

Trabajo Fin de Grado

Implementación de RPAS en los GACA de las Brigadas para su uso por los NFO/JFO

Autor

CAC. Francisco Javier Peñas Dendariena

Directores

Dr. Francisco Javier Luzón Marco

Cap. Iván Lázaro Frías

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2018

Agradecimientos

Me gustaría agradecer en primer lugar a todos los miembros de la 1ª Batería del Grupo de Campaña II de la Legión por su gran acogida y el excelente trato que ha hecho que me sintiese como uno más de la Batería. En especial me gustaría agradecer al Teniente Pedro Paños por su dedicación y continua ayuda a la hora de corregir y mejorar el trabajo. También me es muy grato dar las gracias al Doctor Francisco Javier Luzón Marco y al Capitán Iván Lázaro Frías por su interés y su implicación, que sin ellos no habría sido posible. Finalmente me gustaría agradecer a mi familia y a todos mis amigos por su continuo apoyo, ánimo y ayuda a lo largo de todos estos años de Academia, que sin ellos no estaría hoy donde estoy.

Índice

Resumen	v
Abstract	vii
Lista de abreviaturas.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
1. Introducción.....	1
1.1. Grupo de Artillería de Campaña heterogéneo en apoyo directo (A/D)	1
1.2. Uso militar del <i>Remotedly Pilotated Aircraft System</i> (RPAS)	2
1.3. Objetivos y alcance de la memoria	3
1.4. Ámbito de aplicación.....	3
1.5. Estructura de la memoria y metodología.....	4
2. Proceso ISTAR: Estado del arte	5
3. Análisis sobre la adquisición de RPAS para el proceso ISTAR	7
3.1. Necesidad de implementar nuevos medios de adquisición de objetivos.....	7
3.2. Análisis DAFO	7
4. Determinación del dron ideal	10
4.1. Clasificación RPAS.....	10
4.2. Características relevantes	11
4.3. Importancia relativa de las características.....	14
4.4. Ala fija vs ala rotatoria.....	14
4.5. Coste.....	15
5. Estudio del mercado.....	17
5.1. Modelos existentes	17
5.2. Elección del modelo más idóneo.....	20
5.3. Análisis del modelo elegido.....	21
5.3.1. Ventajas del MicroB	21
5.3.2. Aspectos a mejorar del MicroB	22
6. Viabilidad del proyecto.....	24
7. Conclusión	26
7.1. Análisis global del trabajo	26
7.2. Líneas futuras	27
8. Bibliografía	28
9. Anexos.....	31

Resumen

La Artillería tiene como función principal apoyar a las unidades que combaten en primera línea, para ello cuenta con destacamentos desplegados en vanguardia que van a aportar los datos necesarios para hacer fuego. La razón de ser de este trabajo es buscar soluciones a las dificultades que estas unidades artilleras, compuestas por los observadores, en vanguardia encuentran para realizar correctamente su trabajo. Algunas de las vicisitudes a las que se enfrentan son: la precisión en las medidas, la dependencia en el factor humano o el peligro al que se exponen los implicados. Para mejorar el rendimiento de estas unidades, esta memoria propondrá la utilización de drones para optimizar la labor de observación de los artilleros y así alcanzar con mayor éxito el cumplimiento de la misión.

Con dicho objetivo en mente, primero se va a realizar un estudio donde se comprobará la idoneidad de los drones para mejorar el proceso de observación en las unidades de artillería. Posteriormente, a través de entrevistas a personal experto, se determinarán las características que debe cumplir el RPAS ideal para tal función. Una vez establecidas estas características se realizará un estudio de los principales drones del mercado. Mediante un análisis cuantitativo se escogerá el dron más idóneo. En dicho análisis la puntuación obtenida por los distintos drones para cada característica se determinará mediante encuestas. Finalmente, se realizará un análisis de viabilidad para valorar si se debe llevar a cabo el proyecto o no.

Como resultado de este trabajo se ha encontrado el tipo de dron, que según las tablas de ponderación, tiene las características más idóneas de entre todos los estudiados. Además se ha concluido que utilizando estos sistemas no se debería sustituir a los artilleros que acompañan a las unidades de combate, sino ayudarles a aumentar sus capacidades y a mejorar el rendimiento de estos individuos. Sin embargo este trabajo no acaba aquí, estos sistemas necesitan una continua mejoría. Por lo tanto, si bien en este trabajo se recomienda el sistema que mejor cumple los requisitos marcados en la actualidad, en el futuro próximo se ha de continuar estudiando y desarrollando estos sistemas técnicos que optimizan el trabajo realizado por los artilleros ayudando así al cumplimiento de la misión global.

Abstract

Field Artillery's main role is to support the units that are fighting at the forefront. To fulfill this mission there are artillery units attached to those detachments in the frontline to deliver the necessary information to support with fire. The reason to be of this project is because there have been found some defects on the artillery units' tasks, for example the accuracy of the information, the reliance on the human factor or the exposition to danger by those soldiers implicated. In this report, the use of drones is the giving solution to solve the necessities and to improve the artillery soldiers' work in order to achieve success in the development of the mission.

Along this report there are going to be carry out some qualitative and quantitative methods to reach the goals. First, a study is going to establish if drones can achieve the requirements set. After that, the requirements that are going to be demanded to the selected drone are going to be set by some interviews carry out to expert people. Once these limits are established, it's going to be done a comparative analysis on the drones' market. Later on, these drones selected on the former study are going to be evaluated by a quantitative method based on a survey. The last part of the project will consist on a viability analysis in order to conclude if this project has to be developed.

The results obtain along this report are that drones can improve the capabilities of the artillery units, but they can't replace these individuals, and there is a type of drone that has come in front of the rest based on the score table. The main conclusions are that drones are a very useful implementation but not a replacement and that even if this report has a final solution, the investigation is not finished. Drones are continuously improving and in order to not stay behind and out-of-date, studies must be done constantly to update these materials. With these systems operating, artillery units at the forefront are going to success on their missions as well as the global mission.

Lista de abreviaturas

A/D: Apoyo Directo.

AO: Adquisición de objetivos.

BOP: Brigada Orgánica Polivalente.

BRIEX: Brigada experimental.

C/B: Contra-batería.

CAS: *Close Air Support* (Apoyo aéreo cercano).

DAFO: Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

DECO: Destacamento de enlace, coordinación y observación.

ET: Ejército de Tierra.

FAC: *Forward Air Controller* (Controlador aéreo avanzado).

FAS: Fuerzas Armadas.

FSO: *Fire Support Officer* (Oficial de apoyos de fuego).

GACA: Grupo de Artillería de Campaña.

GPS: *Global Positioning System* (Sistema de posicionamiento global).

HPTL: *High Payoff Target List* (Lista de objetivos de gran rendimiento).

HVTL: *High Value Target List* (Lista de objetivos de gran valor).

IR: Infrarrojo.

ISR: *Intelligence, Surveillance, Reconnaissance* (Inteligencia, vigilancia, reconocimiento).

ISTAR: *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, Reconnaissance* (Inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento).

JFO: *Joint Fire Observer* (Observador de fuegos conjuntos).

JFSE: *Joint Fire Support Element* (Elemento de apoyos de fuego conjunto).

JFST: *Joint Fire Support Team* (Elemento conjunto de apoyo de fuegos).

JTAC: *Joint Terminal Attack Controller* (Controlador de ataque terminal conjunto).

NCI: Necesidades críticas de información.

NFO: *National Fire Observer* (Observador nacional de fuegos).

OAV: Observador avanzado.

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte.

PLMM: Plana mayor de mando.

RPAS: *Remotely Piloted Aircraft System* (Sistema aéreo pilotado remotamente).

UAF: Unidades de apoyos de fuego.

UAV: *Unmanned Aerial Vehicle* (Vehículo aéreo no tripulado).

UME: Unidad Militar de Emergencias.

Índice de Figuras

Figura 1: Evolución del número de modelos drones a nivel mundial según su aplicación.....	2
Figura 2: Funcionamiento de un sistema RPAS.....	2
Figura 3: Personal y medios dentro de un DECO	5
Figura 4: Organigrama de un DECO.....	6
Figura 5: Vector 23	6
Figura 6: Análisis DAFO	8
Figura 7: Complejidad de los enlaces de voz y de datos de los RPAS	8
Figura 8: Normativa sobre zonas que requieren permisos para volar con RPAS.....	9
Figura 9: Clasificación RPAS según la OTAN	11
Figura 10: Blackhornet PD-100.....	17
Figura 11: Iris 4.....	17
Figura 12: Geodrone.....	18
Figura 13: Sniper	18
Figura 14: Orbiter 2	18
Figura 15: MicroB	19
Figura 16: AT8.....	19

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación RPAS según el peso	10
Tabla 2: Resumen de las características del RPAS idea.....	13
Tabla 3: Resultados de la encuesta	14
Tabla 4: Comparación ala fija y ala rotatoria	15
Tabla 5: Resumen de los costes de los RPAS.....	19
Tabla 6: Opciones para el mejor RPAS	20
Tabla 7: Puntuación de las diferentes opciones	20
Tabla 8: Lista de RPAS en dotación en el Ministerio de Defensa	32
Tabla 9: Estudio del mercado de drones.....	39

1. Introducción

1.1. Grupo de Artillería de Campaña heterogéneo en apoyo directo (A/D)

La artillería, desde su creación hace varios siglos hasta hoy, tiene como objetivo apoyar al combate tanto en ofensiva como en defensiva. Por lo tanto, para que una misión se cumpla es de vital importancia que la artillería desempeñe su labor a la perfección, cumpliendo con sus tres principios fundamentales: la potencia, la profundidad y la precisión [1]. Sin embargo, los escenarios en los cuales combatía en su creación eran completamente distintos a los actuales. Por eso mismo, se requiere que la artillería se actualice y se adapte a las nuevas zonas de operaciones, en las denominadas guerras híbridas, que se caracterizan por ser áreas discontinuas y complejas con combates dinámicos y asimétricos [2].

En el Ejército de Tierra (ET) español estas modificaciones se llevaron a cabo al cambiar de Brigadas Ligeras y Pesadas a Brigadas Polivalentes (BOP)¹. En cuanto a la artillería, estas modificaciones hicieron que los Grupos de Artillería de Campaña (GACA) homogéneos se convirtiesen en GACA heterogéneos. Esta modificación no sólo ha afectado a la orgánica de la unidad sino que también ha cambiado los procedimientos utilizados por la unidad y la manera de emplearla, ya que las capacidades operativas no son iguales. Estos cambios han aportado mejoras en muchas capacidades, como una mayor flexibilidad, una gran operatividad y mucha más autonomía. Esta última es la más importante, porque el cometido táctico de los GACA heterogéneos es el A/D² a las unidades de la Brigada. Este cometido exige gran rapidez, tanto en los desplazamientos como en el fuego, y para ello necesita gran autonomía lo que a su vez implica contar con el número adecuado de observadores de Artillería que van a ser desplegados con las unidades apoyadas.

