



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo: Estudio para la  
implementación y uso de UAV en unidades de  
montaña

Autor

Juan Padilla Muelas

Director/es

Director académico: María Carmen Blanco Ortiz  
Director militar: Álvaro Matías Sánchez Uriarte

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2021



## **Agradecimientos**

Después de todo el trabajo realizado, me gustaría agradecer todo el apoyo y ayuda recibida a todos aquellos implicados en el proyecto. En primer lugar, a todo el personal del Regimiento de Cazadores de Montaña "Galicia" n.º 64 y en particular a su Ilustrísimo señor coronel don Francisco Javier Lucas de Soto y sobre todo al cuadro de mando de la 1ª Compañía por su recibimiento y acogida como un oficial más de la unidad. En segundo lugar, a mi directora académica la Doctora María Carmen Blanco Ortiz y a mi director militar el Capitán D. Álvaro Matías Sánchez Uriarte por su notable presencia y ayuda constante con el desarrollo de este. Y en tercer lugar a mi familia por la educación y apoyo recibido todos estos años.





## Resumen

Hoy en día el uso de UAV (Unmanned Aerial Vehicles) está cada vez más presente en nuestras vidas. El desarrollo en el sector civil está sobrepasando al militar y ello se puede ver en las propias unidades del Ejército de Tierra que utilizan UAV comerciales en sus maniobras e incluso en el teatro de operaciones. Pero la utilización de drones civiles en combate supone un peligro por la falta de sistemas de seguridad electromagnética.

En las Fuerzas Armadas Españolas el uso de aeronaves no tripuladas militares ha quedado limitado a las unidades desplegadas, unidades de operaciones especiales y aquellas en las que se les da una utilidad de salvamento y rescate como puede ser la Unidad Militar de Emergencia (UME). Pero lo cierto es que en otros ejércitos su implementación está abarcando todo tipo de unidades militares ampliando enormemente sus capacidades.

En este proyecto se plantea la implementación de un UAV en las unidades de montaña del Ejército de Tierra, realizando un análisis de las necesidades operativas de la unidad y presentando un modelo disponible en el mercado el cual se adapta a dichas necesidades de la mejor manera posible en comparación con otros tipos de aeronaves.

Las unidades de Montaña se caracterizan por desarrollar sus acciones tácticas en un entorno definido por los agentes climatológicos y una orografía altamente compartimentada del terreno, por lo que las especificaciones del dron para hacer frente a estas son la clave principal de la selección del modelo.

De esta manera después de haber realizado una comparativa entre las capacidades de distintos modelos presentes en el mercado, el UAV seleccionado ha sido el Huginn X1 de origen danés de la empresa Sky-watch, utilizado actualmente por varios ejércitos de la OTAN.

Para la selección del modelo se ha llevado a cabo la acción prospectiva de ver en qué pequeña unidad debería este encuadrarse para así maximizar su eficiencia, ya que su funcionalidad puede verse minada si no se llega a integrar correctamente.

Además, en el presente proyecto, se analiza a qué tipo de riesgos se enfrentaría la unidad en caso de implementarse, así como un amplio abanico de soluciones posibles a cada una de las situaciones.

Por último y tras haber estudiado el diseño, especificaciones y modos de funcionamiento del UAV en este proyecto se exponen los posibles fallos y errores que podría tener la aeronave en sus vuelos. No solo para poder subsanarlos en caso de que tengan lugar, sino para ser conscientes de qué debilidades lleva implícitas el UAV que pudieran suponer un problema para la unidad.



## Abstract

Nowadays the use of UAV (Unmanned Aerial Vehicles) is increasingly present in our lives. The development in the civilian sector is surpassing the military and this can be seen in the Army's own units that use commercial UAV in their maneuvers and even in the operational theater. But the use of civilian drones in combat is a danger due to the lack of electromagnetic safety systems.

In the Spanish Armed Forces, the use of military unmanned aircrafts has been limited to deployed units, special operations units and those where UAV are used for rescue purposes, such as the Military Emergency Unit (UME). But the truth is, that in other armies its implementation is covering all types of military units expanding their capabilities enormously.

In this project an implementation of a UAV in mountain units of the Spanish Army is proposed, performing an analysis of the operational needs of the unit and presenting an available model in the market which adapts to these needs in the best way possible compared to other types of aircrafts.

Mountain units are characterized by developing their tactical actions in an environment defined by climatological agents and a highly compartmentalized orography of the terrain, so the specifications of the drone to cope with these, are the main key to the selection of the model.

Thus, after having made a comparison between the capabilities of different models on the market, the UAV selected was the Huginn X1 with Danish origin from the company Skywatch, currently used by several NATO armies.

For the selection of the model, the prospective action has been carried out to see in which small unit it should fit in order to maximize its efficiency, since its functionality can be undermined if it is not properly integrated.

In addition, this project analyzes what kind of risks the unit would face in case of its implementation, as well as a wide range of possible solutions to each of the situations.

Finally, and after having studied the design, specifications, and modes of operation of the UAV, this project exposes the possible failures and errors that the aircraft could have in its flights. Not only to be able to correct them in case they occur, but also to be aware of what weaknesses are implicit in the UAV that could pose a problem for the unit.



## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>5</b>
1.1	Ámbito de aplicación del proyecto	6
1.1.1	Unidades de montaña del Ejército de Tierra	6
1.2	Antecedentes	7
1.3	Objetivos y alcance del proyecto	9
1.4	Metodología	10
1.5	Marco y análisis de la viabilidad legal	11
<b>2</b>	<b>Desarrollo del proyecto</b>	<b>12</b>
2.1	Sistemas de vehículos aéreos no tripulados (UAS)	12
2.3	Análisis de los sistemas del mercado de defensa	15
2.4	Análisis e implementación del Huginn X1	20
2.4.1	Características principales y funcionamiento	21
2.4.1.1	Hardware y funcionamiento básico	21
2.4.1.2	Software y funcionalidades principales	22
2.4.2	Posibilidades tácticas y modos de vuelo	23
2.4.3	Enquadramiento	26
2.4.4	Desventajas	27
2.5	Análisis de riesgos	28
3.1	Conclusiones	30
<b>4</b>	<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>32</b>
<b>5.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>34</b>
	ANEXO A: PROPUESTA DE DRON	34
	ANEXO B: SUPUESTO TÁCTICO	36
	ANEXO C: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y ERRORES	38
	ANEXO D: ANÁLISIS DE RIESGOS	39
	ANEXO E: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	40
	ANEXO F: ORGANIGRAMA	41



## Índice de Figuras

Ilustración 1: Respuestas encuesta Galicia 64.....	8
Ilustración 2: Componentes SUAV .....	13
Ilustración 3: Diagrama Radar características UAV .....	20
Ilustración 4: Clasificación UAV por encuadramiento y función táctica.....	21
Ilustración 5: Imágenes tomadas con la cámara de visión nocturna y térmica del Huginn X1.....	23
Ilustración 6: Mochila táctica porta UAV y el Sky-Watch Drone Manager. ....	23
Ilustración 7: Mavic Pro (izqda.) y Huginn X1 (dcha.).....	25
Ilustración 8: Imágenes tomadas desde Huginn X1 y el Mavic PRO .....	25
Ilustración 9: Guiado y Control por waypoints del UAV .....	26



## Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación OTAN RPAS.....	14
Tabla 2: Análisis DAFO implementación UAV.....	15
Tabla 3: Interrelación agentes climatológicos .....	17
Tabla 4: Ponderaciones características .....	18



## Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos

ACOME	Adiestramiento de Combate en Montaña Estival
ASPFOR	Afganistan Spanish Force
CAC	Caballero Alférez Cadete
CUAV	Combat Unmanned Aerial Sistem
DAFO	Debilidades Amenazas Fortalezas Oportunidades
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ET	Ejército de Tierra
EW	Electronic Warfare
FAS	Fuerzas Armadas
GCS	Ground Control Sistem
GPS	Global Positioning Sistem
IED	Improvised Explosive Device
MV	Modo de Vuelo
MVA	Modo de Vuelo Automático
MVM	Modo de Vuelo Manual
NBQR	Nuclear Biológico Químico Radiológico
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PU	Pequeña Unidad
RPA	Remotely Piloted Aircraft
SGT	Subgrupo Táctico
TFG	Trabajo de Fin de Grado
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicles
UME	Unidad Militar de Emergencias
VANT	Vehículo Aéreo No Tripulado
VTOL	Vertical Take-Off and Landing



# 1 Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del trabajo de fin de grado en Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Su título es “Estudio para la implementación y uso de UAV (Unmanned Aerial Vehicles) en unidades de montaña” y a continuación se define el ámbito de aplicación del proyecto, la motivación de este, los antecedentes, sus objetivos y alcance y la metodología llevada a cabo.

Los UAV pese a ser unos desconocidos para aquellos que no se encuentran inmersos en el sector, son cada vez más un elemento importante en la vida cotidiana. El avance tecnológico y la reducción de costes en su producción están consiguiendo que estos sustituyan a muchas personas en su puesto de trabajo. Esto no solo está ocurriendo en el ámbito civil sino también en gran medida a nivel militar.

En este sector el desarrollo y uso de aeronaves no tripuladas se remonta a principios del siglo XX. Siendo uno de sus primeros propósitos, su uso como blancos móviles<sup>1</sup>, estos han evolucionado progresivamente hasta los actuales aviones sin piloto que podemos ver en las noticias. Su línea temporal ha transcurrido desde el mundo militar al civil y no a la inversa como es común pensar.

Algunos de los principales hitos que han provocado este desarrollo a un ritmo elevado son:

- La posibilidad que ofrece el poder extender la zona de acción de una unidad en un terreno hostil sin poner en juego la vida de los combatientes.
- Los grandes avances tecnológicos en la navegación, comunicaciones, fotografía, robótica, procesos de fabricación de piezas, etc.
- La reducción de los presupuestos para la Defensa Nacional en los países de la OTAN, lo que ha provocado que se busquen alternativas más asequibles a usar en combate.

La proliferación de los UAV en el campo de batalla presenta una serie de retos y amenazas a nivel internacional. Dada la facilidad y bajo coste para su adquisición, son cada vez más los ejércitos de estados subdesarrollados que empiezan a hacer uso de ellos. Actualmente los drones kamikaze o activadores de IEDs son un problema importante en el teatro de operaciones.

La reducción en su coste viene motivada por el gran aumento en número de empresas que deciden invertir en este sector dada la amplia gama de aplicaciones que suponen este tipo de sistemas.

Su uso a nivel militar está muy extendido en los ejércitos de las grandes potencias, pero su desarrollo e implementación está siendo acotado únicamente a los UAV de gran tamaño, normalmente controlados por el ejército del aire del país. Esto plantea un problema, ya que se obvian las facilidades que podrían proporcionar su implementación en las pequeñas unidades del Ejército Tierra.

No obstante, cabe decir que no cualquier dron es implementable en este tipo de unidades, ya que podría suponer un gasto superfluo al no poder cumplimentar las necesidades tácticas de la unidad. Y más aún se hace necesario considerar el carácter específico que posee la unidad en la que se va a implementar, en este caso las unidades de montaña, que como veremos a continuación combaten en un entorno muy específico.

---

<sup>1</sup> Blanco móvil: objetivo en movimiento al cual se le dispara en un ejercicio de tiro.



## 1.1 **Ámbito de aplicación del proyecto**

Para dotar de un mayor sentido al estudio que se ha llevado a cabo, es necesario precisar dónde exactamente se pretende implementar el uso del UAV. Para ello a continuación se definen en profundidad las unidades de montaña, así como su participación en misiones en el exterior, para así poder ser conscientes de qué tipo de combatientes van a ser los encargados del uso de la aeronave.

### 1.1.1 **Unidades de montaña del Ejército de Tierra**

Las unidades con carácter de “montaña” las conforman los regimientos Galicia 64 en Jaca, Huesca y el América 66 en Pamplona. Estas se encuentran encuadradas desde 2020 con el cambio de estructura orgánica, en el Mando de Tropas de Montaña de la División San Marcial la cual se encarga de generar y adiestrar unidades con capacidades muy específicas y con alta disponibilidad.

El Galicia 64 se encuentra en un entorno ideal para adquirir rápidamente los conocimientos y experiencia necesarios para saber desenvolverse en los terrenos más hostiles. La posibilidad que ofrece tener tan a mano la alta montaña facilita en gran medida la realización de actividades de instrucción técnica y en este caso de poder dar un uso lo más real posible a la aeronave.

Otra ventaja de esta unidad es que se encuentra en el mismo lugar que la Escuela Militar de Montaña y Operaciones especiales (EMMOE) por lo que a la hora de existir necesidades de material o de uso de instalaciones, ambas unidades trabajan de forma conjunta cediendo de forma bidireccional lo necesario para que la instrucción tanto de los cazadores como la de los alumnos de los cursos sea la mejor posible. Por lo que el UAV podría servir no solo al regimiento sino también a los alumnos de los cursos en ciertos ejercicios tácticos.

Con respecto a la idiosincrasia de la unidad y su forma de trabajar es necesario apuntar que siguen la línea de instruir desde lo más básico y fundamental hasta lo más avanzado e innovador por lo que la posibilidad de tener personal que en caso de fallar la aeronave no disponga de conocimientos suficientes como para solventar la situación desaparece, quedando así el UAV como un medio extra y nunca como un pilar fundamental para la unidad.

En cuanto a misiones y operaciones en el exterior como bien cita el Ministerio de Defensa:

“Las tropas de montaña son consideradas la punta de lanza de la OTAN y vanguardia en la apertura de misiones por nuestro Ejército en Europa, Asia y África.” [1].

La unidad ha participado en innumerables misiones entre las que destacan Bosnia, Kosovo y Afganistán en la ASPFOR I (OTAN), XI, XII, XVI, XXI, XXIV y la última XXIX (OTAN) entre 2011-2012.

De las anteriores la más conocida participación fue la de Afganistán ya que se constituían como el primer contingente en desplegar en este estado. Las características de esta misión representan a la perfección el ambiente en el que el uso de UAV adquiere una gran importancia para unidades de montaña.

- Un terreno montañoso con cambios bruscos climatológicos tanto diarios como estacionales donde las temperaturas pueden bajar hasta los -30° por su carácter desértico.
- Un ambiente en el que el combate híbrido y la amenaza IED son el máximo exponente, el objetivo de no tener bajas es el principal y para alcanzarlo, los UAV el mejor aliado.
- Operaciones por valles escarpados en donde los talibanes se empedraban hasta emboscar, fueron cumplimentadas gracias al reconocimiento previo de drones lanzados por las tropas españolas de montaña.



