaba por la importancia de las siguientes características:

- **Peso:** es una característica esencial ya que es la que clasifica los sistemas RPAS en las tres clases de dron, implicando cambios en numerosos aspectos legislativos.
- **Tamaño:** hay que tener en cuenta que sea correcto para su objetivo de ser implementado en los equipos de OAV.
- **Autonomía:** es fundamental para aumentar el tiempo de vuelo del dron.
- **Alcance:** es muy importante para capacitar al dron para realizar maniobras en distancias lejanas como puede ser el repostaje.
- **Carga útil:** es una característica esencial porque dictamina si es posible o no implementar módulos como pueden ser la cámara o el telémetro encargado de obtener las coordenadas de los objetivos.
- **Velocidad de movimiento:** es importante para dificultar la detección y el derribo del sistema por parte del enemigo.
- **Techo máximo:** al igual que la velocidad, permite al sistema operar a alta cota, haciéndolo menos vulnerable contra la mayoría de los sistemas de detección enemigos.

En la encuesta se ha consultado a 70 expertos. En ella se pedía a los consultados que valorasen la importancia de estas características del 1 al 10, siendo 1 nada importante y 10 muy importante. En la Tabla 3 se muestran las respuestas a la entrevista. En el Anexo III se adjunta la encuesta realizada y sus resultados.

Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	Valoración	Ponderación (%)
Peso	1	1	1	2	9	3	11	10	18	14	536	7,7	14,1
Tamaño reducido	5	1	1	1	6	1	5	16	16	18	537	7,7	14,1
Autonomía	0	0	0	0	1	5	11	11	9	33	611	8,7	16,0
Alcance	0	0	0	0	1	2	12	10	17	28	614	8,8	16,1
Carga útil	1	1	2	2	8	6	9	19	10	12	518	7,4	13,6
Techo máximo	5	0	1	0	9	6	9	15	9	16	513	7,3	13,4
Velocidad	3	1	2	2	14	7	5	13	13	10	487	7,0	12,8

*Tabla 3 - Resultados de la encuesta*

Con los datos obtenidos en esta tabla se ha podido determinar cuáles son los atributos más importantes con los que debe contar el sistema RPAS, así como su peso en porcentaje para la elección del sistema.

A su vez se han asignado distintas valoraciones a todos los atributos para establecer una puntuación para cada uno de los sistemas RPAS estudiados. En la Tabla 4 podemos apreciar estas valoraciones.





Peso (kg)	Valor	Tamaño (m <sup>3</sup> )	Valor	Autonomía (h)	Valor	Alcance (km)	Valor	Carga útil (kg)	Valor	Techo máx. (m)	Valor	Velocidad (km/h)	Valor
> 150	1	> 30	1	< 2	1	< 20	1	< 2	1	< 2000	1	< 80	1
135 - 150	2	27,5 - 30	2	2 - 4	2	20 - 40	2	2 - 4	2	2000 - 2500	2	80 - 85	2
120 - 135	3	25 - 27,5	3	4 - 6	3	40 - 60	3	4 - 6	3	2500 - 3000	3	85 - 90	3
105 - 120	4	22,5 - 25	4	6 - 8	4	60 - 80	4	6 - 8	4	3000 - 3500	4	90 - 95	4
90 - 105	5	20 - 22,5	5	8 - 10	5	80 - 100	5	8 - 10	5	3500 - 4000	5	95 - 100	5
75 - 90	6	17,5 - 20	6	10 - 12	6	100 - 120	6	10 - 12	6	4000 - 4500	6	100 - 105	6
60 - 75	7	15 - 17,5	7	12 - 14	7	120 - 140	7	12 - 14	7	4500 - 5000	7	105 - 110	7
45 - 60	8	12,5 - 15	8	14 - 16	8	140 - 160	8	14 - 16	8	5000 - 5500	8	110 - 115	8
30 - 45	9	10 - 12,5	9	16 - 18	9	160 - 180	9	16 - 18	9	5500 - 6000	9	115 - 120	9
< 30	10	< 10	10	> 18	10	> 180	10	> 18	10	> 6000	10	> 120	10

Tabla 4 – Valoraciones asignadas por atributo



Después de asignar las valoraciones a cada atributo se ha asignado una puntuación a las características de cada uno de los tres drones propuestos. En la Tabla 5 se pueden apreciar las puntuaciones de cada UAS en cada uno de los apartados.

Sistema RPAS	Peso	Tamaño	Autonomía	Alcance	Carga útil	Techo máximo	Velocidad
Orbiter 4	8	6	10	8	6	9	6
Tarsis	5	6	7	8	7	8	6
Atlantic	8	7	3	5	3	5	8

Tabla 5 - Resultados por atributo y sistema RPAS

Para clasificar los tres sistemas RPAS del más al menos adecuado para su implementación en los equipos de OAV se ha multiplicado cada valoración por su ponderación, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 6.

Sistema RPAS	Peso	Tamaño	Autonomía	Alcance	Carga útil	Techo máximo	Velocidad	Puntuación
Orbiter 4	8	6	10	8	6	9	6	7,65
Tarsis	5	6	7	8	7	8	6	6,75
Atlantic	8	7	3	5	3	5	8	5,49
Ponderación	0,141	0,141	0,160	0,161	0,136	0,134	0,128	

Tabla 6 - Puntuaciones finales de los sistemas RPAS

De los resultados del análisis se deduce que el sistema RPAS más adecuado es el Orbiter 4. Se puede apreciar que pese a que el Atlantic destaca en velocidad y tamaño se ve penalizado por sus reducidas prestaciones en cuanto a autonomía y alcance, los dos atributos más importantes para los expertos. Por otra parte, el Tarsis y el Orbiter 4 son dos sistemas con características muy parecidas, con tamaño, alcance y velocidad prácticamente idénticos. Sin embargo, el Orbiter 4 supera al Tarsis por su inmejorable autonomía y su peso, bastante más adecuado.

Además de ser el medio con las características más ajustadas al proyecto, el Orbiter 4 cuenta con una gran ventaja respecto a sus dos alternativas. Este medio puede ser transportado en un vehículo y, con una tripulación de apenas 4 personas, ser montado y operado. Este factor ofrece una alternativa al despegue desde una base cercana que permite reducir la cantidad de pilotos y personal necesarios en una operación, eligiendo entre ambas opciones en función de las condiciones y las necesidades. Además, el Orbiter 4 es recuperable mediante paracaídas. Este hecho otorga una mayor capacidad de supervivencia al dron, ya que permite evitar daños mayores o que caiga en manos del enemigo.

Un factor clave a tener en cuenta que no se ha valorado en este análisis es el precio de adquisición y los costes económicos que implicaría llevar a cabo el proyecto. La idea inicial era hacer un estudio económico para analizar la viabilidad del proyecto y que influyera a la hora de realizar el multicriterio, pero finalmente se ha descartado por la imposibilidad de obtener estos datos. Se contactó con las empresas desarrolladoras de la mayoría de los sistemas RPAS propuestos en este TFG para consultar el posible precio que tendrían los drones en el caso de una adquisición al por mayor. En ningún caso se pudo obtener la información ya que la mayoría de las empresas no respondieron. La única que contestó fue la empresa española Indra y especificó que no podía facilitar dicha información. En el caso de los drones que ya están en dotación en el Ejército de Tierra solo se pudieron obtener estimaciones, ya que las adquisiciones se realizaron mediante diferentes contratos de precios variables que no permiten establecer un





precio unitario de los drones. Todo ello imposibilitó el realizar un estudio económico del proyecto. Por ello, aunque el Orbiter 4 destaca como el mejor sistema para ser implementado por los equipos de OAV, tanto el Tarsis como el Atlantic son medios viables para desempeñar dicha función y las prioridades en la elección de los drones podrían variar a la hora de realizar la adquisición en función del coste.



## 4. Análisis de Viabilidad

### 4.1. Análisis DAFO

El análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) es una sencilla herramienta de análisis estratégico muy extendida en la toma de decisiones en todo tipo de organizaciones y empresas. El DAFO resulta muy útil a la hora de analizar proyectos y trabajos, así como de elaborar estudios de mercado, planes estratégicos y de negocio.

#### 4.1.1. Matriz DAFO

En el análisis DAFO se analizan por un lado los factores internos. Analizando los factores que dependen de la propia organización se obtienen algunos positivos (fortalezas) y otros negativos (debilidades). Lo mismo ocurre al analizar los factores externos. Teniendo en cuenta el entorno que rodea a la empresa se pueden obtener factores externos positivos (oportunidades) y negativos (amenazas). Los factores obtenidos que influyen en la implementación de un sistema RPAS en los equipos de OAV se presentan en la Ilustración 16.

