



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

IMPLEMENTACIÓN DE UAV,_s EN UNA COMPAÑÍA DE FUSILES

Autor

CAC Rafael Guillermo Gallego Erroz

Director/es

Director académico: Dña. María Victoria Sebastián Guerrero

Director militar: Cap. D. José Luis López Fernández

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2022



Agradecimientos

Quisiera agradecer al Grupo de Regulares nº54 de Ceuta y en especial a la 3ª Compañía «La Inmortal» del Tabor Tetuán por haber sido partícipe de los primeros pasos en el ejercicio del Mando en una Unidad del Ejército de Tierra y teniendo el gran orgullo de no ser una cualquiera. No se llega a valorar plenamente el hecho de haber podido servir en la más condecorada del Ejército español hoy en día.

No hay que olvidar el enorme trabajo de los grandes profesionales expertos en el ámbito de los sistemas aéreos no tripulados dentro del Ejército de Tierra, así como del Ejército del Aire y del sector civil. También la paciencia y plena disposición de los diferentes jefes de Compañía para guiar y aportar su visión en una posible futura implementación de esos sistemas que vayan a depender directamente de su mando.

Por último y no menos importante, agradecer al capitán don José Luis López Fernández y a mi Directora Académica doña María Victoria Sebastián Guerrero por el esfuerzo y el cariño que han depositado para que haya sido posible la realización de este trabajo.





RESUMEN

En la actualidad, el uso de vehículos aéreos no tripulados está cobrando una mayor importancia en los desenlaces de los conflictos, como en la guerra del Nagorno-Karabag, el conflicto de Ucrania y Rusia o la guerra de Siria. Desde hace años el Ejército cuenta con UAV,s para la obtención de información útil para el éxito de una misión. Sin embargo, hasta el momento esta responsabilidad cae en manos de equipos especiales de pequeña entidad.

El avance en el campo de las aeronaves no tripuladas ha servido, además de para aumentar la calidad de imagen y duración del vuelo, para reducir su precio, por lo que hoy en día cualquiera puede disponer de un dron en su propio hogar. Surge así la oportunidad de estudiar si es conveniente que la información facilitada por escalones superiores, una compañía de infantería ligera pudiera complementarla con la obtenida por sus propios medios, adquirida gracias a la implementación de un equipo UAV encargado de volar el dron por las zonas de especial interés particular de la compañía.

De este modo, el objetivo del trabajo es estudiar la viabilidad de implementar drones a nivel compañía, además de justificar la ventaja táctica que pueda suponer su uso, la capacitación de personal, su mantenimiento... obteniendo unos resultados que definen un modelo formativo para que se capacite a operadores UAV a nivel compañía y su puesto encuadrado en una orgánica, optimizando tiempo y dinero. Se incluye también una propuesta de adquisición de un modelo de UAV, su posterior mantenimiento y solución de futuros posibles problemas.

Se emplea una metodología mediante entrevistas y encuestas donde se obtiene la información, base para justificar los resultados y conclusiones obtenidas, así como una matriz de decisión en la cual se halla el sistema más adecuado para implementar en una compañía.

Como conclusión, tras haber hecho un estudio de la información actual, más la experiencia y conocimientos de expertos en este ámbito junto con las herramientas y metodología usada, se propone la implementación de un sistema aéreo no tripulado en una compañía de fusiles, teniendo en cuenta la formación y puesto operativo de un operador UAV, además de la propuesta de adquisición y solvencia de riesgos que puedan surgir.

PALABRAS CLAVE

UAV, RPAS, dron, compañía de fusiles, compañía de infantería ligera

ABSTRACT



The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) is currently becoming increasingly important in the outcome of conflicts, such as the Nagorno-Karabag war, the Ukraine-Russia conflict or the war in Syria. For years, the military has been using UAVs to gather information that is useful for the success of a mission. So far, however, this has been the responsibility of small special teams.

Advances in the field of unmanned aerial vehicles have not only increased image quality and flight duration, but also reduced their price, so that nowadays anyone can have a drone in their own home. Thus, the opportunity arises to study whether it is convenient that the information provided by higher echelons, a light infantry company could complement it with the information obtained by its own means, acquired thanks to the implementation of a UAV team in charge of flying the drone over the areas of particular interest to the company.

Thus, the aim of the work is to study the feasibility of implementing drones at company level, in addition to justifying the tactical advantage that their use, personnel training, maintenance... may entail, obtaining results that define a training model for training UAV operators at company level and their position within an organisation, optimising time and money. It also includes a proposal for the acquisition of a UAV model, its subsequent maintenance and the solution of possible future problems.

A methodology is used through interviews and surveys where information is obtained, the basis for justifying the results and conclusions obtained, as well as a decision matrix in which the most appropriate system to implement in a company is found.

In conclusion, after having made a study of the current information, plus the experience and knowledge of experts in this field together with the tools and methodology used, the implementation of an unmanned aerial system in a rifle company is proposed, taking into account the training and operational position of a UAV operator, as well as the proposed acquisition and solvency of risks that may arise.

KEYWORDS

UAV, RPAS, drone, rifle company, light infantry company



ÍNDICE DE CONTENIDO

1	<i>Introducción.....</i>	1
1.1	<i>Definición y diferencia de los términos UAS, VANT, UAV y RPAS.....</i>	1
1.2	<i>Clasificación de los UAS</i>	2
1.3	<i>Nuevos escenarios en el campo de batalla.....</i>	2
2	<i>Objetivos y metodología</i>	4
2.1	<i>Objetivos y alcance.....</i>	4
2.2	<i>Metodología.....</i>	5
3	<i>Antecedentes y marco teórico</i>	8
3.1	<i>Antecedentes históricos internacionales.....</i>	8
4	<i>Necesidades tácticas a partir del uso de UAVs a nivel compañía..</i>	12
4.1	<i>Orgánica de una compañía de infantería ligera.....</i>	12
4.2	<i>Tipos de conflictos en el escenario internacional</i>	13
4.3	<i>Uso de UAVs de pequeño tamaño en combate</i>	14
4.4	<i>Proceso de toma de decisiones. Ciclo OODA.</i>	15
5	<i>Análisis de riesgos en la implementación y empleo de UAVs</i>	17
6	<i>Análisis de la situación actual de la formación en UAVs en el Ejército de Tierra.....</i>	20
6.1	<i>Curso de obtención del título de operador de sistemas no tripulados de tipo I</i>	20
6.2	<i>Limitaciones.....</i>	21



7	Propuesta de formación y capacitación de operadores UAVs y actualización de orgánica a nivel compañía.....	22
7.1	Propuesta modelo formativo	23
7.2	Propuesta orgánica operador UAV	23
8	Características técnicas de los RPAS.....	25
8.1	Arquitectura de un RPAS	25
8.2	Segmento aéreo.....	26
8.2.1	Plataforma aérea.....	26
8.2.2	Carga útil	26
8.3	Segmento terrestre.....	27
8.3.1	Estación de control (GCS).....	27
8.4	Enlace de datos y antenas	28
9	Análisis de mercado	29
10	Propuesta elección UAV más adecuado.....	31
10.1	Resultados de las encuestas	31
10.2	Ponderaciones y clasificación.....	31
11	Propuesta adaptaciones logísticas y su integración	35
11.1	Fuentes de energía para las baterías.....	35
11.2	Piezas de recambio fungibles.....	36
12	Conclusiones.....	38
13	Referencias bibliográficas	40
ANEXOS		42



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Clasificación UAS OTAN	2
Ilustración 2 Searcher MK II	9
Ilustración 3 Raven RQ-11	9
Ilustración 4 Orgánica compañía de fusiles de infantería ligera.	12
Ilustración 5 Modelo de guerra híbrida de Robert G. Walker	13
Ilustración 6 Ciclo OODA.	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 7 Esquema Curso UAS tipo I.	20
Ilustración 8 Orgánica batallón de infantería ligera	22
Ilustración 9 Orgánica operativa	24
Ilustración 10 Orgánica funcional (instrucción)	24
Ilustración 11 Arquitectura de los RPAS	25
Ilustración 12 Cámara elctro-óptica	26
Ilustración 13 Imagen térmica infrarrojos	26
Ilustración 14 Estación de control	27
Ilustración 15 Grado de importancia en las características técnicas de los UAV	31
Ilustración 16 Radar chart Sky-Watch Huginn X1 V3	32
Ilustración 17 Radar chart InstantEye MK3 Gen4 ISR	32
Ilustración 18 Radar chart GMV/Aurea Avionics PASSER	32
Ilustración 19 Tomas auxiliares VAMTAC ST-5	35
Ilustración 20 Panel solar EcoFlow 160W	36
Ilustración 21 Diseño modelizado mediante SolidWorks de una hélice de recambio	36



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Pasos DMAIC.	5
Tabla 2 Respuestas de la encuesta realizada	6
Tabla 3 Recopilación de riesgos	18
Tabla 4 Matriz de riesgos	19
Tabla 5 Características técnicas de los modelos de UAV propuestos	30
Tabla 6 Ponderación preguntas	33
Tabla 7 Suma datos	33
Tabla 8 Peso final	33
Tabla 9 Matriz de decisión	33



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACAVIET: Academia de Aviación del Ejército de Tierra

AGL: Above ground level

APO: Apoyo

BLOS: Beyond Line Of Sight

BRIEX 2035: Brigada Experimental 2035

CAD: Computer-aided design

Cap.: Capitán

Cía: Compañía

COMGECEU: Comandancia General de Ceuta

CSS: Combat Service Support

DGAM: Dirección General de Armamento y Material

DIRACA: Director académico

DIRMIL: Director militar

DMAIC: Definir, medir, analizar, mejorar, controlar

EO: Electro óptico

EPTP: Equipo pesado de tiradores de precisión

ETP: Equipo de tiradores de precisión

EW: Electronic Warfare

FCS: Flight control system

FF.AA.: Fuerzas Armadas

GCS: Ground Control Station

GPS: Global Positioning System

GRUEMA: Grupo de Escuelas de Maticán

HALE: High Altitude Long Endurance

HW: Hybrid Warfare

I+D: Investigación y desarrollo

IMU: Inertial Measurement Unit

IP: Ingress Protection



IR: Infrarrojo

ISO: International Organization for Standardization

ISTAR: Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance

JCIA: Jefe de compañía

JEMA: Jefe de Estado Mayor del Ejército del Aire

LOS: Line Of Sight

MALE: Medium Altitude Long Endurance

MTOW: Maximum take-off weight

OODA: Observar, orientar, decidir, actuar

OP UAV: Operador de vehículo aéreo no tripulado

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte

PLMM: Plana mayor de mando

RPA: Remotely Piloted Aircraft

RPAS: Remotely Piloted Aircraft System

SAPO: Sección de armas de apoyo

Sc: Sección

SDG PLATIN: Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación

SOPT: Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica

TFG: Trabajo Fin de Grado

TUAV: Tactical Unmanned Air Vehicle

UAS: Unmanned aerial system

UAV: Unmanned aerial vehicle

UCAV: Unmanned combat aerial vehicle

UCO: Unidad, Centro y Organismo

VAMTAC: Vehículo de alta movilidad táctica

VANT: Vehículo aéreo no tripulado



1 Introducción

Esta memoria recoge el Trabajo Fin de Grado con el título «Implementación de UAVs en una Compañía de fusiles». Se desarrolla todo el proceso para determinar la formación y el puesto óptimo de un operador UAV encuadrado en una compañía de infantería ligera, además de una propuesta para adquirir un posible sistema que cumpla todos los requisitos técnicos que se requiere. En este apartado se hace una pequeña introducción para entender los términos de los que se van a estar dando referencias a lo largo de la memoria, la clasificación que rige la OTAN de los sistemas aéreos no tripulados y explicar de manera escueta los nuevos escenarios que se están dando en la actualidad en el campo de batalla.

1.1 Definición y diferencia de los términos UAS, VANT, UAV y RPAS

El término genérico para referirse a este tipo de aparatos es, en español, VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) o, en inglés, UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Técnicamente, los drones y los VANT/UAV son lo mismo, aeronaves no tripuladas. Pueden ser guiadas por control remoto o pueden ser programadas para realizar un plan de vuelo determinado.

Los UAV históricamente han sido utilizados principalmente como blancos aéreos para la instrucción de sistemas de armas antiaéreos simulando aeronaves enemigas, pudiendo volar por una zona determinada siendo un método de instrucción y adiestramiento eficaz, seguro y económico.