Como novedad de última hora en el conflicto entre Ucrania y Rusia con la potencial participación de la OTAN en este, pese a que el conflicto se fundamenta en unidades tipo mecanizadas y acorazadas, el carácter de frío extremo que presentan ciertos territorios del país podría dar lugar al despliegue de tropas de montaña por parte de los componentes de la OTAN.

Así pues, esta unidad goza de una experiencia en operaciones notable como para llevar a cabo la implementación de un UAV siempre teniendo en mente su posible uso en conflictos externos.

## 1.2 Antecedentes

Hasta la fecha los dos proyectos más importantes que se han llevado a cabo en la Fuerzas Armadas en el sector de las aeronaves no tripuladas son dos: el proyecto RAPAZ y el proyecto CONDOR.

El proyecto RAPAZ fue desarrollado por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) ubicado en la Dirección General de Armamento y Material del Ministerio De Defensa (DGAM) y en él se lleva a cabo una revisión sobre el estado del arte bastante completa de la actualidad de los UAV. En él se ofrece un breve análisis sobre “sistemas RPAS de Clase I (peso inferior a 150 Kg) existentes en el mercado y desarrollados fundamentalmente por el sector industrial nacional, con el fin de comprobar las capacidades reales de inteligencia, vigilancia y reconocimiento” [2]. En la parte final del proyecto RAPAZ se desarrollan los sistemas de mitigación y/o neutralización contra RPAS. Si bien este aspecto no se abordará en este proyecto.

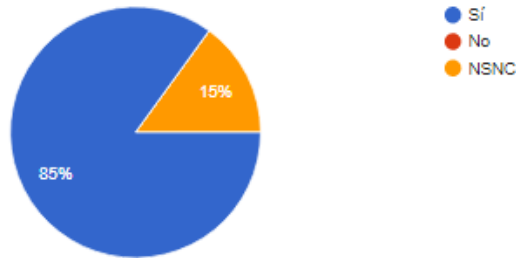
Siguiendo la línea de la segunda parte del proyecto RAPAZ se impulsó desde la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) y con financiación del Ministerio de Defensa, el proyecto CONDOR, en el cual se profundiza de manera más específica en los sistemas contra-RPAS. A raíz de la proliferación de aeronaves de bajo coste en el mercado y sus avances tecnológicos las tecnologías contra-RPAS pasan a ser un punto muy importante para tener en cuenta. Incidentes como el del aeropuerto de Gatwick, en el que un dron fue capaz de cerrar el aeropuerto durante 24 horas o el ataque a la mayor petrolera saudita con drones han sido los inputs de desarrollo de proyectos como el anterior.

Hasta hoy se han realizado otros proyectos de investigación sobre la implementación de UAV en unidades del ejército de tierra de infantería, pero hasta ahora siempre ha sido de una forma genérica sin precisar un tipo de unidad tan característica como las unidades de montaña.

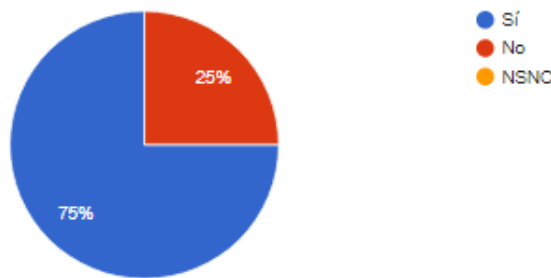
Aparte de la falta de investigación que existe en este sub-sector (los UAV para unidades de montaña) la mayor motivación para llevar a cabo este estudio la han presentado los propios cazadores de montaña en la realización de la encuesta proporcionada a la unidad durante las prácticas externas y cuyas respuestas a las preguntas más importantes se ven cuantificadas en los siguientes gráficos.



¿EN CASO DE HABER TENIDO EXPERIENCIA CON OTROS EJERCITOS, CREE QUE NOS ESTAMOS QUEDANDO ATRAS EN ESTE SECTOR?



¿CREE QUE LA FALTA DE UAVS EN LA UNIDAD LA INCAPACITA PARA LLEVAR A CABO CIERTAS ACCIONES TACTICAS?



¿COMO DE UTIL VE LA IMPLEMENTACION DE UAVS EN LAS UNIDADES DE MONTAÑA?

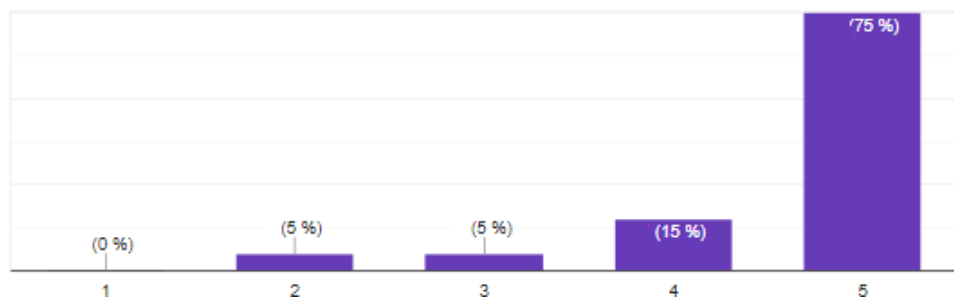


Ilustración 1: Respuestas encuesta Galicia 64.  
Fuente: elaboración propia

Como se puede observar una amplia mayoría de la unidad presenta una actitud positiva respecto al uso de drones. Esta no es una justificación a la necesidad táctica, pero si es un punto que considerar ya que una unidad predispuesta a recibir dicho material estará también predispuesta a aprender su manejo, mantenimiento y usos tácticos. Es decir, no es el factor imprescindible, pero si el necesario.



En cuanto al intento de la unidad de adquirir un UAV por sus propios medios, se llevó a cabo a lo largo del año que precede, la contratación de un ingeniero para la proposición de un dron de ala fija que cumpliera una serie de especificaciones técnicas entre las que destacaban ser bastante ligero y robusto, ser capaz de volar durante 1h de forma ininterrumpida o tener un techo de vuelo amplio para su despliegue en alta montaña. Dicho prototipo se adjunta en el apartado de Anexos de la memoria, como ANEXO A.

Este prototipo se ajusta relativamente bien a las necesidades de la unidad, pero no lo suficiente según las conclusiones extraídas del estudio realizado en el proyecto, ya que no posee las capacidades necesarias como para ser utilizado en ciertas ocasiones por las unidades de montaña. Las razones son las siguientes:

- El ala fija supone poseer un espacio amplio para su lanzamiento y una zona aún más para su aterrizaje sin dañar la aeronave. Esta situación en ciertas ocasiones no es posible por la orografía en la que se realizan las maniobras.
- Su funcionamiento ante climatología adversa no llega a cumplimentar las necesidades que reclama la unidad, ya que el ambiente en el que se pretende dar uso a la aeronave puede ser muy hostil en cuanto a la meteorología se refiere.
- El hecho de que sea desmontable puede suponer problemas en ambientes muy fríos ya que la humedad a bajas temperaturas congela todo lo que son piezas encajables o de rosca.

### 1.3 Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo general de este proyecto es el de seleccionar y proponer un sistema aéreo no tripulado que se integre en las unidades con carácter de montaña del Ejército de Tierra y en particular en el regimiento Galicia 64, y cuya definición se realice en base a las necesidades operativas que reclame la unidad. Para ello los objetivos secundarios del proyecto que se plantean son los siguientes:

- Identificación de las necesidades de la unidad en base a las misiones operativas que pueden ser desarrolladas por compañías de cazadores de montaña.
- Definición de requisitos técnicos que debe integrar el sistema.
- Comparar los distintos drones que existen en el mercado de defensa, con la información extraída de los objetivos anteriores.
- Selección del UAV que más se adapte a las necesidades de la unidad.
- Análisis de las ventajas e inconvenientes, así como las posibilidades tácticas que ofrece el UAV en distintas situaciones tácticas.
- Identificación de la pequeña unidad idónea para incorporar el dron de forma que su uso sea explotado de la mejor manera posible.
- Analizar los posibles riesgos de dicha incorporación y proponer una serie de soluciones a la implementación y uso de este.

Para determinar la propuesta de adquisición del sistema se establecen como tareas principales a realizar las siguientes:

- Realizar un estudio previo que permita definir y documentar las necesidades y expectativas de las partes interesadas: mediante el uso de entrevistas a expertos, en este caso a personal con experiencia en el sector, en concreto a el único componente de la unidad con el curso de RPAS, un Brigada actualmente desplegado en Líbano; encuestas al personal de la unidad, tanto a oficiales como a suboficiales; y la investigación específica de los documentos emitidos por las



unidades sobre lecciones aprendidas y conclusiones extraídas del uso de UAV en el teatro de operaciones.

- Analizar las soluciones tecnológicas y prestaciones actuales de los sistemas comerciales disponibles actualmente en el mercado para así poder comparar los distintos tipos de UAV.

De forma más específica se plasman todas y cada una de las tareas realizadas en la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT) del proyecto desarrollado en el siguiente apartado.

En cuanto al alcance del proyecto, este no comprende el análisis de otros ámbitos del sector de los UAV como pueden ser los medios contra-RPAS o los UAV de combate, si bien es un aspecto que debería tenerse en cuenta en futuras líneas de investigación.

## 1.4 Metodología

La realización de dicho proyecto se ha estructurado en las siguientes fases, diferenciadas por el objetivo que se persigue en cada una de ellas y no por su realización cronológica:

**FASE 0: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN GENÉRICO SOBRE UAVS:** fase previa al inicio del proyecto en la que se persigue adquirir los conocimientos más genéricos del mundo de los UAV.

**FASE 1: PLANIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO:** realización de un estudio elaborado del ámbito de aplicación, un análisis del estado del arte y una definición de los objetivos genéricos definiendo así el alcance del proyecto y a su vez planificando en la medida de lo posible las distintas tareas a realizar a lo largo de su desarrollo mediante herramientas como el Project Chárter o la Estructura del Desglose del Trabajo.

**FASE 2: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DEL SECTOR:** esta fase se divide en 3 subfases:

**FASE 2.1: TRABAJO EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS:** en esta subfase se pretende conocer de la mejor manera posible la unidad en la que se va a implantar el UAV. Observando y analizando su forma de trabajar, sus necesidades operativas y las capacidades principales y secundarias que posee. Se realiza de forma presencial en la unidad y se utilizan herramientas tipo cuestionarios y entrevistas.

**FASE 2.2: ANÁLISIS Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXPERIMENTAL:** subfase destinada a la realización de entrevistas, encuestas y vuelos experimentales con la intención de recopilar toda la información posible necesaria para el desarrollo del proyecto. Se han utilizado herramientas como los formularios de Google o fichas de recopilación de datos de vuelo.

**FASE 2.3: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:** uso de la intranet para la investigación y análisis del mercado de los UAV, de la industria de drones en España y de la actualidad de los RPAS en el Ejército de Tierra.

**FASE 3: DESARROLLO DEL PROYECTO:** en esta fase se realiza la selección y análisis del UAV a implementar en la unidad, dividiéndose así en dos subfases:

**FASE 3.1: SELECCIÓN DEL UAV:** subfase en la que se realiza una gestión de las posibles adquisiciones llevando a cabo un estudio sobre los diferentes UAV en uso en otras unidades del Ejército de Tierra y mediante una ponderación sobre qué características son las más idóneas, basada en las respuestas de las encuestas plasmadas en un Diagrama Radar. De esta manera se analiza su comportamiento ante ciertos agentes climatológicos y su viabilidad técnica y económica.



**FASE 3.2: ANÁLISIS DEL UAV SELECCIONADO:** una vez seleccionado el UAV, en esta subfase se analizan las posibilidades tácticas que nos puede ofrecer la aeronave seleccionada en función de las especificaciones técnicas y de las distintas situaciones de combate en las que se despliegue el UAV, ANEXO B. Así pues, se realiza un análisis de las desventajas que presenta dentro del marco de las unidades de montaña. Y por último se lleva a cabo un análisis de los distintos riesgos que puede suponer la implementación del UAV, ANEXO C, así como un Análisis Modal de Fallos y Errores (AMFE), ANEXO D, en los que se recogen los fallos más probables en el vuelo de aeronaves en alta montaña y las posibles medidas a llevar a cabo. Aunque este último es más bien una recopilación de información de casos experimentales con otros drones y no es del todo fiable ya que las pruebas deberían de ser con un prototipo del UAV a implementar, pero sirve para ofrecer una gama de situaciones futuras en las que se podría encontrar la unidad.

**FASE 4: TRABAJO DE REDACCIÓN:** fase en la que se plasma todo lo realizado en la memoria de forma que la información recopilada y analizada pueda utilizarse en un futuro para continuar la investigación o para llegar a materializar la adquisición del UAV.

## 1.5 Marco y análisis de la viabilidad legal

La realidad hoy, es que el vuelo y uso de aeronaves está muy regularizado y legislado tanto en el sector civil como en el ámbito militar dado el aumento de accidentes con este tipo de sistemas.

En el sector civil la legislación está impuesta a nivel europeo y se compone de los siguientes reglamentos citados a continuación directamente desde la nota informativa sobre la nueva normativa europea de UAS emitida con fecha de entrada en vigor el 30 de diciembre de 2020 emitida por el Ministerio de Transportes Movilidad Y Agenda Urbana desde la Agencia Estatal de la Seguridad Aérea AESA desde la dirección de seguridad de aeronaves. [3]

“Con la adopción del Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio, sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se derogan los Reglamentos (CE) nº 552/2004 y (CE) nº 216/2008, la Unión Europea amplía sus competencias para regular todos los Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS) civiles, independientemente de su tamaño o peso. En este sentido, la Comisión Europea procede a la elaboración de un nuevo marco regulatorio para las Aeronaves No Tripuladas (UA), común para todos los Estados Miembros, y que se materializa en la siguiente normativa:”

— Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019, relativo a las normas y procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas. [4]

— Reglamento de Ejecución (UE) 2020/639 de la Comisión, de 12 de mayo de 2020, por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 en lo que concierne a los escenarios estándar de operaciones ejecutadas dentro o más allá del alcance visual. [5]

— Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746 de la Comisión, de 4 de junio de 2020, por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 en lo que respecta al aplazamiento de las fechas de aplicación de determinadas medidas en el contexto de la pandemia de COVID19. [6]

— Reglamento delegado (UE) 2019/945 de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas. [7]

— Reglamento delegado (UE) 2020/1058 de la Comisión, de 27 de abril de 2020, por el que se modifica el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 en lo que respecta a la introducción de dos nuevas clases de sistemas de aeronaves no tripuladas. [8]



— El Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, normativa nacional en la materia, seguirá siendo de aplicación únicamente durante los períodos transitorios contemplados en la normativa europea y en aquellos aspectos no cubiertos por ésta. [9]

En el sector militar la certificación queda recogida en el Real Decreto 866/2015, de 2 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa. [10]

## 2 Desarrollo del proyecto

En esta parte de la memoria se desarrolla el objetivo principal, los objetivos secundarios y de qué forma se ha llegado a ellos mediante el uso de diversas herramientas de análisis e investigación.