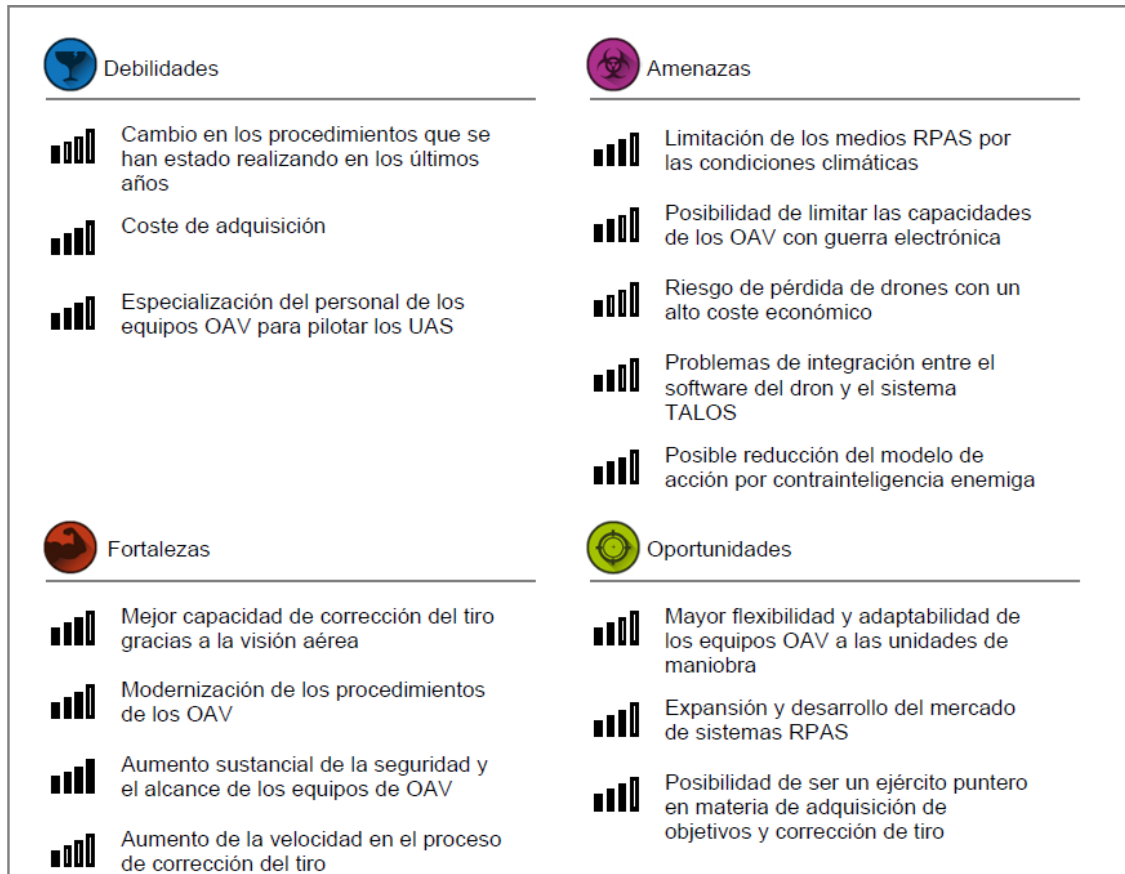


Ilustración 16 - Análisis DAFO



### 4.1.2. Estrategias

Tras la realización de la matriz de factores se crea la matriz de estrategias. Esta matriz surge de comparar los factores de dos en dos. Para crear las estrategias de supervivencia se comparan debilidades y amenazas, para las estrategias adaptativas se comparan debilidades y oportunidades, para crear las estrategias defensivas se analizan fortalezas y amenazas, y para extraer estrategias ofensivas se comparan fortalezas y oportunidades. De este modo se crean diferentes estrategias a partir de diferentes factores. En la Ilustración 17 se pueden observar las diferentes estrategias que se han adoptado en este proyecto.

 <b>Estrategias Supervivencia</b>	 <b>Estrategias Adaptativas</b>
Curso de especialización en manejo del sistema RPAS	Proponer certificaciones a nivel OTAN
Elección económica del dron	
 <b>Estrategias Defensivas</b>	 <b>Estrategias Ofensivas</b>
Aumento de la velocidad en el proceso de corrección del tiro	Aumentar operaciones con equipos OAV implicados
Formación en contrainteligencia	

Ilustración 17 - Matriz estrategias

### 4.1.3. Prioridades

La cantidad de factores que forman parte de una estrategia y la importancia que se les da a estos factores establecen un orden de prioridades estratégicas que ayudan a seleccionar las estrategias más importantes a la hora de llevar a cabo un proyecto. Siguiendo estos principios se ha obtenido el siguiente orden de prioridad a la hora de establecer estrategias:

1. La primera estrategia consiste en proponer certificaciones a nivel OTAN. En esta estrategia se parte de la debilidad que supone tener que especializar al personal de los equipos OAV para ser capaces de operar los sistemas RPAS; y de la oportunidad que supone la mayor flexibilidad y adaptación de los equipos de OAV a las unidades de maniobra, y la posibilidad de ser un ejército puntero en materia de adquisición de objetivos y corrección del tiro. La estrategia consiste en proponer una serie de certificaciones a nivel OTAN que den oportunidades a los que tengan el título para realizar otros cursos y acceder a todo tipo de operaciones internacionales, como pasa con el curso de JTAC.
2. La segunda estrategia planteada es una estrategia defensiva que consiste en aumentar la velocidad en el proceso de corrección del tiro. La amenaza que supone la posible reducción del modelo de acción<sup>17</sup> por la detección y localización del sistema RPAS hace necesaria esta estrategia, que se aprovecha de numerosas fortalezas del proyecto, como son la mejor capacidad de corrección del tiro gracias

<sup>17</sup> El modelo de acción es el tiempo estipulado en el que una unidad enemiga puede realizar fuego de contrabatería. Actualmente está estipulado en siete minutos desde la realización del primer disparo.



a la visión aérea, el aumento sustancial de la seguridad y el alcance de los equipos de OAV o la modernización de los procedimientos de los equipos de OAV.

3. La tercera estrategia adoptada es la formación en contrainteligencia, otra estrategia defensiva. Una clara amenaza es la posibilidad de anular o limitar las capacidades de los equipos de OAV mediante guerra electrónica, ya que un sistema RPAS puede ser vulnerable a este tipo de ataques. Aprovechando la modernización de los procedimientos de los OAV se propone utilizar los cursos de manejo del sistema RPAS para instruir al personal en contrainteligencia y contra la guerra electrónica.
4. La cuarta estrategia es la única estrategia ofensiva adoptada y consiste en aumentar las operaciones con los equipos de OAV implicados. Al igual que con la primera estrategia, se aprovechan las oportunidades de tener la posibilidad de ser un ejército puntero en materia de adquisición de objetivos y corrección del tiro, y la mayor flexibilidad y adaptabilidad de los equipos de OAV a las unidades de maniobra. También se tienen en cuenta las fortalezas del proyecto, la modernización de los equipos de OAV, el aumento sustancial de la seguridad y el alcance de estos, y la mejor capacidad de adquisición de objetivos y de corrección del tiro gracias a la visión aérea. La idea es aprovechar el gran aumento en las capacidades de los OAV para que puedan apoyar a todo tipo de unidades, incluyendo algunas como las unidades de operaciones especiales o unidades de otros ejércitos aliados.
5. La quinta estrategia, y una de las dos estrategias de supervivencia propuestas, consiste en crear un curso de especialización en manejo del sistema RPAS. Una posible solución a la amenaza que supone la posible reducción del modelo de acción por las acciones de contrainteligencia enemigas y las debilidades que plantean la necesidad de especializar al personal de los equipos de OAV para operar con sistemas RPAS y el cambio en los procedimientos que se han estado llevando a cabo en los últimos años puede ser crear un curso de especialización que permita a los OAV adaptarse y manejar de forma correcta y eficiente el sistema RPAS seleccionado.
6. La última estrategia adoptada es otra estrategia de supervivencia que trata de buscar una elección del dron económica. Esta estrategia parte del riesgo de pérdida de drones con un alto coste económico y al alto coste de adquisición que puede suponer el proyecto. Es por ello por lo que, a pesar de obtener un resultado que destaca un sistema por encima de los otros dos, se han propuesto tres sistemas con capacidades similares para que se pueda buscar una adquisición que garantice este equilibrio calidad-precio.

Tanto la matriz DAFO como la matriz de estrategias han sido realizadas con la herramienta digital DAFO del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

## 4.2. Análisis de riesgos

Un riesgo es un evento o condición incierta que, si se produce, tiene un efecto negativo sobre al menos un objetivo del proyecto, como tiempo, coste, alcance o calidad. La gestión de riesgos consiste en la anticipación a la aparición del riesgo y supervisión durante la fase de ejecución del proyecto y es fundamental para prevenir futuros imprevistos que puedan surgir.



Para analizar los riesgos se ha realizado un análisis cualitativo dónde, en primer lugar, se han clasificado y priorizado los riesgos y, en segundo lugar, se ha desarrollado una matriz de impacto valorando la probabilidad de aparición y la importancia de cada riesgo. En función de estas dos características se ha asignado un nivel de gravedad que se representa en la matriz. En el Anexo IV se puede visualizar el análisis de riesgos cuantitativo al completo.

#### 4.2.1. Riesgos potenciales

En la Ilustración 18 se pueden apreciar los once riesgos que se han encontrado clasificados por su probabilidad e impacto.

Probabilidad	3	0	1	0
	2	1	2	0
	1	1	0	6
		Low	Medium	High
		Impacto		

Clase riesgo	Número
Crítico	0
Medio - alto	1
Medio	9
Bajo	1
Total:	11

*Ilustración 18 - Análisis de riesgos*

Pese a no observarse ningún riesgo crítico en la realización del proyecto sí que se ha detectado un riesgo que por su probabilidad e impacto podría clasificarse como medio-alto. Este riesgo es la falta de cualificación por parte de los observadores avanzados para manejar el sistema RPAS y realizar adquisiciones de objetivos o correcciones de fuego a través de él. Es un riesgo medio-alto porque, sobre todo durante los primeros años después de la implementación del sistema RPAS, es muy probable que los observadores no estén capacitados para ello, siendo un problema importante ya que podrían apoyarse en el piloto del RPAS pero no serían capaces de sacar todo el potencial de esta innovación. La solución propuesta para hacer frente a este riesgo es la creación de cursos para los OAV que les den esta formación.