Por todo ello, los actuales cambios en las organizaciones operativas han afectado en gran medida a los observadores artilleros, los cuales se enfrentan a una serie de problemas de complicada solución. Los tres problemas más importantes son: la falta de recursos humanos, la alta dependencia del proceso de observación en el factor humano, con sus consiguientes posibles errores; y especialmente, el alto riesgo al que se exponen dichos observadores.

¹ Las BOP se han creado con la última organización del ET, llevada a cabo en 2015. Mediante las BOP se espera tener una mejor respuesta a los conflictos de los futuros escenarios. Las ocho BOP se han distribuido cuatro en la División "San Marcial" y tres en la División "Castillejos" y la última depende del Mando de Canarias.

² Los cometidos tácticos de las unidades de apoyo de fuego describen en detalle los cometidos de estas unidades. Hay cuatro cometidos tipo, que van en orden creciente de centralización: apoyo directo, refuerzo, acción de conjunto-refuerzo y acción de conjunto.

1.2. Uso militar del *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS)

Los problemas descritos anteriormente afectan a la Artillería, sin embargo han surgido vicisitudes en todas las armas y los altos cargos a nivel estratégico han comenzado a estudiar las posibles soluciones. Finalmente, el Ministerio de Defensa ha decidido poner en marcha la Brigada experimental (BRIEX), que se define de la siguiente manera: “El Ejército de Tierra, en el ámbito de la “Fuerza 2035”, va a llevar a cabo un proceso de experimentación y de estudios, de manera que se disponga en el año 2035 de unas fuerzas terrestres tecnológicamente avanzadas y con la potencia de combate, protección y capacidades necesarias para operar satisfactoriamente en los futuros escenarios” [3]. Para esta misión se ha seleccionado a la Brigada II “Rey Alfonso XIII” de la Legión³.

La BRIEX pretende mejorar sus capacidades en gran parte gracias a la tecnología. Dentro de este ámbito, uno de los sistemas en auge son los RPAS. Estos sistemas han crecido enormemente en los últimos años (ver [Figura 1](#)), tanto en la tecnología utilizada como en la producción [4]. Además cuentan con una alta polivalencia, lo que implica que puedan ser utilizados tanto para ámbito civil como militar. De hecho es un sistema vital para el Ejército de los Estados Unidos, que incluso ha comenzado a dotar a todos los pelotones de infantería con este material [5]. En las Fuerzas Armadas (FAS) españolas también es una realidad el uso de los RPAS [6] ([Ver Anexo I](#)) y el gran rendimiento que desempeñan.

Por lo tanto, los RPAS pueden ser una solución idónea para la problemática expuesta anteriormente. Sin embargo, antes de todo hay que saber en qué consiste exactamente un RPAS. Estos sistemas surgieron a principios del siglo XX, aunque no se han desarrollado plenamente hasta el siglo XXI. Esta tecnología sigue progresando continuamente y a pasos agigantados. Los RPAS, comúnmente denominados drones o *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), están compuestos por un segmento terrestre y un segmento

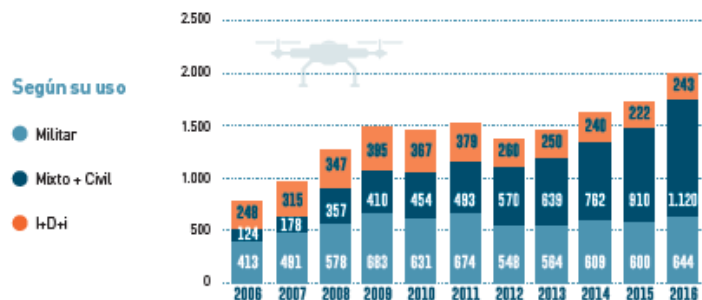


Figura 1: Evolución del número de modelos de drones a nivel mundial según su aplicación Fuente: Plan Estratégico para el desarrollo civil de los drones en España 2018-2021

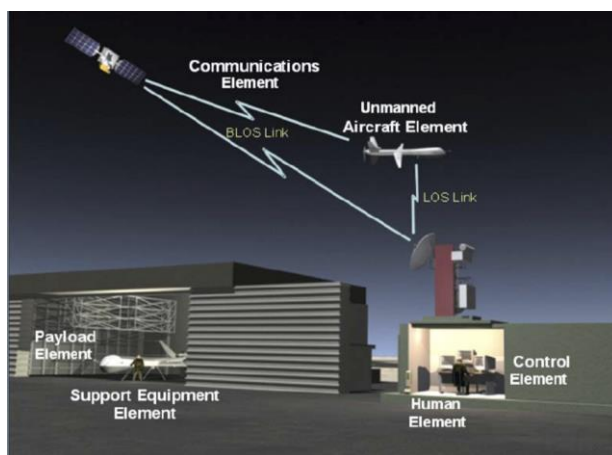


Figura 2: Funcionamiento de un sistema RPAS Fuente: PD4-013 Empleo táctico de la unidad de RPAS

³ El ET cuenta con ocho brigadas, siendo una de ellas la Brigada “Alfonso XIII” II. Esta unidad tiene la especificación de ser legionaria, lo cual implica ciertas diferencias con el resto de unidades, en cuanto a tradiciones, uniformidad, etc.

funcionen estos aparatos. El segmento terrestre es el lugar donde se pilota la aeronave y donde llega la información y los datos. Y el segmento aéreo es la aeronave propiamente dicha, donde tiene implementados los elementos necesarios para la observación, comunicación y transmisión de información. La aeronave está formada por la carga útil y la plataforma aérea [8].

1.3. Objetivos y alcance de la memoria

La siguiente memoria con el título “Implementación de RPAS en los GACA⁴ de las Brigadas para su uso por los *National Fire Observers/ Joint Fire Observers* (NFO/JFO)” tiene como objetivo principal analizar la implementación de estos sistemas en los GACA para dar solución a los problemas encontrados. Dichos problemas residen en la alta dependencia en el factor humano, la falta de personal y el alto peligro al que está expuesto el personal de artillería encargado de realizar la adquisición de objetivos, corrección de tiro⁵ o valoración de daños⁶ y por ende pone en jaque el cumplimiento de la misión.

Para conseguir el objetivo principal, este trabajo se ha subdividido en tres objetivos secundarios. Primero, valorar las ventajas y los inconvenientes de los RPAS y analizar si con ellos se cumple de igual o mejor manera la misión del observador o por el contrario se empeora. En segundo lugar, llevar a cabo un estudio de las características que debería cumplir el RPAS idóneo. Y finalmente, se llevará a cabo un estudio del mercado de drones para concluir cuál sería el que se adapta mejor al modelo anteriormente descrito.

Por último, el alcance de este trabajo es demostrar la utilidad de los RPAS para el cumplimiento de la misión de los Observadores Avanzados (OAV). Y una vez demostrado este punto consistirá en encontrar aquel RPAS que se ajuste más a los criterios de adquisición del ET, en cuanto a coste económico, autonomía de vuelo, capacidad de carga, etc.

1.4. Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de la siguiente memoria son todos los GACA que actúan en apoyo directo a las Brigadas Orgánicas Polivalentes (BOP). Dentro de las Brigadas, se extiende más concretamente a los NFO/JFO (Observadores de fuegos nacionales/Observadores de fuegos conjuntos) y a los OAV dentro del grupo. Cabe destacar que también es aplicable a

⁴ Un Grupo de Artillería es una unidad de entidad Batallón que históricamente se ha denominado así en el arma de Artillería. En las Brigadas la unidad de Artillería es de entidad Grupo.

⁵ La corrección del tiro consiste en las indicaciones por parte de los observadores a los medios que realizan el fuego para modificar la puntería y ser más precisos.

⁶ La valoración de daños es el proceso por el cual los observadores indican que efectos se han producido en el objetivo, dependiendo de los resultados buscados puede ser neutralización, supresión o destrucción.

aquellos OAV o *Joint Terminal Attack Controllers* (JTAC) desplegados en el extranjero dando apoyo a unidades de maniobra.

1.5. Estructura de la memoria y metodología

Este trabajo se ha dividido en siete apartados.

Después de este primer bloque de introducción, en el segundo apartado se realizará un estudio del estado del arte del proceso ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*), exponiendo las unidades y medios que desempeñan este trabajo.

En el tercer bloque se lleva a cabo un análisis sobre la adquisición de RPAS para el proceso ISTAR. Para dicho estudio se realizará un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), para valorar la posible adquisición de estos medios.

Posteriormente, en el cuarto apartado se procede a determinar cómo ha de ser el dron ideal. Para dicha decisión, se van a realizar una serie de entrevistas a personal experto, tanto en RPAS como en el aspecto táctico.

El quinto bloque consiste en un estudio del mercado, en el cual se van a analizar las principales opciones y posteriormente, mediante una tabla de ponderación, elegir la mejor opción. Para la tabla de evaluación se va a realizar una encuesta para valorar la importancia de cada una de las características del dron.

En el sexto apartado, se va a realizar un análisis de viabilidad del proyecto.

Finalmente, el séptimo y último bloque consiste en una serie de conclusiones y de posibles líneas futuras de trabajo.

2. Proceso ISTAR: Estado del arte

En primer lugar, hay que definir lo que es el proceso ISTAR. A nivel OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) ISTAR se define e identifica como “un conjunto de sistemas, en el cual se integran los procesos de inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento, que con el tiempo y el contenido apropiado, sirven para llevar el planeamiento y el desarrollo de la misión” [9]. Por otro lado, la Directiva de Defensa 06_17 en España, basada en la definición de la OTAN, establece que “este proceso consiste en la obtención, elaboración y difusión de información e inteligencia oportuna y fiable para llevar a cabo un planeamiento y conducción de las operaciones permitiendo alcanzar los objetivos” [10].

Para llevar a cabo la misión ISTAR hay unidades en todos los Ejércitos y especialidades, como por ejemplo la Compañía de Inteligencia de las Brigadas. Sin embargo, cabe destacar que en Artillería el proceso ISTAR supone un factor clave ya que todos los pasos desde que se solicita apoyo de fuego hasta la valoración de daños va a estar influenciado por este estudio. Por esta razón en el Arma del fuego existen unidades especializadas en esta misión, como es el Grupo de Artillería de Información y Localización (GAIL), que está especializado en la adquisición de objetivos (AO). Sin embargo, sólo existe un grupo en todo el ET tan especializado, mientras que los GACA de las Brigadas cuentan con otros medios para llevar a cabo el proceso ISTAR [11].