La función principal que tienen hoy en día es la de portar sensores que obtienen información del entorno por donde vuela, además de analizar esa información y controlar continuamente el vuelo de la aeronave. Los términos UAV (o UAS) son cualquier aeronave (o sistema) en que el piloto no esté físicamente a bordo. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) se refiere únicamente a la plataforma de vuelo, mientras que UAS (Unmanned Aerial System) al sistema completo siendo este el conjunto de la aeronave y todos los subsistemas que posee, los cuales se explican más detenidamente en el apartado 4.4. Al igual que en caso anterior, RPA (Remotely Piloted Aircraft) alude a la plataforma de vuelo, mientras que RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) al sistema. La principal diferencia entre UAV y RPA es que en este último se hace mención expresa a la existencia de un piloto que opera la aeronave de forma remota utilizando un enlace de comunicaciones entre la estación de tierra y la aeronave, mientras que en el UAV no se especifica claramente la existencia de un operador que lo pilote remotamente (Airestudio, sin fecha).

Como conclusión de este apartado, las diferencias de los términos se encuentran en si se refiere al sistema completo o únicamente a la aeronave y si es pilotado remotamente por una persona o es completamente automático.



1.2 Clasificación de los UAS

Son varias las clasificaciones que se establecen según las distintas organizaciones. Pueden encontrarse divididas por masa, tamaño, método de generación de sustentación de la aeronave, autonomía en vuelo, velocidad, techo de vuelo, etc. (CESEDEN, 2012).

Los VANT dependiendo de su función principal pueden ser:

- Combate (atacar y llevar a cabo misiones peligrosas).
- Reconocimiento (obtención de información táctica).
- Blanco (simular aeronaves para entrenamiento de sistemas antiaéreos).
- Logística (transportar cargas).

Por otro lado, la clasificación oficial de la OTAN es en función de la masa de la aeronave:

CLASIFICACIÓN UAS OTAN				
Clase (MTOW)	Categoría	Empleo	Altitud de operación AGL	Radio de misión
Clase I < 150 kg	Micro (Potencia <66 J)	Táctico Sección/Pelotón	200 ft / 60 m	5 km (LOS)
	Mini <15 kg	Táctico Compañía	3000 ft / 900 m	25 km (LOS)
	Small >15 kg	Táctico Batallón	5000 ft / 1500 m	50 km (LOS)
Clase II 150-600 kg	Tactical TUAV	Táctico Brigada	10000 ft / 3000 m	200 km (LOS)
Clase III >600 kg	MALE	Operacional	45000 ft / 14000 m	Sin límite (BLOS)
	HALE	Estratégico	65000 ft / 20000 m	Sin límite (BLOS)
	Strike combat UCAV	Estratégico	65000 ft / 20000 m	Sin límite (BLOS)

Ilustración 1 Clasificación UAS OTAN

Fuente: JCGUAS "UAV Classification Guide". NNAG. Septiembre 2011

1.3 Nuevos escenarios en el campo de batalla

En los últimos años, cabe destacar el uso de UAVs en conflictos como Gaza, Libia o Siria, además de la última guerra del Nagorno-Karabaj y el conflicto entre Ucrania y Rusia, siendo principalmente Turquía e Israel claves en el desarrollo tecnológico y comercialización.

El conflicto Ucrania-Rusia con la Guerra del Donbás es un ejemplo, aún vigente, en el que se puede analizar su evolución. Comenzando con la crisis ucraniana durante los años 2013 y



2014, desencadenando enfrentamientos armados y declaración de independencia de los territorios de Donetsk y Lugansk por parte de los prorrusos, en desacuerdo al Euromaidán¹.

Estos conflictos armados tienen el carácter tanto de un conflicto convencional como el de un conflicto irregular. Esta variedad refleja su carácter de «guerra híbrida» (más adelante se explicará este tipo de conflicto). Es destacable la importancia que ha tenido el uso de los dispositivos de telefonía móvil inteligentes y el de las redes sociales, tanto para la comunicación en el combate como para mostrar y compartir en fuentes abiertas de internet el desarrollo del conflicto desde ambos bandos. Haciendo una investigación exhaustiva, se puede encontrar material audiovisual (FUNKER530 - Veteran Community & Combat Footage, 2021) en el que se muestra el uso de pequeños UAVs de uso comercial/civil en combate, principalmente como un medio de observación avanzada encuadrado dentro de una pequeña unidad como pueda ser una compañía o una sección.

¹ Euromaidán es el nombre dado a una serie de manifestaciones que comenzaron a finales del año 2013 en Ucrania, cuando el ex presidente Victor Yanukovych declaró la suspensión de la firma del Acuerdo de Asociación con la Unión Europea. Como resultado, acabó provocando la situación que derivó en un conflicto militar con Rusia en el este de Ucrania.



2 Objetivos y metodología

2.1 Objetivos y alcance

El objetivo principal que se persigue en este trabajo es la implementación de un operador UAV a nivel compañía. Es decir, tener la figura de un piloto UAV en la plana de mando del jefe de una compañía de fusiles para que pueda apoyar en todo lo referido a observación avanzada para mejorar la toma de decisiones durante el combate mediante el ciclo OODA (herramienta con la que se hace un proceso continuo y cíclico para la resolución de diferentes situaciones y problemas), el cual se explicará con detalle más adelante. Este tipo de apoyo se puede dar con reconocimientos inmediatos in-situ antes de ejecutar una maniobra para poder reconducir o cambiar el planeamiento que se tenía inicialmente, reconocimiento de seguridad de una zona/punto sensible... Esto le provee a una compañía de fusiles una mayor independencia de los escalones superiores en términos de información, ya que se le dota de un medio con el cual aumenta su capacidad de observación. Como consecuencia, conlleva una reducción de la incertidumbre en el combate, por lo tanto, mayor seguridad y probabilidad de éxito en el cumplimiento de la misión encomendada. Todo ello teniendo en cuenta la optimización de tiempo y costes durante todo el proceso (desde la formación del operador hasta los cometidos que tiene que realizar en su puesto dentro de una compañía de fusiles).

Para poder alcanzar este objetivo principal, será necesario cumplir con varios objetivos secundarios:

- Explicar las necesidades tácticas en el uso de UAVs a nivel compañía.
- Conocer el proceso de toma de decisiones. Ciclo OODA.
- Analizar la situación actual de la formación en UAVs en el Ejército de Tierra.
- Analizar los diferentes riesgos en el empleo de este medio.
- Proponer formación y capacitación de operadores UAVs a nivel compañía.
- Proponer una orgánica funcional de personal capacitado.

Por otro lado, determinar qué UAV es el más adecuado para el empleo dentro de una compañía de fusiles de infantería en función a sus necesidades es necesario:

- Conocer las características técnicas de los UAVs.
- Analizar el mercado.
- Comparar entre diferentes drones.
- Decidir el dron más adecuado.
- Proponer adaptaciones logísticas y su integración.



En cuanto al alcance del proyecto, este tiene la finalidad de proponer una mejoría para el mando y control de una compañía de fusiles mediante la implementación de un pequeño UAV. Por tanto, no tiene como objetivo principal el que se convierta en un pliego de prescripciones técnicas para la adquisición de estos sistemas. A partir de las necesidades tácticas que requiere una compañía de fusiles, proponer qué dron podría ser el más adecuado a partir de sus características técnicas. Por otro lado, a partir de la situación actual y la visión de futuro que se expone en el programa BRIEX 2035 dentro del Ejército de Tierra, se busca exponer de manera clara y concisa un proceso sencillo de formación y el puesto más adecuado del operador dentro de una compañía con el fin de reducir el tiempo y coste de todo el procedimiento de una posible implementación.

2.2 Metodología

El trabajo se propuso con la idea de presentar una propuesta de implementación de un UAV a nivel compañía con el fin de mejorar el mando y control de la misma. Para alcanzar los objetivos determinados, es necesario obtener información, clasificarla y elaborar conclusiones a partir de esta. Estas conclusiones se obtienen a partir de una metodología que permite justificar las decisiones tomadas.

2.2.1 Ciclo DMAIC

Inicialmente el método utilizado que se usa para conseguir alcanzar los objetivos propuestos en el trabajo es la metodología Seis Sigma (DMAIC). Se puede definir como una metodología sistemática que permite, mediante herramientas cuantitativas y cualitativas, resolver los problemas de los procesos de forma clara y sostenible. Este método, conocido como DMAIC, consiste en la aplicación, proyecto a proyecto, de un proceso estructurado en cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar, controlar.

En concreto, los pasos a seguir para el desarrollo del proceso de integración de un UAV en una compañía de fusiles abarca los pasos recomendados para la implementación de la metodología Seis Sigma (DMAIC). Este proceso se ve reflejado en el siguiente gráfico.

DEFINIR	Explicar las necesidades tácticas en el uso de UAVs a nivel compañía.
MEDIR	Conocer el proceso de toma de decisiones. Ciclo OODA.
	Conocer las características técnicas de los UAVs.
ANALIZAR	Analizar la situación actual de la formación en UAVs en el Ejército de Tierra.
	Analizar el mercado.
	Analizar los diferentes riesgos en el empleo de este medio.
MEJORAR	Proponer formación y capacitación de operadores UAVs a nivel compañía.
	Proponer una orgánica funcional de personal capacitado.
	Decidir el dron mas adecuado.
	Proponer adaptaciones logísticas y su integración.
CONTROLAR	Verificar el proceso de formación de personal y adquisición del sistema.

Tabla 1 Pasos DMAIC. Fuente: Elaboración propia.



2.2.2 Entrevistas y encuestas

Durante el proceso de obtención de información, se ha realizado una serie de encuestas y entrevistas a un grupo de expertos. Como muestra se ha elegido a dieciocho (18) jefes de compañía, además de ocho (8) personas con licencia de vuelo en drones de diferentes unidades del Ejército de Tierra, los cuales son operadores UAV en batallones de infantería. Por otro lado, personal de la Academia de Aviación del Ejército de Tierra (ACAVIET) y del Grupo de Escuelas de Matacán (GRUEMA) para conocer el plan de estudios para la formación de operadores UAV.

Los resultados de estas encuestas y entrevistas son determinantes para la base de los requerimientos técnicos necesarios en la elección de un sistema UAV para integrarlo dentro de una compañía de infantería ligera de fusiles. Todo ello teniendo en cuenta las necesidades tácticas de una compañía. Por otro lado, también se ha realizado en consenso dentro del grupo de expertos una propuesta para la formación e integración en la orgánica de los futuros operadores de drones de compañía.

La encuesta realizada se encuentra en el Anexo I. Los resultados de las respuestas a cada pregunta son los siguientes:

RESPUESTAS		A	B	C	D	E	TOTAL
COMUNES	1	21	5	0	0	0	26
	2	0	2	9	15	0	26
	3	12	9	4	1	0	26
	4						26
	a)	10	14	2	0	0	26
	b)	9	15	2	0	0	26
	c)	8	13	4	1	0	26
	d)	12	10	3	1	0	26
	e)	8	12	4	2	0	26
	f)	0	2	8	9	7	26
	g)	12	11	2	1	0	26
	h)	10	13	2	1	0	26
	i)	9	12	4	1	0	26
	5	10	13	3	0	0	26
	6	18	8	0	0	0	26
JCIA	7	14	0	3	1	0	18
	8	6	9	2	1	0	18
OP UAV	9	6	2	0	0	0	8
	10	7	1	0	0	0	8
	11						8
	a)	6	2	0	0	0	8
	b)	7	1	0	0	0	8
	c)	4	3	1	0	0	8
	d)	3	4	1	0	0	8
	e)	3	3	1	0	0	8

Tabla 2 Respuestas de la encuesta realizada

Fuente: Elaboración propia



2.2.3 Matriz de decisión

A partir de los datos obtenidos de las encuestas a expertos, para obtener unos resultados que determinen qué dron es el más indicado para implementarlo en una compañía, en función de los requerimientos y las características técnicas, se ha constituido una matriz de decisión para evaluar todos los datos y poder hallar unas conclusiones claras y fundamentadas. El cálculo de la matriz se detalla en el apartado número diez (10) de la memoria.

2.2.4 Matriz de riesgos

Para la identificación de cualquier tipo de riesgo que pueda surgir durante el proceso de implementación en relación con la formación, la logística y la operación (uso y empleo), se utiliza esta herramienta para evaluar la clase de cada riesgo a través de su probabilidad de ocurrencia y su impacto, así como establecer el control apropiado frente a los mismos y monitorizarlos.

2.2.5 Radar chart

Esta herramienta visual informativa se emplea para comparar diferentes variables técnicas de los UAS candidatos para la adquisición, como son el tiempo de vuelo, alcance, el viento máximo que soporta en vuelo, el peso durante el transporte y la rapidez de despliegue del sistema. Esto permite analizar y comparar con facilidad en conjunto global los sistemas propuestos.