Se han detectado un total de nueve riesgos medios de diversa índole. Cuatro de ellos son que el dron sea derribado por el enemigo, que el dron colisione durante el vuelo, que el dron se averíe mientras opera o que el piloto cause baja por enfermedad, indisposición o fallecimiento. Es poco probable que esto ocurra, pero tendría un gran impacto, ya que impediría al sistema operar por completo. La solución para estos cuatro problemas es la misma, tener otro dron listo para despegar en todo momento, así como otro piloto, de tal forma que aunque se pierda un sistema o un operador no se pierdan las capacidades.



Otros dos riesgos medios son los posibles problemas de enlace entre el sistema y el piloto y las condiciones climáticas adversas. En el primer caso tendríamos un problema de gran impacto porque se podría llegar al punto de no poder pilotar el dron, aunque es poco probable que pase. En el segundo, las capacidades del RPAS podrían verse reducidas teniendo un impacto medio, pero es una circunstancia que podría darse con mayor probabilidad. Las soluciones propuestas a estos dos problemas están en el diseño del dron. Se tendrán que valorar el material y las características del dron para que se adapten al clima y tenga el alcance necesario para asegurar unas buenas comunicaciones.

Otro riesgo medio es la posible localización del dron por parte del enemigo. La probabilidad de que esto ocurra varía en función del enemigo al que nos estemos enfrentando y por lo tanto ha sido calificada como media. El impacto también es medio ya que en función de las contramedidas del enemigo el dron puede ser derribado o simplemente sabrán que está siendo utilizado. La solución a este problema es que el dron seleccionado tenga un alto techo y emita poco ruido, volviéndolo mucho más difícil de detectar.

La imposibilidad de volar por tráfico aéreo es otro riesgo medio, ya que aunque es poco probable que esto ocurra en zona de operaciones y, si se da el caso estará debidamente coordinado, imposibilitaría la utilización del dron teniendo un impacto alto. Habitualmente, en las operaciones contaremos con un JTAC encargado de gestionar el espacio aéreo. A falta de un JTAC este riesgo se podría prevenir con la participación de un JFO<sup>18</sup>.

El último riesgo medio que se ha valorado es el derivado de la adquisición de piezas de repuesto en caso de accidente o avería del sistema. Lo normal sería que no hubiera problemas de repuestos, pero de darse el caso el impacto sería alto, ya que el UAS quedaría inoperativo. La solución planteada a este riesgo es la adquisición de forma anticipada de los repuestos de las piezas más susceptibles de necesitar un recambio. Otra idea interesante es priorizar una empresa española frente a una extranjera si optamos por dos sistemas RPAS con las mismas condiciones, ya que esto permitiría facilitar la logística y evitar problemas en la adquisición de piezas y las comunicaciones entre el Ejército y la empresa.

Por último, se ha tenido en cuenta un riesgo que se ha catalogado de bajo por su baja probabilidad y su bajo impacto. Este riesgo es la no interoperabilidad entre el sistema TALOS y el *software* del dron. Es muy improbable que esto ocurra ya que utilizando el *software* IRIS mencionado anteriormente se ha comprobado la viabilidad de compatibilizar ambos sistemas. Además, si se da esta circunstancia el impacto sería pequeño ya que el observador podría seguir corrigiendo el tiro visualizando la pantalla del piloto, aunque tendría que introducir los datos en el TALOS de forma manual.

Al aplicar todas las medidas expuesta en este análisis no habría ningún riesgo que representara una amenaza grave para el proyecto y por lo tanto la realización del mismo sería viable.

---

<sup>18</sup> Joint Fire Observer: Individuo cualificado para solicitar, controlar y ajustar fuegos superficie-superficie (OAV) y para proporcionar de forma oportuna y precisa información de objetivos a un JTAC para una acción de apoyo aéreo próximo (CAS).



## 5. Conclusiones

### 5.1. Conclusiones

Este proyecto tiene sus orígenes en la expansión que han tenido los sistemas RPAS en los últimos años, pasando a formar parte de todo tipo de industrias. Uno de los sectores en los que los drones se están adaptando y están siendo aprovechados al máximo es el militar. Aunque ya se había experimentado y se habían realizado diferentes misiones con medios RPAS, dotar a unidades tan pequeñas con estas capacidades es un factor novedoso que puede ser determinante en las guerras del presente y del futuro.

Tras la realización de este trabajo y la consecución de los dos objetivos: elegir un sistema RPAS adecuado para ser implementado en los equipos de OAV y realizar un análisis de viabilidad, se ha llegado a una serie de conclusiones. Estas conclusiones se han obtenido de las diferentes metodologías que se han seguido: el análisis multicriterio, el análisis DAFO y el análisis de riesgos.

En el proceso de selección del dron, con ayuda de la entrevista realizada al sargento Moro del Gail, se ha llegado a la conclusión de que el sistema RPAS que mejor se adaptaría a las necesidades de los equipos OAV sería un UAS tipo Clase I Small, ya que permite tener las máximas prestaciones evitando los problemas que conllevan los drones de Clase II y III. Además se ha determinado que dentro de los Clase I Small el UAS óptimo sería el de ala fija, ya que en términos de velocidad y techo máximo supera con creces al resto de sistemas, aumentando en gran medida su capacidad de supervivencia y dificultando su detección.

De la encuesta realizada al personal experto se ha determinado que las características más importantes que debe poseer un sistema RPAS de estas condiciones son la autonomía y el alcance, ya que son los dos factores que limitan o destacan un dron del resto. Además, del análisis multicriterio se ha obtenido que el sistema con las mejores condiciones es el Orbiter 4, aunque tanto el Atlantic como el Tarsis 75 podrían cubrir sobradamente las necesidades de este proyecto. En función de la facilidad de adquisición y el precio de compra se podría priorizar cualquiera de los tres sistemas.

En el análisis DAFO, por encima de las debilidades y las oportunidades se aprecian numerosas amenazas y fortalezas. Con la aplicación de las diferentes estrategias planteadas se permitiría aprovechar al máximo esas fortalezas y disminuir las amenazas del proyecto. Por otra parte, en lo que respecta al análisis de riesgos, no se ha detectado ningún riesgo crítico. Tanto el riesgo medio-alto como en los nueve riesgos medios y el riesgo bajo se pueden solventar con las soluciones aportadas en dicho apartado. Por tanto, teniendo en cuenta los resultados del análisis DAFO y el análisis de riesgos se ha llegado a la conclusión de que el proyecto es viable.

### 5.2. Líneas Futuras

Tras la realización de este trabajo se han observado varias líneas futuras que se pueden seguir para complementar el mismo y mejorar ciertos ámbitos del Ejército de Tierra.

En primer lugar, sería conveniente un proyecto de actualización y creación de manuales militares sobre los diferentes sistemas en dotación dentro de las unidades, así como del manual *PD4-013 Empleo táctico de la unidad RPAS*.

En la intranet del Ejército de Tierra, el militar puede encontrar manuales de uso oficial de todo tipo que permiten al interesado informarse e instruirse de forma sencilla. Esta página se





llama Biblioteca Virtual y recoge todas las publicaciones del Ejército tanto en vigor como derogadas, además de diferentes estudios y trabajos de interés. Llama la atención que solamente el RAVEN tiene un manual de uso. En el caso de medios como el Orbiter 4 o el Tucán, de muy reciente adquisición, es lógico que aún no haya un manual de uso, pero en casos como el del UAS Searcher MK-III, que lleva varios años en dotación, debería haber alguna documentación, ya que resulta muy difícil obtener información sobre el mismo, limitando el acceso a esta información al personal que trata con él en las unidades o que acude a cursos específicos. Sería un proyecto prometedor una publicación oficial que agrupase todos los sistemas RPAS en dotación, así como los UAS militares más utilizados, ya que permitiría al personal de las Fuerzas Armadas tener un mejor conocimiento de estos medios y permitiría aprovechar sus ventajas y contrarrestar sus amenazas.

Por otro lado, una actualización del manual *PD4-013 Empleo táctico de la unidad RPAS* sería una forma de extender la información sobre las diferentes capacidades y operaciones que se pueden llevar a cabo con estos medios, ya que se trata del documento de empleo de los UAS por excelencia. Pese a su reciente entrada en vigor el 2 de marzo de 2016, el auge de los sistemas RPAS como medios militares y herramientas de inteligencia ha provocado un brutal desarrollo que permite a los drones abarcar multitud de tareas que antes no se contemplaban. Teniendo en cuenta que las previsiones apuntan a un desarrollo aún mayor de este sector, sería conveniente actualizar este manual con vistas al futuro, analizando tanto las capacidades actuales como las metas que se pretenden alcanzar en los próximos años.