### 2.1 Sistemas de vehículos aéreos no tripulados (UAS)

Una definición completa de un RPA o UAV es: “vehículo aéreo que opera sin un piloto a bordo y que se controla por control remoto o mediante navegación autónoma por un sistema preprogramado. Por tanto, ni un cohete que vuela en órbita balística, ni un misil, proyectil de artillería, etc., pertenecen a esta categoría. Tampoco lo son los dirigibles no tripulados que se sustentan en el aire gracias a la ayuda de un gas encerrado en una estructura más o menos flexible”. [11]

Un sistema de UAV (SUAV) está constituido básicamente por:

- Un **segmento aéreo**: compuesto por la plataforma del vehículo aéreo propiamente dicho, los diferentes sensores instalados en él, y los medios de comunicaciones que permiten tanto el guiado en vuelo como la transmisión de la información en tiempo real.
- Un **segmento terrestre**: con la estación de control en tierra (GCS) y todo el material y equipo preciso para el lanzamiento, recuperación y puesta en servicio del sistema.

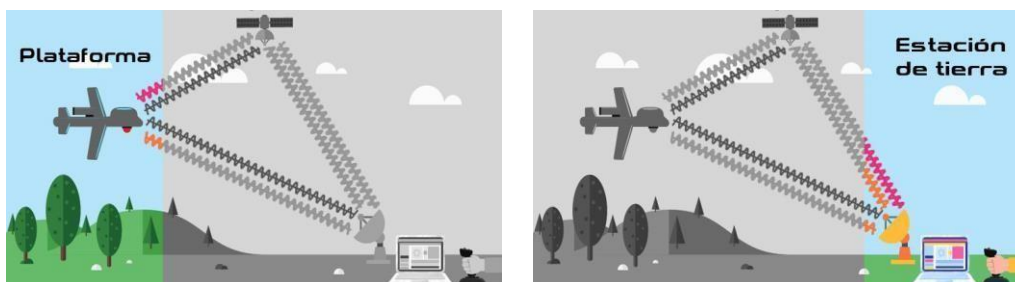


Ilustración 2: componentes SUAV

Fuente: Hispa drones [12]

Considerando requisitos técnicos para aplicaciones militares, la siguiente tabla resume la clasificación OTAN de sistemas aéreos no tripulados que pueden integrarse en las Pequeñas Unidades. Y recuadrados en naranja están señalados los dos grupos en los que se encuentran los UAV a analizar.



Clase	Categoría	Empleo habitual	Altura de operación normal	Radio de Misión
CLASE I (< 150 Kg)	MICRO < 66 Julios	Subunidad táctica (lanzamiento manual), operadores individuales.	Hasta 200 ft AGL	Hasta 5 Km (LOS)
	MINI <15 Kg	Subunidad táctica (lanzamiento manual), operadores individuales.	Hasta 3.000 ft AGL	Hasta 25 Km (LOS)
	SMALL > 15 Kg< 150 Kg	Unidad Táctica (utiliza sistema de lanzamiento)	Hasta 5.000 ft AGL	50 Km (LOS)
CLASE II (150 Kg- 600 Kg)	TÁCTICO	Formación Táctica	Hasta 10.000 ft AGL	200 Km (LOS)
CLASE III (>600 Kg)	MALE (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional / de Teatro	Hasta 45.000 ft MSL	Sin limite (BLOS)
	HALE (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin limite (BLOS)
	ATAQUE/COMBATE	Estratégico/Operacional	Hasta 65.000 ft	Sin limite (BLOS)

Tabla 1: Clasificación OTAN RPAS.

Fuente: DGAM [2]

A continuación, se incluye un análisis DAFO a grandes rasgos de lo que supone la adquisición de un dron para una unidad de montaña, dejando de lado las particularidades que puedan existir en función del tipo de dron y del tamaño de unidad en la que se encuadre. Este es mas una forma de presentar un brainstorming de las opciones que ofrece un UAV.

DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
<b>• Operativas:</b>		1	• Mala interoperabilidad en el empleo de los UAS en operaciones terrestres multinacionales
1	Espacio aéreo muy controlado (peligro colisiones)	2	• Falta de personal con la cualificación necesaria.
2	Personal muy adiestrado	3	• Desarrollo de medios y tecnologías de sistemas de defensa antidron
3	Vulnerabilidad táctica Corto alcance Baja velocidad vuelo	4	• Tratamiento incorrecto de la información: este debe saber interpretar la información que recibe en las imágenes y transmitir las a su jefe de forma correcta
<b>• Climatología y terreno:</b>		5	• Necesidad de crear una estructura de Mando y Control para la capacidad UAS
4	Lluvia, viento, tormentas eléctricas, de arena, niebla, nieve, granizo etc. (estudio aparte)	6	• Coordinación y control de todos los medios UAS de la misma unidad
<b>• Técnicas:</b>			
5	Necesidad de transmisiones muy fiables		
6	Interferencias entre sistemas civiles y militares de transmisión.		
7	Imposibilidad de uso con inhibidores de vehículos activados.		
<b>• Logísticos:</b>			
8	Baja Supervivencia en caso de accidente o fallo mecánico		
9	Necesidad de un sistema de apoyo logístico suficiente como para mantener la operatividad del sistema		



FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	• Posibilidad de uso en áreas de alto riesgo o inaccesibles	1	• Reconocimiento rutas obstáculos zonas afectadas por agentes NBQR
2	• Bajo coste (no necesita uso de pilotos para su funcionamiento)	2	• Obtención de Inteligencia Información/Inteligencia
3	• Uso en ambientes de alta toxicidad química y radiológica	3	• Adquisición de Objetivos
4	• Difíciles de detectar según materiales y tamaño	4	• Corrección de Tiro
5	• Su pérdida o destrucción no implica bajas	5	• Relé de Comunicaciones
6	• Obtención de Información	6	• Guerra Electrónica
7	• Economía de medios al realizar el control tácito del terreno	7	• Detección de Dispositivos Explosivos Improvisados
8	• Posibilidad de incorporar armas de fuego o elementos de EW	8	• Tareas de vigilancia
9	• Alta precisión de los efectos buscados	9	• Misiones Ofensivas utilizando UAS armados
10	• Su pérdida o destrucción no resulta tan gravosa económicamente como la de otros sistemas de armas.	10	• Apoyo Aéreo Cercano

Tabla 2: Análisis DAFO implementación UAV.

Fuente: Elaboración propia

Aparte de las oportunidades listadas anteriormente, el UAV también se presenta como arma de disuasión. La mera presencia del UAV disuade al enemigo. La razón es las creencias de que se trata de una aeronave con capacidad para atacar directamente a objetivos en tierra o la posibilidad de que, con dicho UAV, se pueda corregir el fuego de morteros o de unidades de artillería, aunque este sea inexistente.

## 2.2 Sistemas actuales en el Regimiento de Cazadores de Montaña “Galicia 64”

Actualmente el Regimiento de Cazadores de Montaña Galicia 64 no posee ningún sistema UAV de dotación.

A día de hoy, en teatro de operaciones sí se le ha encuadrado un equipo RAVEN para cumplimentar las misiones que se le encomienden a la unidad. Pero en territorio nacional los únicos drones que se usan en la unidad son de carácter particular. Así pues, se están empleando tanto en el pelotón de observación y en la sección de reconocimiento como en las compañías de fusiles, drones civiles como el Mavic de la empresa de drones civil china DJI, para misiones de reconocimiento y vigilancia, así como para apoyo a las actividades de instrucción de la unidad.

Sin embargo, aunque existiese la situación real de que la unidad tuviese en plantilla un RAVEN, actualmente no existe personal en la unidad que tenga el curso de RPAS el cual posibilite realizar vuelos con vehículos aéreos no tripulados de forma legal.



Además, los resultados de las encuestas concluyen que más de la mitad de los encuestados no han tenido nunca contacto con UAV en maniobras a lo largo de su carrera mayoritariamente extensa vida militar, la cual ronda de media los 10 años de servicio.

## 2.3 Análisis de los sistemas del mercado de defensa

La disponibilidad de RPAS en las operaciones actuales es un elemento que puede llegar a determinar el éxito de una operación. No obstante, y a pesar del avance de la tecnología, estos sistemas, especialmente los de tipo ligero, tienen unas limitaciones técnicas que dificultan su utilización en condiciones meteorológicas adversas, habituales en terreno montañoso.

Los principales sistemas ligeros, que por el momento está contemplando nuestro ejército para las pequeñas unidades son cuatro, y a continuación se realiza una pequeña descripción de cada uno de ellos.

**Blackhornet:** clasificado como nano por su pequeño tamaño surgió de la necesidad operacional urgente que consistía en mejorar la capacidad de inteligencia inmediata de las tropas sobre el terreno por parte de las Fuerzas británicas. En el ET solo los grupos de operaciones especiales (GOES) disponen de dicho UAV.

**Huginn X-1:** diseñado para prestar apoyo de reconocimiento inmediato a pequeñas unidades de maniobra con aplicaciones de búsqueda y rescate, su rápido despliegue (en 30 segundos) da al operador una visión general táctica en pocos minutos. Le caracteriza la posibilidad de llegar a áreas inaccesibles o de alto riesgo. [13]

**Raven RQ 11 en su modalidad B:** incluido en la clasificación no como una opción a valorar sino para poder comparar los otros 3 drones con el que actualmente está siendo utilizado en el teatro de operaciones. Como ya se ha comentado anteriormente este es el UAV en dotación del Ejército de Tierra y su uso se rige por la NOP "Empleo del mini UAV Raven RQ11 en operaciones del 28 de enero de 2008" de uso interno de las FAS.

**Fulmar:** producción de la empresa española THALES. Este es utilizado tanto por el ET como por la Armada e Infantería de Marina. Se caracteriza por ser de ala fija y por su facilidad para amerizar.

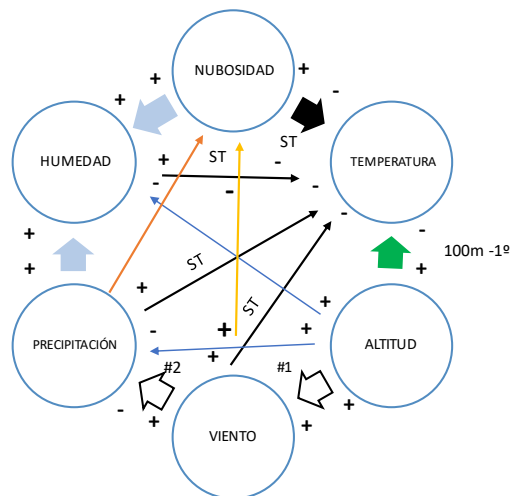
Antes de meterse de lleno en las distintas especificaciones de cada uno, es necesario saber la forma en la que los factores climatológicos se relacionan unos con otros ya que en muchos casos no se tiene en cuenta este tipo de interrelaciones y suelen darse errores por falta de conocimiento sobre el medio en el que se va a volar el dron.



**ANÁLISIS INTERRELACIONES FACTORES METEOROLÓGICOS**  
(sin tener en cuenta aspectos orográficos del terreno como la vegetación o el relieve)

Forma de leer el gráfico:  
"A más altitud menor temperatura"

COLOR	SIGNIFICADO
NEGRA	RELACIÓN DE SENSACIÓN TÉRMICA (ST)
NARANJA	RELACIÓN DIRECTA
AZUL	RELACIÓN CONCRETA
VERDE	RELACIÓN NUMÉRICA
AMARILLA	RELACIÓN RELATIVA #



#1 A mayor altitud el viento aumenta, pero se convierte en un viento constante a diferencia de a ras del suelo, que tiende a ser racheado, influido por el relieve.

#2 A mayor viento la formación de cúmulos nubosos se hace más complicada.

*Tabla 3: Interrelación agentes climatológicos.*

*Fuentes:*

*Datos: Tesis Francisco Manuel Navarro Serrano 2021 [14]*

*Diagrama: elaboración propia*

Para poder valorar cuantitativamente y de forma comparativa los cuatro modelos se han analizado mediante un diagrama radar las capacidades más relevantes a la hora de volar un UAV en terrenos montañosos. Esta selección de capacidades se ha extraído directamente de las encuestas realizadas en la unidad.

Para la elaboración del diagrama los pasos seguidos han sido los siguientes: en primer lugar, se adquirieron los datos respectivos a cada característica de cada uno de los drones, a continuación, se ordenaron estos por cada una de esas características de 1 a 4 y finalmente se le otorgo a esta puntuación una ponderación también entre 1 y 4 en función del número de veces que dicha característica había sido seleccionada por los encuestados. Otorgando el valor de 1, 2, 3 y 4 a aquellas que habían sido seleccionadas por los siguientes rangos de porcentajes de 25, 50, 75 y 100% respectivamente. De esta forma conseguimos ver gráficamente cuál de los UAV objetos de estudio puede resultar más beneficioso.



PONDERACIÓN	CARACTERÍSTICA
4	ALCANCE
2	TIEMPO DE VUELO
3	PESO
2	VEL MAX. RACHAS VIENTO
3	VEL MAX. VIENTO CTE
2	ALTITUD OPERACIONAL
1	COTA MAX. ABSOLUTA
2	TIEMPO DE DESPEGUE
4	TAMAÑO
4	TEMP. MIN.
3	MANIOBRABILIDAD
4	RESISTENCIA PRECIPITACIONES
3	ROBUSTEZ
1	RUIDO VUELO
4	COSTE

*Tabla 4: Ponderaciones características.*

*Fuente: elaboración propia*

Estas características son algunas de las muchas que se podrían valorar a la hora de adquirir un sistema UAV. Pero las que se tratan a continuación son las propuestas de los propios cazadores de montaña incluidas en la encuesta realizada en el acuartelamiento y aquellas consideradas más relevantes para las pequeñas unidades en el proyecto RAPAZ. A continuación, se citan y desarrollan las razones por las que se han escogido:

**Alcance:** muy necesario a la hora de saber a qué nivel de pequeña unidad se puede implementar. En el caso de las unidades de montaña es necesario tener en cuenta el alcance que poseen en los tres ejes, teniendo en cuenta que se pueden encontrar accidentes del terreno en la línea de visión directa del operador con la aeronave.