3 Antecedentes y marco teórico

3.1 Antecedentes históricos internacionales

En la historia del ser humano siempre han estado presentes los conflictos. Además del factor humano, la tecnología ha sido, y lo sigue siendo, un factor clave en el desenlace de estos. Con el desarrollo de la aviación, se dio paso a un nuevo elemento a tener en cuenta: el espacio aéreo. Este hecho influyó profundamente en los postulados geopolíticos. Los militares fueron los que auguraron el potencial que tendría el control sobre este escenario, donde destaca el general italiano Giulio Douhet a través de su libro «El dominio del aire» con el empleo de la potencia aérea. En los comienzos de la aeronáutica, los aviones se utilizaban únicamente para el reconocimiento avanzado tras las líneas enemigas, muy importante para la obtención de información. Posteriormente, se comenzaron a utilizar los medios aéreos, además de observación, para el ataque: combates contra otras aeronaves, contra objetivos terrestres... En la Segunda Guerra Mundial, la posesión de la superioridad aérea fue determinante para la mayoría de las operaciones militares. La guerra fría también destacó por la supremacía del poder aéreo. Pero lo que concierne en este trabajo es el empleo del espacio aéreo con vehículos aéreos no tripulados (UAV).

El empleo de diferentes aeronaves no tripuladas a lo largo de la historia ha sido muy diverso. Durante los años de la Primera Guerra Mundial, diferentes aparatos se utilizaban principalmente como blancos aéreos. Sin embargo, los primeros sistemas fueron desarrollados como armamento de largo alcance (los precursores de los misiles de crucero de hoy en día) en dispositivos tales como el "Kettering bug". Era un torpedo aéreo en forma de biplano diseñado para transportar una carga explosiva de 82 kg que podía alcanzar objetivos terrestres situados a 120 km. En 1935, Gran Bretaña fue la pionera en hacer volar un avión de manera remota, transformando el avión original DH82 Tiger Moth en el DH82B Queen Bee (Havilland Aircraft Museum, sin fecha). Este fue concebido como un avión blanco de bajo coste controlado por radio, para el entrenamiento realista de artillería antiaérea. Si sobrevivía a los disparos, como se pretendía mediante la puntería compensada, se podía recuperarlo para volver a utilizarlo.

A finales de los años 50, durante la época de la Crisis de los misiles de Cuba y posteriormente en la Guerra de Vietnam, en Estados Unidos se desarrolló el programa del Ryan Model 147 Lightning Bug, una aeronave no tripulada de reconocimiento que asumió misiones propias del avión espía U2, teniendo una firma de radar menor y en caso de derribo, el no lamentar daños personales.

En el año 1995, sale a la luz el MQ-1 Predator. Este UAV de gran tamaño con unas capacidades en tiempo y altitud máxima de vuelo similar o superior a las de un avión comercial moderno, fue empleado en tareas de reconocimiento en el conflicto de los Balcanes. Posteriormente, a comienzos de los años dos mil, se le añadió la capacidad de estar equipado con misiles guiados. Esto fue un gran hito en el desarrollo de operaciones militares, como por



ejemplo en misiones para abatir objetivos de gran valor (HVT). Un claro ejemplo es el de Pakistán con la lucha contra los talibanes y Al Qaeda. Durante el mandato de Obama, se llevó a cabo un programa de operaciones con aeronaves no tripuladas donde se estimó la cantidad de 2400 muertos a causa de estos sistemas (Sledge, 2014). Esta cifra es muy significativa si se tiene en cuenta que el tiempo transcurrido fue durante cinco años.

3.2 Antecedentes en España

España no se ha quedado atrás con la aparición de estos sistemas novedosos que influyen radicalmente en las operaciones militares. A mediados del año 2007 se comenzó a adquirir con urgencia el sistema RQ-11 Raven, de fabricación estadounidense, y a principios del año 2008 se compraron UAVs israelíes Searcher MK II, todos ellos enfocados principalmente para apoyar en tareas de reconocimiento a las operaciones que se estaban llevando a cabo en Afganistán.



Ilustración 2 Searcher MK II

Fuente: <https://www.infodefensa.com/>



Ilustración 3 Raven RQ-11

Fuente: <https://www.alamy.es/>



El periodo de Afganistán fue un punto de inflexión en las necesidades de las fuerzas armadas y en los programas de adquisición de armamento y material. A pesar de que en otros países del entorno OTAN ya empleaban los UAV, el conflicto de Afganistán fue la base de partida para la incorporación de estos sistemas en la Defensa Nacional. Para la implementación, desarrollo y consolidación de esta nueva necesidad, se han promovido diferentes proyectos y planes. Cabe destacar dos:

- **Plan Director de RPAS** (Plan director RPAS, 2015)

Este plan realizado por la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) se presenta como un medio de ayuda a la toma de decisiones dentro del planeamiento de recursos, sin interferir en el mismo. Además, expresa el vínculo del Ministerio de Defensa con el sector empresarial con el objeto de servir de orientación a la planificación industrial a lo largo de un determinado periodo de tiempo, en congruencia con el planeamiento propio del Ministerio de Defensa, y con la mirada puesta en la satisfacción de las capacidades militares requeridas por las Fuerzas Armadas.

El documento resume las necesidades en cuanto a RPAS a satisfacer en el periodo 2015-2016 dentro del Ministerio de Defensa, sirviendo como herramienta de apoyo a la decisión para posteriormente determinar los programas de I+D, adquisición, modernización, sostenimiento y en su caso baja, necesarios para el periodo de planificación establecido.

- **Proyecto RAPAZ y tecnologías anti-RPAS** (Proyecto RAPAZ y tecnologías anti-RPAS, 2016)

Esta monografía fue realizada por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), órgano encuadrado en la Subdirección de Planificación, Tecnología e Innovación (SDG PLATIN) de la DGAM. El objetivo es dar a conocer el estado del arte a nivel nacional en materia de RPAS de clase I a través de los sistemas presentados en el proyecto RAPAZ. Este proyecto, promovido por el Ministerio de Defensa a través de la DGAM, persigue también evaluar las capacidades de la industria nacional en el desarrollo de RPAS de clase I, así como dar a conocer a los diferentes fabricantes nacionales de RPAS las necesidades de las Fuerzas Armadas, de cara a facilitar el establecimiento en un futuro de un posible proceso de adquisición de este tipo de sistemas.

Sin profundizar en aspectos técnicos, en el documento se describe el proceso de planeamiento y ejecución seguido en el proyecto RAPAZ, dándose a conocer las conclusiones obtenidas tras las dos fases realizadas.

Al mismo tiempo, en esta monografía se plantea una introducción a la problemática de seguridad acaecida por el desarrollo y proliferación de sistemas RPAS, los cuales pueden ser fácilmente adquiridos a bajo coste y utilizados en contra de las fuerzas propias, haciendo necesario el desarrollo de contramedidas. En este sentido, la monografía incluye el trabajo



realizado para la DGAM por la empresa DEFINE-e analizando el estado del arte de los sistemas «anti-RPAS».



4 Necesidades tácticas a partir del uso de UAVs a nivel compañía

Para entender este apartado, hay que definir cómo se compone una compañía de infantería ligera para posteriormente hacer un escueto análisis sobre el tipo de conflictos que se están desarrollando en el escenario internacional, así como las ventajas y los riesgos o amenazas que conlleva el empleo en combate de un pequeño UAV a nivel compañía.

4.1 Orgánica de una compañía de infantería ligera

La compañía de infantería ligera (MADOC, 2001) es la unidad táctica básica del batallón. Constituye un conjunto orgánico de tres elementos de maniobra y uno de apoyo de fuego. Es la menor Unidad de Infantería con posibilidad de reiterar esfuerzos. El mando de compañía lo ejerce un capitán.

Orgánicamente, las compañías ligeras se componen de:

- Mando y Plana Mayor (PMM).
- Tres Secciones de Fusiles.
- Una Sección de Armas de Apoyo (SAPO).

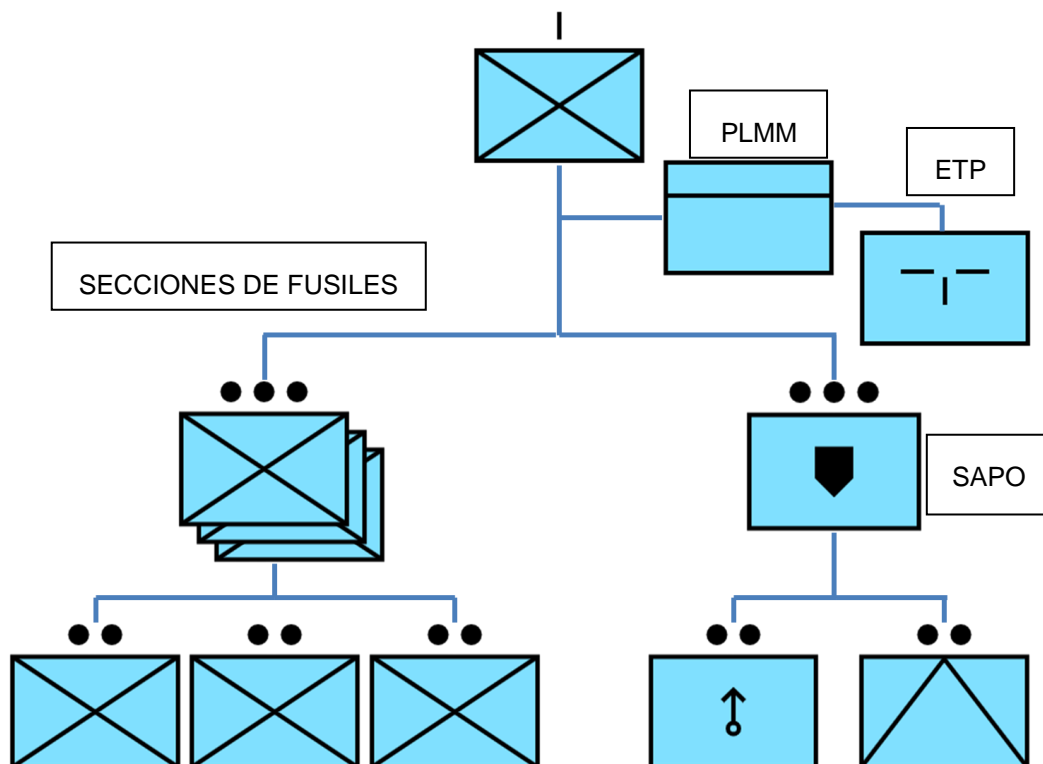


Ilustración 4 Orgánica compañía de fusiles de infantería ligera.

Fuente: Elaboración propia.



El jefe de compañía ejerce su mando directo a sus tres jefes de sección y la plana mayor de mando, que es el órgano ejecutivo para las funciones de mando y control y apoyo logístico. Dentro de esta plana, se encuentra un equipo de mando y un equipo de apoyo logístico. A su vez, dentro del equipo de mando, el jefe de compañía tiene un operador radio, conductor y un Equipo Pesado de Tiradores Precisión (EPTP).

El EPTP es actualmente el medio principal de la unidad por el cual el jefe de compañía obtiene información gracias a su capacidad de observación. Los medios que posee el EPTP son medios ópticos como los telémetros o los telescopios terrestres, además de intensificadores de luz y dispositivos de visión térmica que les permite la visión nocturna. Pero esta capacidad está limitada por la organización del terreno, ya que son medios de observación directa al objetivo. La vegetación o los accidentes naturales del terreno son obstáculos que impiden la visión por parte del EPTP, provocando una gran pérdida de capacidad de perspectiva propia por parte de una compañía de fusiles. Este problema se subsana con la implementación de un operador de UAV en una compañía de fusiles, dependiendo directamente del jefe de compañía, encuadrado en el Equipo de Mando de la Plana Mayor de Mando.

4.2 Tipos de conflictos en el escenario internacional

Según la publicación doctrinal PD1-001 (MADOC 2011), los conflictos armados no solo se producen entre colectividades de la misma naturaleza que puedan enfrentar medios de combate de potencia, organización, y procedimientos similares, sino que las partes enfrentadas pueden ser muy diferentes. Esto da lugar a una diferenciación entre conflictos armados simétricos (guerra convencional) y asimétricos (guerra irregular).