En los GACA heterogéneos, el personal encargado de llevar a cabo la misión ISTAR se encuentra orgánicamente dentro de la Batería de Plana Mayor (PLM) y operativamente forman parte del Destacamento de Enlace, Coordinación y Observación (DECO). El DECO se crea a nivel Grupo Táctico (GT) teniendo como cometidos gestionar y elaborar la información entre las unidades de combate y las de apoyo de fuego [12] y también asesorar al jefe de la unidad apoyada en todo lo relacionado con los apoyos de fuego. El DECO a su vez engloba los elementos de apoyos de fuego conjunto (JFSE).

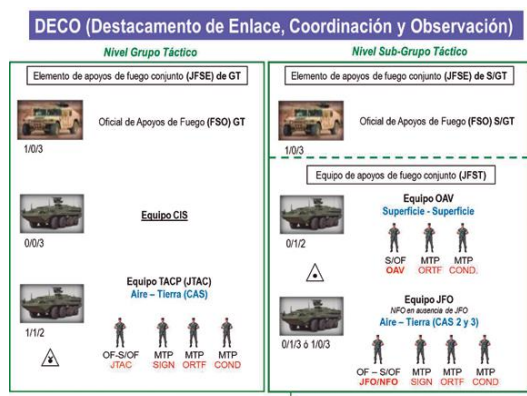


Figura 3: Personal y medios dentro de un DECO Fuente: PD3-315 Apoyos de fuego

El JFSE es el elemento operativo que va a llevar a cabo las misiones ISTAR, la AO, la corrección de los fuegos o la valoración de daños. El jefe del JFSE es el FSO (Oficial de apoyos de fuego), que es un puesto táctico que está desempeñado por la persona más antigua o caracterizada del JFSE, puede ser JTAC, NFO, JFO u OAV.

El NFO/JFO, a parte de poder desempeñar las funciones de FSO, tiene unas capacidades concretas. Según el Ejército Americano, que fueron los primeros en crear esta figura, el JFO es “a trained Service member who can request, adjust, and control surface-to-surface fires, provide targeting information in support of Type 2 and 3 close air support terminal attack

controls, and perform autonomous terminal guidance operations” [13]. Lo cual significa que es un militar instruido para solicitar, ajustar y controlar apoyos de fuego tierra-tierra y aportar información para la AO, realizar acciones de apoyos aéreos cercanos (CAS)⁷ de Tipo 2 y 3 y también llevar a cabo misiones TGO (Operaciones guiadas terminales) [13]⁸. Por otra parte, dentro del DECO también se encuentran los OAV. Estos combatientes también van a ir desplegados con las unidades de combate, pero únicamente van a poder asesorar, corregir y controlar los fuegos superficie-superficie. Para cumplir su misión cuentan con numerosos materiales como: brújulas, telémetros, visores nocturnos, etc. De entre estos utensilios, el más importante es el Vector, tanto en la versión 21 como 23, ya que engloba las funciones de cinco instrumentos distintos (brújula digital, prismáticos, distanciómetro láser, inclinómetro y visión nocturna). Su reducido peso y volumen implican mayor disponibilidad operacional, movilidad y agilidad [14].



Figura 4: Vector 23 Fuente: MI-304 Equipo de observador de artillería de campaña

En definitiva, el JFO/NFO se puede considerar como un OAV con más capacidades. Ya que el NFO/JFO tiene las capacidades del OAV más la certificación de poder solicitar acciones CAS de tipo 2 y 3, con la salvedad de que el JFO también puede realizar esas mismas acciones a nivel internacional [15]. Sin embargo, para la elaboración de esta memoria se va a hablar de OAV refiriéndose tanto a OAV como a NFO/JFO, ya que la misión y los requerimientos del RPAS que se quiere implantar solo interesa estudiar el apoyo superficie-superficie. Y como se ha dicho anteriormente, los OAV y los NFO/JFO pueden llevar a cabo esta misión.

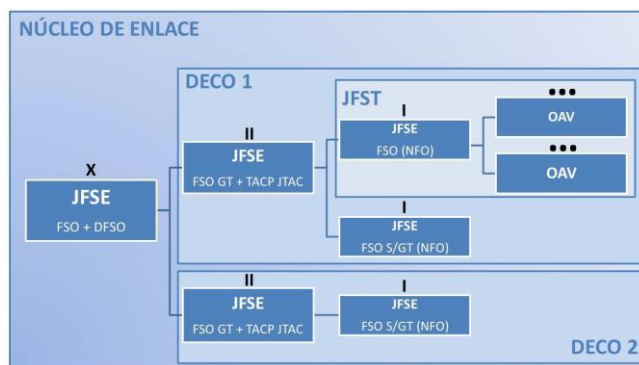


Figura 5: Organigrama de un DECO Fuente: PD3-315 Apoyos de fuego

⁷ Las acciones CAS se denominan a aquellas acciones aéreas llevadas a cabo por una aeronave contra objetivos hostiles que se encuentran próximos a fuerzas amigas. Estas misiones requieren una gran integración y coordinación entre las fuerzas terrestres y aéreas. Hay acciones de tipo 1, 2 y 3 y ECAS (Emergency CAS).

⁸ Las TGO consisten en el guiado terminal de las operaciones, normalmente refiriéndose a operaciones CAS. Estas conducciones suelen llevarse a cabo por los JTAC.

3. Análisis sobre la adquisición de RPAS para el proceso ISTAR

3.1. Necesidad de implementar nuevos medios de adquisición de objetivos

En el Apartado 1.1, se han identificado una serie de problemáticas que afectan a los GACA, más precisamente a los elementos del DECO, como son la falta de personal, la alta dependencia en el factor humano y el peligro al que se exponen estos combatientes. Las opciones posibles para solventar estos problemas serían apoyar a los NFO/JFO con medios ISTAR de otras unidades o apoyar con RPAS [16].

En el ejército español hay una variedad de unidades que servirían perfectamente a las necesidades encontradas anteriormente y si se dispusiese de estos medios no haría falta implantar nuevos sistemas. Sin embargo, la realidad es que estas unidades tienen sus propias misiones y no están a disposición de la artillería en cualquier momento. Por otra parte, el GAIL cuenta con medios RPAS, como son el PASI y el SIVA. El SIVA es un sistema que comenzó a funcionar en 2006 y se trata de un RPAS de gran tamaño, según la clasificación OTAN es de clase II, como se explica en el Apartado 3.2 de esta memoria. Cumple los requisitos de la artillería a un gran nivel, aunque comienza a estar desactualizado [17]. El PASI es un RPAS adquirido por el Ministerio de Defensa español a la empresa israelí IAI. Este sistema es un poco más moderno que el anterior RPAS y cuenta con más de 3.790 horas de vuelo en 594 misiones de reconocimiento y vigilancia [18]. Ambos han mostrado su gran utilidad y eficacia a lo largo de los años pero, al igual que los otros medios que realizan el proceso ISTAR, estos RPAS no pueden estar a disposición de los NFO/JFO en cualquier momento.

En definitiva, una vez detectados los problemas y limitaciones para que la ejecución del trabajo de la unidad de artillería sea el correcto, se considera que la solución más factible sería incorporar un sistema RPAS. Actualmente aunque, como se ha comentado anteriormente, ya se utilizan algunos en el ET, estos no resultan los más idóneos para cumplir los requisitos necesarios [19], ya que para los objetivos para los que se adquirieron son distintos a los establecidos en esta memoria. Por ello se va a analizar cómo debería ser el sistema adecuado para la misión descrita y así poder elegir aquel que se ajuste mejor a este objetivo.

3.2. Análisis DAFO

En este apartado, se va a realizar un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades), para valorar si es adecuado adquirir RPAS para mejorar el proceso ISTAR de los GACA o, por el contrario, es preferible mantener la situación actual.



Figura 6: Análisis DAFO Fuente: Elaboración propia

Debilidades: Uno de los principales inconvenientes de los RPAS es el alto coste económico que supone la adquisición de estos sistemas, que contienen alta tecnología, y la logística que ello implica. También hay que destacar la facilidad con la cual pueden ser afectados por apantallamientos o interferencias radioeléctricas, que interfieren directamente con la capacidad de detección efectiva [20]. Por otra parte la instrucción requerida para los usuarios de los RPAS debe ser muy elevada [21]. Otra debilidad importante es la gran dependencia de la climatología, ya que al ser sistemas relativamente pequeños, les afecta en mayor medida las amenazas del tiempo (la lluvia, el viento, la niebla...)

Amenazas: Los RPAS suponen un aumento sustantivo de la complejidad tanto en el espacio aéreo como en el espacio de las comunicaciones. Además hay que destacar la complicada integración de



Figura 7: Complejidad de los enlaces de voz y de datos de los RPAS Fuente: PD4-013 Empleo táctico de la unidad de RPAS

los RPAS en la normativa vigente, ya que es un sector relativamente moderno y existe muy poca legislación al respecto, y la poca que hay ejerce importantes limitaciones [22]. Otra amenaza de estos sistemas es la dependencia tecnológica, ya que los RPAS están fabricados con una alta tecnología e implican un elevado mantenimiento tecnológico.

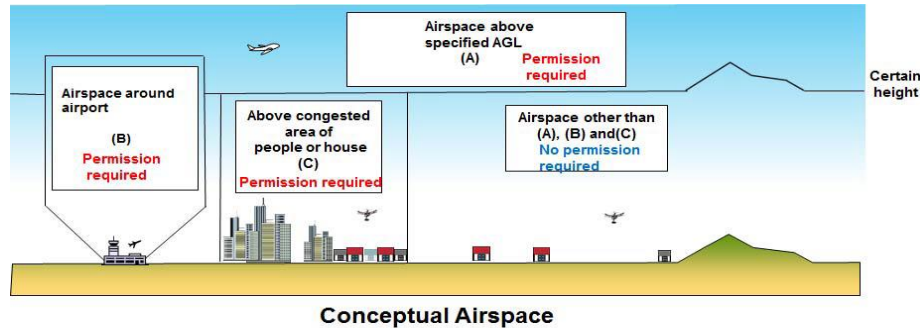


Figura 8: Normativa sobre zonas que requieren permisos para volar con RPAS
Fuente: Marco regulatorio para operaciones con drones

Fortalezas: Los drones suponen una gran fuente de información, pueden ser usados a niveles estratégicos, operacionales y tácticos [6]. También aportan una precisión muy superior a la del ser humano con su simple vista o con aparatos auxiliares. Otras características destacables son que tienen unas grandes capacidades disuasorias [21], gran flexibilidad y capacidad de adaptación a diferentes situaciones en ámbitos muy distintos sin necesidad de variar el sistema [8]. Otra fortaleza que aportan los RPAS es visualizar el campo de batalla sin necesidad de tener visión directa, pudiendo así superar las barreras geográficas. (montañas, bosques...)