Otro proyecto que podría significar una mejora trascendental en las capacidades del Ejército de Tierra es la implementación de un sistema de mando y control en tiempo real a nivel gran unidad (brigada, división o cuerpo de ejército). A la hora de investigar la interoperabilidad entre el sistema TALOS y los sistemas RPAS se ha advertido que este sistema no ofrece facilidades a la hora de implementar otros medios o herramientas. Hablando con personal de las unidades de maniobra, remarcaban lo cerrado que era este sistema, ya que impedía al jefe de la operación llevar un control en tiempo real de las unidades de apoyo de fuegos. Esta información siempre tenía que obtenerse del JFSE, y en situaciones de combate la comunicación no era fácil y ralentizaba el proceso de toma de decisiones. Valorando esta situación, se ha llegado a la conclusión de que un proyecto interesante sería la creación de un programa de mando y control tipo TALOS que englobase todas las unidades de la operación. De esta forma el jefe podría al mismo tiempo y de forma sencilla saber dónde están las unidades de maniobra, apoyo de fuegos, reconocimiento, inteligencia, movilidad y contra movilidad, etc. Para no saturar a los escalones inferiores con información innecesaria habría que establecer una variante para cada función del combate, como ocurre con el TALOS técnico, donde solamente aparecen las piezas que van a realizar el fuego, los objetivos y los datos de tiro. Estas variantes estarían intercomunicadas para permitir a cada jefe tomar las decisiones pertinentes en tiempo real y con la información completa de la situación.





## 6. Bibliografía

- [1] Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD4-304 Empleo de la Artillería de Campaña, Granada: Centro Geográfico del Ejército, 2018.
- [2] Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD4-323 Táctica. Empleo del GACA, Granada: Centro Geográfico del Ejército, 2021.
- [3] Mando de Adiestramiento y Doctrina, MI-304 Equipo de Observador de Artillería de Campaña, Granada: Centro Geográfico del Ejército, 2017.
- [4] BBC News Mundo, «El crucial rol de los drones en la guerra de Ucrania (y quiénes lo suministran),» 2022.
- [5] J. A. M. Delgado, «Guerra de drones en el Cáucaso Sur: lecciones aprendidas de Nagorno Karabaj,» *IEEE*, p. 21, 2021.
- [6] Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD4-013 Empleo Táctico de la Unidad de RPAS, Granada: Centro Geográfico del Ejército, 2016.
- [7] Mando de Adiestramiento y Doctrina, MI-100 Equipo MINI-UAV RAVEN B, Granada: Centro Geográfico del Ejército, 2015.
- [8] Aeronáutica SDLE, «Thyra V2».
- [9] SCR Drones, «Tucán».
- [10] SCR Drones, «Atlantic I».
- [11] Aeronautics, «Orbiter 4 Pequeño UAS Táctico».
- [12] INDRA, «Pelícano».
- [13] Alpha Unmanned Systems, «Alpha 900».
- [14] AERTEC, «UAS Tarsis 75».
- [15] Thales, «Fulmar X».
- [16] DJI, «Mavic III».



## Anexo I. Especificaciones de los RPAS

En este anexo se pueden revisar a fondo las características y especificaciones de cada uno de los sistemas RPAS que han sido analizados y valorados durante este proyecto.

### RAVEN RQ-11B

Parámetros	Características
Envergadura	1,4 m
Longitud	0,9 m
Estructura	Modular de kevlar
Peso (con carga útil)	1,5 kg
Peso de la carga útil	185 g
Altitud normal de operación	45 a 300 m sobre el terreno
Velocidad de crucero	56 km/h
Alcance	10 km (línea de visión directa)
Velocidad de subida	240 m/min hasta 600 m
Velocidad de giro	90° en 6 s
Motor	Eléctrico
Baterías	Recargables de ion-litio
Autonomía	60/90 min
Lanzamiento/Aterrizaje	Manual / Automático
Temperaturas de operación	-30° a +50° C

Tabla 7 - Especificaciones del RAVEN B

### Tucán

Parámetros	Características
Envergadura	2,740 mm
Longitud	1,440 mm
MTOW	5 kg
Carga útil	0,75 kg
Motor	Eléctrico trifásico encapsulado
Velocidad de crucero	65 km/h
Velocidad máxima	100 km/h
Alcance	25 km
Autonomía	90 min
Techo	1500 m

Tabla 8 - Especificaciones del Tucán



## Atlantic I

Parámetros	Características
Envergadura	3,800 mm
Longitud	2,800 mm
MTOW	50 kg
Carga útil	5 kg
Motor	2 tiempos, bicilíndrico
Velocidad de crucero	110 km/h
Velocidad máxima	170 km/h
Alcance	100 km
Autonomía	5 horas
Techo	3500 m

Tabla 9 - Especificaciones del Atlantic I

## Pelícano

Parámetros	Características
Diámetro de las palas del rotor principal	3,30 m
Longitud con rotor de cola	3,4 m
Longitud inc. Palas, rotor principal y rotor de cola	4,00 m
Ancho Máximo	0,96 m
Altura Total	1,20 m
MTOW	200 kg
Carga útil	30 kg
Capacidad de combustible máxima	52 L
Velocidad de Crucero	90 km/h
Velocidad Máxima	185 km/h
Autonomía	5 h
Alcance	100 km
Techo máximo	3600 m
Viento máximo para despegue/aterrizaje	10 m/s
Características de despegue/aterrizaje	Vertical
Temperaturas de operación	desde -40° hasta +55°

Tabla 10 – Especificaciones del Pelícano

## Thyra V2

Parámetros	Características
Dimensión	1,2 m
MTOW	9,0 kg
Velocidad máxima	70 km/h
Motor	4 motores eléctricos
Techo	2100 m
Autonomía	180 min

Tabla 11 - Especificaciones del Thyra V2



## Tarsis 75

Parámetros	Características
Envergadura	5,2 m
Longitud	3,8 m
Altura	0,96 m
MTOW	75 kg
Carga útil	12 kg
Autonomía	12 h
Alcance	150 km
Techo	5000 m
Velocidad de crucero	100 km/h
Propulsión	100 cc

Tabla 12 - Especificaciones del Tarsis 75

## Alpha 900

Parámetros	Características
Dimensiones	1,15 m
MTOW	25 kg
Carga útil	4 kg
Autonomía	4 h
Alcance	100 km
Velocidad de crucero	60 km/h
Velocidad máxima	100 km/h
Motor	Inyección de gasolina

Tabla 13 - Especificaciones del Alpha 900

## Fulmar X

Parámetros	Características
Longitud	1,2 m
Envergadura	3 m
Altura	0,5 m
MTOW	20 kg
Carga útil	8 kg
Autonomía	9 h
Alcance	800 km
Velocidad de crucero	100 km/h
Techo	400 m

Tabla 14 - Especificaciones del Fulmar X



## Searcher MK-III

Parámetros	Características
Longitud	5,85 m
Envergadura	8,55 m
MTOW	427 kg
Carga útil	100 kg
Velocidad máxima	300 km/h
Autonomía	12 h
Alcance	250 km
Techo	5700 m
Método despegue/aterrizaje	Automático en pista

Tabla 15 – Especificaciones del Searcher MK-III

## DJI Mavic III

Parámetros	Características
Longitud	347,5 mm
Envergadura	283 mm
Altura	107,7 mm
MTOW	895 g
Velocidad máxima	70 km/h
Velocidad de ascenso/descenso	22 km/h
Autonomía	45 min
Alcance	30 km
Techo	6000 m
Temperatura de operación	Desde -10º hasta +40º
Batería	5000 mAh
Resistencia máxima al viento	12 m/s

Tabla 16 - Especificaciones del DJI Mavic III

## Orbiter 4

Parámetros	Características
Envergadura alar	5,5 m
MTOW	50 kg
Carga útil	11 kg
Velocidad máxima	130 km/h
Autonomía	24 h
Alcance	150 km
Techo	5400 m
Método despegue/aterrizaje	Automático con catapulta
Tripulación	3 pax

Tabla 17 - Especificaciones del Orbiter 4



## Anexo II – Entrevista a Sgto. Moro del GAIL

En este anexo se muestra la entrevista realizada al sargento Jesús Moro Cuesta del GAIL, con más de seis años de experiencia en la batería de RPAS, la unidad puntera en sistemas aéreos no tripulados del Ejército de Tierra. El sgto Moro tiene los cursos de pilotos de sistema RPAS de clase I y II.

### 1. ¿Cree que los sistemas RPAS son el futuro de las fuerzas armadas?

Sin duda, los drones son el futuro del ejército en todos sus niveles, la logística, inteligencia, adquisición de objetivos, acciones de targeting, todo va a tender a los sistemas RPAS. Si analizamos los últimos conflictos, como el de Ucrania o el de Nagorno Karabaj podemos ver que los drones están siendo el factor diferencial.

### 2. ¿Considera que se pueden usar estos medios para la adquisición de objetivos y correcciones del tiro de artillería?

Si, de hecho, ya se está haciendo. Nosotros con el Searcher Mk III y el Orbiter 3 hemos corregido fuegos de artillería con eficacia.

### 3. ¿Cuál cree que son las características más importantes en un dron?

Sin duda son la autonomía, el alcance y el techo por ese orden. La autonomía y el alcance son lo que te dan las capacidades de hacer operaciones en profundidad y tener el dron desplegado el mayor tiempo posible. Esto es importante ya que cuando un dron termina un vuelo no puede volver a salir directamente, es decir, debería volver a pasar una serie de controles para que pueda volver a volar con garantías y eso puede ser un impedimento. El techo es la característica que permite que el dron no sea detectado y que de ser detectado dificulte su derribo por parte del enemigo.