El conflicto armado simétrico es aquel en el que se usan modelos estratégicos militares análogos. Un ejemplo es el enfrentamiento durante la segunda guerra mundial entre Japón y Estados Unidos, los cuales poseían tácticas, técnicas y procedimientos equivalentes. Por el contrario, el conflicto armado asimétrico es aquel en el que se enfrentan contendientes con



Ilustración 5 Modelo de guerra híbrida de Robert G. Walker

Fuente: WALKER, Robert G, "SPEC FI: The United States Marine corps and Special Operations"



capacidades militares normalmente distintas y con diferencias sustanciales en su modelo estratégico. El ejemplo de un conflicto asimétrico es cuando en los años veinte, Abdelkrim inició una guerra de guerrillas contra las tropas coloniales españolas en la zona del Rif.

Sin embargo, en ningún escenario todo es blanco o negro. En el año 1988, Robert G. Walker fue el primero que hizo mención sobre el concepto de «guerra híbrida» en su tesis de postgrado donde expone que las guerras del siglo XXI se caracterizarán por una mezcla de acciones convencionales y especiales (Walker 1998, p. 7-8).

El concepto de Guerra híbrida (HW) es bastante amplio y con muchas teorías sobre una definición concreta. Pero eso es la esencia del concepto. Al surgir nuevos escenarios y actores en los conflictos actuales, dificultan aún más el sistema de ecuaciones de la seguridad internacional. Un claro ejemplo es la intervención rusa en Ucrania y Crimea en 2014 (Quiñones 2020) que añadió complejidad al sistema, en el que las principales variables las aportaba el pulso que sostenía Estados Unidos con Irán y China en sus respectivos espacios de influencia. Estos espacios, multidominio e interconectados no son todos necesariamente físicos.

Existen tres espacios o niveles principales donde repercute cada decisión que se toma. Estos son el nivel estratégico, operacional y táctico, los cuales se encuentran estrechamente relacionados de una forma dinámica y no existen límites concretos entre ellos.

4.3 Uso de UAVs de pequeño tamaño en combate

Tras explicar escuetamente la complejidad de los tipos de conflicto y el entorno operativo, se desgranar a continuación las diferentes ventajas tácticas y los posibles riesgos o amenazas en el uso de un sistema aéreo no tripulado encuadrado en una compañía.

a) Ventajas tácticas

Las ventajas tácticas que provee el uso de un pequeño UAV a nivel compañía son muy variadas:

- Reconocimiento instantáneo: Anticiparse al enemigo pudiendo tener una visión completa desde el aire de puntos o zonas críticas para la misión.

- Independencia en términos de ISTAR del escalón superior: Tener plena dependencia directa y disponibilidad del jefe de compañía para la adquisición de información en el momento y lugar que se requiera.

- Mejora en la toma de decisiones: Debido al aumento en la velocidad y mejora en la calidad de adquisición de información.

- Análisis en tiempo real de la situación: Transmisión de información instantánea.

- Incremento en la seguridad

- Directa (Menor exposición del personal).



- Indirecta (Reducción de la incertidumbre del combate debido a la obtención de una mejor información sobre terreno y enemigo).
- Apoyo para las armas de fuego indirecto de la compañía
 - Adquisición objetivos.
 - Corrección tiro.
 - Evaluación daños.

b) Riesgos/amenazas tácticas

Durante el combate, los riesgos o las amenazas que acarrea el uso de un pequeño UAV no va más allá de:

- Limitaciones técnicas propias del sistema (posteriormente se desarrollará estos problemas)
 - Alcance de vuelo.
 - Duración de las baterías.
- Climatología adversa.
- Contramedidas enemigas a través de EW anulando el funcionamiento del sistema.
- Detección por parte del enemigo al visualizar la aeronave.

4.4 Proceso de toma de decisiones. Ciclo OODA.

El objetivo del proyecto de implementar un nuevo sistema de adquisición de información, como es un sistema UAV, en una compañía de fusiles hace que mejore la eficiencia en la toma de decisiones del jefe de la unidad. Esta toma de decisiones se hace a partir del llamado ciclo OODA o bucle de Boyd. A continuación se explica cómo funciona el proceso en la toma de decisiones a partir de este método.

El modelo del ciclo OODA se desarrolló inicialmente para analizar el proceso de toma de decisiones de los pilotos de aviones de combate. Sin embargo, puede generalizarse para modelar la toma de decisiones en cualquier campo. Su nombre proviene de los cuatro pasos del bucle: Observación, Orientación, Decisión y Acción.

El ciclo comienza con la observación del entorno por parte del responsable en la toma de decisiones. El individuo utiliza sus receptores para obtener información sobre el estado actual de su entorno. Estos pueden ser ojos, oídos, nariz, cámaras de vídeo, micrófonos o sensores y pueden medir propiedades como la luz, la temperatura, el sonido, la presión o las vibraciones.

Tras haber recogido la nueva información del entorno, esta se analiza durante la etapa de orientación. Durante este proceso, el individuo interpreta la nueva información en el contexto de



sus conocimientos existentes, antes de actualizar su modelo del entorno. Este modelo refleja la comprensión del individuo del estado actual del ámbito en el que se encuentra.

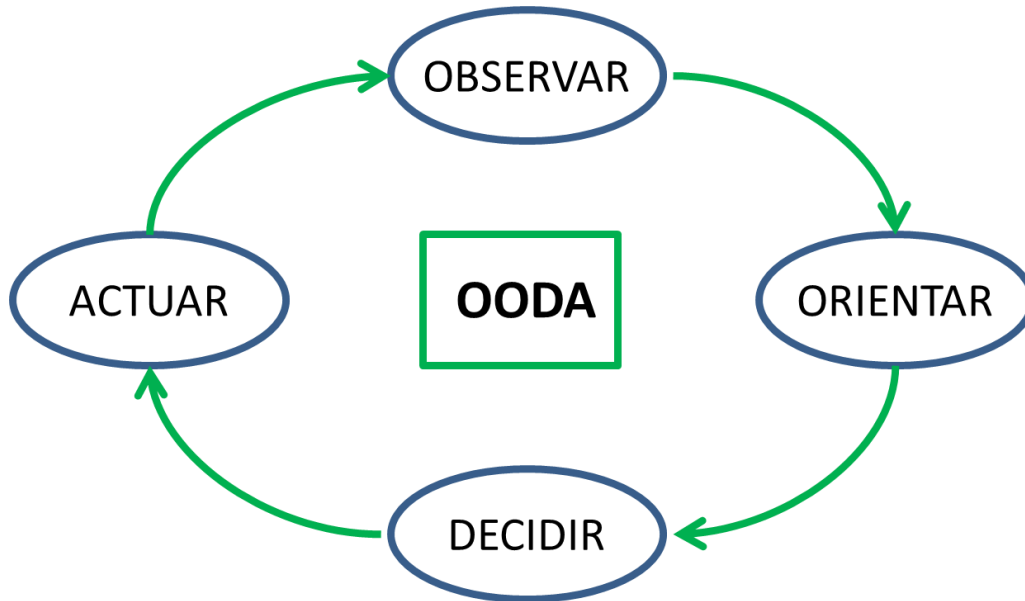


Ilustración 6 Ciclo OODA.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que el individuo ha actualizado su modelo del entorno, puede decidir qué acciones va a realizar. Con un modelo actualizado, el individuo puede ver cómo sus acciones afectarán en el futuro, tanto las que beneficien como las que perjudiquen. Usando la razón, tomará la decisión que considere más acertada.

Por último, durante el paso de acción, el individuo realiza las acciones de las decisiones tomadas. El bucle OODA modela un ciclo de retroalimentación entre el decisor y su entorno. Se pueden obtener ventajas sobre los adversarios «operando dentro de su bucle OODA», es decir, decidiendo y actuando más rápido para intentar ser imprevisibles (Boyd 1987, p 44, 47).

Cada combatiente es un sensor. En este caso, un UAV es un receptor más de información. Información que, como se ha visto previamente, es muy útil ya que se puede adquirir de lugares del campo de batalla donde no alcanzan los medios de obtención de información actuales que posee una compañía de fusiles. La clave del éxito en una operación es aplicar el ciclo OODA de forma rápida y eficaz para mantener la iniciativa.



5 Análisis de riesgos en la implementación y empleo de UAVs

Durante el proceso de implementación y posteriormente con su empleo, existen diferentes riesgos que hay que tener en cuenta. Estos surgen a partir de la encuesta y posterior entrevista tanto a jefes de compañía como a personal experto en UAVs que han dado diferentes puntos de vista y se ha extraído posibles riesgos que puedan interferir, e incluso anular la capacidad en el uso de este tipo de sistemas en una compañía de fusiles. Los riesgos se dividen en tres categorías: formativo, logístico y operativo.

Riesgos formativos

- Imposibilidad de formar a operadores UAV en las propias unidades.
- Escasez de personal capacitado.
- Limitación para el uso del espacio aéreo durante la instrucción y adiestramiento.

Riesgos logísticos

- Falta de fuentes de energía alternativas.
- Lentitud en la implementación de UAVs en compañías de fusiles.
- Falta de suministro de recambios.

Riesgos operativos

- Contramedidas RPAS enemigas.
- Duración limitada de la batería.
- Impacto en las capacidades del operador por peso elevado del sistema.
- No tener suficiente alcance operativo.

Todos estos riesgos se han recopilado en una lista y se han evaluado, clasificando la clase de riesgo, la probabilidad que ocurra y el impacto que tienen, así como una matriz de riesgos.

Como se muestra en la Tabla 3, cabe destacar el riesgo operativo, en el empleo de UAVs, una duración limitada de la batería. Es un factor muy importante, respaldado por las respuestas de la encuesta en la pregunta número once (11). Tiene una consecuencia directa con el tiempo de vuelo de la aeronave. Una capacidad limitada de la batería requiere su cambio por otra nueva, lo que conlleva volar el UAV al punto de origen, aterrizar, cambiar la batería, despegar y volver al punto donde se encontraba realizando su misión. Todo este proceso acarrea una pérdida de tiempo y periodos de tiempo en el transcurso de una operación de falta de información preciada.



ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas
1	IMPOSIBILIDAD DE FORMAR A OPERADORES UAV EN LAS PROPIAS UNIDADES	FORMATIVO	Incapacidad legal para formar dentro de las propias unidades a operadores	H	1	1H	Dependencia formativa y mayor demora de tiempo	Permitir a las unidades tener la competencia de poder capacitar a operadores específicos para este puesto
2	FALTA DE FUENTES DE ENERGIA ALTERNATIVAS	LOGISTICO	No tener la posibilidad de cargar baterías a través de fuentes de energía como la solar o a partir de vehículos	H	2	2H	Falta de energía para las baterías del sistema	Proveer con adaptadores para la conexión vehicular / obtención de energía solar a través de baterías recargables
3	LENTITUD DE LA IMPLEMENTACION DE UAVS EN COMPAÑIAS DE FUSILES	LOGISTICO	Retrasos en el proceso de implementación por problemas legales, económicos y burocráticos	M	1	1M	Demora en la mejora de las capacidades operativas de una compañía y obsolescencia tecnológica	Promover y dar preferencia al proceso respecto a otros proyectos.
4	CONTRAMIEDAS RPAS ENEMIGAS	OPERATIVO	Inhibidores o sistemas de guerra electrónica que use el enemigo	H	2	2H	Inutilización del UAV	Empleo preventivo de medidas de guerra electrónica por parte de las fuerzas propias que inutilice las del enemigo.
5	DURACION LIMITADA DE LA BATERIA	OPERATIVO	Capacidad limitada de almacenamiento de energía de las baterías	H	3	3H	Poco tiempo de vuelo	Poder disponer de dos aeronaves en el aire a la vez / baterías de recambio suficientes
6	ESCAZAZ PERSONAL CAPACITADO	FORMATIVO	No tener actualmente un sistema formativo completo para capacitar a personal	H	2	2H	No tener personal capacitado que pueda operar sistemas UAV	Crear un curso de especialización interno en las unidades para poder obtener dicha capacitación
7	FALTA DE SUMISTRO DE RECAMBIOS	LOGISTICO	Limitaciones en tiempo y dependencia de compra de suministros a un único proveedor	H	2	2H	Inoperatividad del sistema	Capacidad de crear piezas de repuesto fungibles (híbridos) a través de impresoras 3D
8	IMPACTO EN LAS CAPACIDADES DEL OPERADOR POR PESO ELEVADO DEL SISTEMA	OPERATIVO	Peso elevado del conjunto del sistema	M	2	2M	Mermas en las capacidades físicas del operador que transporta el sistema	Elección de un sistema UAV con un peso contenido para el transporte a pie
9	NO TENGA SUFICIENTE ALCANCE OPERATIVO	OPERATIVO	Las señales emisoras y receptoras no tengan suficiente alcance entre la aeronave y la estación de control terrestre	H	1	1H	No tener suficiente alcance para observación completa de la zona de acción de la compañía	Elección de un sistema UAV con suficiente alcance de ondas de radio
10	LIMITACION PARA EL USO DE ESPACIO AEREO DURANTE LA INSTRUCCION Y ADIESTRAMIENTO	FORMATIVO OPERATIVO	Restricciones legales para el uso de el espacio aéreo de una zona determinada	H	1	1H	Imposibilidad de volar el UAV, en consecuencia mermar el progreso en la instrucción y adiestramiento	Uso de simuladores específicos como alternativa puntual.