Oportunidades: Los RPAS son uno de los sistemas más modernos que actualmente están siendo utilizados por las grandes potencias militares. Por lo tanto el no poseer estos aparatos, limita la capacidad de la unidad, reduciendo su posibilidad de estar al nivel operativo de una gran potencia militar y no va en sintonía con la visión futura de las brigadas en las cuales se pretende tener el máximo de tecnología posible [23]. Además los RPAS permiten la participación en misiones de todo tipo, entre ellas la de llevar a cabo el proceso ISTAR. Otras oportunidades que permiten los UAV son las de reducir los daños colaterales y, sobre todo, el riesgo en personas [24]. Finalmente, es importante destacar el gran crecimiento que tiene por delante este mercado, aumentando así la oportunidad de mejorar estos sistemas.

Una vez concluido el análisis DAFO, hay que valorar si las oportunidades y fortalezas superan a las amenazas y debilidades. Hay puntos negativos que tienen mucho peso como el elevado coste económico o la dependencia de la climatología. Sin embargo, los puntos a favor son más importantes. Las ventajas que permiten los RPAS, como puede ser realizar muchas misiones distintas u obtener mejor precisión, ayudan a alcanzar la misión. En definitiva, se han encontrado unas carencias en la labor de los observadores de Artillería y la implementación de los RPAS ayuda a resolver estos problemas. Aunque, la integración de los RPAS tiene ciertas desventajas, ponderando se obtienen más beneficios que inconvenientes.

4. Determinación del dron ideal

4.1. Clasificación RPAS

Los RPAS se pueden clasificar según numerosas características, como el tamaño, la altitud que pueden alcanzar, la autonomía, el alcance... A diferencia de otros sectores, los RPAS son una tecnología considerablemente moderna y no cuenta con una clasificación universal sino con muchas taxonomías aceptadas que se suelen entremezclar. Los dos sectores más importantes para clasificarlos son el tamaño y el método de generación de sustentación. La clasificación según el método de generación de sustentación se va a analizar en el [Apartado 4.4](#).

El otro método de clasificación muy utilizado es por el tamaño o peso. Según el peso que tienen reciben un nombre u otro. La nomenclatura utilizada son MICRO, MINI, Ligero, Táctico, UCAV (Vehículo de combate aéreo no tripulado), MALE (altitud media, largo alcance) y HALE (gran altura, largo alcance), esta clasificación se refleja en la [Tabla 1](#). El factor peso es bastante importante, dependiendo del peso, el operador del dron necesitará o no una acreditación para poder pilotarlo. Si el peso del RPAS es menor de 25 kg no se necesitará ninguna acreditación, sin embargo para aquellos entre 25 y 600 solo se necesitará una acreditación que concede España y para aquellos superiores a 600 la acreditación deberá ser otorgada por la Unión Europea [22].

Tabla 1: Clasificación RPAS según el peso Fuente: Elaboración propia

Peso	Nombre
Entre 0 y 2 kg	MICRO RPAS
Entre 2 y 20 kg	MINI RPAS
Entre 20 y 150 kg	RPAS Ligero
Entre 150 y 600 kg	RPAS Táctico
Más de 600 kg	UCAV, MALE y HALE

En el ET, la clasificación que más se utiliza es la clasificación OTAN, que se muestra en la [Figura 9](#). Como podemos observar esta clasificación da importancia al peso, según la separación hecha anteriormente, pero no especifica si los RPAS son de ala fija o ala rotatoria.

Tarjeta operador RPA	Clase según peso máximo al despegue	Categoría OTAN y acrónimo	Radio normal de misión	Ejemplos de RPAS
Tipo I	Clase I ≤ 150 kg	Micro-RPA	2 km	Black Hornet
		Miri-RPA	10 km	Raven RQ-11 B
		Small-RPA	50 km (alcance medio: MR, <i>Medium Range</i>)	Pelicano
Tipo II	Clase II > 150 y ≤ 600 kg	TUAV (táctico)	200 km (largo alcance: LR, <i>Long Range</i>)	Searcher MK-III
	CLASE III > 600 kg	UCAV (de combate)	Sin límite (enlace por satélite: BLOS, <i>Beyond Line of Sight</i>)	Reaper
		MALE (<i>Medium Altitude Long Endurance</i>)		Heron TP
		HALE (<i>High Altitude Long Endurance</i>)		Global Hawk

Figura 9: Clasificación RPAS según la OTAN Fuente: Manuel Oñate (2014)

4.2. Características relevantes

Este apartado tiene como objetivo describir como tiene que ser el RPAS para poder satisfacer de la mejor manera posible las necesidades encontradas de los NFO/JFO, aquellas descritas en el Apartado 3.1. A lo largo de este punto se van a tratar las características, que se consideran más relevantes de los RPAS, y una a una se va a ir estableciendo el rango que ha de cumplir para que el dron pueda ejecutar de forma correcta la misión requerida. Estas características se han determinado a partir de una serie de entrevistas a personal experto tanto en el sector de los RPAS como en el táctico, para de esta manera obtener la mejor descripción posible. Las entrevistas se han llevado a cabo a un Sargento 1º de la Compañía de Inteligencia, a un Sargento 1º de la Sección de Enlace, al Teniente jefe de la Sección de Topografía y al Teniente jefe del centro de control de tiro del GACA (ver Anexo II).

Las características que se han considerado relevantes de los UAV y por lo tanto se han estudiado son: el tamaño, la autonomía, el alcance, la capacidad de carga, el techo de vuelo y el país de fabricación.

- **Tamaño:** el tamaño debería ser lo más pequeño posible. En términos de la clasificación OTAN equivaldría a un MICRO RPAS. Esta opinión también viene reforzada por la publicación *Tendencias del Ejército de Tierra* [25], basándose en lecciones aprendidas de otros países para de esta manera poder dotar al ET de los mejores materiales y medios. Si el tamaño es pequeño va a favorecer otras características, como la portabilidad, y va a aportar grandes ventajas tácticas,

como puede ser la dificultad de detección y derribo o poder ser utilizado en todo tipo de escenarios (combate en población, selva, bosque, etc.).

- Alcance: en este punto no es necesario que posea el máximo alcance posible, sino debe tener el suficiente para que los NFO/JFO puedan desempeñar sus misiones. El rango de acción de los observadores de artillería suele ser como mucho de dos kilómetros (ver Anexo II). Aunque además de las misiones cercanas, puede darse el caso que los observadores tengan que realizar su misión a mayor distancia⁹. Por lo tanto, valorando las opiniones de los expertos se concluye que el dron ha de tener como mínimo un alcance de cinco kilómetros. También la ampliación de este alcance mínimo favorecerá la protección de los operarios.
- Autonomía: esta característica es muy crítica, porque delimita mucho las otras cualidades. Los expertos consideran que la autonomía necesaria es como mínimo de ciento veinte minutos. La razón es que aunque la utilización del RPAS suele ser únicamente en un momento puntual y no durar más de veinte minutos, puede darse la situación donde haya que buscar el objetivo, calcular las coordenadas, observar el fuego, llevar a cabo las correcciones pertinentes y finalmente evaluar los daños. Este proceso sin embargo puede suponer al menos una hora, llevándose a cabo lo más rápido posible, y puede darse el caso de que inmediatamente deba repetirse con otro objetivo.
- Capacidad de carga: las anteriores propiedades dependían en gran medida del exterior del RPAS, sin embargo la capacidad de carga define el interior de un dron. Esta propiedad viene determinada por la carga útil, que se mide en kilogramos, y está íntimamente relacionado con el peso de la aeronave. Cuanto mayor es la carga útil, mayor es el peso total y el tamaño del RPAS. Dentro de la capacidad de carga hay muchos aspectos que se deben cumplir. El RPAS, según afirman todos los entrevistados (ver Anexo II), debería tener un GPS (sistema de posicionamiento global) interno, de tal manera que pueda por una parte calcular sus coordenadas y por otra calcular las coordenadas del punto deseado, para esto puede contar con un láser o con un telémetro a parte del GPS. También debe contar con capacidad de visión tanto diurna como nocturna, para ello puede ir equipado o con una cámara térmica o con visión infrarroja (IR). En definitiva, el dron que cumplirá mejor todos estos requerimientos será el que mayor capacidad de carga tenga, porque podrá contar con una cámara con mayor resolución, con cámara térmica y visión IR, etc., así que se deberá hacer un balance entre las características internas y la estructura del RPAS para así poder obtener el que mejor cumpla ambas facetas.

⁹ Los OAV pueden ir cogiendo las coordenadas de futuros objetivos o ir reconociendo el terreno, y esto lo pueden hacer a mayor distancia.

- Techo de vuelo: en este aspecto debe de ser capaz de evitar interferir en el fuego de morteros o de artillería. Por ello, el valor mínimo que tendría que alcanzar un RPAS ideal es de tres kilómetros.
- Portabilidad y facilidad de transporte: el RPAS debe ser portátil, esta característica va íntimamente relacionada con el tamaño. El matiz de portátil es muy importante, ya que el OAV está integrado dentro de una compañía de infantería, por lo tanto con sus medios debe ser capaz de ir a la velocidad de marcha de la compañía sin retrasarles y además ser capaz de llevar a cabo sus funciones. Por lo tanto, aunque normalmente las compañías avancen en vehículo, se puede dar la situación donde tengan que desembarcar y proseguir a pie, entonces el OAV ha de poder avanzar con el RPAS y poder desplegarlo cuando la misión lo requiera. Finalmente, se considera que la portabilidad ha de ser muy alta.
- País de fabricación: esta característica vista desde un punto de vista técnico no es relevante, sin embargo desde el ámbito de defensa se considera una característica a tener en cuenta, ya que el ET intenta favorecer a las empresas e industrias nacionales. Por otra parte, los temas de Defensa suelen ser clasificados, es decir, cuanto menos se sepa del tema mejor, por lo tanto desde un punto de vista estratégico, es preferible adquirir un sistema nacional para evitar que otros países conozcan con profundidad los sistemas utilizados por España. Por lo cual, es preferible que el RPAS sea fabricado por una empresa española.