### 4. ¿Cree que podría utilizarse un dron Clase I para este propósito?

Si, de hecho, el Orbiter entra dentro de la Clase I. Cada vez hay más tecnología y más evolución en estos sistemas permitiendo incorporar una cámara de alta precisión en drones más pequeños. El ejército de tierra tiene un programa, el programa RAPAZ, con el que ya se está estudiando la posibilidad de usar drones de Clase I para este cometido.

### 5. ¿Cree que un dron Clase I mini, como puede ser el RAVEN, tiene actualmente las capacidades necesarias para realizar este cometido?

Actualmente no compensa utilizar un Clase I mini, porque, aunque tiene un peso y tamaño muy reducido que a priori puede parecer el idóneo, no tiene la calidad de cámara ni la capacidad de carga útil necesaria para incorporar medios que aseguren la precisión.

### 6. ¿Cuál cree usted que es el tipo de dron más idóneo?

Yo creo que el dron ideal sería utilizar un dron Clase I tipo small, a ser posible de ala fija. Los drones de este tamaño tienen capacidad más que de sobra para obtener coordenadas, adquirir objetivos y corregir tiros de artillería. Los hay que incluso tienen capacidad de lanzar pequeños proyectiles o granadas. El ala fija es mejor que el ala rotatoria por su mayor autonomía y velocidad y sobre todo por su alto techo. Los drones tipo helicóptero o multirrotor pueden alcanzar alturas de como mucho 4000 pies, siendo muy vulnerables contra los medios de defensa enemigos. Para tener un cierto grado de seguridad, el sistema debería volar a una altura superior a los 7000 pies y tener una velocidad de al menos 90 km/h.



## **7. ¿Por qué descarta los drones Clase II para desempeñar esta función?**

Por dos razones muy claras. En primer lugar, los drones de Clase II tienen unas capacidades muy elevadas, utilizarlos para corregir tiros de artillería sería malgastarlas. Estos drones están pensados para operaciones a nivel táctico o estratégico, como operaciones de targeting o misiones ISTAR de mayor nivel.

La segunda razón es que los Clase II tienen unas restricciones mucho mayores de vuelo y se pierde carga útil en dispositivos como el transpondedor, obligatorio para esta clase de aeronaves. Además, su alto tamaño y peso y la dificultad de mantenimiento supone la necesidad de destinar una gran cantidad de personal a su uso y no compensa.



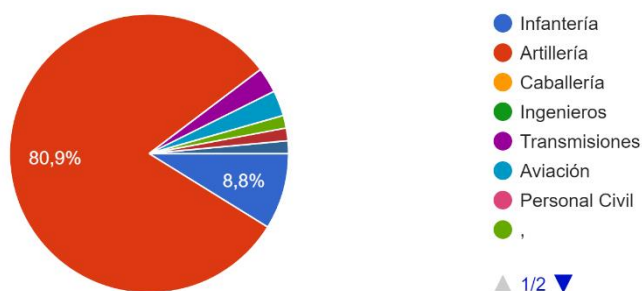
## Anexo III – Encuesta

A continuación se muestran las preguntas y los resultados de la encuesta realizada al personal experto. Esta encuesta ha sido creada con Google Workspace.

### 1.

¿A qué especialidad fundamental pertenece?

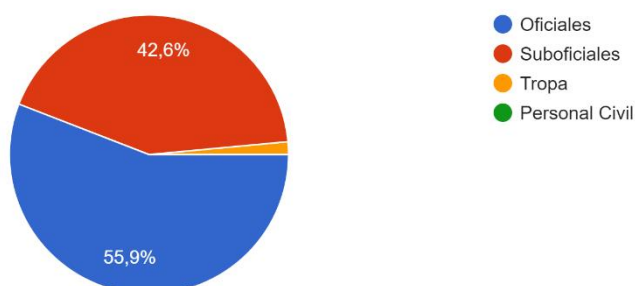
68 respuestas



### 2.

¿A qué escala pertenece?

68 respuestas



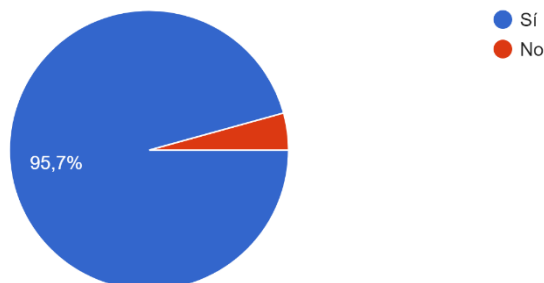




3.

¿Cree que los RPAS pueden ser el futuro en la realización y corrección de fuegos de artillería?

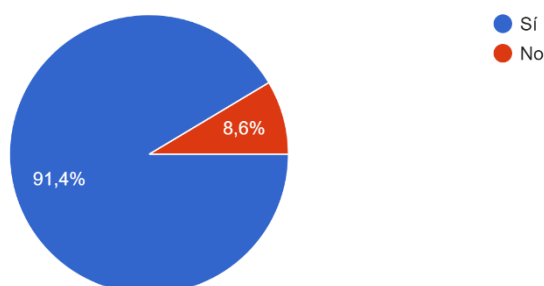
70 respuestas



4.

¿Cree que es viable que los medios RPAS estén integrados en el sistema TALOS y sean capaces de automáticamente realizar correcciones y mandar datos de tiro?

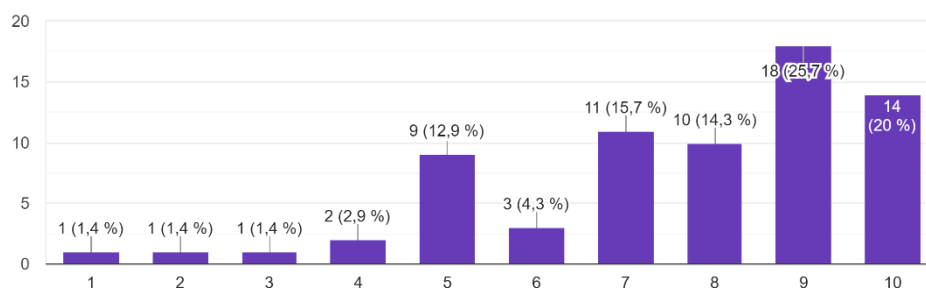
70 respuestas



5. Del 1 al 10, ¿Cómo de importantes cree que son estas características a la hora de seleccionar el sistema RPAS a adquirir?