**Tiempo de vuelo:** junto al alcance y la altitud operacional es la otra característica que nos va a marcar la utilidad que le vamos a poder dar al vehículo. Es clave ya que en función del tiempo que pueda estar el dron en el aire se podrán realizar o no acciones tácticas sobre el enemigo teniendo el apoyo únicamente a nivel informativo del UAV.

**Velocidades máximas de viento constante y de rachas a soportar:** estas características son un tanto relativas dado que en lo que afectan es en la maniobrabilidad del dron por parte del piloto. Las empresas marcan unos máximos en los cuales el dron dejar de ser pilotable por muy instruido que esté el usuario en su uso.

**Masa:** cada gramo que un cazador de montaña se pueda ahorrar llevar en los largos ascensos a collados y marchas es un factor clave ya que esto marcará la duración de la operatividad táctica de la unidad.



**Altitud operacional:** son los metros en el eje z que un UAV puede alejarse del operador. La superación del terreno montañoso vendrá marcada por esta característica. Realizar un vuelo a gran altura puede ser muy decisivo a la hora de que el dron pase desapercibido por el enemigo.

**Cota máxima absoluta:** es aquella altitud a la que el UAV no es capaz de sustentarse por la baja densidad de aire. Al igual que un helicóptero no puede subir al Everest los drones de ala rotatoria también tienen su limitación en altitud. Se busca que esta sea lo más alta posible para así poder realizar vuelos en alta montaña.

**Tiempo de despegue:** el despegue es el momento en el que los operadores son más vulnerables y por lo tanto parte de la unidad debe centrarse en su protección. Se busca que sea el mínimo para así no perder la continuidad táctica de la acción principal de la maniobra y poder recabar información lo más rápido posible.

**Maniobrabilidad:** la vegetación, lo abrupta que sea la orografía y la presencia enemiga hacen que el pilotaje del UAV sea una tarea ardua, por lo que este ha de ser lo más sencillo posible, así como tener las capacidades suficientes como para realizar ciertas maniobras aéreas como pueden ser el vuelo estático para la captura de imágenes a gran distancia o la navegación por bosque.

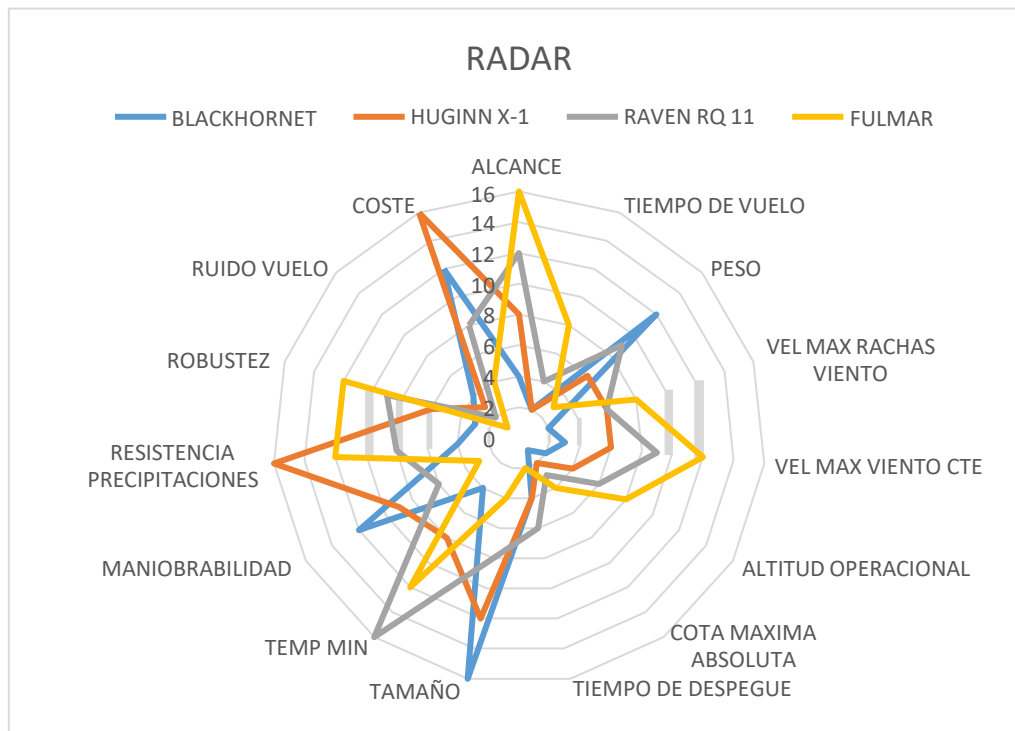
**Resistencia a las precipitaciones:** en alta montaña es muy común que se dé el acontecimiento de precipitaciones en forma de lluvia, granizo o nieve. Por lo tanto, la capacidad de dicho dron para resistir cierta cantidad de precipitación durante un cierto periodo de tiempo es clave.

Como hemos visto anteriormente, los agentes climatológicos al estar tan relacionados entre sí van a crear un ambiente en el que el UAV ha de estar lo más preparado para todo tipo de situaciones.

**Robustez:** la resistencia al impacto es otro aspecto importante para considerar ya que la posibilidad de que el dron sufra un accidente es bastante factible dado el entorno. Por lo que este ha de estar preparado para poder aguantar dichos golpes y de una forma u otra poder retomar el vuelo de regreso.

**Ruido de vuelo:** no existen mediciones por decibelios de cada uno de los sistemas RPAS pero de su uso se han sacado conclusiones de cuan sigiloso es cada uno de los modelos. Esta característica es primordial en el aspecto táctico en operaciones encubiertas en las que la sorpresa y el no ser detectado por el enemigo sea una clave del éxito.

Hay características que no se han llegado a considerar ya que son comunes a todos los modelos expuestos, como son la transferencia de datos de forma segura desde el UAV al operador o la navegación autónoma ya sea por guiado de waypoints u otro sistema.



*Ilustración 3: Diagrama Radar características UAV*  
*Fuente: elaboración propia*

A continuación, se desarrollan las conclusiones extraídas sobre cada uno de los UAV tras analizar las especificaciones técnicas de cada uno de ellos:

**Blackhornet:** presenta ventajas considerables como la de ser ultraligero, ser capaz de soportar impactos sin problema y la más significativa, ser tan pequeño que el problema de la gestión del espacio aéreo desaparece. Pero la imposibilidad de volar con situaciones climatológicas adversas deja a este UAV totalmente descartado. Además, su corto alcance y forma de uso a nivel combatiente individual deja reducido su uso al combate en población y operaciones tácticas en espacios reducidos lo cual no se corresponde con las necesidades de la unidad.

**Raven RQ11:** se descarta como posible UAV a implementar debido a las lecciones extraídas del uso de la aeronave en el teatro de operaciones indicadas a continuación:

A nivel operativo:

- Necesidad de desplegar los medios de control terrestre en zonas elevadas, ya que en caso contrario se produce una pérdida de señal.
- En caso de perder visión directa sobre el aparato se produce un debilitamiento de la señal, lo que dificulta el control y limita la calidad de las imágenes.
- Necesidad de integrar en el planeamiento de las operaciones fuera de las bases, para, una vez estudiado el terreno, preestablecer los puntos de asentamiento de los elementos de control en tierra.



A nivel climatológico:

- El viento fuerte dificulta el empleo del UAV RAVEN, ya que obstaculiza el movimiento de la aeronave y sobre todo el aterrizaje. Es un hecho que las pérdidas de aparatos siempre van aparejadas a condiciones de viento cambiantes. En dicho caso se hace imposible controlar el movimiento del UAV ya que la componente del viento supera en fuerza a la propulsión del aparato.
- La lluvia o la nieve modifican las prestaciones del aparato, las alas se cargan de peso. Además, hay partes que no son estancas, como la aviónica o la conexión de batería.
- Por último, en ambiente frío se descargan las baterías del UAV RAVEN más rápidamente.

**Fulmar:** si bien a primera vista en el diagrama radar podría parecer la mejor opción, la principal característica que lo descarta por completo es su gran tamaño y peso ya que lo que se persigue es implementar un dron que pueda ser llevado en la mochila por un cazador de montaña. Por lo tanto, este dron sería muy útil para unidades que dispongan de medios motorizados, pero para este caso sería más un problema que un beneficio.

**Huginn X1:** este parece ser el dron más indicado para el uso a nivel compañía. Aparte de tener una buena puntuación en las características clave, posee ciertas funcionalidades que pueden ser muy beneficiosas para una unidad de montaña y que se desarrollan a continuación.

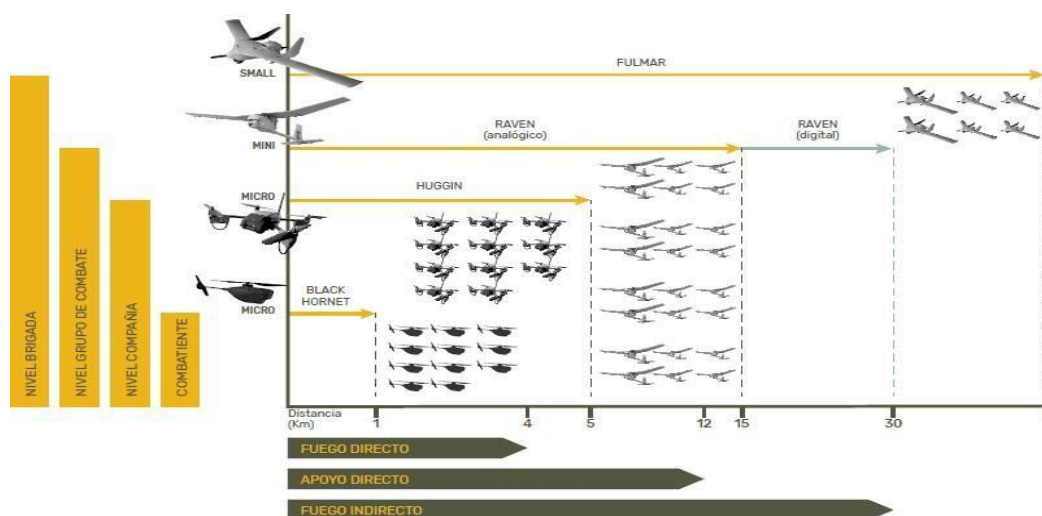


Ilustración 4: Clasificación UAV por encuadramiento y función táctica.

Fuente: Publicaciones Ejército de Tierra, Fuerza 2035 [15]

## 2.4 Análisis e implementación del Huginn X1

El Sistema Huginn X1 se clasifica (según la clasificación OTAN vista anteriormente) dentro de la categoría micro RPAS de la clase I, de ala rotatoria tipo multirrotores (cuadrirrotores), VTOL.

La empresa fabricante es la conocida fabricante de UAV, Sky-Watch, fundada en 2009 con sede en Støvring, Dinamarca, pero con negocios en todo el mundo, y certificada en calidad según ISO9001-2015 por Bureau Veritas. Sus tres plataformas UAV son el Heidrun, Huginn y Cumulus con sus respectivos modelos, el primero y último forman parte del grupo de drones de ala fija por lo que su análisis se ha descartado al igual que el Raven.

Este SUAV está siendo utilizado actualmente por unidades de infantería de marina



como la Fuerza de Guerra Naval (FGNE) o el Mando de Operaciones Especiales (MOE) en sus respectivos equipos de capacidades avanzadas y entre otros estados miembros de la OTAN. [16]

Como bien se define en la propia página web de la empresa y a modo de resumen esta aeronave “es verdaderamente de alto rendimiento diseñado para operaciones tácticas como misiones de vigilancia y reconocimiento donde se espera robustez, facilidad de uso, enlace de video confiable y de alta calidad, y despliegue liviano”. [17]

El sistema está concebido para ser operado por una sola persona. La capacidad de lanzamiento, en menos de 2 minutos, y recogida manual de la aeronave posibilita el uso en condiciones exigentes como terrenos irregulares y escarpados, por ello que sea ideal para las unidades de montaña.

Otra razón que profundiza en que este sistema se adapta en gran medida al uso que se le daría en una unidad con carácter de montaña es su diseño robusto, pudiendo este ser operado con garantías en condiciones exigentes de polvo, lluvia intensa, nieve y viento.

El enlace de datos está encriptado para una transmisión segura de forma que sea menos vulnerable frente a actos de interferencia ilícita (Jamming y Spoofing).<sup>2</sup>

Además, existen diversas funciones que dotan a este de un alto grado de autonomía como el despegue y aterrizaje automático o la navegación avanzada por waypoints explicadas a continuación.

#### **2.4.1 Características principales y funcionamiento.**

A continuación, se realiza un pequeño resumen de los componentes tanto hardware como software de la aeronave, así como una explicación simplificada de su funcionamiento y sus funcionalidades principales. Las especificaciones técnicas de este UAV se presentan de forma más extendida en el ANEXO E Huginn X1.

##### **2.4.1.1 Hardware y funcionamiento básico**

El Sistema Huginn X1 se ubica al completo dentro de una mochila militar diseñada a medida para su empleo táctico de características similares a la mochila de combate en dotación en el Ejército de Tierra. Dentro de dicha mochila se ubican tanto la aeronave plegada como todos los componentes del segmento terrestre explicados a continuación. Dicha mochila viene también provista con antenas desplegables para llevar a cabo de la mejor manera posible los enlaces de datos y video con la aeronave.

El segmento terrestre se compone de 4 partes principales:

**-La estación de control:** se encarga de establecer el enlace con la aeronave y el correspondiente intercambio de datos. Esta posee su propia batería.

**-El controlador manual:** es el mando desde el que se maneja la aeronave de forma manual en caso de no utilizar un monitor para programar el vuelo.

**-Estación de recarga:** aquella en la cual se cargan las baterías a utilizar por la aeronave en los distintos vuelos.

**-Cableado:** conformado por todos los conectores de los anteriores componentes que posibilitan el funcionamiento del sistema en su conjunto.

---

<sup>2</sup> Jamming y Spoofing son técnicas de guerra electrónica que consisten en interferir en la transmisión de información entre el dron y el piloto sobre su posicionamiento. La primera causa la pérdida de la ubicación y la segunda envía al piloto una ubicación falsa mediante una suplantación de identidad.



**-Interfaces o Sky-Watch Drone Manager:** ordenador, tablet y/o cualquier otro monitor en el que se pueda instalar el software de navegación autónomo del sistema.