Tabla 2: Resumen de las características del RPAS idea Fuente:
Elaboración propia

Características	RPAS ideal
Tamaño	MICRO
Alcance	Mínimo 5 km.
Autonomía	Mínimo 120 min.
Capacidad de carga	Mínimo 2 kg.
Techo de vuelo	Mínimo 3 km.
Portabilidad	Muy alta
País de fabricación	España

Las anteriores características se consideran fundamentales a la hora de comparar distintos sistemas y poder evaluarlos y obtener cuál es el mejor, en la Tabla 2 muestra los valores que ha de tener el RPAS ideal. Sin embargo, hay otras características como la huella sonora, la estabilidad en vuelo o la resistencia a la climatología que también son muy importantes. No obstante, para poder ponderarlas es necesario llevar a cabo ciertas pruebas con los RPAS. Por lo tanto, al no disponer físicamente de estos medios no se pudieron llevar a cabo estas pruebas durante la realización del TFG y no se han evaluado estas capacidades.

4.3. Importancia relativa de las características

En el Apartado 5.2, se va a realizar una tabla multicriterio de ponderación para elegir un RPAS, para ello es necesario conocer la importancia de las características anteriormente descritas. Para esto se ha realizado una encuesta a veinticinco componentes del GACA II de la Legión.

Esta encuesta consta de siete preguntas (una pregunta por cada característica), en cada pregunta se pide que se indique la importancia que se considera oportuna para la propiedad correspondiente. Las posibles respuestas son uno, tres, seis y nueve, de menos importante a más importante.

Tabla 3: Resultados de la encuesta Fuente: Elaboración propia

Característica	Importancia	Porcentaje (1ª opción)	Valor medio
Tamaño	9	44	6,3 ± 2,8
Alcance	9	44	6,5 ± 2,6
Autonomía	9	56	6,8 ± 2,8
Capacidad de carga	6	48	5,5 ± 2,4
Techo de vuelo	3	48	4,1 ± 2,6
Portabilidad y facilidad de transporte	6	44	5,1 ± 2,7
País de fabricación	3	44	4,0 ± 2,5

En la Tabla 3, se pueden observar los resultados de la encuesta (para ver los gráficos enteros ver Anexo IV). La importancia dada a cada una de las características indica cuanto puede ser el valor máximo que puede ganar en esa propiedad. Es decir, aquel RPAS que cumpla los requisitos idóneos en cuanto al tamaño obtendrá nueve puntos, así pues el resto de drones recibirán la cantidad de puntos correspondiente a su tamaño.

4.4. Ala fija vs ala rotatoria

La clasificación según el método de generación de sustentación se divide en dos tipos: los RPAS de ala fija y los RPAS de ala rotatoria. Esta separación se centra en el tipo de vuelo, sin tener en cuenta otras características de alcance o autonomía aunque en cierta manera estén directamente relacionadas [24]. Los RPAS de ala fija son muy similares a las aeronaves pilotadas, aunque de menor tamaño. Se caracterizan porque cuentan con mayor autonomía y mayor velocidad, obviamente estos parámetros han de compararse con RPAS del mismo tamaño entre estos dos tipos de vuelo. También son menos ruidosos que aquellos de ala rotatoria y pueden soportar mayor rango climático, es decir más temperatura, más velocidad del viento o más lluvia [26]. Dentro de los RPAS de ala fija pueden ser de distintos tipos como avión, ala delta, planeador, parapente o paramotor. Y por otra parte están los RPAS de ala

rotatoria, que a su vez se dividen en distintos tipos como son helicóptero, multirroto y autogiro [27]. Los drones de ala rotatorio se caracterizan positivamente porque pueden mantener el vuelo o volar a muy baja velocidad lo cual hace que tengan una precisión mayor a los de ala fija. También estos pueden despegar y aterrizar de manera vertical, lo cual es muy beneficioso para poder ser utilizado en zonas estrechas o comprometidas, como puede ser un bosque o en el mar. Los RPAS de ala rotatoria también cuentan con mayor maniobrabilidad.

Esta clasificación suele ser muy utilizada a la hora de hablar de RPAS. En la [Tabla 4](#) se muestran las características más importantes de los RPAS y se comparan entre los drones de ala fija y ala rotatoria.

Tabla 4: Comparación ala fija y ala rotatoria Fuente: Elaboración propia

Características	Ala fija	Ala rotatoria
Mayor alcance	1	0
Mayor autonomía	1	0
Mayor resistencia a la climatología	1	0
Mayor versatilidad	0	1
Mayor portabilidad	0	1
Menor huella sonora	1	0
Mayor estabilidad en vuelo	0	1
Mayor capacidad de carga	1	0
Mayor resolución en imágenes	0	1
Menor tiempo en puesta de vuelo	0	1

Sin embargo, analizando las respuestas de las entrevistas ([ver Anexo II](#)) es complicado llegar a una conclusión concreta sobre si un tipo de sustentación es mejor que el otro ya que no hay unanimidad en las opiniones. Los RPAS de ala fija permiten tener mayor alcance y mayor velocidad frente a los de ala rotatoria. En este último aspecto, estos tienen mejor sustentación y precisión de imagen. No obstante los drones de ala fija pueden volar en círculos y obtener una precisión similar a la de los de ala rotatoria. Por otra parte, el alcance que necesita el dron ideal para los requerimientos analizados es asequible por la mayoría de los RPAS de ala rotatoria. En definitiva, se concluye que es indiferente que el RPAS escogido sea de ala fija o de ala rotatoria, ya que ambos tienen ventajas y desventajas.

4.5. Coste

Otro de los aspectos más importantes para la adquisición de una serie de sistemas es el coste económico. Existe una alta complejidad para estudiar este tema. Su dificultad no reside en opiniones contrarias, ya que todos los expertos están de acuerdo, sino que al ser unos sistemas de alta tecnología y muy modernos no es posible en algunos casos encontrar datos sobre su valor monetario. Las empresas que fabrican estos sistemas negocian con altos cargos para llevar a cabo transacciones de alto nivel adquisitivo. Muchas de estas compras se mantienen en secreto ya que influyen en la política estratégica de los países. Es decir, muchos

países no quieren que se conozca el dinero que invierten y en qué lo invierten, sobre todo con temas tan críticos como puede ser material del ámbito de Defensa. Posteriormente, en la Tabla 5 se puede ver el coste por unidad de algunas de las opciones de RPAS, pero hay ciertos precios que no se han encontrado pese a intentar contactar con la empresa por vía de correo electrónico o de llamada telefónica.

Finalmente, en este trabajo se pretende encontrar el RPAS que cumpla mejor las necesidades tácticas y técnicas. Al no contar con suficiente información sobre el asunto económico, no se puede utilizar esta característica como determinante a la hora de escoger el sistema que más se ajuste a los parámetros idóneos. Sin embargo, el coste del RPAS sí que se tendrá en cuenta a la hora de valorar si está dentro de los márgenes del presupuesto, esto se estudia con mayor detenimiento en el análisis de viabilidad en el Apartado 6.

5. Estudio del mercado

5.1. Modelos existentes

El mercado de los RPAS ha comenzado a emerger en la última década, lo cual ha servido para que muchas empresas dedicadas a la tecnología se involucrasen en este sector y que hayan aparecido otras nuevas. Estas empresas comenzaron trabajando en el ámbito militar, ya que al principio los drones se utilizaban principalmente para misiones militares. Sin embargo, con el tiempo se ha comenzado a abrir el mercado al ámbito civil. Esto influye positivamente ya que al abrirse la investigación a ambos sectores implica que más empresas se metan en él y se consigan sistemas mejores y de forma más rápida.

En el Apartado 4 se ha descrito como debe ser el RPAS ideal para apoyar en las misiones del JFO/NFO de la mejor manera posible para poder cumplirlas de forma satisfactoria. A continuación se van a describir siete RPAS que obviamente no son como el descrito anteriormente pero se asemejan en unos ámbitos mientras que en otros difieren. Estos drones ya han sido seleccionados de una lista mayor (ver Anexo III), porque son los que mejor cumplen las características requeridas. Posteriormente, se va a analizar estos sistemas, tanto sus capacidades como su carga útil, para destacar el mejor de todos. Una vez seleccionado el dron que mejor cumple los requisitos, se va a profundizar en sus puntos fuertes como en los aspectos que ha de mejorar.

- 1) El Blackhornet PD-100 (ver Figura 10) es un MICRO RPAS fabricado por la empresa noruega Proxdynamics. Este dispositivo es el más pequeño que existe en el mercado, apenas mide diez centímetros de largo y tres de ancho y la aeronave con forma de helicóptero solamente pesa dieciocho gramos. Este sistema lo puede utilizar un individuo y lo puede transportar en su bolsillo, lo cual da una gran ventaja al operario, ya que el sistema es plenamente portátil [28]. Por otra parte este tamaño tiene sus inconvenientes, como son su reducido alcance o autonomía. Este RPAS está siendo utilizado en operaciones por varios países de la OTAN dando muy buen resultado [29].



Figura 10: Blackhornet PD-100
Fuente: Alberto García (2016)

- 2) El Iris 4 es un RPAS multirrotor que cuenta con cuatro hélices (ver Figura 11), por lo tanto pertenece a la familia de ala rotatoria. Este dron lo fabrica la empresa 3D



Figura 11: Iris 4 Fuente: Triedro

Robotics, empresa pionera en la creación de UAV con sede en Estados Unidos [30]. Este RPAS es de la categoría MINI, con un alcance de un kilómetro y medio y treinta minutos de autonomía. También posee un GPS interno con el cual puede conocer su localización y cuenta con grandes capacidades de

estabilizarse en el aire [31]. Tiene la capacidad de observar tanto de día como de noche mediante los sistemas de visión infrarroja (IR) y dispone también de capacidades ISTAR [28].

- 3) El RPAS Geodrone es de ala fija y fabricado por la empresa española Conyca (ver [Figura 12](#)). Este dron se creó en un principio para el ámbito de la topografía, sin embargo también puede ser utilizado en el ámbito de defensa [32]. Es un MINI RPAS que apenas pesa dos kilogramos y tiene una envergadura de un metro sesenta. En cuanto a autonomía puede permanecer sesenta minutos volando y cuenta con cámaras y sensores de alta precisión [28].