Peso

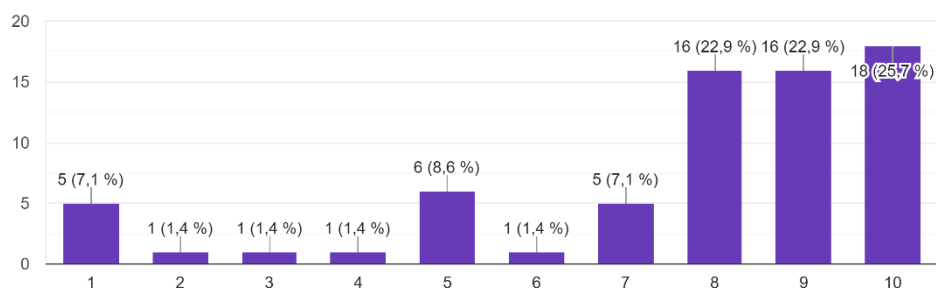
70 respuestas





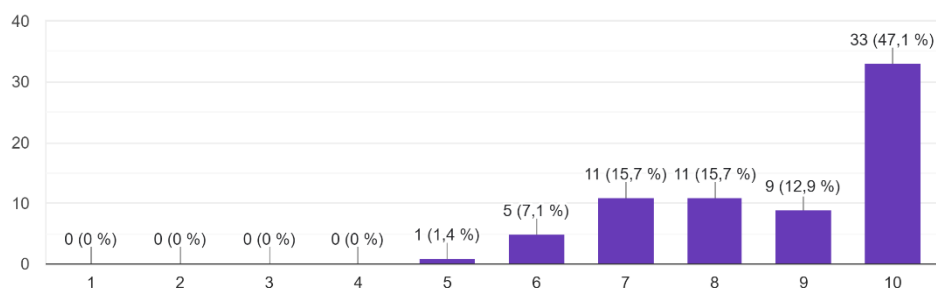
### Tamaño reducido

70 respuestas



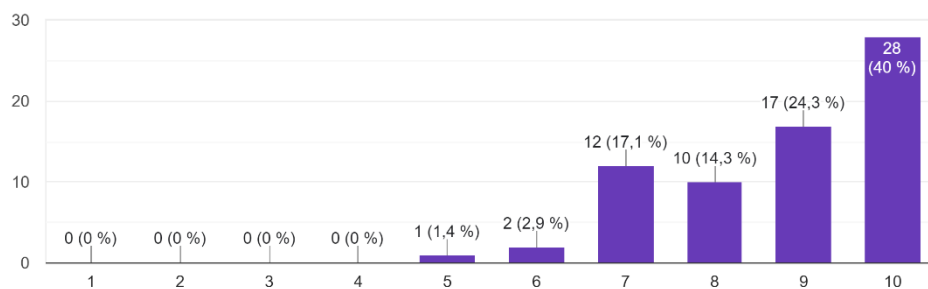
### Autonomía

70 respuestas



### Alcance

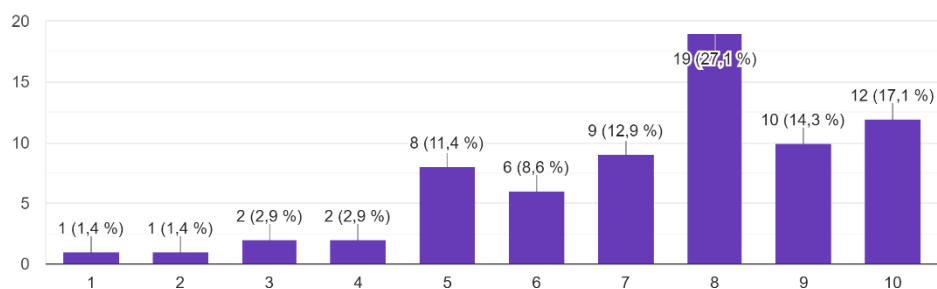
70 respuestas





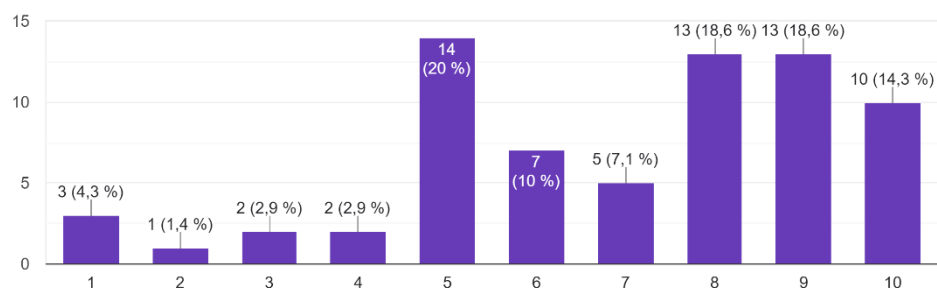
### Carga útil

70 respuestas



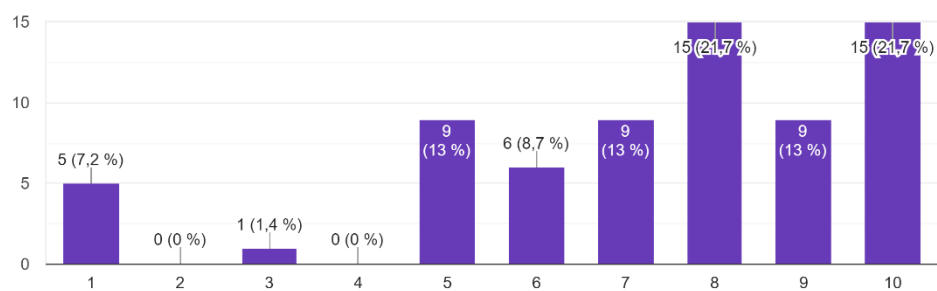
### Velocidad de movimiento

70 respuestas



### Techo máximo al que puede volar el UAS

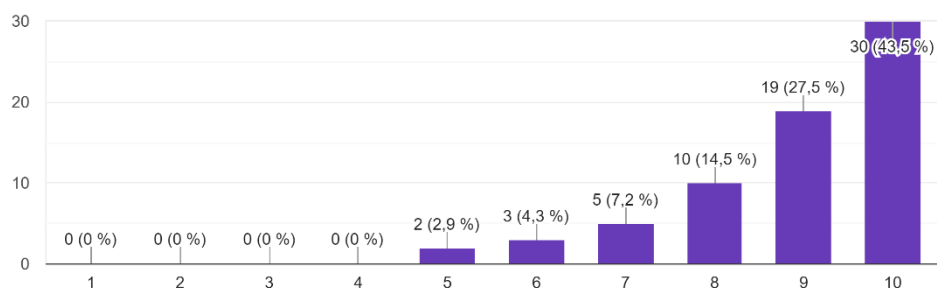
69 respuestas





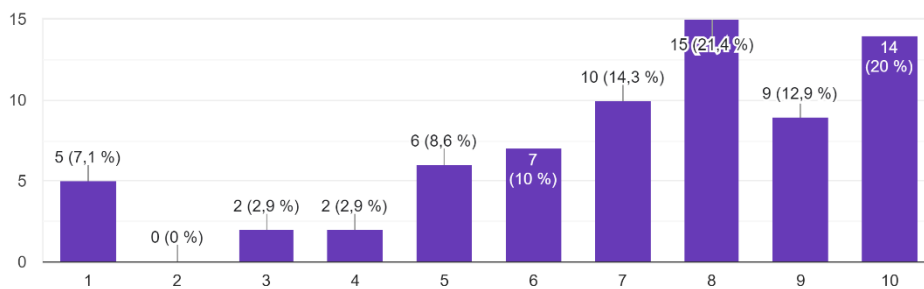
### Capacidad todo-tiempo

69 respuestas



### Precio de adquisición

70 respuestas





## Anexo IV – Análisis de Riesgos

ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas
1	Problemas de enlace	Comunicaciones	Problema en las transmisiones entre el piloto y el dron	H	1	1H	Incapacidad del piloto para dar órdenes al dron y posible pérdida	Vision directa con el dron y amplias capacidades de transmisiones
2	Dron derribado	Material	Contramedidas enemigas capaces de derribar el dron	H	1	1H	Pérdida del dron	Dron en prevenzan para no perder las capacidades de los OAV
3	Dron averiado	Material	Problema o avería en cualquier sistema del dron	H	1	1H	Baja del dron hasta que se recupere	Dron en prevenzan para no perder las capacidades de los OAV
4	Colisión durante el vuelo	Material	Pájaros, aviones, drones o cualquier objeto volador que pueda chocar con el dron	H	1	1H	Posible avería o pérdida del dron	Dron en prevenzan para no perder las capacidades de los OAV
5	Condiciones climáticas	Externo	Nubes, lluvias torrenciales, tormentas o fuertes vientos	M	2	2M	Incapacidad para operar el dron, posible avería o pérdida, poca visibilidad	Dron todo tiempo que se adapte al clima, no perder los procedimientos tradicionales
6	Personal no cualificado	Personal	Equipos de OAV sin capacidad para pilotar el dron	M	3	3M	Incapacidad del OAV para auxiliar o suplir al piloto RPAS	Crear un curso de especialización y adaptación de los OAV al sistema RPAS

Tabla 18 - Análisis de Riesgos Completo



ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas
7	Baja del piloto	Personal	Baja por enfermedad, indisposición o fallecimiento del piloto	H	1	1H	Incapacidad para operar el dron	Piloto de reserva y OAV instruidos en manejo del sistema RPAS
8	Espacio aéreo restringido	Externo	Espacio aéreo ocupado por aeronaves o fuegos de artillería	L	2	2L	Incapacidad para utilizar el dron en la zona donde se necesite el apoyo de fuegos	Coordinación con Ejército del Aire y uso de un dron Clase I con menos restricciones
9	Integración con el TALOS	Comunicaciones	Incapacidad de enlazar el sistema RPAS al sistema TALOS	L	1	1L	Incapacidad del dron para adquirir objetivos o corregir el tiro de forma directa	Uso del sistema IRTS para hacer el software del dron y el TALOS interoperables
10	Localización del dron	Comunicaciones	Enemigo localiza al dron de forma visual o con medios propios	M	2	2M	Posible derribo del dron por las fuerzas enemigas, posible localización de la unidad	Dron con alto techo de vuelo y baja emisión de ruido
11	Piezas de repuesto	Logístico	Necesidad de reparación por averías	H	1	1H	Baja del dron hasta obtener las piezas de repuesto necesarias	Comprar piezas extra para la rápida reparación del sistema, empresa de drones española

Tabla 17 – Análisis de Riesgos Completo (continuación)



## Anexo V – Normativa sobre circulación aérea

Este anexo forma parte del manual de uso oficial *PD4-013 Empleo táctico de la unidad RPAS*.

### A.1. INTRODUCCIÓN

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) contempla explícitamente en los RPAS la responsabilidad de su pilotaje a distancia. Estos sistemas forman parte del inventario militar español desde hace algunos años.

Los RPAS operan principalmente como plataformas de exploración, vigilancia, reconocimiento o adquisición de objetivos, y tienen características de vuelo semejantes a las aeronaves tripuladas, que utilizan un espacio aéreo estructurado con anterioridad a la aparición de estos nuevos ingenios.

Existe una extensa normativa aplicable a los RPAS, tanto a nivel nacional como internacional. El 20 de mayo de 2010 se modificaba el Reglamento de Circulación Aérea Operativa (RCAO), que incluye por primera vez en la legislación aeronáutica española, civil y militar, la definición de aeronave pilotada a distancia (RPA) y del sistema constituido con base en los citados vehículos (RPAS), y establece que su vuelo debe desarrollarse en espacio aéreo segregado.

La Autoridad Competente Militar es la responsable de la autorización de las operaciones de los sistemas/vehículos aéreos militares no tripulados en el ámbito del Ministerio de Defensa, para garantizar la seguridad tanto de estos sistemas como de los demás usuarios del espacio aéreo y proteger la integridad de las personas y de los bienes sobrevolados. En este contexto, dicha Autoridad establecerá las autorizaciones, requisitos y competencias necesarias del personal y de los equipos necesarios para la operación de estos sistemas.

Estos sistemas/vehículos aéreos no tripulados solo podrán operar en espacio aéreo segregado.