*Ilustración 6: Mochila táctica porta UAV y el Sky-Watch Drone Manager.*

*Fuentes: página web skywatch.com [17]*

**-Medios de observación:** El UAV posee una cámara digital, un visor infrarrojo y la cámara térmica LWIR la cual es la más avanzada del mundo para su reducido peso y tamaño, esta cuenta con una amplia paleta de colores para un filtrado dependiendo del escenario de uso. [2]



*Ilustración 5: Imágenes tomadas con la cámara de visión nocturna y térmica del Huginn X1*

*Fuente: Micro-UAV VTOL en Oes, Enrique Martín Romero [18]*

De forma muy simplificada la puesta en funcionamiento del UAV consiste en los siguientes tres pasos:

1. Montaje y despliegue de la aeronave, cuyo tiempo dependerá de como de preparada portemos la aeronave: batería puesta, hélices rotores colocadas etc.
2. Conexión y encendido de los componentes activos del sistema, el GCS y la aeronave, así como los interfaces que vayamos a utilizar.
3. Despegue de la aeronave por medio de uno de sus modos de vuelo explicados a continuación.

#### **2.4.1.2 Software y funcionalidades principales.**

El software del sistema lo integra el sistema operativo correspondiente a la interfaz que estemos utilizando, en la mayoría de los casos el Sky-Watch Drone Manager ya que es el propio del SUAV. Su modulo principal es el sistema de navegación autónomo el cual posibilita hacer uso de las siguientes funcionalidades:



- **Navegación autónoma por waypoints:** el dron se desplaza por sí mismo por los puntos marcados en el plano del monitor. De esta manera se pueden programar el tiempo de espera en cada punto, las alturas e itinerario de vuelo entre los waypoints e incluso programar rutas cerradas que pueden repetirse indefinidamente.
- **Designación de puntos de interés:** tanto desde el mapa como desde la imagen de vídeo en tiempo real que se muestran automáticamente al operador en la tablet. Al finalizar el vuelo se genera automáticamente un informe con los puntos de interés seleccionados en el vuelo y todos los detalles correspondientes (fecha, hora, coordenadas estimadas del punto de interés e imágenes tomadas).
- **Observación sobre un punto fijo:** lo que permite apuntar automáticamente la cámara a un punto fijo seleccionado por el operador mientras el RPAS se desplaza en cualquier dirección.
- **Seguimiento automático de la estación de tierra:** posibilita controlar el entorno en el que se mueve la unidad con el RPAS siguiéndola desde el aire.
- **Topografía flexible basada en fuentes de mapas ESRI:** es posible la utilización de mapas personalizados tanto en su modo en línea como fuera de línea. La importación de capas y puntos de interés KML / KMZ (tipo de archivos) con múltiples formatos de coordenadas GPS como LAT / LON, MGRS, UTM es también una funcionalidad importante a tener en cuenta.

#### 2.4.2 Posibilidades tácticas y modos de vuelo.

A la hora de saber qué posibilidades en ambiente de combate nos ofrece este dron y ante la imposibilidad de adquirir una unidad del Huginn X1, se han llevado a cabo una serie de vuelos experimentales con un dron civil lo más similar posible, el modelo Mavic Pro 1 de la marca DJI, ya mencionado anteriormente.



*Ilustración 7: Mavic Pro (izqda.) y Huginn X1 (dcha)  
Fuente: páginas web sky-watch.com y DJI.com [19]*

Estos dos drones a nivel de funcionamiento son muy parecidos, pero la razón de no haber valorado la posibilidad de adquirir el Mavic Pro para la unidad es básicamente que su diseño está enfocado a un uso civil por lo que no posee ni la robustez ni la posibilidad de realizar vuelos en ambientes hostiles. Este carece de especificaciones técnicas como la encriptación de los datos a transferir de forma segura o la adaptación del software al ámbito militar. Sin embargo, la diferencia más clara con el Mavic es la navegación autónoma y la amplia gama de modos de vuelo que posee el X1.



*Ilustración 8: imágenes tomadas desde Huginn (izquierda) y el Mavic (derecha).  
Fuente: YouTube Anthea Technologies [20] y elaboración propia.*



Para cada uno de los vuelos se llevó a cabo una Ficha de Uso de un Vehículo Aéreo No Tripulado (FUVANT) ANEXO G, no instaurada en el resto de las unidades, y de creación propia con la que se busca tener un archivo donde se recojan los datos más importantes sobre cada uno de los vuelos para ser analizados posteriormente.

A raíz de las distintas características funcionales del UAV y de los vuelos experimentales se extraen una serie de conclusiones en cuanto a su uso en un ambiente táctico.

El **despegue y aterrizaje automático** proporciona a la unidad la posibilidad de continuar realizando su cometido táctico ya sea de combate o de vida y movimiento en montaña, sin tener que preocuparse del despegue del UAV y sin dejar de prestar atención a la acción que se esté realizando en dicho momento. Así pues, se elimina la vulnerabilidad de perder a uno o varios de sus efectivos para realizar el despegue de la aeronave.

**La designación de puntos de interés** tanto desde el mapa como desde la imagen de vídeo en tiempo real que se muestran automáticamente al operador en la tablet, permite realizar un grabado de puntos de alto valor y de todos los detalles correspondientes (fecha, hora, coordenadas estimadas del punto de interés e imagen) para posteriormente ser estos utilizados para su transferencia a unidades de apoyos de fuego o directamente como inteligencia para una posterior acción directa sobre el enemigo.

La capacidad de ser **VTOL** (Vertical Take-Off and Landing) de primeras puede no parecer una gran ventaja, pero en zonas de vegetación densa o terreno muy abrupto, la posibilidad de despegar la aeronave desde las propias manos de un cazador supone una facilidad enorme para no tener que buscar un área de despegue ni de aterrizaje, lo que puede llegar a ser muy complicado en terrenos montañosos.

Otra gran ventaja de esta aeronave es su **simpleza** a la hora de pilotarlo. Pese a que debe existir una persona instruida en su uso y mantenimiento, el hecho de que su manejo sea tan sencillo, hace posible que si en cierto momento del combate el responsable del dron cae abatido o inhibido, cualquier otro combatiente puede hacerse al mando de la aeronave sin problema.

En cuanto a los **procedimientos de recuperación** de la aeronave, una gran preocupación del uso de UAV en terrenos montañosos es la pérdida de señal y por consiguiente la pérdida de control sobre el dron. En este caso este dron está configurado de manera que, si en cierto momento pierde el enlace durante más de 20 segundos este se detendrá, se elevará 10m y regresará de inmediato a donde despegó para así entrar de nuevo en la zona de alcance de la señal del GCS o en su defecto aterrizará en el lugar exacto desde donde se lanzó.

A raíz de los distintos modos de vuelo (MV) del UAV se pueden sacar una serie de conclusiones para su uso táctico.

**-Modo de Vuelo Manual (MVM):** es aquel que se realiza con el mando de control y únicamente a través de los medios ópticos del dron. Esto nos posibilita realizar una infiltración de la aeronave lo más precisa posible en un área enemiga sin que este se percate de la existencia del UAV. En este modo la cámara térmica y la visión nocturna son claves para obtener una información de gran calidad sobre el enemigo, pudiendo distinguir su tamaño, unidad, tiempo, equipo, localización y actitud.

**-Modo de Vuelo Autónomo (MVA):** es aquel en el que se le marca a través de la interfaz a donde o por donde ha de volar la aeronave. Este modo de vuelo se puede llevar a cabo de distintas maneras.

**MVA por Navegación autónoma por waypoints:** permite al operador de la aeronave realizar vuelos planificados mucho más rápidos y eficientes ya que la única ruta que sigue la aeronave es de punto en punto y a una determinada cota evitando los posibles obstáculos que se encuentren en su camino. En cuanto a las posibilidades



tácticas que nos ofrece dicho modo de vuelo son infinitas, pero son reseñables las siguientes:

El patrullaje o vigilancia constante de un perímetro marcado o la observación de un itinerario asignado el cual ha de monitorizarse.

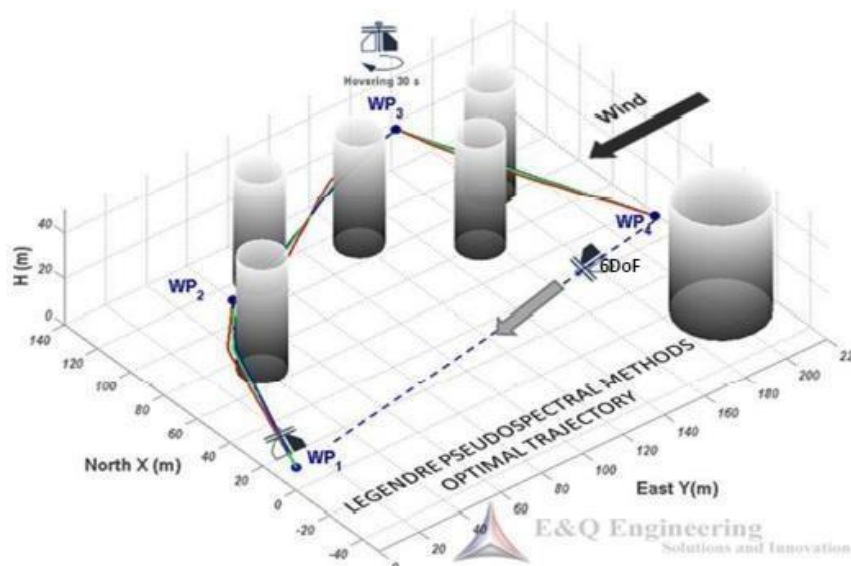
El reconocimiento puntual o alternativo de una serie de puntos, zonas o itinerarios, aunque limitados por el alcance y la autonomía del UAV.

**MVA por procedimiento de recuperación:** ya explicado anteriormente este MV puede ser también un problema ya que en su regreso para recuperar el enlace puede exponerse al enemigo o incluso guiar a este hacia las fuerzas propias.

**MVA por zona limitada:** en este modo se limita al dron a no poder volar fuera de una zona determinada, realizando estos vuelos aleatorios por dicha zona, pero siempre sin salirse de ella.

**MVA por orientación o rumbo:** se realizaría mediante la navegación autónoma de un único waypoint marcado en una dirección con respecto a nuestra posición, de manera que la aeronave barrería una dirección indefinidamente hasta que se le indique lo contrario. Con este modo de vuelo se pueden llegar a descartar líneas probables de acción del enemigo.

**MVA punto a punto o “drag and drop”:** este modo consiste básicamente en ir marcando progresivamente el punto al que queremos que se desplace la aeronave. Es el MVA mas parecido al modo manual y posibilita decidir que ruta ha de escoger el dron en función de lo que se va observando.



© 2014 E&Q Engineering. All Rights Reserved

Ilustración 9: Guiado y control por Waypoints del UAV  
Fuente: Micro-UAV VTOL en Oes, Enrique Martín Romero [18]

Es necesario apuntar que dichos modos de vuelo son una interpretación de los distintos usos que se le pueden dar a la aeronave y que no se presentan como tal en las especificaciones del sistema de la empresa ya que esta no le otorga el carácter táctico que se le aplica en el proyecto.

Para poder ver mejor representada la utilidad táctica que puede aportar el UAV a la unidad, a continuación se expone un supuesto en donde el UAV se hace verdaderamente necesario para el cumplimiento de la misión. Dichas situaciones tácticas han tenido lugar en los distintos ejercicios que se han realizado en las últimas maniobras ACOME (Adiestramiento de Combate en Montaña Estival) en noviembre de 2021. Este se desarrolla de manera más amplia en el ANEXO B.



A modo de resumen, en el supuesto táctico se plantea una situación en la cual para poder reconocer una zona fue necesario el despliegue del UAV dada la posición relativa que tenían que mantener las unidades y dada la complejidad del terreno. En él se puede observar cómo un UAV amplía enormemente las capacidades de adquisición de objetivos de la unidad ya que hasta ahora solo se podía realizar mediante medios de observación directos. De él se pueden sacar ciertas lecciones aprendidas tanto positivas como negativas entre las que destacan:

El gran nivel de instrucción que ha de tener ya no solo el operador, o la unidad que porta el dron sino el mando responsable de dar un buen uso a este medio tecnológico.

La seguridad que aporta el uso de un medio no humano para establecer contacto con el enemigo, ya que en cualquier momento de la operación, si el UAV hubiera sido descubierto, como mucho se perdería una aeronave y no vidas humanas.

Al igual que se ha presentado este supuesto, se podrían haber expuesto otras situaciones durante las maniobras en las que se utilizó el UAV, pero son mucho menos ilustrativas que la anterior.

Así pues, podemos concluir que las labores a desarrollar por la aeronave en este caso fueron principalmente de vigilancia, reconocimiento y contra reconocimiento.

### **2.4.3 Encuadramiento**

La unidad del regimiento dotada de personal con mayor instrucción y años de servicio es la compañía de esquiadores-escaladores la cual depende directamente del coronel. De hecho, a la hora de recibir la aeronave, esta unidad sería la primera en disponer de este medio. Pero lo que a lo largo del proyecto se está desarrollando, es la implementación de un UAV de forma genérica en las unidades de montaña, por lo que el encuadramiento como tal de esta unidad UAV, la cual la conforma una única persona instruida en el uso del dron, sería en las compañías de fusiles del batallón Pirineos.

A la hora de designar de qué mando directo depende este medio surgen una serie de condicionantes a considerar, por lo que para poder decidir su ubicación en la estructura orgánica se han tenido en cuenta los siguientes puntos:

La amplitud de despliegue de la PU: para una sección/pelotón este dron se queda bastante grande ya que su alcance ya entraría dentro de la zona de acción de una compañía. Y demasiado pequeño a nivel batallón para el cual sería mejor un UAV de ala fija con mayor alcance.

La información provista por el UAV ha de ser posible de analizar de manera específica para poder hacer un uso correcto de la misma. En este caso la compañía de cazadores posee suficientes cuadros de mando además de una plana propia con la que poder trabajar esta información antes de ser explotada.

El 1er escalón de mantenimiento lo compone la unidad usuaria y esta ha de estar preparada para realizar el mantenimiento básico de la aeronave.

El mando del que depende ha de tener una cierta experiencia. Un teniente recién llegado a la unidad puede no tener una visión suficientemente amplia sobre el campo de batalla como para darle un uso a este medio de forma adecuada. En cambio, un capitán, el cual tiene como mínimo 5 años de servicio, ya posee una serie de conocimientos sobre el funcionamiento de las unidades como para ser capaz de decidir en qué momento y con qué misiones específicas este ha de usarse.

La zona de acción de las unidades de montaña tiende a ser más grande que la de las unidades convencionales ya que el terreno es el que en la mayoría de las ocasiones marca el despliegue de la unidad siendo su forma de trabajar bastante independiente, por lo que integrar



un UAV a nivel grupo táctico (batallón) sería demasiado ambicioso ya que este no sería capaz de proveer de la suficiente información a cada una de las compañías de fusiles.