Figura 12: Geodrone Fuente: Conyca

- 4) El Sniper es un MINI RPAS de ala rotatoria de clase I, creado por la empresa española Alpha Unmanned Systems (ver [Figura 13](#)). Tiene cámara IR para poder observar tanto de día como de noche. Este sistema tiene la capacidad de desarrollar diferentes misiones ISTAR, como la vigilancia, seguimiento o valoración de daños entre otras. Puede llegar hasta cien kilómetros y posee una autonomía de ciento veinte minutos, esto a su vez hace que tenga mayor peso comparado con los anteriores y mayor envergadura, catorce kilogramos y dos metros respectivamente [28].



Figura 13: Sniper Fuente: Jaume Esteve (2016)

- 5) El Orbiter 2 (ver [Figura 14](#)) es fabricado por la empresa israelí Aerodynamics, empresa líder en el ámbito de los RPAS. Este dron pertenece a la categoría MINI, de clase I y de ala fija. Se caracteriza por alcanzar altas prestaciones en la adquisición de objetivos, corrección del tiro de artillería o reconocimiento, pudiendo llevarlas a cabo tanto en ambiente diurno como nocturno [33]. Puede pesar como máximo diez kilogramos justo al ser lanzado y tiene una envergadura de tres metros, con gran autonomía de doscientos diez minutos y un alcance de hasta cien kilómetros [28].



Figura 14: Orbiter 2 Fuente: Aeronautics

6) El MicroB (ver [Figura 15](#)) tiene un peso aproximadamente de un kilogramo y una envergadura de casi un metro, posee capacidades de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR). Solo es necesario un operario desde su lanzamiento hasta su recuperación, pasando por su empleo [28]. Todas sus funciones, entre las que destaca la observación de fuegos terrestres y su valoración, se pueden realizar de día y de noche. Finalmente, este sistema tiene un alcance máximo de diez kilómetros y una autonomía de una hora [34].



Figura 15: MicroB Fuente: BlueBird Aero Systems

7) El AT8 es un RPAS fabricado por la empresa española Aerotools-UAV, esta empresa destaca por ser una de las más punteras en España en este mercado. Este dron es de ala rotatoria y tiene ocho motores, tiene un peso de cuatro kilogramos y medio y tiene casi un metro de envergadura, con estas características entraría dentro de la clasificación de MICRO RPAS. En cuanto a la capacidad de carga puede incluir hasta cuatro kilogramos y medio de carga útil. Sin embargo esto a su vez, implica que tiene solo una autonomía de treinta minutos, aunque puede alcanzar un radio de seis kilómetros [35].



Figura 16: AT8 Fuente: Aerotools

El AT8 es un RPAS bastante reciente que se ha desarrollado por el proyecto MIRO y se adquirió en 2017 para dotar a las unidades de Operaciones Especiales [36] (ver [Figura 16](#)).

En la [Tabla 5](#), se pueden ver los datos de los costes de alguno de estos sistemas por unidad. Como se ha dicho anteriormente en el [Apartado 4.5](#), no se han conseguido los costes de todos los RPAS, sin embargo se puede apreciar los elevados costes de este tipo de sistemas.

Tabla 5: Resumen de los costes de los RPAS Fuente: Elaboración propia

RPAS	Coste (por Unidad)
Blackhornet PD-100	195.000 € [29]
Iris 4	-
Geodrone	-
Sniper	70.000 € [37]
Orbiter 2	500.000 € [38]
MicroB	-
AT8	-

5.2. Elección del modelo más idóneo

En este apartado se va a seleccionar el RPAS que se adapta mejor a los requisitos expuestos en el [Apartado 4.2](#). En la [Tabla 6](#), se muestran los siete sistemas que se van a evaluar y los campos que se van a puntuar. Estas características se consideran las más importantes, a partir de las entrevistas a los expertos ([ver Anexo II](#) y [Apartado 4.2](#)). Hay dos campos que no se han ponderado en la tabla que son el método de sustentación y el coste económico. El método de sustentación no puntúa porque no se ha podido establecer cuál de los dos es mejor o peor, según lo descrito anteriormente. Y el coste económico porque pese a una búsqueda exhaustiva e incluso intentando contactar con las empresas no se ha conseguido obtener el valor de alguno de los sistemas, por lo tanto sin los datos de las siete aeronaves no se puede evaluar este apartado.

Tabla 6: Opciones para el mejor RPAS Fuente: Elaboración propia

	Tamaño	Alcance (km)	Autonomía (min)	Capacidad de carga (kg)	Techo de vuelo (km)	Portabilidad y facilidad de transporte	Método de sustentación	País de fabricación
Blackhornet	MICRO	1,6	25	-	1	Muy Alta	Rotatoria	Noruega
Iris 4	MINI	1,5	30	0,4	5	Alta	Rotatoria	Estados Unidos
Geodrone	MINI	30	60	0,5	3	Media	Fija	España
Sniper	MINI	3	120	2	3	Media	Rotatoria	España
Orbiter 2	MINI	40-100	210	1,3	5,5	Baja	Fija	Israel
MicroB	MICRO	10	120	0,3	1	Alta	Fija	Israel
AT8	MICRO	6	30	2,5	1	Alta	Rotatoria	España

Tabla 7: Puntuación de las diferentes opciones Fuente: Elaboración propia

	Tamaño	Alcance	Autonomía	Carga	Techo	Portabilidad	País	Total	Ranking
Puntuación	9	9	9	6	3	6	3	45	
Blackhornet	9	3	3	1	1	6	1	27	6
Iris 4	6	3	3	3	3	3	1	25	7
Geodrone	6	9	6	3	3	1	3	34	2
Sniper	6	6	9	6	3	1	3	34	2
Orbiter 2	3	9	9	6	3	1	1	32	5
MicroB	9	9	9	3	1	3	1	35	1
AT8	9	9	3	6	1	3	3	34	2

Posteriormente, en la Tabla 7, se indica la puntuación asignada a las diferentes características para cada uno de los sistemas así como la puntuación total sobre cuarenta y cinco puntos y después el ranking. La ponderación de cada uno de los campos se ha obtenido a partir de la importancia de cada característica según las encuestas descritas en el Apartado 4.3 (ver Tabla 3).

Para la realización de la siguiente tabla y de la ponderación de todos los sistemas se han seguidos las siguientes pautas:

- Tamaño: los MICRO RPAS se han puntuado con la máxima puntuación de nueve puntos y los MINI RPAS con seis puntos.
- Alcance: la máxima puntuación es de nueve puntos para aquellos que tengan como mínimo cinco kilómetros de alcance, luego entre tres y cinco kilómetros tienen seis puntos y entre uno y tres kilómetros tres puntos respectivamente.
- Autonomía: aquellos con dos horas de autonomía se les ha otorgado nueve puntos, siendo la puntuación más alta, luego los RPAS con una hora de autonomía obtienen seis puntos y finalmente entre veinticinco y sesenta minutos de autonomía tienen tres puntos.
- Capacidad de carga: la máxima puntuación es de seis puntos para aquellos sistemas con dos kilogramos de carga útil, luego seis puntos para los que tienen como mínimo trescientos gramos de capacidad de carga y aquellos que tienen menos de trescientos gramos obtienen un punto.
- Techo de vuelo: la puntuación más alta es tres puntos para los RPAS que tienen tres kilómetros o más y los que tienen menos un punto.
- Portabilidad y transporte: seis puntos para los drones con muy alta portabilidad y facilidad de transporte, tres puntos para los que tienen un nivel alto y un punto para los de nivel medio o bajo.
- País de fabricación: aquellos RPAS cuya empresa de fabricación es española tienen tres puntos y si la empresa es extranjera tienen un punto.

Finalmente el RPAS que mejor cumple los requisitos necesarios es el MicroB, de fabricación israelí. En segunda posición y muy cerca han quedado los drones Geodrone, Sniper y AT8. Cabe destacar que estos tres sistemas son de fabricación española, lo cual muestra la gran importancia de España en esta industria dentro del mercado internacional. En el siguiente sub-apartado se va a analizar las ventajas e inconvenientes del RPAS MicroB.

5.3. Análisis del modelo elegido

5.3.1. Ventajas del MicroB

La Tabla 7 muestra como mejor RPAS al MicroB, fabricado por la empresa BlueBird Aero Systems. Este sistema ya está siendo utilizado en algunos países, como por ejemplo por el Ejército de Chile [39].

Este sistema cuenta con grandes capacidades que se adaptan en gran medida a los requerimientos necesarios expuestos en el Apartado 4.2. La principal ventaja del MicroB con respecto al resto de RPAS ha sido el tamaño. Su tamaño es MICRO, apenas pesa un kilogramo y tiene un metro de envergadura. Una de las consecuencias del reducido tamaño y el poco ruido que produce es que es indetectable a más de ciento cincuenta metros. Además cuenta con una autonomía y alcance propios de un sistema MINI, lo cual se adapta a la perfección a los requerimientos establecidos.

Por otra parte, la carga útil cuenta con una cámara que permite imagen de vídeo estable, alta resolución de las imágenes y seguimiento de objetivos móviles. Además, todas estas aplicaciones se pueden realizar tanto en ambiente diurno como nocturno, gracias a la cámara IR que tiene el sistema. Con estos aparatos, el RPAS tiene la capacidad de llevar a cabo misiones ISR en cualquier entorno.

El MicroB también se caracteriza por poder actuar en diversos ambientes climatológicos de temperatura, lluvia y viento. En todos estos escenarios manteniendo una alta fiabilidad, facilidad en el manejo de la aeronave y elevada expectativa de supervivencia. Esta capacidad de resistencia ante las diferentes situaciones climáticas es sorprendente, ya que ningún otro sistema MICRO puede aportar tales ventajas. Este sistema aporta también una gran flexibilidad operativa, ya que solo se necesitan cinco minutos para el ensamblado y otros cinco minutos para ponerlo en vuelo. Esta rapidez a la hora de ponerlo en funcionamiento es vital ya que uno de los requerimientos que se espera de este RPAS es que pueda ponerse en funcionamiento en cualquier momento y lo más rápido posible [34].

Finalmente, otra ventaja de este sistema es que se puede operar de distintas maneras: de manera manual, de manera automática o de manera mixta. La primera forma de empleo es la más rudimentaria, un operador controla el sistema desde el centro de control remoto (GCS). De esta manera, el usuario puede desplazar la aeronave a su elección lo cual implica una mayor precisión a la hora de realizar la misión. Por otra parte, de forma automática es muy útil también porque aunque se realicen interferencias electrónicas la aeronave continúa con su misión. Si únicamente contase con el control manual, la aeronave perdería el control.