Tabla 3 Recopilación de riesgos

Fuente: Elaboración propia



Matriz riesgos proyecto					Estadística	
Probabilidad	3	0	0	1	Clase riesgo	Número
	2	0	1	4	Crítico	1
	1	0	1	3	Alto - medio	4
		Low	Medium	High	Medio	5
		Impacto			Bajo	0
					Total:	10

Tabla 4 Matriz de riesgos

Fuente: Elaboración propia

Para paliar los efectos de este riesgo crítico, se proponen las alternativas de poseer suficientes baterías para que no se deje de volar por consecuencia de falta de estas, posibilidad de adquirir pilas de larga duración y tener dos aparatos disponibles en vuelo permite una permanente actividad. Mientras una primera aeronave vuela, la segunda regresa para cambiar las baterías y posteriormente vuelve para que se puedan cambiar las de la primera.

Respecto a los riesgos de clase alto-medio, destacan los riesgos logísticos ante una posible falta de suministro de energía que pueda recargar las baterías del sistema y la falta de suministros de recambio, como son las hélices de los rotores. El riesgo operativo de un posible empleo por parte del enemigo de realizar acciones de contramedidas RPAS está cada día más presente. Por ello, no es conveniente el uso de UAS con un tipo de tecnología que no posea seguridad y medidas que anulen las acciones del enemigo. La adquisición de un UAS específico para el empleo en entorno militar permite disminuir los efectos que provoque un ataque de guerra electrónica. Por último, la escasez de personal capacitado es un hecho que provoque la lentitud en el proceso de implementación, haciendo que las unidades no puedan disponer de un UAV en una compañía y tengan una capacidad de combate mermada. Por ello se hace la propuesta de un sistema formativo más eficiente.

Más adelante, en los apartados seis (6) y siete (7) de la memoria, se desarrollan con más detenimiento mejoras ante posibles problemas/riesgos formativos. Los de tipo logístico se detallarán las medidas en el apartado once (11).



6 Análisis de la situación actual de la formación en UAVs en el Ejército de Tierra

Actualmente, concretamente el Ejército de Tierra, para tener la formación y capacitación en el uso de UAVs existen cursos para la obtención del título de operador de sistemas no tripulados. En el Ejército de Tierra posee de dotación en los batallones de infantería el RQ-11 Raven. Existen otros cursos específicos para otros tipos de UAVs, como el IAI Searcher usado en un nivel superior a un batallón, pero al enfocar el estudio en una compañía de fusiles hace que solo haga falta centrarse en aeronaves de tipo I, como el ejemplo del Raven.

6.1 Curso de obtención del título de operador de sistemas no tripulados de tipo I

Es un curso donde la formación la imparte el Ejército de Tierra mediante la ACAVIET en Colmenar Viejo y el Ejército del Aire en la Escuela de Sistemas Aéreos no Tripulados del GRUEMA en Salamanca. El Ejército del Aire, concretamente el JEMA, es el que da la acreditación para poder ser un Operador de Sistemas Aéreos no Tripulados, que se define como aquella persona designada específicamente para operar remotamente los mandos de vuelo de una aeronave no tripulada, ejecutando la misión programada con las adecuadas garantías de seguridad y eficacia operativa (Infodron, 2017).

	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3		SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6		
FASE GENERAL	UCO,s PROCEDENCIA			EXAMEN TEÓRICO (ACAVIET)				EXAMEN TEÓRICO/PRÁCTICO (GRUEMA)	TÍTULO OPERADOR UAS TIPO I
	TEORÍA								
FASE ESPECÍFICA					GRUEMA				
				TEORÍA	PRÁCTICA				

Ilustración 7 Esquema Curso UAS tipo I.

Fuente: Elaboración propia.

El plan de estudios diseñado tiene una duración total de seis semanas y se compone de diferentes fases. Inicialmente, todo alumno requiere pasar un reconocimiento médico en el CIMA (Centro de Instrucción Médica Aeroespacial). En una primera fase general, las tres primeras semanas son de teoría y se realiza a distancia (cada alumno en la unidad donde este destinado). Se finaliza con un examen teórico en la ACAVIET. Los alumnos que hayan superado el primer examen, pasarán a la fase específica donde tendrán una semana de teoría y dos semanas de prácticas de vuelo y planeamiento de operaciones. Se imparten materias como doctrina aérea, meteorología, características técnicas y principios de vuelo, derecho aéreo, seguridad en vuelo y planeamiento de misión. Esta fase finaliza con un examen teórico y práctico en el GRUEMA. Una vez se pasa con éxito la formación, el JEMA acredita a los nuevos Operadores de Sistemas Aéreos no Tripulados, obteniendo la licencia/carnet para los aparatos de tipo I, en este caso.



Finalmente, se tiene que realizar una certificación según el sistema que se vaya a operar. Esta certificación se lleva a cabo en la propia Unidad de destino si se cuenta con el sistema y con el personal instructor. Si no se cuenta con un UAV en la Unidad del titulado, la certificación la deberá obtener a través de instructores de otra Unidad. La certificación consiste en cumplir un plan de instrucción, tanto teórico como práctico, en el que con 10 horas de vuelo se obtiene la certificación CR-1 (Combat Ready-1) y con 20 horas de vuelo el CR-2.

6.2 Limitaciones

Tras explicar el curso que capacita volar UAVs de tipo I (hasta 150kg), su título es completamente válido y suficiente para que el personal que tenga esta certificación pueda ocupar las vacantes para ser operadores de UAVs a nivel compañía. Sin embargo, la obtención de este acarrea diferentes limitaciones como:

- Pocas convocatorias de cursos anuales.
- Plazas de personal limitadas.
- Tiempo de realización del curso (6 semanas).
- Traslado del personal fuera de sus unidades a los diferentes centros de formación (ACAVIET y GRUEMA)

Estas limitaciones traen consigo una inversión alta en tiempo y personal. A partir de las entrevistas con profesionales en materia de docencia en este tipo de cursos, para poder obtener una capacitación suficiente para satisfacer las necesidades que busca este proyecto, el proceso de formación se podría simplificar bastante empleando menos tiempo, menos personal y por ende, menos dinero. En el siguiente apartado se desarrolla la propuesta de formación y capacitación de operadores UAVs, así como su integración en la orgánica dentro de una compañía de fusiles.



7 Propuesta de formación y capacitación de operadores UAVs y actualización de orgánica a nivel compañía

Una vez visto el plan de estudios del curso para la obtención de la licencia de tipo I, se pueden extraer diversas conclusiones y problemas. Si el objetivo principal es la implantación de UAVs a nivel compañía, se requiere la formación de bastante personal capacitado para el puesto. Un batallón de infantería (MADOC, 2009), por orgánica se compone de cinco compañías: tres compañías de fusiles, una compañía de mando y apoyo y una compañía de servicios.

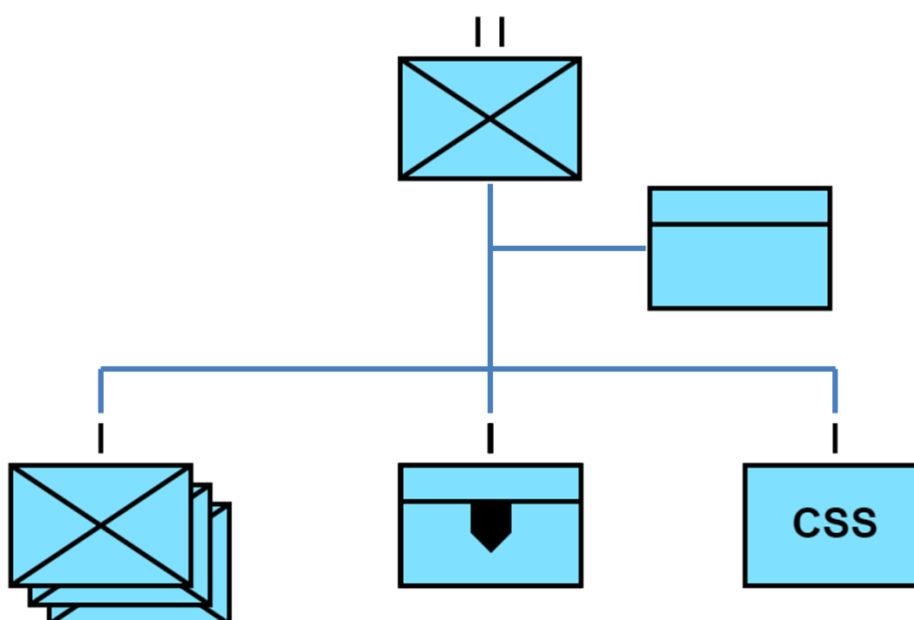


Ilustración 8 Orgánica batallón de infantería ligera

Fuente: Elaboración propia.

Para que cada jefe de compañía pueda disponer a su mando un operador de UAV (excepto la compañía de servicios que encuadra los elementos logísticos del batallón y ejecuta las funciones de abastecimiento, mantenimiento y asistencia sanitaria) se requeriría a cuatro operadores capacitados en el vuelo de drones para cubrir la plantilla en un batallón de infantería ligera.

A partir de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a jefes de compañía y personal con la licencia de vuelo para UAVs de Tipo-I, como también la información obtenida sobre aspectos docentes en esta materia en países del entorno OTAN (MADOC, 2019), se propone un modelo para la formación de los futuros operadores de UAVs en las compañías.



7.1 Propuesta modelo formativo

En el Ejército de Tierra francés existe un curso (MADOC 2019) para la formación de pilotos de dron de categoría M-I (categoría civil de drones menores de 2 kg de peso). Este curso está dirigido a los oficiales, suboficiales o tropa destinados en una unidad equipada con drones de categoría M-I.

El objeto de esta formación, de una semana de duración es la de formar a los oficiales, suboficiales o tropa en el pilotaje de drones de categoría M-I con el límite de vuelo a la vista. También para estar en condiciones de aconsejar a un jefe sobre el empleo de drones de categoría M-I velando por el respeto de la reglamentación en vigor y por la seguridad de los vuelos. El diploma se entrega en función del material empleado durante la formación. Para la obtención del título es necesario haber completado al menos 10 vuelos con un total de 3 horas de vuelo.

Como propuesta, en la entrevista realizada con el grupo de expertos, se expuso un modelo similar al francés:

- Un reconocimiento médico previo.
- Curso de una semana, donde se enseñe:
 - Las características técnicas del modelo de UAV que se vaya a volar (el que se implemente en las compañías).
 - Asesoramiento al mando.
 - Normativa vigente.
 - Seguridad de vuelo.
 - 10 vuelos (3 horas).
- Capacitación para volar el modelo que se determine.

7.2 Propuesta orgánica operador UAV

Una vez se haya realizado el curso y el alumno obtenga la capacitación para poder volar el sistema, quedará encuadrado bajo el mando directo del jefe de compañía dentro de su plana mayor. Para actividades de instrucción específica, estará bajo las directrices del operador con licencia de Tipo I del batallón (Jefe del equipo UAV del batallón), creándose un equipo de operadores de UAVs de compañía. Esto es similar a lo que ocurre con los tiradores de precisión, los cuales en la instrucción y adiestramiento dependen del jefe del equipo de tiradores del batallón.