De esta forma al igual que ocurre con el equipo de tiradores, se ha concluido que el tamaño de PU idóneo para la explotación de sus capacidades es la compañía o subgrupo táctico (SGT) bajo mando directo de un jefe de Compañía, que con carácter general será un Capitán.

En el ANEXO F se incluye un organigrama donde se puede observar la estructura de las unidades de montaña desde nivel batallón hasta nivel escuadra y los medios que se poseen, así como el lugar donde sería posible que se encuadrara el UAV (de izquierda derecha, pelotón de observación, sección de reconocimiento y por último y el estudiado en el proyecto, las compañías de cazadores de montaña).

#### **2.4.4 Desventajas.**

El UAV seleccionado se adapta en gran medida al buscado, pero si es cierto que existen una serie de aspectos desfavorables tanto en su diseño como en su origen que también hay que tener en cuenta.

En primer lugar, la empresa fabricante no es española, lo cual lejos de la repercusión social que pueda tener que el ejército tenga que recurrir a empresas extranjeras para la adquisición de este tipo de medios, este hecho supone una problemática generalizada a la hora de la negociación con la empresa por su lejanía y distinta forma de trabajar.

En segundo lugar, no es el mejor UAV del mercado ni con las mejores prestaciones ya que la industria de los UAV avanza a un gran ritmo y poseer la última actualización en software y hardware solo está al alcance de países cuya inversión en defensa es mucho mayor a la española.

En tercer lugar, dicho UAV no tiene la capacidad de realizar acciones ofensivas por sí solo, es simplemente un medio de observación pasivo más de la unidad. Esta desventaja es muy relevante ya que como se ha visto en los últimos conflictos, los CUAV marcan la diferencia en el teatro de operaciones.

En cuarto lugar, la aeronave del sistema Huginn no posee ningún sistema de defensa contra los medios contra-RPAS por lo que, si el enemigo poseyera alguno de estos, el uso de este sería inútil.

En quinto lugar, aunque con menor importancia, la densidad del aire afecta a la estabilización de la aeronave de forma directa, al ser esta de ala rotatoria. Al igual que a los helicópteros, a mayor altitud, menor densidad del aire y peor estabilización. Así pues, el uso de esta aeronave en cotas superiores a los 3000 metros se ve muy limitado.

Por último, después de haber llevado a cabo un estudio profundo sobre el uso de esta aeronave por parte de otros ejércitos, se ha realizado un Análisis Modal de Fallos y Errores (AMFE) incluido en la memoria como ANEXO C. Con este se pretende presentar una anticipación a las situaciones perjudiciales más probables para así poder atacarlas con acciones preventivas y no correctivas.



## 2.5 Análisis de riesgos.

La implementación del UAV en la unidad conlleva una serie de riesgos con consecuencias más o menos graves. En el ANEXO D se pueden observar aquellos que se han tenido en cuenta en este caso.

Para la composición de la matriz de análisis de riesgos se han seguido los siguientes pasos:

1. Recabar y clasificar las posibles situaciones problemáticas a partir de la información extraída de las entrevistas con expertos en las que se les ha preguntado cuáles serían los peligros de su implementación.
2. Análisis y descripción de las posibles causas del riesgo basadas en experiencias anteriores de personal de la unidad con otros materiales.
3. Asociación de una probabilidad y un impacto basada en las opiniones de expertos y en función de los posibles efectos del riesgo respectivamente.
4. Propuestas sobre qué medidas tomar (elaboración propia).
5. Por último, reasignar una probabilidad, dado que el impacto sigue siendo el mismo.

De esta manera se concluye con el recuento de los posibles riesgos

Matriz riesgos proyecto				Estadística		
Probabilidad	3	1	2	1	Clase riesgo	Número
	2	1	2	1	Crítico	1
	1	0	1	1	Alto - medio	3
		Low	Medium	High	Medio	6
		Impacto			Bajo	0
					Total:	10

De todos estos riesgos a continuación se procede a desarrollar los más importantes, que en este caso son cuatro:

- **Las características del dron no se adaptan a las necesidades de la unidad** : es común que a la hora de adquirir un material tan tecnológicamente avanzado para la unidad, desde que se propone hasta que este se adquiere pase un determinado lapso de tiempo en el cual las necesidades de la unidad pueden haber variado y más aún en las unidades de montaña en las que por su carácter y especificación técnica en climas muy hostiles en cuanto a la climatología y su gran adaptabilidad, esta unidad suele ser requerida para su despliegue ante un nuevo contingente.  
El efecto de este suceso resultaría en una inversión en vacío, si bien es cierto que la forma de poder sacarle rendimiento sería buscarle nuevas aplicaciones no consideradas en su inicio.



Este hecho ocurre en el ejército ya que la mayoría de los materiales que posee tienden a quedarse obsoletos y la única manera de sacarles partido es reinventarse para darles uso.

Algunas de las nuevas utilidades podrían ser, la vigilancia del perímetro del cuartel o la observación de las actividades de instrucción y adiestramiento desde otra perspectiva, como se desarrolla en las conclusiones.

- **Imposibilidad de instruir al personal encargado de pilotar el dron:** este puede llegar a ser un gran problema, ya que poseer el material, pero no poder darle uso por falta de personal capacitado para ello, deja a este totalmente inoperativo. Es igual de importante tener el UAV como a su piloto. Una de las posibilidades que se plantea es la formación de este personal a través del sector civil o incluso en el extranjero, pero la realidad es que esta medida conlleva un trámite administrativo tan grande que realmente no merece la pena, por lo que reincidiendo en lo anterior el UAV es tan necesario como su piloto.
- **Falta de repuestos y piezas para la reposición en las aeronaves:** el hecho de que a una aeronave le falte una hélice para uno de sus motores deja totalmente inoperativo el dron. Por lo tanto, aunque parezca un problema secundario es vital tener la capacidad de arreglar dicho UAV de la manera más rápida posible. La causa habitual con otros materiales en dotación suele ser el fallo en el aprovisionamiento de la empresa proveedora. Las soluciones que se proponen son varias y van desde la propia producción de piezas mediante una impresora 3D, lo que supondría un gasto extra, hasta la canibalización<sup>2</sup> con piezas de drones civiles solicitados a otras empresas.
- **Sobrecostos en la implementación:** este es claramente el riesgo de mayor valor dado que puede ser el que determine si se llega a materializarse la implementación o no. Este es un riesgo que puede venir originado por muchas razones, pero las principales suelen ser las incidencias que no se tienen controladas y que desajustan por completo el desarrollo del proyecto. Una de las medidas propuestas contempla el llevar a cabo un control más estricto de cada una de las fases de la implementación.

El resto de los riesgos pese a estar presentes no tienen la importancia que albergan los desarrollados, ya sea por la baja probabilidad de aparición o por su facilidad a la hora de solventarlos.

---

<sup>2</sup> canibalización: utilizar pieza o partes de una máquina para utilizarlas en otra para conseguir su funcionamiento.



## 3 Conclusiones y propuestas futuras

Inicialmente con este proyecto se pretendía implementar un UAV que se adaptara a las necesidades específicas de las unidades de montaña analizando de forma experimental que desventajas e inconvenientes poseen los UAV de dotación de la unidad para así buscar un dron en el mercado que se adapte de una mejor manera a estas necesidades.

Sin embargo, el desarrollo de este proyecto ha estado limitado en gran medida por los medios presentes en la unidad. Dado que la existencia de drones en la unidad se limitaba a los medios particulares que han podido aportar los distintos implicados, la realización de vuelos experimentales con un UAV de dotación ha sido imposible y la parte experimental ha quedado reducida al uso de elementos civiles.

Así pues, a raíz de no poder materializar el análisis de las necesidades de la unidad al completo de forma experimental, se decidió llevar a cabo una investigación profunda de las mismas a través de la realización de encuestas y entrevistas a expertos en el tema y del análisis de los distintos informes sobre lecciones aprendidas emitidos después varias misiones en el teatro de operaciones.

### 3.1 Conclusiones

La conclusión principal de dicho proyecto es que existe un dron en el mercado que se adapta en gran medida a las necesidades de la unidad, el Huginn X1 y mediante el cual se podría mejorar enormemente las capacidades operativas de la unidad encuadrándolo en las compañías de cazadores de montaña.

De forma secundaria, de la realización del proyecto se pueden extraer una serie de conclusiones:

- Pese a que las unidades de montaña poseen unidades de reconocimiento en sus orgánicas, el desarrollo del combate puede requerir que en un momento dado las compañías de cazadores requieran de medios complementarios para ampliar su zona de acción, en este caso con los UAV. Y en particular el Huginn X1, es el que mejor cumple este objetivo.
- La implementación de UAV en unidades de montaña a primera vista puede ser una forma de ampliar las capacidades de dicha unidad, pero dicha implementación conlleva una serie de riesgos adjuntos a tener en cuenta antes de llevarla a cabo, como pueden ser las necesidades logísticas de material y de personal. Ante la existencia de estos riesgos se plantean en el proyecto una serie de posibilidades para mitigarlos e incluso solventarlos, pero la realidad es que hasta que no se produzca la implementación, hay problemas que no se pueden prever o estimar adecuadamente.
- El Galicia 64 se encuentra en una buena posición a nivel de experiencia y de conocimientos logísticos, pero al no haber poseído nunca ningún RPAS encuadrado en su plantilla en territorio nacional, existen una serie de lagunas de información que haría falta eliminar antes de la implementación. Para poder resolver dicho problema una opción posible sería la creación de un plan de adiestramiento del medio de uso interno en la unidad.



### 3.2 Propuestas futuras

A la vista de lo analizado y concluido en este TFG se plantean varias líneas futuras del trabajo a desarrollar a corto, medio y largo plazo:

A corto plazo el objetivo más claro a plantear después de la realización del proyecto es la continuación de dicha línea de investigación ya que dicho sector es tan amplio que por mucho que se definan una serie de conclusiones, el avance tecnológico supera en gran medida al investigativo. Así pues, las necesidades operativas son tan cambiantes que su estudio no debería cesar en ningún momento.

Actualmente hemos podido ver como estas necesidades han cambiado dada la aparición de un conflicto directo en un país que es limítrofe con componentes de la OTAN; Ucrania contra un país que sigue empeñándose en combatir en el terreno, Rusia. En este conflicto el uso de drones al igual que ocurrión el conflicto de Nagorno Karabaj, están marcando el desarrollo de la guerra.

A medio plazo se propone la autorización e implementación de uso de aeronaves particulares para la realización de ciertas actividades de instrucción y adiestramiento, ya no solo como un medio de reconocimiento en ambiente táctico sino como una herramienta más para poder observar desde otra perspectiva las distintas maniobras que realice la unidad para su posterior análisis y mejora.

A muy largo plazo y una vez implementado el UAV se podría plantear la modificación del dron ya presente en la unidad por parte de los propios usuarios a raíz de las distintas experiencias que estos hayan ido experimentando. Pero para poder materializar esto en su plenitud, en primer lugar, sería necesario como he dicho, implementar un dron y en segundo lugar hacer llegar a los usuarios esa constante necesidad de buscar de qué manera mejorar lo ya instaurado, en vez de adaptarse a lo que viene dado.

Así pues, la conclusión extraída del proyecto mas significativa es: la complejidad, pero a la vez importancia que tiene la implementación de medios tecnológicamente avanzados que convierten tanto el combate convencional como el híbrido en un área de estudio muy sofisticada y con gran proyección.



## 4 Referencias Bibliográficas

- [1] Ministerio de Defensa. *Regimiento de Infantería 'Galicia' 64 de Cazadores de Montaña*. Disponible en: [https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Huesca/rczm\\_galicia64/](https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Huesca/rczm_galicia64/) (Consultado el: 12/10/2021)
- [2] Ministerio de Defensa. *Monografías del SOPT Proyecto RAPAZ y tecnologías anti-RPAS*. Disponible en: [https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/m/o/monografia\\_sopt\\_15.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/m/o/monografia_sopt_15.pdf) (Consultado el: 03/10/2021)
- [3] Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. Dirección de Seguridad de Aeronaves División de UAS. *NOTA INFORMATIVA SOBRE LA NUEVA NORMATIVA EUROPEA DE UAS* Disponible en: [https://www.seguridadaaerea.gob.es/sites/default/files/nota\\_informativa\\_normativa\\_europea\\_uas.pdf](https://www.seguridadaaerea.gob.es/sites/default/files/nota_informativa_normativa_europea_uas.pdf) (Consultado el: 25/10/2021)
- [4] Comisión Europea. *Reglamento de Ejecución (UE) 2019/94*. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN> (Consultado el: 25/10/2021)
- [5] Comisión Europea. *Reglamento de Ejecución (UE) 2020/639*. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0639&from=EN> (Consultado el: 25/10/2021)
- [6] Comisión Europea. *Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746*. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0746&from=EN> (Consultado el: 25/10/2021)
- [7] Comisión Europea. *Reglamento delegado (UE) 2019/945*. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0945&from=EN> (Consultado el: 25/10/2021)
- [8] Comisión Europea. *Reglamento delegado (UE) 2020/1058*. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R1058&from=ES> (Consultado el: 25/10/2021)
- [9] Ministerio de Defensa. Real Decreto 1036/2017. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/12/29/pdfs/BOE-A-2017-15721.pdf> (Consultado el: 25/10/2021)
- [10] Ministerio de Defensa. Real Decreto 866/2015. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/24/pdfs/BOE-A-2015-11426.pdf> (Consultado el: 25/10/2021)
- [11] Maria Jesus Guerrero Lebron, 2018 *Regulación civil y militar de las aeronaves civiles pilotadas por control remoto*. Editorial: MARCIAL PONS Colección: Monografías Jurídicas
- [12] Hispadrones, 2019. *Partes de un sistema aéreo no tripulado (UAS)*. Disponible en: <https://www.hispadrones.com/principiantes/aprendizaje-consejos/partes-sistema-aereo-no-tripulado-uas/> (Consultado el: 15/10/2021)
- [13] Tania M. Tomas, 2018. *El MOE del Ejército de Tierra opera los UAV Huginn X1 y Blackhornet. INFODRON*. Disponible en: <https://www.infodron.es/id/2018/01/18/noticia-ejercito-tierra-opera-huggin-blackhornet.html> (Consultado el: 13/10/2021)
- [14] Francisco Manuel Navarro Serrano, 2021. *Análisis del comportamiento altitudinal de la temperatura del aire superficial en áreas de montaña*. Universidad de Zaragoza, Escuela de Doctorado Programa de Doctorado en Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Disponible en: <http://zaquan.unizar.es/> (Consultado el: 18/10/2021)



[15] Ejército de Tierra. *Fuerza 2035*. Disponible en: [https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/Descarga\\_pdf/EjercitoTierra/Publicaciones/fuerza\\_35.pdf](https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/Descarga_pdf/EjercitoTierra/Publicaciones/fuerza_35.pdf) (Consultado el: 16/10/2021)

[16] Esteban Villarejo, 2016. *Infantería de Marina prueba su primer dron: el danés Huginn X-1*. Por tierra mar y aire, Industria de defensa ABC. Disponible en: <https://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/industria-de-defensa/huginn-infanteria-marina-dron.html> (Consultado el: 25/10/2021)

[17] Sky-watch. *Huginn X1.V3*. Disponible en: <https://sky-watch.com/products-services/uav-platforms/huginn-x1v3/> (Consultado el: 19/10/2021)

[18] Martín Romero, E., 2014. *Micro-UAV VTOL en OEs* Jornada sobre Prospectiva Tecnológica en Operaciones Especiales DGAM SDG PLATIN.