5.3.2. Aspectos a mejorar del MicroB

En este punto se va a realizar un estudio de los puntos débiles del sistema MicroB, porque aun siendo la elección óptima no es perfecta. Se van a analizar los puntos de la Tabla 7 en los cuales no ha sacado la máxima puntuación.

El primer apartado en el cual el MicroB no tiene las mejores prestaciones es la capacidad de carga. El peso máximo de la carga útil de este RPAS es de trescientos gramos. Esta capacidad de carga es relativamente pequeña porque las cámaras que tienen mejores capacidades pesan mucho más, sin embargo para tener un peso total de un kilogramo, que el treinta por ciento sea carga útil es bastante bueno. Otro punto a mejorar de la carga útil, que está íntimamente relacionado con la carga total, es que el sistema que posee este dron no

tiene la capacidad de indicar coordenadas. Esta carencia se resolvería implantando un telémetro láser a la carga útil. La capacidad de coger coordenadas de los objetivos es fundamental en el trabajo de los OAV, por lo tanto si se pretende implantar este RPAS tiene que ser capaz de realizar esta tarea.

Otro punto importante a mejorar es la portabilidad del sistema y la facilidad para transportarlo. El MicroB al completo se puede transportar en dos maletines de siete kilogramos cada uno [34]. En un ambiente seguro y relajado estos maletines se podrían transportar con gran facilidad. Sin embargo, en el combate recibiendo fuego enemigo y teniendo que transportar estos dos maletines a mano junto con todo el equipo de combate es prácticamente inviable (ver Anexo II). Por lo tanto, incluso siendo uno de los sistemas más pequeños que existe en el mercado y pudiendo ser transportado con relativa facilidad, se buscaría reducir aún más este peso o el volumen que ocupa, para así facilitar el transporte a los operadores.

Los siguientes apartados en los cuales no ha obtenido la máxima puntuación son el país de fabricación y el techo de vuelo. En cuanto al primero no hay posibilidad de mejora. Y en el segundo, el techo de vuelo de este RPAS es de un kilómetro y en este ámbito sí que se podría mejorar. El techo máximo de los morteros es de tres kilómetros siendo por el segundo sector, por lo tanto el tiro de artillería tendría menor altura máxima ya que suele ser por el primer sector. Lo ideal sería que el dron pudiese alcanzar una altura de tres kilómetros para cerciorarse de que no influye en la trayectoria del proyectil. El MicroB tiene como techo de vuelo un kilómetro, entonces aún tendría margen de mejora. Sin embargo no es la característica más importante que se requiera de los RPAS, porque la probabilidad de que el dron influya en la trayectoria es ínfima.

En definitiva, aun habiendo sido la mejor opción del mercado que cumple los requerimientos necesarios, no se ajusta perfectamente al modelo desarrollado en el Apartado 4.2. Sin embargo, las mejoras que necesita el RPAS serían posibles con pequeños cambios en el sistema, a excepción de la carga útil que sí que requeriría más trabajo para poder cambiarla. Finalmente, las características y el análisis del dron han confirmado la elección. Aunque hay aspectos a mejorar, este UAV podría utilizarse como base para futuros desarrollos técnicos que mejorasen el sistema y consiguiesen un dron aún más adaptado.

6. Viabilidad del proyecto

El análisis de viabilidad es imprescindible a la hora de llevar a cabo cualquier tipo de proyecto. Por lo tanto, en este trabajo, como último punto para tomar la decisión definitiva y comprobar si se puede llevar a cabo, se ha decidido realizar un análisis de viabilidad. Este estudio se va a centrar en dos aspectos: la viabilidad económica y la viabilidad de su implementación práctica.

En el ET, el tema económico es un tema muy delicado porque hay poco presupuesto y se requiere en todos los ámbitos. El dinero que se destina al ET ya está en gran parte orientado hacia objetivos concretos. Por lo tanto invertir en un proyecto nuevo es complicado. Sin embargo, como se ha nombrado anteriormente el plan de la Brigada 2035, en el presupuesto del Ministerio de Defensa se ha dirigido una partida directamente para proyectos de modernización de las Fuerzas Armadas, en concreto hay una partida de 6.299.560€ para sistemas aéreos de control remoto (RPAS) [40]. En cuanto al RPAS seleccionado, el MicroB, no se ha podido encontrar ningún dato sobre su coste, ya que debido a que es un producto de uso militar la información económica suele ser reservada. Sin embargo, en algunos artículos sin nombrar el precio exacto sí que se conoce que es un precio bajo para ser este material, lo cual lo hace muy competitivo en el mercado [39]. Podemos contar como orientación con el precio de otras aeronaves similares para poder comparar, como por ejemplo el caso del RPAS Orbiter 2 que tiene un coste de 500.000€ por unidad aproximadamente [38] o el caso del RPAS Sniper que tiene un coste de 70.000€ por unidad. Así pues, analizando este abanico de posibilidades como posible coste del RPAS MicroB se puede concluir que sí sería posible su implantación, ya que entraría dentro del presupuesto global. El coste total de la implantación supondría un gasto de 4.000.000€ en el peor de los casos y de 560.000€ en el mejor de los casos (considerando un RPAS por brigada y habiendo ocho brigadas en total), por lo que ambas opciones entrarían dentro de la partida para RPAS. En definitiva se considera viable económicamente.

En cuanto a la viabilidad de implementación práctica, la implantación de un RPAS en un GACA para uso del NFO/JFO es completamente factible y recomendada. En el marco de la Brigada 2035, se hace especial hincapié en que se debe fomentar el uso de la tecnología y esta debe estar perfectamente integrada en las unidades. Por lo tanto si se adquiriese este sistema, para 2035 ya se contaría con un sistema perfectamente sincronizado con la unidad. Por otra parte, hay que analizar la implicación que tendría la integración del sistema con los procedimientos de actuación de los NFO/JFO. Por ejemplo, si se implementa el RPAS a la dotación de un equipo de observadores como va a influir esto en su funcionamiento. A la hora de manejar un RPAS se necesita una acreditación especial. Esto implicaría que o bien un observador debería obtener dicha acreditación o bien el equipo tendría que añadir un miembro para que controlase el RPAS. La solución más factible sería que un miembro del equipo, que ya fuese observador, se sacase estas acreditaciones, esto además supondría un aliciente para dicho operador ya que aumentaría sus conocimientos y su ficha personal. Por otra parte, al añadir este sistema a la dotación del equipo no se perderían capacidades, al contrario se ganarían, porque desde el principio se ha definido este sistema como un complemento al observador, jamás como una sustitución.

En definitiva, basándose en el estudio descrito anteriormente, el MicroB sería una gran implementación para el equipo de observadores de los GACA, aumentando y mejorando sus capacidades. Además, este proyecto es viable tanto económicamente como a la hora de integrarlo en la práctica, por lo tanto sería un gran beneficio para los NFO/JFO que este proyecto se llevase a cabo.

7. Conclusión

7.1. Análisis global del trabajo

En este proyecto se ha conseguido evaluar la utilidad de los RPAS para el uso por los NFO/JFO y el resultado ha sido positivo. Por lo tanto a continuación se ha procedido a realizar un estudio del mercado de los drones, en el cual ha destacado el RPAS MicroB como el más ajustado a los requerimientos establecidos. Además de describir y analizar este RPAS con mayor detalle que el resto de los sistemas, se ha hecho un estudio de viabilidad. En dicha investigación se ha concluido que esta implantación es viable, eso descarta que se tengan que realizar ciertas modificaciones al sistema, para poder mejorar las prestaciones de este dron, o que surjan problemas en su implantación, como la necesidad de personal acreditado para su manejo. Estas vicisitudes entran dentro de lo esperado y todos los proyectos cuentan con ellas, por lo tanto no es algo exclusivo de los RPAS.

Un punto fundamental a la hora de realizar este estudio ha sido definir cómo ha de ser el dron ideal. Para la realización de este apartado se han tenido que llevar a cabo unas entrevistas a personal experto en el tema. Los entrevistados tenían que tener amplios conocimientos del tema, o bien de los aspectos técnicos del proyecto, es decir, la información concerniente a los RPAS, o bien de la parte táctica, el trabajo y las necesidades de los OAV.

La metodología ha sido muy importante a la hora de llevar a cabo este trabajo. Las entrevistas, nombradas anteriormente, han sido de gran utilidad, pero también ha sido fundamental la tabla multicriterio y el análisis de viabilidad. El primer método ha servido para poder clasificar los RPAS del mejor al peor y de esta manera poder llegar a un resultado para el proyecto. Y la segunda herramienta ha sido vital para dotar a la solución de legitimidad y de argumentos que abalen su viabilidad.

En conclusión, habiendo analizado la situación de los OAV y las capacidades que aportan los RPAS, se puede concretar que la implantación es beneficiosa para conseguir el objetivo final que es el cumplimiento de la misión. Porque, aunque los observadores pueden realizar su misión de manera manual con los medios que tienen disponibles actualmente, no implica que no haya margen de mejora. Y con el MicroB en dotación los NFO/JFO tendrían la capacidad de adelantar su trabajo, ya que podrían observar el terreno con antelación, y conseguir una ventaja que sería vital a la hora del combate. Además de conseguir esta ventaja, también conseguirían ser mucho más precisos tanto en la adquisición de objetivos como en la valoración de daños. Y a todo esto hay que añadir que podrían hacer su misión de manera más segura, sin tener que poner en riesgo a los observadores para cumplir la misión.

7.2. Líneas futuras

Al principio de esta memoria se comentó que la industria de los RPAS es muy reciente y ha comenzado a despuntar sobre todo en el siglo XXI. Además hoy en día la tecnología continúa avanzando y sigue alcanzando mejoras inimaginables. Por esta misma razón, los RPAS tienen un futuro tan próspero, ya que el margen de mejora es muy alto.

En relación al punto anterior, el Ejército tiene que estar siempre preparado para cualquier incidente que pueda amenazar la seguridad de España. La tecnología avanza para todo el mundo igual, incluidos los insurgentes o los terroristas. Esto implica que el ET tiene que estar capacitado para combatir en cualquier circunstancia y contra cualquier tipo de medios y para ello tiene que contar con los sistemas más actualizados posibles.

Por lo tanto, la implementación de un RPAS en los GACA no termina con la implementación y la puesta en marcha, sino que en el futuro se tiene que tender a ir actualizando este RPAS a las nuevas necesidades. Para ello es imprescindible realizar análisis de los operarios, de los equipos de observadores y lecciones aprendidas. De esta manera se conocen los aspectos en los cuales se puede mejorar el sistema o en aquellos en los cuales es más útil.