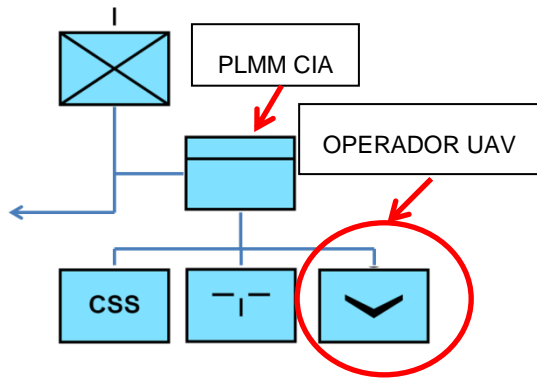


Ilustración 9 Orgánica operativa

Fuente: Elaboración propia

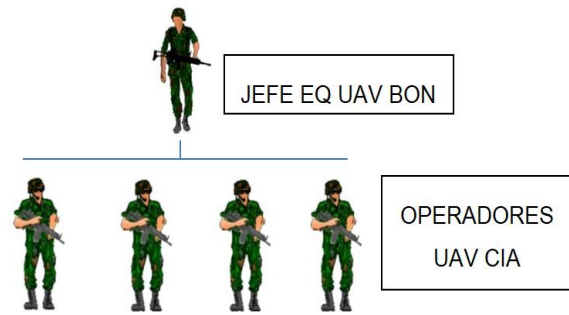


Ilustración 10 Orgánica funcional (instrucción)

Fuente: Elaboración propia



8 Características técnicas de los RPAS

Los RPAS por lo general tienen los mismos elementos que los sistemas basados en los aviones tripulados, pero con el elemento aire, es decir la aeronave, diseñada desde su concepción para ser operada sin tripulación a bordo. La tripulación de vuelo (como un subsistema), con sus interfaces con los controles de la aeronave, etc., se sustituye por una inteligencia electrónica y el subsistemas a de mando y control.

Un RPAS tiene unos automatismos que le hace capaz de realizar el vuelo acorde a lo planeado, comunicarse con la estación de control y enviarle los datos de su telemetría (posición, velocidad, rumbo o altitud), así como la información registrada por su carga útil (casi siempre cámaras).

Si se produce un fallo, el RPAS está diseñado para que de forma automática tome medidas correctivas y/o alerte a su operador. En el caso que, por ejemplo, la comunicación entre el operador y vehículo se pierda, entonces el RPA puede ser programado para la vuelta automáticamente al lugar de recuperación determinado.

8.1 Arquitectura de un RPAS

Como se ha visto previamente, un RPAS es un conjunto de sistemas y subsistemas, dependiendo del tipo del que se trate, se encuentra una gran cantidad de diferencias entre ellos, unos muy sencillos y otros muy complicados, junto con elementos de apoyo. Por lo general los sistemas de poco peso, que es el caso de los tratados en este proyecto, son sencillos, pero tienen todos los elementos que se ven a continuación.

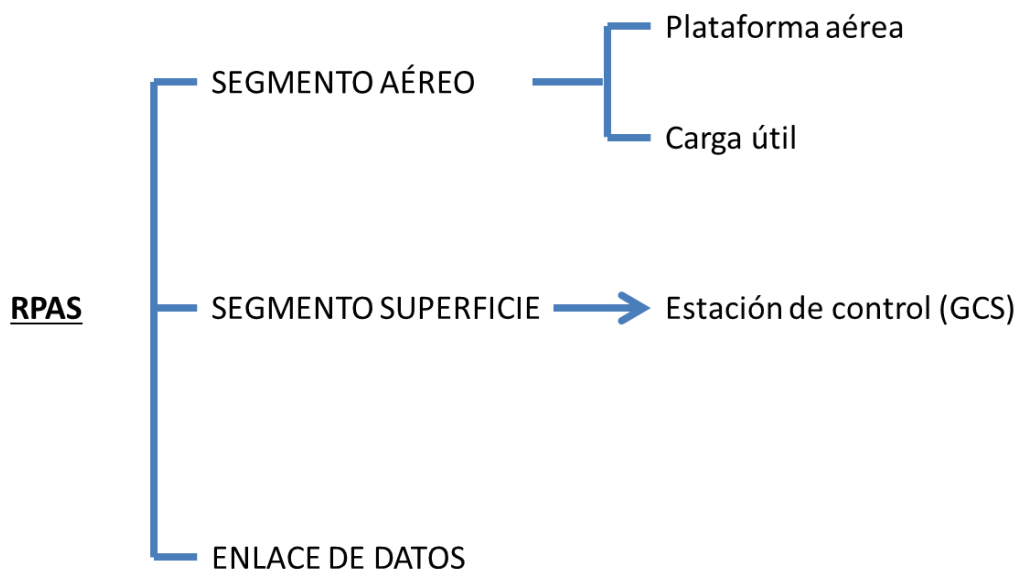


Ilustración 11 Arquitectura de los RPAS

Fuente: Elaboración propia



8.2 Segmento aéreo

Está formado por la parte que vuela del sistema. La aeronave, sea del tipo que sea, y la carga útil, es decir los sensores que lleve nuestra aeronave.

8.2.1 Plataforma aérea

El tipo y las características del vehículo aéreo se determinan principalmente por las necesidades de la misión que tenga encomendada la aeronave. La tarea de la aeronave es principalmente el transporte de la carga útil, pero también tiene que portar los subsistemas necesarios para su funcionamiento. Estos subsistemas incluyen el enlace de comunicaciones, la estabilización y equipos de control, central eléctrica y de combustible, suministros de energía eléctrica, la estructura básica del fuselaje y los mecanismos necesarios para que el avión lanzado lleve a cabo su misión y sea recuperado.

Otros factores determinantes en el diseño de la aeronave son el radio de acción, la velocidad y la autonomía que le exija la misión. La autonomía y alcance determinará la carga de combustible o de la capacidad de la batería. Conseguir una carga de combustible pequeña y un rendimiento máximo requiere un sistema de propulsión eficiente y una excelente aerodinámica.

La velocidad necesaria o la capacidad de la aeronave para realizar un vuelo estacionario, por ejemplo, es determinante para saber si se requiere usar una aeronave de ala fija como los aviones o de ala rotatoria como los helicópteros o multirrotores.

8.2.2 Carga útil

La carga útil es el equipo embarcado específico para cada tipo de misión, no es necesario para la operación de vuelo de la plataforma aérea (RPA) pero es la razón de ser del vuelo, volar el sensor o sensores de la aeronave.

El tipo de carga útil estará determinado por las necesidades de la operación. En el caso de un RPAS enfocado a la observación, como es el caso de este trabajo, la carga útil principalmente serán las cámaras de tipo EO (electro-ópticas) o IR (infrarrojas).



Ilustración 12 Cámara electro-óptica

Fuente: <https://www.alamy.es/>



Ilustración 13 Imagen térmica infrarrojos

Fuente: Manual usuario Huginn X1 V3



Durante el vuelo, es necesario saber en todo momento una serie de datos como la posición, velocidad, altura o rumbo de la aeronave. También es necesario poder enviarle en tiempo real cualquier tipo de modificación que se necesite en su ruta. Los RPA vuelan prácticamente de manera autónoma y lo hacen siguiendo las órdenes de su FCS (flight control system/sistema de control de vuelo). El FCS es el encargado de controlar la aeronave, guiarla y realizar las funciones de navegación. El sistema de navegación incluye el autopiloto y todos los sensores necesarios para garantizar la autonomía funcional y la fiabilidad operacional que se necesita en el vuelo.

De todos los sensores del sistema de control del vuelo, uno de los más importantes es el sistema de posicionamiento global (GPS) que accede a información posicional de un sistema de satélites alrededor de la tierra.

Además del GPS, existen otros sensores como la IMU (Inertial Measurement Unit) que mediante sistemas de giróscopos determinan la posición exacta de nuestra aeronave con respecto al horizonte y dan al piloto automático la información para que este corrija las posiciones de la aeronave.

8.3 Segmento terrestre

8.3.1 Estación de control (GCS)

La GCS (Ground Control Station) es el centro de control del sistema, la interfaz entre los segmentos aéreo y terrestre. Es donde se programa el vuelo y proporciona el control sobre la plataforma aérea a través de la carga útil y la explotación de la información captada por los sensores.



Ilustración 14 Estación de control

Fuente: Manual usuario InstantEye Mk3

Hay una gran variedad de estaciones de control dependiendo de cada sistema y lo sofisticado que sea, pero por lo general se componen de un ordenador y los mandos necesarios para el control.



8.4 Enlace de datos y antenas

El enlace o DATA LINK, es el cordón umbilical que une la GCS a la aeronave. Es de vital importancia para el éxito de la misión y es uno de los puntos vulnerables del sistema.

Para que este enlace sea posible, los segmentos aéreo y terrestre transfieren la información a través de las antenas que poseen ambas partes y pueden ser direccionales u omnidireccionales.

Las comunicaciones entre las antenas proporcionan los enlaces de datos (arriba y abajo, UP LINK y DOWN LINK) entre la GCS y la aeronave. El medio de transmisión normalmente usado es la radiofrecuencia.

La información ascendente (UP LINK), es decir, entre la GCS y la aeronave es la correspondiente a los comandos de control de la aeronave y de la carga útil.

La información descendente (DOWN LINK) entre la aeronave y la GCS, son los datos de transmisión de posición en la aeronave, los de la información de los sensores y los de transmisión de estado de la aeronave como son el estado de baterías, enlace de datos, etc.



9 Análisis de mercado

Como ya se ha visto previamente, existe en el mercado un amplio abanico de tipos de UAVs, desde pequeños drones de juguete a grandes sistemas aéreos no tripulados usados a nivel profesional. Los drones usados a nivel profesional, están diseñados específicamente para realizar tareas concretas: salvamento y rescate, contra incendios, agricultura, minería, ganadería... Cada tipo se configura según las necesidades. Por ello es necesario conocer unos criterios para acotar la búsqueda del UAV más adecuado para su empleo en una compañía de fusiles. A partir de las encuestas realizadas, se obtienen una serie de requerimientos:

- Carga útil

La carga útil que debe tener un UAV destinado a realizar tareas de obtención de información dentro de una compañía de fusiles debe tener dos tipos de cámaras, al menos una de tipo electro-óptica (para una visión de una imagen real) y otra de tipo IR (infrarrojos para una visión térmica del entorno). La visión térmica es fundamental gracias a que con ella se puede diferenciar perfectamente fuentes de calor, como pueden ser vehículos o personas, en un ambiente con baja luminosidad.

- Alcance de uso

El alcance de uso debe llegar a cubrir toda el área donde opere la compañía. Esta debe ser al menos hasta el alcance máximo del empleo de las armas propias de la compañía. Los morteros es el armamento que más alcance adquiere. Las compañías de fusiles tienen de dotación el mortero de 81 mm, el cual tiene un alcance máximo de aproximadamente unos 6 km. Este dato es importante, ya que el UAV puede localizar enemigo y ayuda a calificar los tiros de mortero. Por lo tanto, una distancia mínima necesaria para cumplir este requisito sería 4,5 km aproximadamente (con una línea de visión de 1,5 km gracias a las cámaras del sistema).

- Vuelo en estacionario

La aeronave debe ser de ala rotatoria para que sea capaz de mantenerse en estacionario. Esto facilita en gran medida tanto el despegue como el aterrizaje de la aeronave, ahorrando tiempo de despliegue y repliegue del sistema.

- Tecnología militar

El UAV debe estar diseñado para su uso específico para el ambiente militar. Además de tener un hardware adaptado a las condiciones extremas que pueda someterse (agua, polvo, golpes...), el software cobra aún más importancia. Todo ello con capacidad de integración en sistemas de mando y control, dificultad de ser interceptado por medios de guerra electrónica enemigos...

- Rapidez y facilidad en el despliegue, uso y transporte.



El sistema tiene que tener un peso contenido para que pueda transportarlo el operador a pie sin que se vea mermada sus capacidades de combate, pudiendo llevar todo el sistema en una mochila. El tiempo de despliegue rápido y un uso sencillo que solo requiera unos pocos días para la instrucción del operador.

Tras ver qué requerimientos debe tener el UAV que más se adecúa a las necesidades de una compañía de fusiles y analizar el mercado, se da como propuesta los siguientes modelos:




UAS	<u>HUGINN X1</u>	<u>PASSER</u>	<u>INSTANTEYE MK3</u>
ILUSTRACION			
TIEMPO VUELO	25 min	60 min	45 min
ALCANCE	5 km	6 km	7.5 km
PESO TRANSPORTE	7,380 kg	18,420 kg	15,350 kg
PESO AERONAVE	0.940 kg	2 kg	1.652 kg
DIMENSIONES AERONAVE	255 * 220 * 75 mm	1284 * 845 * 174 mm	305 * 305 * 64 mm
VELOCIDAD MAX	36 km/h	40 km/h	35 km/h
VIENTO MAX	8 m/s	18 m/s	13 m/s
EMPRESA	SKY-WATCH (Dinamarca)	GMV-AUREA AVIONICS (España)	INSTANTEYE (Estados Unidos)
TIEMPO DESPLIEGUE	2 min	3 min	2 min

Tabla 5 Características técnicas de los modelos de UAV propuestos

Fuente: Elaboración propia



10 Propuesta elección UAV más adecuado

Una vez hecho el análisis del mercado, se ha seleccionado tres modelos que poseen los mínimos requerimientos que se han detallado durante el proceso anterior.