### A.2. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL SOBRE TRÁFICO AÉREO DE LOS RPAS

Los RPAS deben operar con arreglo a las normas de la OACI que existen para aeronaves tripuladas, así como a toda norma especial y específica que trate las diferencias operacionales, jurídicas y de seguridad entre operaciones de aeronaves tripuladas y no tripuladas.

Para integrar los RPAS en el espacio aéreo no segregado y en aeródromos no segregados, deberá haber un piloto responsable de las operaciones con estas plataformas aéreas. Los pilotos pueden utilizar instrumentos como el piloto automático para ayudarse en el desarrollo de sus funciones; no obstante, en ninguna circunstancia la responsabilidad del piloto podrá sustituirse por tecnologías automáticas.

Para reflejar mejor la condición de que estas aeronaves son realmente pilotadas, se introduce en el vocabulario de la legislación internacional la expresión aeronave pilotada a distancia (RPA, Remotely Piloted Aircraft). Una RPA es una aeronave manejada por un piloto remoto, titular de la preceptiva licencia, emplazado en una estación de piloto remoto ubicada fuera de la aeronave (es decir, en tierra, en barco, en otra aeronave, en el espacio), quien monitorea la aeronave en todo momento y puede responder a las instrucciones expedidas por el controlador del tráfico aéreo, se comunica por enlace de voz o datos, según corresponda, y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo.



Una RPA puede poseer varios tipos de tecnología de piloto automático, pero en todo momento el piloto remoto puede intervenir en la gestión del vuelo. Esto equivale a que el piloto de una aeronave tripulada volando en piloto automático puede asumir rápidamente su control.

Las RPA constituyen un subconjunto de las aeronaves no tripuladas. En toda la normativa de la OACI, aeronave no tripulada o sistema de aeronave no tripulada se utilizan como términos más amplios, mientras que aeronave pilotada a distancia o equivalentes se refieren solamente al subconjunto de aeronaves pilotadas.

Las funciones de la RPA continuarán ampliándose: largos tiempos de vuelo, nuevas capacidades operacionales y costos reducidos constituyen ventajas naturales para muchas instituciones, pudiendo realizar cometidos asociados a la represión de delitos, tareas agrícolas y trabajos de protección del medio ambiente, entre otros.

A medida que las tecnologías se desarrollen, maduren y lleguen a satisfacer normas y reglamentos definidos, las funciones de las RPA podrán ampliarse para incluir operaciones que involucren el transporte de carga y, en última instancia, posiblemente, de pasajeros. Además, las operaciones del interior de los Estados se ampliarán probablemente a vuelos transfronterizos, previa aprobación por los Estados involucrados.

Las RPA pueden tener las mismas fases de vuelo —rodaje, salida, en ruta y llegada— que las aeronaves tripuladas tradicionales o pueden ser lanzadas o recuperadas o realizar trabajos aéreos similares a ellas, aunque las prestaciones técnicas pueden diferir en gran medida. Independientemente, el piloto remoto operará la aeronave con arreglo al reglamento de circulación aérea de cada Estado y la normativa de control del espacio aéreo en el cual opera la RPA. Esto comprenderá el cumplimiento de las directivas e instrucciones proporcionadas por los servicios de control del tráfico aéreo.

La Agencia Europea para la Seguridad Aérea (EASA, European Aviation Safety Agency) es la encargada de certificar los RPAS civiles de más de 150 kg de peso máximo al despegue. Su trabajo está empezando. ¿Y los RPAS de menos de 150 kg? La Comisión Europea ha decidido que la Autoridad Nacional Aeronáutica de cada país resuelva en su área de jurisdicción cómo se van a integrar estos RPAS de clase I.

Desde el punto de vista militar y en el ámbito internacional, la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) ha publicado diversos STANAG con el objetivo de homologar una parte de las operaciones de los RPAS, y se han establecido varios grupos de trabajo. Estados Unidos ha adoptado una Declaración de la FAA (Federal Aviation Authority) donde identifica el 30 de septiembre de 2015 como la fecha final para la inserción segura de los RPAS en su espacio aéreo.

La Comisión Europea (CE), ya en 2008, financió el proyecto INOUI (Innovative Operational RPAS Integration), con el objetivo de contribuir a la solución de la integración de los RPAS en el espacio aéreo. Además, en septiembre de 2012, ha publicado un documento de trabajo donde se identifica la necesidad de desarrollar aplicaciones RPAS para su integración en el tráfico aéreo para el año 2016, es decir, un año después de nuestros vecinos americanos. Los RPAS, en la actualidad, no son parte de la legislación de Cielo Único Europeo, pero sí se tratan ligeramente en las reuniones del Comité de Cielo Único.

Por último, hay que decir que la Agencia de Defensa Europea (EDA, European Defence Agency) ha invertido mucho esfuerzo y dinero en este tema, subvencionando proyectos como MIDCAS (para desarrollar el dispositivo de seguridad anticolidión denominado Sense&Avoid), SIGAT (para el análisis del espectro de frecuencias que podría ser usado por los RPAS) y





DESIRE, proyecto liderado por la empresa española Indra (para llevar a cabo demostraciones reales del uso de las RPA en espacio aéreo no segregado).

### A.3. LEY NACIONAL DE NAVEGACIÓN AÉREA

Esta ley (21/2003) determina las competencias de los órganos de la Administración General del Estado en materia de aviación civil, regula la investigación técnica de los accidentes e incidentes aéreos y establece el régimen jurídico de la inspección aeronáutica, las obligaciones por razones de seguridad aérea y el régimen de infracciones y sanciones en materia de aviación civil.

Sus disposiciones tienen por finalidad preservar la seguridad, el orden y la fluidez del tráfico y transporte aéreos, de acuerdo con los principios y normas de derecho internacional reguladores de la aviación civil.

La ley de navegación aérea, sin perjuicio del cumplimiento de lo dispuesto en la normativa europea existente al respecto, se aplica en todo el territorio español, en sus aguas jurisdiccionales y en el espacio aéreo sobre el que el Estado español ejerce jurisdicción de conformidad con los tratados y convenios internacionales en vigor.

El control del espacio aéreo y de la circulación aérea general corresponde a los Ministerios de Defensa y de Fomento, en los términos establecidos en esta ley 21/2003. Al Ministerio de Fomento le corresponde el control de la circulación aérea general en tiempos de paz. Las aeronaves militares, los sistemas aeroportuarios y de navegación aérea y los servicios, actividades e instalaciones adscritos a la defensa nacional, así como su personal, quedan sujetos a una legislación específica.

El Ministerio de Defensa ejercerá siempre el control de la circulación aérea operativa y, en tiempos de conflicto armado, el control de la circulación aérea general. Esto último lo hará en los siguientes casos:

- Cuando el presidente del Gobierno decida que esta competencia sea ejercida por el Ministerio de Defensa, por concurrir circunstancias extraordinarias que así lo aconsejen.
- Cuando se den situaciones de emergencia, declaradas por el Ministerio de Defensa.

Una comisión interministerial integrada por representantes de los Ministerios de Defensa y de Fomento asumirá la coordinación de las actuaciones que, a ambos ministerios, en el ámbito de sus respectivas competencias, corresponden en relación con la utilización del espacio aéreo y con el control de las servidumbres y zonas de seguridad del entorno de los aeropuertos civiles e informará preceptivamente las decisiones que a uno u otro o a ambos conjuntamente correspondan.

El director general de Aviación Civil podrá acordar de oficio, como consecuencia de una denuncia o a propuesta motivada de los inspectores aeronáuticos, la inmovilización de una aeronave o la limitación o suspensión temporal de la eficacia de los certificados, aprobaciones, autorizaciones, licencias o habilitaciones previamente otorgados, cuando se hayan constatado irregularidades que afecten de forma cierta, grave e inmediata a la seguridad aérea.

El acuerdo de inmovilización, de limitación y de suspensión se documentará por escrito. No obstante, cuando resulte preciso por causa de urgente necesidad, podrá adoptarse verbalmente.

Las medidas adoptadas deberán ser confirmadas o levantadas en el acuerdo de iniciación del procedimiento administrativo subsiguiente y, en todo caso, quedarán sin efecto tan pronto como desaparezcan las causas que dieron lugar a su imposición. Los gastos originados por tales



medidas correrán a cargo de los titulares o explotadores de las aeronaves y de los servicios o actividades.

#### A.4. NORMATIVA NACIONAL SOBRE LAS OPERACIONES AÉREAS DE LOS RPAS

Como consecuencia de lo anterior y a fin de dar respuesta operativa a los diferentes usuarios militares, se desarrollaron las Normas del Jefe de Estado Mayor del Aire (JEMA), Autoridad Competente Militar, sobre la “operación de los sistemas aéreos no tripulados en espacio aéreo segregado”, que fueron sancionadas el 24 de febrero de 2011.

El desarrollo de esta normativa no estuvo exento de dificultades, no solo por ser la primera vez que se regulaba de forma sistemática y se establecía un procedimiento flexible y útil para solicitar una segregación de espacio aéreo para volar los RPAS en España, sino porque esta normativa se desarrollaba paralelamente a la orden ministerial que regularía las licencias de los operadores de RPAS (DUO, Designated UAV Operator).

La normativa sobre la operación de los RPAS en espacio aéreo segregado está alineada con la Directiva del JEMA 07/11, sobre la implementación de la operación de RPAS, y con el resto de las normas que ya regulaban la solicitud de actividades aéreas. Sin olvidar que también incluye “una estrategia que permite la evolución de la gestión del espacio aéreo nacional a las exigencias, demandas y regulaciones actuales y futuras”.