[19] DJI. Disponible en: <https://www.dji.com/es/mavic> (Consultado el: 21/11/2021)

[20] Anthea Technologies. Disponible en: <https://www.youtube.com/channel/UC6jbHFZuJCfOKTn-6dYS3Xw> (Consultado el: 22/11/2021)

#### OTRAS FUENTES CONSULTADAS

Jose Luis Expósito, abril 2018. Revista Española de Defensa, *Volar con los pies en el suelo*, pp. 44-49. Disponible en: <https://www.defensa.gob.es/Galerias/gabinete/red/2018/red-349-drones.pdf> (Consultado el: 25/10/2021)

MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA, 2-4-2019. PD4-103 *COMPAÑÍA DE CAZADORES DE MONTAÑA*

MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA, 2-4-2019. PD4-013 *EMPLEO TACTICO UNIDADES UAV*

Jaime Montero (Mar 18, 2016) *Qué diferencias hay entre RPA, UAV, RPAS, UAS y dron*. Disponible en: <https://www.todrone.com/diferencias-hay-entre-rpa-uav-rpas-uas-dron/> (Consultado el: 25/10/2021)

MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA, 2-4-2019. PD4-013 *EMPLEO TACTICO UNIDADES UAV*

David R. Burchfield, Steven L. Petersen, Stanley G. Kitchen, and Ryan R. Jensen. 2020. UAS-Based Remote Sensing in Mountainous Areas: Benefits, Challenges, and Best Practices. *Papers In Applied Geography* (VOL. 6, NO. 1), 72–83s

John David Blom. 2010. Unmanned Aerial Systems: A historical perspective. Combat Studies Institute Press. Occasional Paper 37.



## 5. ANEXOS

### ANEXO A: PROPUESTA DE DRON

#### PROPUESTA DE DRON DE RECONOCIMIENTO

**De:**

Alberto Chamorro Okoniewska

DNI 73140763-G

Teléfono 644 26 55 58

e-mail [albertochamorro@tutamail.com](mailto:albertochamorro@tutamail.com)

**Para:**

Regimiento de Infantería Galicia 64 de Cazadores de Montaña

**Presentación:**

Dron: Ala fija, resistente a golpes, desmontable en 5 partes sin necesidad de herramientas. En la parte frontal dispone de una cámara con capacidad de rotar 90 grados, para ser orientada al frente o hacia abajo. Resistente a la humedad.

Emisora con estuche incluido. Pantalla de 6 o 7 pulgadas (tamaño de un móvil), en la que se visualiza en tiempo real la imagen captada por la cámara, así como los datos de telemetría: carga de la batería, posición GPS, altitud, velocidad e intensidad de la señal, entre otros.



**Características:**

Envergadura:	1 metro	
Longitud:	45 cm	
Peso:	1 Kg (batería incluida)	
Autonomía:	90 minutos	
Techo de vuelo:	4000 metros	
Alcance:	Opción 1: 12 Km	Opción 2: 20 Km

**Operación:**

Lanzamiento manual. Aterrizaje en 50 m de explanada o red. Enlace de control en línea directa. Retorno automático al punto de lanzamiento en caso de pérdida de señal.

**Desglose:**

x1	Dron
x1	Electrónica + cámara + módulo GPS
x2	Baterías (90 min de autonomía cada una)
x1	Cargador
x1	Emisora con funda
x1	Construcción, configuración y entrega

**Precio:**

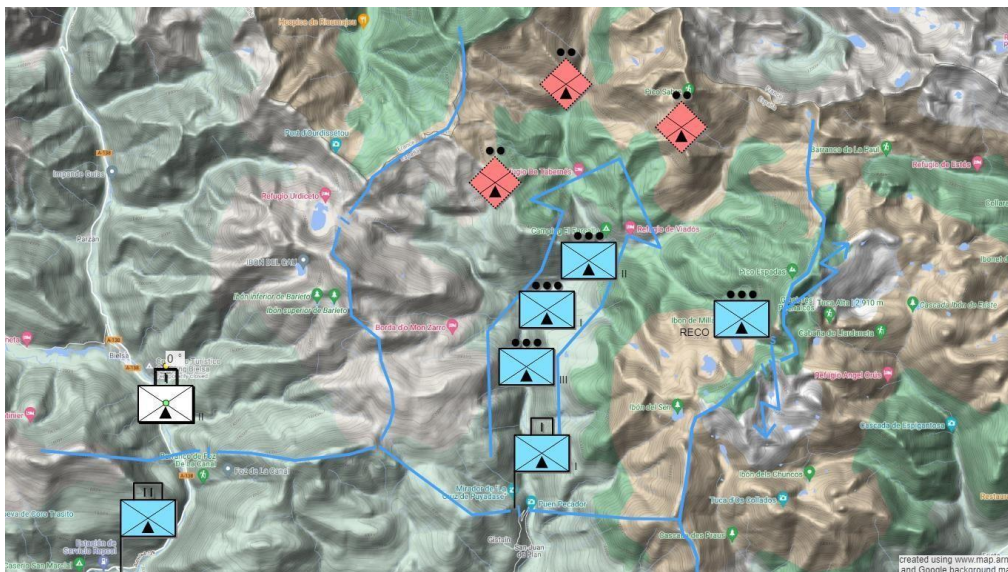
	Opción 1: 12 Km de alcance	Opción 2: 20 Km de alcance
<b>Base</b>	<b>2.300 €</b>	<b>3.150 €</b>
<b>IVA 21 %</b>	<b>483 €</b>	<b>662 €</b>
<b>Total</b>	<b>2.783 €</b>	<b>3812 €</b>



## ANEXO B: SUPUESTO TÁCTICO

### DESCRIPCIÓN GENERAL SITUACIÓN:

La primera compañía (subgrupo táctico, SGT) encuadrada en el Batallón de Cazadores de Montaña Pirineos (grupo táctico, GT) despliega a lo largo del valle de Plan recibiendo cobertura por la sección de reconocimiento en el límite este de la zona de acción del grupo táctico. En su despliegue el SGT destaca a sus tres secciones en línea avanzando en búsqueda del contacto con el enemigo, el cual por fuentes de información de inteligencia puede estar localizado en una de las tres posiciones que se muestran en el croquis A siendo la más al noreste la más probable.



CROQUIS A

### DESCRIPCIÓN SITUACIÓN ESPECÍFICA:

En el primer punto con posible enemigo, el más al suroeste, al estar localizado en un collado para poder realizar un reconocimiento de este, es necesario o ascender de forma física o conseguir una posición dominante desde la cual tener una visual lo suficientemente buena como para poder identificar al enemigo y su entidad, (posiblemente de nivel pelotón y dotado de armamento ligero). Pero una operación en la cual está presente la posibilidad de existencia enemiga en varios lugares tan distantes entre sí, su reconocimiento de combate supondría un desgaste de la unidad, el cual podría evitarse en el caso de poder reconocer la zona sin tener que realizar sucesivos saltos a distintas cotas.

### DESCRIPCIÓN USO UAV:

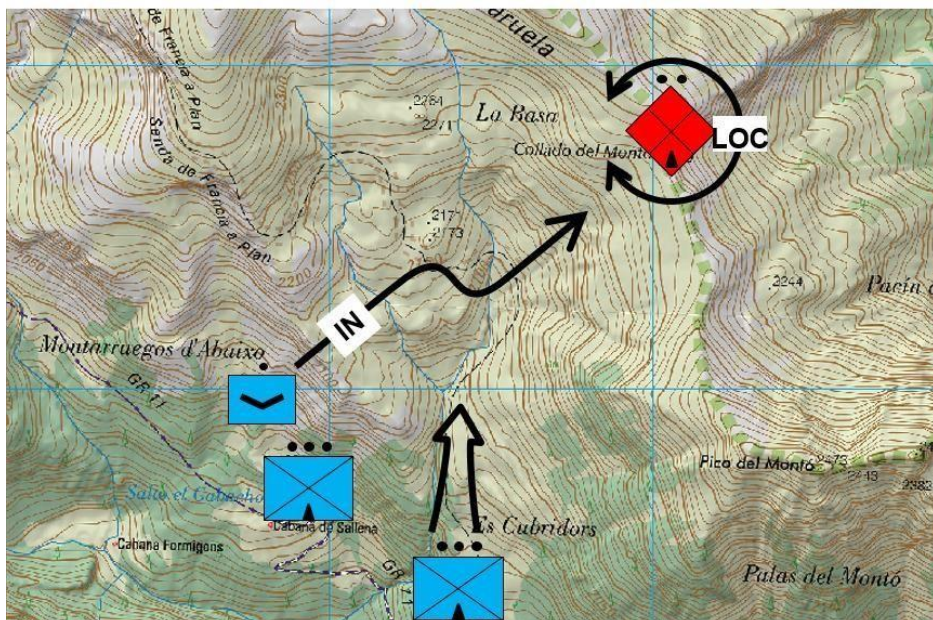
Dado que no es la ubicación más probable del enemigo y puede darse el caso de que únicamente el enemigo tenga desplegado un puesto de observación en el collado, se toma la decisión de utilizar el UAV por parte del capitán, que cede la unidad UAV a la primera sección para que esta haga uso de él aproximándose a la posición para poder desplegar el dron.

De esta manera la primera sección despliega hasta la cabaña de Sallena para así poder adquirir altura suficiente como para poder tener visual sobre la vaguada y sobre parte del recorrido que realizara el dron hasta el collado, evitando posibles errores en la comunicación con la aeronave.



Por otro lado, la 2ª sección progresa en su avance por la vaguada para que en el caso de existir enemigo potencialmente peligroso para el avance propio p o der realizar un asalto inminente al collado.

Como se puede ver en el croquis B el UAV posibilita desde más de 1,5 kms realizar un reconocimiento del collado y de la ladera norte, imposible de visualizar desde la ubicación de las unidades propias.



CROQUIS B

### DESARROLLO DE LA ACCIÓN:

La unidad UAV detecta una unidad enemiga de 2 pax en la cara norte del collado como un simple puesto de observación en una casa. Una vez realizado el reconocimiento y vista la entidad enemiga el capitán jefe del subgrupo táctico decide continuar el avance y más tarde eliminar la presencia enemiga con su equipo de tiradores desde el otro valle.



### CONCLUSIONES EXTRAIDAS DEL USO DEL UAV:

**POSITIVAS:** el uso del UAV posibilitó el reconocimiento del collado sin necesidad de adquirir un contacto visual directo con el área sensible, ampliando el rango de adquisición de información sobre el enemigo sin necesidad de exponer a las fuerzas propias.

**NEGATIVAS:** la instrucción del personal de la unidad para desplegar y pilotar el UAV supuso una pérdida de tiempo considerable ya que una vez se perdió visual sobre la aeronave su pilotaje se hizo bastante complejo.

La posibilidad de hacer frente al enemigo es inexistente ya que el UAV no dispone de ningún medio ofensivo (posible línea futura).



## ANEXO C: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y ERRORES

AMFE - Análisis Modal de Fallos y Efectos																		
Proceso: IMPLEMENTACION UAVS EN UNIDADES DE MONTAÑA DEL ET		USO DEL UAV HUGINN X1		Tipo de AMFE		<input checked="" type="checkbox"/> Sistema <input type="checkbox"/> Diseño <input type="checkbox"/> Proceso												
Coordinador: JUAN PADILLA MUELAS				Equipo realización: JUAN PADILLA MUELAS						Sección: UAV								
Estado actual											Situación mejorada							
Nr.	Momento de ocurrencia del Fallo	Pieza / proceso	Función	Modo de fallo	Efecto del fallo	Gravedad (G)	Causa del fallo	Ocurrencia	Detección	Detección (D)	NPR	Medidas sugeridas	Responsable	Medidas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
1	PREVUELO	BATERIA	ALIMENTACION UAV	DESCARGA	INTILIZACION BATERIA	8	DESCENSO DE LAS TEMPERATURAS	8	A LA HORA DE VOLAR EL DRON	2	128	MANTENER EN TODO MOMENTO LAS BATERIAS DEL DRON A RESGUARDO DE LAS BAJAS TEMPERATURAS. Y LLEVAR SIEMPRE DE REPUESTO.	PERSONA QUE PORTA EL UAV	DORMIR CON ELAS EN EL SAGO Y LLEVARLAS SIEMPRE EN LA ESPALDA DE LA MOCHILA	8	4	2	64
7	PREVUELO	HARDWARE	VUELO UAV	MONTAJE	INCAPACIDAD INICIAR VUELO	9	INDORRECTO MONTAJE DE LA AERONAVE	6	AL INTENTAR DESPLEGAR EL UAV	2	108	COMPROBACION MONTAJE UAV ANTES DE INICIAR LA M SIN	RESPONDABLE UAV	REALIZACION DE UN ENSAYO DE VUELO ANTES DE CADA OPERACION	9	4	1	36
2	PRE Y POSTVUELO	ROTORES	VUELO UAV	BLOQUEO	UAV INOPERATIVO	10	CONGELACION HELICES POR EL DESCENSO DE LAS TEMPERATURAS Y LA ALTA HUMEDAD	7	A LA HORA DE COMPROBAR EL DRON	3	210	MANTENER EL DRON SIEMPRE LO MAS SECO POSIBLE E INCLUSO DOTARLO DE UNA CAPA DE ANTICONGELANTE.	USUARIO UAV	ANTES Y DESPUES DE CADA USO REALIZAR UNA COMPROBACION DE LOS ROTORES	10	7	1	70
3	VUELO	RECEPTOR	CONTROL UAV	INHIBICION	INHIBIDORES ONDAS ELECTROMAGNETICAS O ZONAS CON MUCHA ACTIVIDAD EM	9	VUELO SOBRE AREAS NO ANALIZADAS LO SUFICIENTE O RESTRINGIDAS	4	ENEL MOMENTO DE LA PERDIDA DE ENLACE	4	144	ANALISIS Y PLANIFICACION DEL VUELO ANTES DE SU REALIZACION	MANDO DIRECTO	REALIZACION DE UN PLAN DE VUELO SIEMPRE ANTES DE DESPLEGAR EL UAV	9	1	4	36
4	VUELO	CAMARA	AQUISICION DATOS EN FORMA DE IMÁGENES Y VIDEOS	INHIBICION	DESCONTROL VUELO DRON Y PERDIDA FUNCIONALIDADES	8	EMPAÑAMIENTO / CONGELACION / SOBRESATURACION LUMINICA CAUSADA POR LA NIEVE EN LA LENTE DE LA CAMARA	5	VISUALIZACION ATRAVES DEL MONITOR DEL GCS	3	120	APLICACION CAPA ANTICONGELANTE / ANTIHARO SOBRE LA CAMARA	PILOTO UAV	CAMBIO DE LENTE POR UNA ADAPTADA A LAS BAJAS TEMPERATURAS	8	3	3	72
5	VUELO	SISTEMA DE SUSTENTACION	ESTABILIZACION UAV	DESAJUSTE	IMPOSIBILIDAD DE REALIZAR LAS MANIOBRAS PLANEADAS PARA LA AERONAVE	7	VIENTO RACHEADO O EXCESIVAMENTE FUERTE DE FORMA CONSTANTE	7	RETORNO A ZONA SIN AIRE Y VISUALIZACION VUELO INCORRECTO	5	245	PLANIFICACION EXHAUSTIVA DEL VUELO APOYADA EN LA PREVISION METEOROLOGICA / COMPROBACION METEOROLOGICA ON UNA ESTACION METEO PORTABLE	MANDO DIRECTO	INCLUSION DE UN APARTADO DE ANALISIS METEOROLOGICO EN EL PLAN DE VUELO	7	2	5	70
6	VUELO	SOFTWARE	VUELO UAV	DESCOORDINACION	VUELO LATERAL O DESVIADO	5	DEAJUSTE TIMING DE LOS ROTORES	5	VISUALIZACION DURANTE EL VUELO	4	100	ATERRIJAJE Y REINICIO UAV	PILOTO UAV	COMPROBACION SOFTWARE Y VUELO EN AREA CONTROLADA ANTES DE REALIZAR EL VUELO TACTICO	5	3	4	60
7	VUELO	HARDWARE	INTEGRIDAD UAV	ACCIDENTE	INOPERATIVIDAD / ROTURA AERONAVE	10	DESCONOCIMIENTO USO UAV	7	INSTANTANEA DURANTE EL VUELO	2	140	ACUMULACION DE LAS MAXIMAS HORAS DE VUELO CON DICHO UAV	PILOTO UAV	PLANNING DE INSTRUCCION CON LA AERONAVE Y ANALISIS DE	10	4	2	80