10.1 Resultados de las encuestas

Para establecer las ponderaciones para realizar una clasificación y obtener qué modelo es el que más se adapta a una compañía de fusiles, se obtienen a través de las encuestas realizadas. Los resultados obtenidos para medir el grado de importancia y marcar el peso de una característica para la su evaluación en la matriz de decisión son los siguientes:

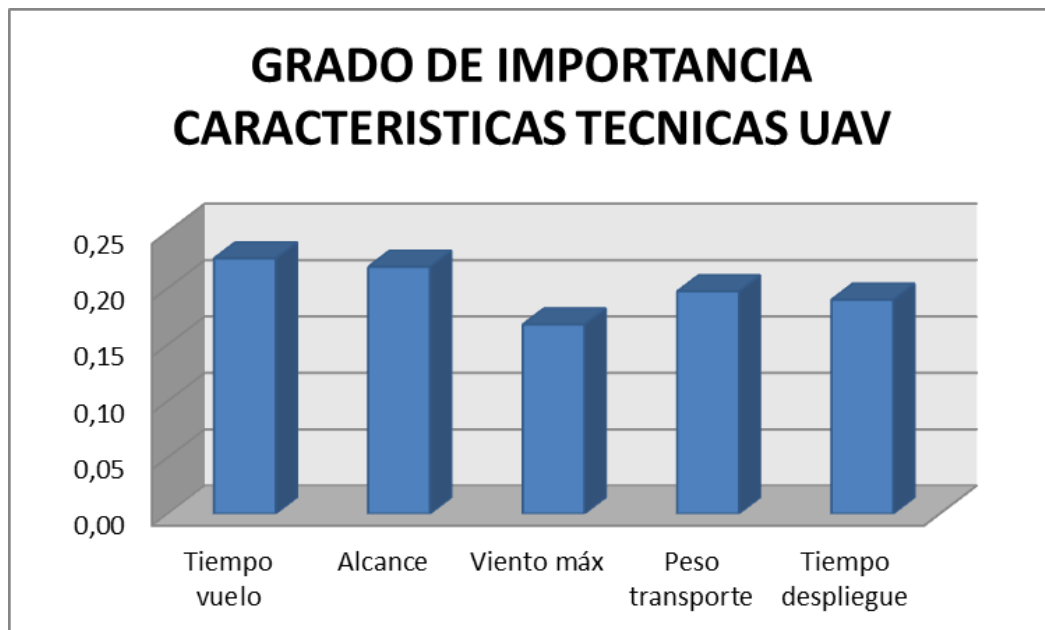


Ilustración 15 Grado de importancia en las características técnicas de los UAV

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se concluye que se prioriza el tiempo de vuelo, seguido del alcance, la ligereza del transporte del sistema, la velocidad de despliegue para poner en vuelo la aeronave y la capacidad de soportar ráfagas fuertes de viento.

10.2 Ponderaciones y clasificación

En este proceso se va a puntuar cada factor técnico de los diferentes modelos de sistemas en base a los datos técnicos que ofrece cada empresa. Los datos se muestran a través de un radar chart por cada sistema:

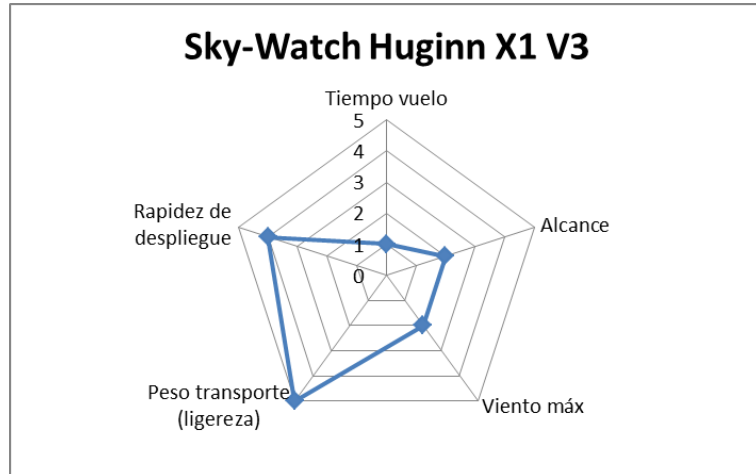


Ilustración 16 Radar chart Sky-Watch Huginn X1 V3

Fuente: Elaboración propia

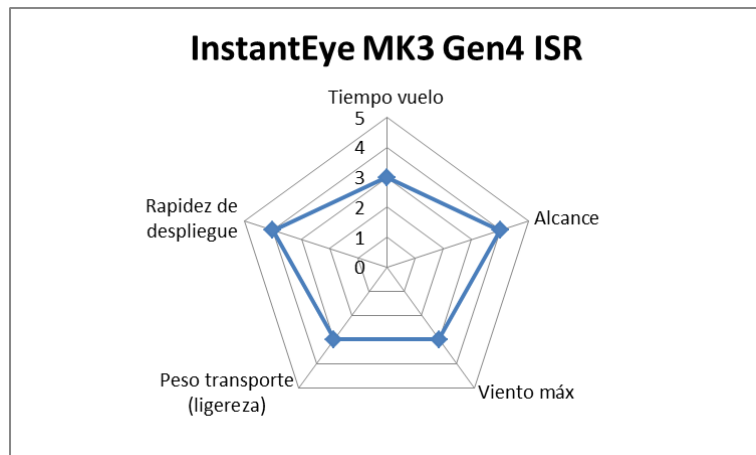


Ilustración 17 Radar chart InstantEye MK3 Gen4 ISR

Fuente: Elaboración propia

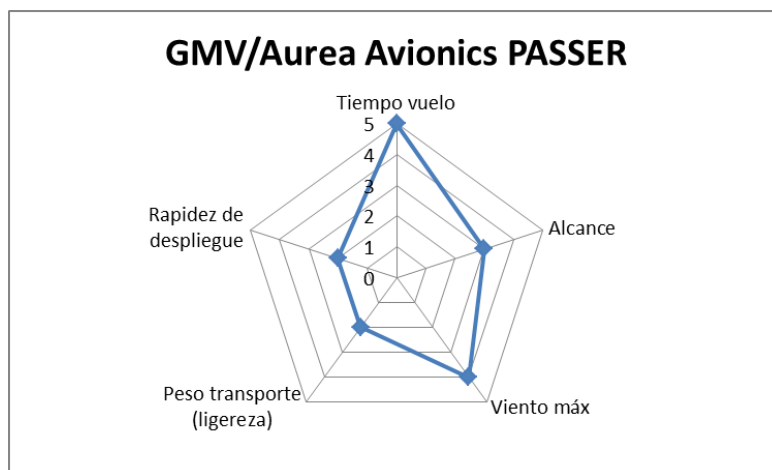


Ilustración 18 Radar chart GMV/Aurea Avionics PASSER

Fuente: Elaboración propia



Para hallar el peso que tiene cada uno de los factores técnicos, se obtiene de la pregunta número once (11) de la encuesta realizada. A partir de estos cálculos que se indican a continuación dan como resultado el peso de cada uno de los factores.

	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>
PONDERACIÓN PREGUNTAS	1	0,75	0,5	0,25	0

Tabla 6 Ponderación preguntas

Fuente: Elaboración propia

SUMA DATOS	
a)	7,5
b)	7,75
c)	6,75
d)	6,5
e)	5,75
TOTAL	34,25

SUMA DATOS DE CADA PREGUNTA (a,b,c,d,e) =

$$n^{\circ} \text{ RESPUESTAS (A)} * 1 + n^{\circ} \text{ RESPUESTAS (B)} * 0,75 + n^{\circ} \text{ RESPUESTAS (C)} * 0,5 + n^{\circ} \text{ RESPUESTAS (D)} * 0,25 + n^{\circ} \text{ RESPUESTAS (E)} * 0$$

Tabla 7 Suma datos

Fuente: Elaboración propia

PESO FINAL	
a)	0,2189781
b)	0,22627737
c)	0,19708029
d)	0,18978102
e)	0,16788321
TOTAL	1

PESO FINAL DE CADA PREGUNTA (a,b,c,d,e) =

$$\text{SUMA DATOS (a,b,c,d,e) / TOTAL SUMA DATOS}$$

Tabla 8 Peso final

Fuente: Elaboración propia

Realizando una tabla de ponderaciones comparando cada factor técnico de cada modelo y dando una puntuación en función a las características técnicas que muestra cada fabricante, se obtiene la siguiente tabla:

MODELO UAV		HUGINN X1		PASSER		INSTANTEYE MK3	
Factores	Peso	Puntuación	Ponderación	Puntuación	Ponderación	Puntuación	Ponderación
Tiempo vuelo	0,2263	1	0,2263	5	1,1315	3	0,6789
Alcance	0,2190	2	0,438	3	0,657	4	0,876
Viento máx	0,1678	2	0,3356	4	0,6712	3	0,5034
Peso transporte	0,1971	5	0,9855	2	0,3942	3	0,5913
Tiempo despliegue	0,1898	4	0,7592	2	0,3796	4	0,7592
Total	1	Total	2,7446	Total	3,2335	Total	3,4088

Tabla 9 Matriz de decisión

Fuente: Elaboración propia



Como conclusión se obtiene que el modelo InstantEye MK3 Gen4 ISR de la empresa estadounidense InstantEye es el más idóneo según los requerimientos especificados para su empleo en una compañía de fusiles.



11 Propuesta adaptaciones logísticas y su integración

En toda implementación de un sistema, existen problemas asociados que hay que identificar y proponer soluciones. En combate, cuanto menor sea la independencia logística, mayor probabilidad de éxito y mejor funcionalidad tendrá una unidad. En el caso del UAV, se pueden identificar algunos puntos críticos de funcionalidad como:

- Fuentes de energía para las baterías.
- Piezas de recambio fungibles.

11.1 Fuentes de energía para las baterías

Independientemente del sistema que se adquiere, al menos los modelos que se han sometido a estudio, las fuentes de alimentación proveen un voltaje de 12 V y de intensidad 5 A. Esta energía puede provenir de la red eléctrica, baterías específicas, mediante tomas auxiliares de un vehículo y paneles solares portátiles.

Dentro de las compañías de fusiles ligeras, tienen como vehículos tácticos en plantilla a los URO VAMTAC ST5/ST3. Ambos modelo poseen fuentes auxiliares de alimentación.

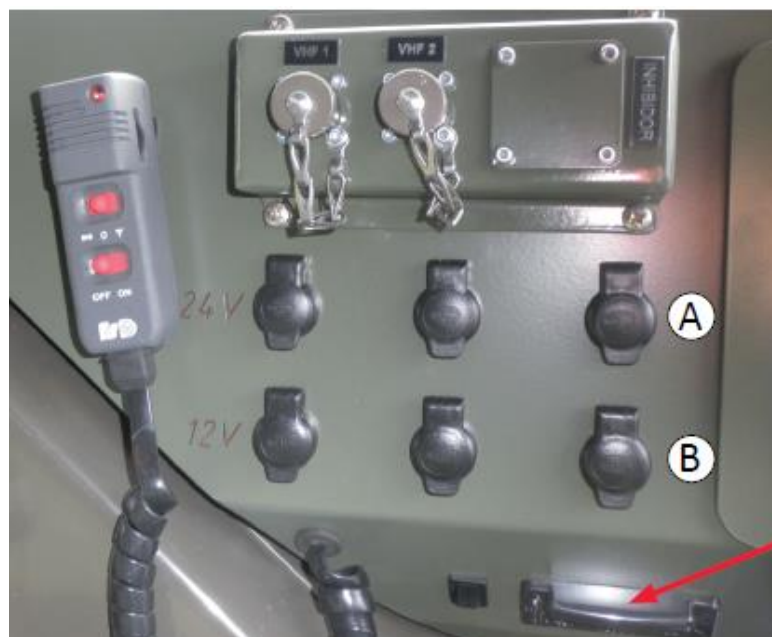


Ilustración 19 Tomas auxiliares VAMTAC ST-5

Fuente: Manual usuario VAMTAC ST-5

En la parte derecha del salpicadero se encuentran tomas de corriente continua ISO 4165: tres para 24V (A) y tres para 12V (B). Para el interés del trabajo, dispone de 3 tomas para 12V (MADOC 2017).