Las Normas del JEMA de febrero de 2011 establecen los requisitos en materia de espacio aéreo y coordinación de los servicios de tránsito aéreo (ATC) para la operación de RPAS en el espacio aéreo de soberanía y responsabilidad nacional. De igual forma, definen los requerimientos operativos y normativos que deben cumplir los RPAS para una operación segura.

Partiendo de la base de que cualquier RPA es una aeronave, los requisitos principales para que puedan operarse estas plataformas aéreas en territorio nacional son:

- Certificación de la aeronave: contar con certificado de aeronavegabilidad.
- Certificación del operador de vuelo: exige que el operador de vuelo esté en posesión de una tarjeta aeronáutica y que haya sido declarado apto en el reconocimiento médico inicial y los sucesivos periódicos.
- Autorización del vuelo: mediante la solicitud y correspondiente aprobación de NOTAM de la actividad. Paso previo habrá sido la realización de un estudio de viabilidad de la zona de vuelo específica para cada RPA que desarrolle la actividad.
- Autorización del uso de las frecuencias: que se posea la autorización de empleo de las frecuencias utilizadas por el RPAS durante el vuelo.

Por todo ello, la operación de RPAS es considerada una actividad aérea “excepcional”, explícitamente regulada y autorizada, si procede, una vez analizado “caso a caso” cada operación solicitada. Las operaciones de los RPAS con arreglo a las reglas de la Circulación Aérea Operativa se realizarán siempre en zonas temporalmente restringidas (ZOTER) y cubrirán todas las fases de la operación, es decir:

- Despegue.
- Vuelo hasta la zona de trabajo.
- Vuelo en zona de trabajo.



- Retorno desde la zona de trabajo.
- Aterrizaje.

Para determinar los límites de la ZOTER se tendrán en cuenta, al menos, los siguientes criterios:

- Las prestaciones del RPAS y del equipo de a bordo.
- La situación meteorológica.
- La interacción con espacios aéreos colindantes.
- La capacidad de asistencia radar por parte de dependencia(s) designada(s) para RPAS de clase II (entre 150 y 600 kg de peso máximo al despegue).
- La existencia de áreas pobladas a sobrevolar.

Las ZOTER estarán prohibidas para el resto de los usuarios del espacio aéreo, excepto en aquellos casos en que previamente se haya coordinado y autorizado expresamente (avión acompañante, maniobras y ejercicios, etc.) o para solucionar emergencias o posibles fallos de funcionamiento.

La segregación de la ZOTER se hará efectiva mediante la publicación de un NOTAM. Las solicitudes de segregación se gestionarán ad hoc para una misión determinada, teniendo en cuenta tanto el espacio físico como el periodo de activación. Una vez publicado el NOTAM, la UCO que opere el sistema RPAS deberá coordinarse, previamente al inicio de las operaciones, con las agencias de control para asegurar el establecimiento de procedimientos de coordinación a nivel táctico durante la operación del sistema, incluyendo, al menos:

- La descripción detallada del perfil del vuelo de la RPA, del tipo de misión a realizar y sus características específicas.
- Asistencia radar necesaria de acuerdo con el perfil de la misión.
- El plan de comunicaciones de la misión (COPLAN) con dichas agencias, que incluiría, al menos, indicativos de llamada, frecuencia radio o línea caliente operador RPAS-controlador y códigos de identificación.
- Los procedimientos de emergencia/fallo de comunicaciones y pérdida de datalink.

Será obligatoria la formulación de un plan de vuelo para operar RPAS de clase II1, que se atenderá a lo establecido en el RCAO. En este se proporcionará la siguiente información:

- Reglas de vuelo “O” y tipo de vuelo “M”.
- Tipo de aeronave “ZZZZ”, mientras no se encuentre reconocido el tipo de aeronave/RPA.
- Se hará constar “TYP/UNMANEDAERIAL SYSTEM FLIGHT”.
- En información suplementaria se insertará “G/Nombre del operador DUO”.

El RPAS de clase II deberá proporcionar de forma automática una información fiable de posición y altura del aparato a las dependencias encargadas de su asistencia radar. De igual forma, enviará dicha información mediante la comunicación establecida entre dicha dependencia y el DUO, asegurando de este modo su localización precisa en todo momento.



## A.5. NORMATIVA SOBRE LA SEGURIDAD DE VUELO EN EL ET

La seguridad de vuelo (SV) de las aeronaves militares tiene por objeto mantener el nivel de operatividad de las unidades aéreas, salvaguardando las vidas humanas y el material mediante un adecuado programa de prevención de accidentes aéreos.

El Jefe de Estado Mayor del Ejército de Tierra (JEME), como responsable de la preparación de su fuerza, lo es asimismo de su SV, ejerciendo esta responsabilidad a través de las respectivas estructuras de mando orgánico. En el ET, GEFAMET asume la responsabilidad de asesoramiento en esta área, para lo que dispone del servicio de seguridad de vuelo regulado por la IG 1/11 *Seguridad de vuelo en el Ejército de Tierra*, que establece la organización, funciones, responsabilidades y procedimientos en el ámbito de la SV en el ET.

Las unidades que estén dotadas de sistemas de RPA de más de 150 kg y que, con carácter permanente, puedan realizar actividades de vuelo o de apoyo al vuelo, tanto desde sus instalaciones habituales como cuando se destacan a operaciones o ejercicios, deben establecer una estructura de SV.

La SV tiene por objeto facilitar el cumplimiento de la misión en las mejores condiciones de seguridad posibles. Engloba la seguridad en vuelo y la seguridad en tierra, quedando fuera de su ámbito la seguridad de la organización, de la información, del personal o de las instalaciones, y la seguridad y salud en el trabajo, que se orienta a la protección del trabajador frente a los riesgos laborales y que tiene una finalidad distinta a la SV.

La seguridad en vuelo es la encargada de gestionar los asuntos que afecten a la seguridad del personal y material directamente relacionados con las operaciones de vuelo en sus fases de planeamiento y ejecución. La seguridad en tierra es la encargada de gestionar los asuntos que afecten a la seguridad del personal y material relacionados con las operaciones de apoyo al vuelo.

La función de la SV en todos los niveles de mando tiene por objeto, en primer lugar, sensibilizar al personal, en segundo lugar, estudiar y analizar los factores generadores de peligros potenciales para las operaciones de vuelo y, finalmente, asesorar al mando correspondiente sobre las medidas más apropiadas para reducir los potenciales riesgos asociados a cada misión.

El jefe de la unidad de RPAS es el responsable de la SV en el ámbito de su mando. Para auxiliarle y asesorarle en el ejercicio de estas responsabilidades cuenta con la oficina de SV (OFSV), que estará constituida como mínimo por:

- Un oficial de seguridad de vuelo (OSV).
- Un oficial de seguridad en tierra (OST).
- Un suboficial auxiliar (Aux. OFSV).

El OSV será un oficial operador de vuelo de RPA, preferentemente con el curso de Seguridad de Vuelo, experto tanto en el material de vuelo como en las misiones tipo de su UCO, siendo esta su actividad exclusiva, o al menos prioritaria. Asesorará personalmente al jefe de la UCO en materia de SV para la elaboración del plan de instrucción y adiestramiento de su unidad. Velará por la mentalización en Seguridad de Vuelo de todos sus componentes, realizando labores de difusión de información sobre SV entre el personal de su unidad y vigilando el cumplimiento de las normas de SV establecidas.



El OST será un oficial, preferentemente con el curso de Seguridad en Tierra o Seguridad de Vuelo, con experiencia en las misiones tipo y material de su UCO. Se procurará que su dedicación sea prioritaria. Colaborará con el OSV en sus cometidos como responsable de la OFSV, cumpliendo las tareas que este le asigne. En particular le corresponde realizar labores de difusión de información y sensibilización de SV, sobre todo entre el personal especialista, para el mantenimiento de material o equipos de las RPA, vigilando el cumplimiento de las normas de seguridad en tierra de su UCO.

El Aux. OFSV será un suboficial experto en el material y misiones de su unidad, preferentemente con el curso de Seguridad de Vuelo o Seguridad en Tierra. Tendrá, al menos, como actividad prioritaria la OFSV, auxiliando al OSV y al OST en el desarrollo de sus funciones. En particular, le corresponde el control y archivo de toda la documentación relativa a SV (actas, documentación periódica, publicaciones, etc.), el manejo de la base de datos de accidentes e incidentes y el mantenimiento del centro de documentación de la OFSV.

El Programa de Prevención de Accidentes Aéreos es la adaptación del Programa de Seguridad de Vuelo del ET a las particularidades orgánicas y operativas de las unidades. La responsabilidad del desarrollo e implantación de este Programa de Prevención es del jefe de la UCO. Para ello deberá, una vez recibido el Programa de Seguridad de Vuelo del ET, dar las directrices necesarias para la elaboración del Programa de Prevención propio.

La OFSV redactará el Programa de Prevención, que una vez aprobado por el jefe de la UCO o unidad de RPAS dará lugar a una serie de órdenes que se transmitirán por la cadena de mando orgánico. El Programa de Prevención será difundido a todos los niveles, ya que es una valiosa herramienta de concienciación y de conocimiento de los riesgos en todas las áreas de actividades. [6]