## ANEXO D: ANÁLISIS DE RIESGOS

Análisis de riesgos													Centro Universitario de la Defensa Zaragoza	
Título Proyecto:		ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y USO DE UAV EN UNIDADES DE MONTAÑA				Jefe de Proyecto:			JUAN PADILLA MUELAS					
Equipo de proyecto:		INVESTIGADOR Y DESARROLLADOR Juan Padilla Muelas, DIRMIL CAP D. Alvaro Matías Sanchez Uriarte, DIRACA Carmen Blanco Ortiz												
Evaluación de riesgos														
ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Posibles Causas del riesgo	Impacto (R,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	NIVEL Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo tras medida	Tendencia	Responsable	Status	
1	LAS CARACTERÍSTICAS DEL DRON NO SE ADAPTAN A LAS NECESIDADES DE LA UNIDAD	TÉCNICO, REQUISITOS	ANÁLISIS INCORRECTO DE LAS NECESIDADES DE LA UNIDAD O VARIACIÓN DE LAS MISMAS	H	2	2H	INUTILIDAD DEL MISMO Y CESE EN SU USO	BUSQUEDA DE OTRAS APLICACIONES PARA EL DRON, (EJ. VIGILANCIA DEL CUARTEL)	1	1H	-	JEFE DE PROYECTO	Open	
2	OBSCURECENCIA DEL UAV	ESTERNO, MERCADO	APARICIÓN DE NUEVOS MODELOS MAS AVANZADOS DE ESTE TIPO DE DRON O MEDIDAS CONTRARIAS QUE LO ANULEN POR COMPLETO	L	3	3L	PERDIDA EN GRAN MEDIDA DE LA OPERATIVIDAD DEL UAV YA QUE ESTE NO ESTÁ PREPARADO PARA SER UTILIZADO EN EL ENTORNO DE OPERACIONES	INSTRUIRSE A UN NIVEL ALTO EN EL USO	2	2L	-	UNIDAD	Open	
3	LAS PRESTACIONES DEL DRON NO SON SUFICIENTES PARA EL USO QUE SE LE QUIERE DAR	TÉCNICO, REQUISITOS	FALTA DE PRESUPUESTO O MALA COMUNICACIÓN ENTRE PROVEEDOR Y CUENTE	M	2	2M	INUTILIDAD OPERATIVA DEL DRON	MODIFICACIÓN/ADQUISICIÓN DE NUEVAS PRESTACIONES QUE SE LE PUEDAN ASIGNAR PARA SU PUNTO DE ENTORNO	1	1M	-	JEFE DE PROYECTO	Open	
4	INADECUADO ENCIJADRAMIENTO DENTRO DE LA UNIDAD	TÉCNICO, ORGANIZATIVO	ESTUDIO INAPROPIADO SOBRE LAS PEQUEÑAS UNIDADES Y DE MONTAÑA Y SUS NECESIDADES OPERATIVAS	L	2	2L	SOBRECOSTES POR SU USO INADECUADO Y PERDIDA DEL TIEMPO QUE HA ESTADO ENCIJADRADO EN DONDE NO DEBA	REENCIJADRAMIENTO DENTRO DE OTRA PEQUEÑA UNIDAD	1	1L	-	JEFE DE PROYECTO	Open	
5	IMPOSIBILIDAD DE INSTRUIR AL PERSONAL ENCARGADO DE PILOTAR EL DRON	OPERATIVO DEL PROYECTO, PLANIFICACIÓN	FALTA DE PROPUESTAS PARA REALIZAR LOS CURSOS DE FORMACIÓN NECESARIOS PARA OPERAR EL DRON	M	3	3M	INUTILIDAD DEL DRON DADO QUE NO EXISTE PERSONAL INCIJADRADO PARA PILOTARLO	VUELO ILEGAL/ FORMACIÓN VIA COMANDO EJERCITO EXTRANJERO	1	1M	-	UNIDAD	Open	
6	INCAPACIDAD DE LA UNIDAD PARA REALIZAR EL CORRECTO MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE	TÉCNICO, LOGÍSTICO	FALTA DE INSTRUCCIÓN EN EL PERSONAL ENCARGADO DE LA AERONAVE	M	2	2M	INOOPERATIVIDAD DE LA UN, ACCIDENTES AEREOS	PLANIFICAR EL MANTENIMIENTO Y CONTROL ESTRICTO SOBRE EL PERSONAL RESPONSABLE	1	1M	-	CUADRO DE MANDO UNIDAD	Open	
7	FALTA DE REPUESTOS Y REZAS PARA LA REPOSICIÓN EN LAS AERONAVES	TÉCNICO LOGÍSTICO	FALTA DE PLANIFICACIÓN LOGÍSTICA DEL PROYECTO / FALLO EN EL APROVISIONAMIENTO DE LA EMPRESA PROVEEDORA	M	3	3M	INOOPERATIVIDAD DE LA UN	ADQUISICIÓN DE REPUESTOS A OTRA EMPRESA / COMUNICACIÓN	2	2M	-	ESCALO H MITTO UNIDAD	Open	
8	SOBRECOSTES EN EL PROYECTO	ORGANIZATIVO, FINANCIACIÓN	APARICIÓN DE INICIATIVAS Y CONTRATIEMPOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO	H	3	3H	CANCELACIÓN / RETRASO DEL PROYECTO	CONTROL ESTRICTO EN LA CUMPLIMENTACIÓN DE OBJETIVOS INTERMEDIOS Y SUS PLAZOS	2	2H	-	JEFE DE PROYECTO	Open	
9	RETRASOS EN LA ENTREGA DEL UAV	EXTERNO, PROVEEDORES	MALA COORDINACIÓN ENTRE LA EMPRESA Y UNIDAD	M	1	1M	SOBRECOSTES POR LA IMPOSIBILIDAD DE SU USO Y PERDIDA DE TIEMPO DE INSTRUCCIÓN	SEGUIMIENTO PERIÓDICO DE LOS AVANCES DEL PROVEEDOR	1	1M	-	JEFE DE PROYECTO	Open	
10	IMPOSIBILIDAD DE HACER USO DEL DRON EN CIERTAS ZONAS	EXTERNO, NORMATIVA	CAMBIO EN LA NORMATIVA	H	1	1H	INUTILIDAD DEL UAV	ADAPTACIÓN DEL DRON A LA NORMATIVA / BUSQUEDA DE OTRAS ALTERNATIVAS DE VUELO ETC.(EN FUNCIÓN DEL CAMBIO QUE SE HAYA PRODUCIDO)	1	1H	-	JEFE DE PROYECTO	Open	



## ANEXO E: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DIMENSIONS	L x W x D	Weight
Huginn X1 (folded)	509mm x 133mm x 133mm	940g
Huginn X1 (maximum unfolded with rotor blades)	547mm x 538mm x 133mm	940g
Huginn X1 (minimum unfolded without rotor blades)	370mm x 380mm x 133mm	880g
Huginn Ground station	240mm x 105mm x 65mm	810g
Huginn Battery	110mm x 85mm x 32mm	450g
Huginn Camera Mount (Dual)	92mm x 90mm x 80mm	Dual 208g

Payload		
X1 dual mount Thermal/HD	Combined EO/IR - EO 1080p 60 FPS/ 16 MP (containing metadata) IR 640* 480 resolution	

PERFORMANCE		
Auto. take-off height	Selectable for each take-off	
Max hover time	25 min	With single camera
Ground Station battery time	> 4 hours	
Max cruise speed (ground speed)	6 m/s	(21,6 km/h)
Max vertical speed	6 m/s	(21,6 km/h)
Max. wind tolerance	6 m/s	
Min take-off GPS accuracy	3 m	
Min flight GPS accuracy	6 m	
Maximum absolute altitude	10.000 feet AMSL	
Maximum waypoint step	10 km	
Minimum hover height	0,7 m	
Sonar range	0 - 5 m	
Maximum operating temp.	45 C <sub>o</sub>	
Minimum operating temp.	-20 C <sub>o</sub>	
Auto land battery voltage	13,7 V	
Battery charge time	< 90 min	
Charger power supply voltage	12 V	
Huginn battery voltage	14,8 V	16v when fully charged
Huginn battery capacity	5000 mAh	

COMMUNICATION		
Module	Up to 256bit AES encryption	
Antenna type	MIMO with Dipole + patch	
Radio frequency	2.412 - 2.462 GHz	
Transmission range	5km+ Line of sight	Line of sight
Transmission power	Up to 30dBm (1W)	





### 5.1 ANEXO G: FUVANT

<b>FUVANT</b>			
<b>(FICHA USO VEHICULO AEREO NO TRIPULADO)</b>			
<b>DATOS PILOTO</b>		<b>DATOS AERONAVE</b>	
NOMBRE	FRANCISCO	MODELO	MAVIC PRO 1
APELLIDOS	QUEIJAS	TIPO	ALA ROT MICRO
EMPLEO	CABO MAYOR	Nº SERIE	XXXXX
ENCUADRAMIENTO	PLM 1ª CIA , BON PIRINEOS	CAMARA	SI
AÑOS SERVICIO	8	<b>DESCRIPCIÓN ESTADO UAV</b>	
AÑOS EXPERIENCIA VANT	2	DOS HELLICES DELANTERA DCHA Y TRASERA	
RESPONSABLE VANT	CAPITAN MARINA	IZQUIERDA DESGASTADAS	
<b>VUELO</b>		<b>DESCRIPCIÓN VUELO</b>	
<b>DATOS PRINCIPALES</b>		DESPLIEGUE DEL UAV DESDE UNA POSICION ACUBIERTA CON GRAN DENSIDAD DE VEGETACION. APROXIMACION CONSTANTE Y APROVECHANDO LEL TERRENO PARA EVITAR RACHAS FUERTES DE AIRE Y SER AVISTADO POR EL ENEMIGO. UNA VEZ EN LA ZONA D EPOSIBLE ENEIGO REDUCCION DE LA ALTURA PROGRESIVAMENTE PARA PODER IDENTIFICAR LOS OBJETIVOS. ADQUISICION MAXIMA ALTITUD PARA PODER VER SI EXITIA ALGUNA UNIDAD DE APOYO PASADO EL COLLADO A EL PUESTO DESCUBIERTO. REPLIEGUE A ALTA COTA PARA EVITAR INCIDENCIAS. ATERRIZAJE EN MANO EN UN CLARO DEL BOSQUE	
Nº DE VUELO	0001		
FECHA	08/10/2021		
HORA INICIO	17:01:00		
HORA FIN	17:30:00		
TIEMPO VUELO	29'		
BATERIA INICIO	95%		
BATERIA FIN	55%		
COORDENADAS INICIO	80014 26992		
COORDENADAS FIN	80020 26100		
TIEMPO SIN VISION DIRECTA	10'		
EMPLEO TACTICO	RECONOCIMIETNO		
<b>METEOROLOGIA</b>			
USO ESTACION METEO	NO		
LLUVIA/NIEVE	SI		
PRECIPITACION (ml/m3)	1		
VIENTO MAX (km/h)	15		
VISIBILIDAD MIN (metros)	ABSOLUTA		
TEMPERATURA MIN (°c)	12		
<b>OTROS</b>		<b>INCIDENCIAS VUELO</b>	
ALTITUD INICIO (metros)	1990	LENTITUD PUESTA EN MARCHA DE LOS SISTEMAS DEL AAERONAVE. LIGERO GOLPE A LA HORA DE REDUCIR LA COTA PARA ENTRAR EN EL BOSQUE CON UNA RAMA DE UN PINO.	
ALTITUD FIN (metros)	1995		
ALTITUD MAX (metros)	2500		
ALTITUD MIN (metros)	1970		
SUPERFICIE DESPEGUE	TIERRA, HIERBA		
SUPERFICIE ATERRIZAJE	MANO		
VELOCIDAD MAXIMA (km/h)	20		
<b>CROQUIS ITINERARIO VUELO</b>			