Otra opción es el empleo de paneles solares portátiles. En el mercado se puede encontrar de diferentes tipos con unas características similares: portátiles, plegables y compactos, sin añadir peso excesivo. Además, al estar diseñados para su empleo en actividades al aire libre tienen una clasificación de IP67, que les hace resistente al polvo y agua. La energía eléctrica transformada de la radiación solar se puede almacenar en estaciones de energía portátiles para cuando se requiera esa energía posteriormente.



Ilustración 9 Panel solar EcoFlow 160W

Fuente: <https://www.wattuneeed.com/>

Otra ventaja es que únicamente es necesaria la luz solar, por lo que es una vía de obtención de energía renovable, inagotable y no contaminante.

11.2 Piezas de recambio fungibles

En este tipo de sistemas es frecuente que las hélices de los rotores se rompan fácilmente, al ser piezas delicadas, debido a golpes, roces, etc. De serie suelen traer piezas de recambio, pero ese lote inicial se puede agotar y se tendría que hacer un pedido para solicitar nuevas piezas de recambio.

Una posibilidad que existe es crear hélices con impresión 3D a partir de los modelos originales, en caso de escasez de este tipo de recambios. Haciendo un modelo 3D a partir de un software CAD para modelado mecánico y diseño digital, como SolidWorks, se puede crear el archivo para posteriormente derivarlo en la impresora 3D.

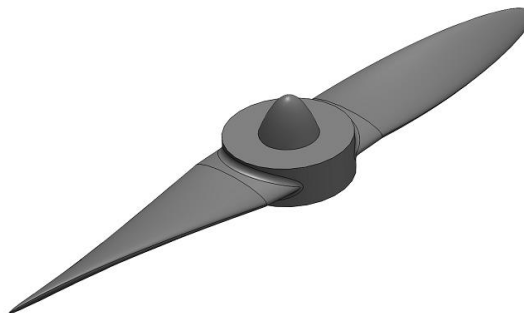


Ilustración 21 Diseño modelizado mediante SolidWorks de una hélice de recambio

Fuente: Elaboración propia



Respecto a la ocasión de poder utilizar una impresora 3D, en cada unidad a nivel Brigada se posee una. En el caso de la COMGECEU tienen una a disposición de la plaza. La implementación de estos sistemas se está llevando a cabo por todo el territorio nacional, por lo que en principio será más fácil el poder utilizar este tipo de dispositivos.



12 Conclusiones

La conclusión principal que se puede extraer es que el desarrollo del presente TFG mostrado en esta memoria ha alcanzado el objetivo principal de un posible ejemplo de propuesta de implementación de UAVs en las diferentes compañías de fusiles de infantería ligera del Ejército de Tierra.

Mediante la información obtenida de diferentes fuentes y con la encuesta realizada y las entrevistas a los diferentes grupos de expertos, se han sacado en conclusión diferentes aspectos:

- La evolución del combate hoy en día está mostrando con continuos ejemplos que los UAS están siendo, y serán, determinantes en el desarrollo de las batallas. No sólo revela la importancia que tiene. Las entrevistas y encuestas reflejan, además de la urgente necesidad y potencial de mejora que reside en la propuesta de este trabajo. Poniendo como ejemplo situaciones en las que si se hubiera tenido a disposición directa un UAS para tener mayor información del entorno, las decisiones se habrían tomado con más rapidez y mayor garantía de éxito. También influye en gran medida la independencia respecto al escalón superior que tendría una compañía en términos de obtención de inteligencia.
- No existe una formación actualmente específica para el tipo de puesto que se busca en este trabajo. Una formación concreta para que una persona pueda ser capacitada para pilotar un UAV encuadrado dentro de una compañía de fusiles. Actualmente este puesto lo podría ocupar un operador con licencia para volar drones de Tipo-I, pero esto conlleva demasiada inversión en tiempo y dinero. Por lo tanto, se propone en base a métodos de otros países OTAN, como Francia, el adaptar un curso donde se forma específicamente para el puesto requerido. Posteriormente, en la unidad de destino quedaría encuadrado en una compañía dentro de la plana mayor de mando, a las órdenes directas del capitán jefe de compañía. Respecto a la instrucción específica, estaría bajo las directrices del operador con licencia de Tipo-I del batallón, encargado de programar e impartir la instrucción de todos los operadores UAV del batallón.
- En cuanto a la adquisición del sistema óptimo, lo primero que se ha realizado es un estudio de mercado a partir de las características técnicas que debe reunir un sistema acorde a su uso en una compañía. Por ejemplo buscando un alcance que cubra las necesidades de una compañía o un fácil empleo y transporte. Posteriormente, habiendo elegido tres posibles sistemas, se comparan y se decide cuál es el más indicado para las funciones que se requieren. Todo ello a partir de las informaciones técnicas de cada uno y los datos obtenidos en la encuesta calculando unas ponderaciones específicas para realizar una matriz de decisión y



obtener el resultado final, siendo el modelo InstantEye MK3 el más indicado (comparado con los otros dos propuestos).

- En el análisis de posibles riesgos que se pueden dar, existen los de tipo logístico, los cuales se han expuesto diferentes propuestas para paliar los efectos de esos problemas. Diferentes fuentes de energía alternativas e independencia en repuestos utilizando materiales que tienen en las unidades, como el uso de una impresora 3D para la modelización de un rotor para usarlo como pieza de repuesto.

Como línea de acción futura, en el programa de la BRIEX 2035 de la Fuerza 35, se muestra que en un futuro próximo todas las compañías (incluyendo las de carros de combate o de otras armas) tengan implantados UAS con un sistema interconectado con todas las fuerzas propias en el campo de batalla. Todo ello llegando a nivel sección e incluso a nivel combatiente. Contribuye un gran potencial de información esencial para la toma de decisiones. Además, integrar los sistemas aéreos con otros sistemas no tripulados, en este caso terrestres.



13 Referencias bibliográficas

AureaAvionics [en línea]. (sin fecha). AureaAvionics. [Consultado el 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://aureaavionics.com/isr/passer>

Batallón de infantería ligera. PD4-101. ET, MADOC. Año 2009.

BOYD, J. *A Discourse on Winning and Losing*. Collection of Unpublished Briefings and Essays. Air University Library. Agosto 1987.

Compañía de infantería ligera. OR4-120. ET, MADOC. Año 2001.

De Havilland DH82B Queen Bee – de Havilland Aircraft Museum [en línea]. (sin fecha). de Havilland Aircraft Museum. [Consultado el 19 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.dehavillandmuseum.co.uk/aircraft/de-havilland-dh82b-queen-bee/>

Diferencia hay entre drone , UAV y RPAS [en línea]. (sin fecha). [Consultado el 18 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://www.airestudio.es/Faqs#:~:text=Un%20UAV%20\(o%20UAS\)%20es,System%20se%20refiere%20al%20sistema.](https://www.airestudio.es/Faqs#:~:text=Un%20UAV%20(o%20UAS)%20es,System%20se%20refiere%20al%20sistema.)

El Ejército del Aire forma a operadores de UAS - Noticias Infodron.es [en línea]. (2017). infodron.es. [Consultado el 7 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://infodron.es/id/2017/04/21/noticia-ejercito-forma-nueva-remesa-operadores.html>

Empleo de las fuerzas terrestres. PD1-001. ET, MADOC. Año 2011.

FUNKER530 - Veteran Community & Combat Footage, (2021). *Ukrainian Drone Buzzes Low Over Proxy Trenches, Records Russian Mine Launchers* [en línea]. YouTube. [Consultado el 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=XY6YjcUB_3I

Huginn X1.V3 - Sky-Watch [en línea]. (sin fecha). Tactical UAV/drone Systems for Defense & Security | Sky-Watch. [Consultado el 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://sky-watch.com/products-services/uav-platforms/huginn-x1v3/>

Informe respuesta del OFEN en el CDEC (Francia) sobre cursos de formación RPAS tipo I y II. CDE 1940 R. ET, MADOC. Año 2019.

InstantEye Mk-3 Systems – InstantEye Robotics [en línea]. (sin fecha). InstantEye Robotics. [Consultado el 14 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://instanteyerobotics.com/products/gen3/>

Los sistemas no tripulados. Documentos de seguridad y defensa nº 47. CSEDEN, MINISDEF. Año 2012.

Orientaciones la compañía de infantería ligera. OR4-120. ET, MADOC. Año 2001

Plan director de RPAS. DGAM. EAED, MINISDEF. Año 2015.

Proyecto RAPAZ y tecnologías anti-RPAS. Monografías del SOPT, MINISDEF. Año 2016



QUIÑONES DE LA IGLESIA, Francisco J. DIIIEEO153-2020. *Una revisión del concepto «guerra híbrida/actor híbrido»*. 30 de noviembre de 2020.

Sledge, M., (2014). *The Toll Of 5 Years Of Drone Strikes* [en línea]. HuffPost. [Consultado el 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: http://www.huffingtonpost.com/2014/01/23/obama-drone-program-anniversary_n_4654825.html

UAV Clasification Guide. JCGUAS, NNAG. Septiembre 2011.

Vehículo VAMTAC ST5 AP BIVALENTE. Manual de Operador y Mantenimiento Primer Escalón. MT-118. ET, MADOC. Año 2017.

WALKER, Robert G, *SPEC FI: The United States Marine corps and Special Operations*, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 1998, pp. 7-8





ANEXOS



Anexo I

Encuesta

ENCUESTA GENERAL DIRIGIDA A JEFES DE COMPAÑÍA DE INFANTERÍA LIGERA Y OPERADORES DE UAV DE BATALLÓN SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS EN PEQUEÑAS UNIDADES Y PROPUESTAS SOBRE POSIBLES MEJORAS E IMPLEMENTACIONES

EDAD:

ANTIGÜEDAD EN LA UNIDAD:

EMPLEO:

PUESTO TACTICO:

ESPECIALIDAD:

RESPONDA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

A Totalmente 100% **B** Mucho 75% **C** Neutral 50% **D** Poco 25% **E** Nada 0%

COMUNES (Jefes de compañía/Operadores UAV batallón)

1. ¿Cuánto considera de importante el empleo de sistemas aéreos no tripulados en el combate?

A B C D E

2. Dentro de una Compañía Ligera de fusiles, ¿considera suficiente la capacidad de obtención de información que tiene la Compañía con sus propios medios dentro de su Zona de Acción?

A B C D E

3. Para mejorar la eficiencia del ciclo ISTAR, ¿considera apropiado la implementación de un equipo UAV únicamente a las órdenes del JCIA?

A B C D E

4. Indique el grado de importancia que tendría el uso del equipo UAV en las siguientes operaciones tipo que puede ejecutar una compañía ligera de fusiles.

a) Reconocimiento de itinerario / punto sensible / zona

A B C D E



b) Misiones de vigilancia

A B C D E

c) Calificación de los fuegos de morteros, artillería, CAS...

A B C D E

d) Ataque inmediato

A B C D E

e) Defensa de una posición

A B C D E

f) Relevo de posiciones

A B C D E

g) Combate en Zonas Urbanizadas

A B C D E

h) Escolta

A B C D E

i) Adquisición de objetivos

A B C D E

5. ¿Cuánto cree que un UAV sería un elemento de cambio respecto a los medios de obtención de información que tiene una compañía?

A B C D E

6. ¿En cuánto considera la relevancia de una supuesta mejora respecto a la situación actual en el Ejército de Tierra con la implementación de un dron a nivel compañía?

A B C D E

JEFES DE COMPAÑÍA

7. Respecto a la posible orgánica, ¿dónde encuadraría el equipo UAV en la compañía?

- a) Plana de mando
- b) Sección de fusiles
- c) Sección de armas de apoyo
- d) Independiente
- e) Otro



8. ¿Ha tenido ocasiones en las que podría haber tomado una mejor decisión habiendo tenido a disposición un UAV para obtener más información?

A B C D E

OPERADORES UAV BATALLÓN

9. ¿Qué número de personas es el óptimo para conformar un equipo UAV a nivel compañía?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

10. ¿Cuánto considera fundamental que el UAV tenga una cámara con capacidad de visión térmica?

A B C D E

11. ¿Cuánta importancia considera que debe tener los parámetros técnicos de un nuevo UAV empleado en una compañía de fusiles?

a) Alcance

A B C D E

b) Autonomía/Tiempo de vuelo

A B C D E

c) Peso de transporte del sistema

A B C D E

d) Tiempo de despliegue

A B C D E

e) Capacidad de volar en condiciones de viento adversas.

A B C D E



ANEXO II

VISIÓN FUERZA 35 (BRIEX 2035)

EVOLUCIÓN DE CAPACIDADES DE INTELIGENCIA