Las líneas futuras de esta memoria también van a ir apuntando a mejorar la carga útil del RPAS. Porque cambiar un sistema por otro distinto es muy costoso y requiere un estudio muy detallado para poder satisfacer las necesidades antiguas y las nuevas con este nuevo medio. Sin embargo, ampliar las prestaciones de la carga útil es mucho más sencillo y práctico. Estas mejoras pueden ser cambiar la cámara por una con más resolución o implementar nuevos sistemas más actualizados, como un telémetro láser o una cámara térmica.

En definitiva, la conclusión más importante que se obtiene de las líneas futuras de esta memoria es que son muy amplias y deben de estar en continuo desarrollo. Hay que tener en cuenta que el avance tecnológico tiene aspectos positivos y negativos, aunque sea costoso y requiera estar permanentemente actualizándose, no se puede ignorar, puesto que sin él no se podría contar con un Ejército puntero y referente en muchos aspectos a nivel global.

8. Bibliografía

1. **Mando de Artillería de Campaña.** *Ministerio de Defensa.* [En línea] Departamento de Comunicación del Ejército de Tierra, 2012.
<http://www.ejercito.mde.es/unidades/Leon/mac/Organizacion/funciones.html>.
2. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Empleo del GACA heterogéneo.* s.l. : Ejército de Tierra, 2016. Concepto derivado 04/16.
3. **Ejército de Tierra.** *Estudios Fuerza 2035 y Brigada Experimental.* s.l. : Ministerio de Defensa, 2018. pág. 5, Directiva 03/18.
4. **Ministerio de Fomento.** *Plan Estratégico para el desarrollo del sector civil de los Drones en España,* 2018.
5. **Tucker, Patrick.** The Marines Are Giving Quadcopters to Every Squad. *Defense One.* [En línea] 6 de Febrero de 2018. <https://www.defenseone.com/technology/2018/02/marines-are-giving-quadcopters-every-squad/145778/>
6. **Expósito, J. L.** *La hora de los drones.* s.l. : Revista Española de Defensa, Octubre de 2012.
7. **Profesora Cuerno Rejado, Cristina.** *ESTADO ACTUAL DE LAS AERONAVES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2016. JORNADA SOBRE “APLICACIONES DE DRONES EN LA GESTIÓN DEL REGADÍO E INCENDIOS”.
8. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *EMPLEO TÁCTICO DE LA UNIDAD DE RPAS.* s.l. : Ejército de Tierra, 2016.
9. **Ministerio de Defensa.** *ISTAR. Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa.* [En línea] 2012. <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/en-us/Estrategia/HojasDeRuta/Pages/ISTAR.aspx>.
10. **Teniente Coronel Varela Sabando, Pedro.** *Desarrollo e Integración del proceso ISTAR en el Campo de Batalla Táctico.* Buenos Aires : Instituto Universitario del Ejército Argentino, 2014. págs. 14-18.
11. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Empleo de la artillería de campaña.* s.l. : Ejército de Tierra.
12. **Estado Mayor del Ejército.** *Grupo de Artillería de Campaña.* 1997. Orientaciones.
13. **Teniente General Lovelace, James.** *Memorandum of Agreement for Joint Fires Observer.* 2005. págs. 2-3.
14. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Equipo de Observador de Artillería de Campaña.* s.l. : Ejército de Tierra, 2015.
15. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Apoyos de Fuego.* s.l. : Ejército de Tierra, 2015.

16. **Comandante Germán Green, Isidro.** Empleo de Vehículos no Tripulados para la Adquisición de Blancos y Conducción de los Fuegos de Artillería en el Ámbito de la Gran Unidad. *Repositorio Digital del Centro Educativo de las Fuerzas Armadas.* [En línea] 2014. http://www.cefadigital.edu.ar/bitstream/123456789/389/1/TFI%20ECS%202014%20-%20G2%20E2%20_10.pdf.
17. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Sistemas de armas terrestres II.* s.l. : Ejército de Tierra, 2015.
18. **Estado Mayor de la Defensa.** La Unidad de vehículos aéreos no tripulados (PASI) del Ejército de Tierra cumple su 5º Aniversario de despliegue en Afganistán. [En línea] 20 de Marzo de 2013. <http://www.emad.mde.es/EMAD/novemad/noticias/2013/03/130319-aniversario-unidad-pasi.html>.
19. **Capitán Alonso Pelegrina, José María.** Proyecto Eresma: Extensión de la Red de Sensores en Misión de Apoyos de Fuego. *Memorial de Artillería.* Junio de 2017.
20. **General de Brigada Juanas García, José María.** *Los futuros RPAS estarán preparados para operar junto con aeronaves tripuladas.* s.l. : Dirección General de Política de Defensa, 30 de Mayo de 2018, Infodefensa, pág. 11.
21. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Operación Romeo Alfa Afganistán Análisis Experiencias UAV.* Sección de Lecciones Aprendidas s.l. :, 2014.
22. **Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal.** *Marco Regulatorio para Operaciones con Drones.* s.l. : Ministerio de Fomento, 2017.
23. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Tendencias según Especialidades: Artillería.* 2017.
24. **Clavo Aguilar; Pedro, Herranz; Francisco y Calvo González-Regueral, Carlos.** *De los UAV a los RPAS.* Madrid : IDS, Febrero de 2014, Perfiles IDS.
25. **Mando de Adiestramiento y Doctrina.** *Tendencias Volumen I "Aspectos Generales".* Granada : Ejército de Tierra, 2017. págs. 76-78.
26. **Oñate, Manuel.** *Tipología de los RPA..* s.l. : AERPAS, 2014.
27. **Santana, Ernesto.** Tipos de drones. *XDrones.* [En línea] 2017. <http://www.xdrones.es/tipos-de-drones-clasificacion-de-drones-categorias-de-drones/>.
28. **Dirección General de Armamento y Material.** *Proyecto RPAS y tecnologías anti-RPAS.* s.l. : Ministerio de Defensa, 2016.
29. **García, Alberto.** BlackHornet PD-100, el helicóptero/drone de bolsillo que revolucionará los campos de batalla. *ADSLZone.* [En línea] 9 de Agosto de 2016.
30. **Revenga Company.** Iriscopter 4: Multicóptero. *Triedro.* [En línea] 2015. www.triedro.es.

31. **Clavo, Kike.** What You Should Know About the Iris+ Quadcopter. *National Geographic*. [En línea] 19 de Marzo de 2015. <https://blog.nationalgeographic.org/2015/03/19/what-you-should-know-about-the-iris-quadcopter/>.

32. Geodrone: Características. *Geodrone*. [En línea] Conyca Aero, 2017. <http://geodrone.es/>.

33. Orbiter 2. Mini UAS. *Aeronautics*. [En línea] www.aeronautics-sys.com.

34. Sistema táctico aéreo no tripulado (UAV). *Triedro*. [En línea] www.triedro.es.

35. AT8. *Aerotoools*. [En línea] 2017. <http://www.aerotoools-uav.es/at8.html>.

36. Aerotoools desarrollará un micro UAV para el Ministerio de Defensa de España. *Infodron*. [En línea] 5 de Julio de 2017. <http://infodron.es/id/2017/07/05/noticia-aerotoools-firma-ministerio-defensa-proyecto-micro.html>.

37. **Esteve, Jaume.** El dron español de 70.000 € que ha causado un conflicto entre Israel y Rusia. *El Confidencial*. [En línea] 22 de Noviembre de 2016. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2016-11-22/dron-alpha-unmanned-systems-uav-navigation-israel-rusia_1293034/.

38. **Eshel, Tamir.** Aeronautics to Supply Finland with 55 Orbiter Mini-UAV Systems. *Defense Update*. [En línea] 3 de Mayo de 2012. https://defense-update.com/20120503_aeronautics-to-supply-finland-with-55-orbiter-mini-uav-systems.html .

39. BlueBird To Supply SpyLite Mini-UAV Systems to Chilean Army. *sUAS News*. [En línea], 2013. <https://www.suasnews.com/2013/04/bluebird-to-supply-spylite-mini-uav-systems-to-chilean-army/>

40. **Dirección General de Asuntos Económicos.** *Presupuesto del Ministerio de Defensa*. 2017. pág. 514.

9. Anexos

Anexo I: RPAS en dotación en las Fuerzas Armadas

Anexo II: Entrevistas a expertos

Anexo III: Estudio del mercado de los drones

Anexo IV: Resultados de la encuesta para la tabla de ponderación

Anexo I. RPAS en dotación en las Fuerzas Armadas

En este Anexo se pueden observar todos los UAV que tienen en dotación unidades del Ejército de Tierra, la Armada, el Ejército del Aire o la Unidad Militar de Emergencias (UME).

Tabla 8: Lista de RPAS en dotación en el Ministerio de Defensa Fuente:
Elaboración propia

Nombre UAV	Año Adquisición	Unidad en dotación	Imagen
Sistema Integrado de Vigilancia Aérea (SIVA)	2006	Grupo de Artillería de Información y Localización (GAIL) Nº II/63	
Plataforma Aérea Sensorizada de Inteligencia (PASI)	2007	Regimiento de Inteligencia (RINT) Nº1 y Grupo de Artillería de Campaña (GACA) Nº63	
Raven RQ11B	2014	Compañías de Inteligencia de las Brigadas	
Scaneagle	2014	Escuadrilla de Aeronaves de la Armada y Mando de Operaciones Especiales (MOE)	

Fulmar	2017	Brigada Aragón I	
Condor	2017	UME	
Blackhornet	2018	Compañías de Infantería Ligera	
MQ-9 Predator B	2018	Ejército del Aire (EA)	

Anexo II. Entrevistas a expertos.

Entrevista del 06 de Septiembre de 2018.

Entrevista con el Sargento 1 de la Cía de Inteligencia Francisco José Nuñez Cabrera.

Pregunta: ¿De qué sistemas disponen en la Brigada de la Legión?

Respuesta: Tenemos dos RPAS RAVEN DDL en la compañía para toda la Brigada. Nos han informado de que en poco tiempo se prevé que vayan a traer otro sistema pero aún no ha llegado.

P: ¿Qué prestaciones tiene el RAVEN?

R: Pues tiene una autonomía de 1 hora aproximadamente, un alcance de 10 km, aunque en Irak siendo el terreno muy plano se ha alcanzado hasta los 12 km aunque eso ha sido un poco arriesgado, puede alcanzar un techo máximo de 300 metros y pesa un poco menos de 2 kg.

P: ¿Qué misiones tienen estos RPAS?

R: Las misiones principales de los RPAS son las de reconocimiento, adquisición de objetivos e inteligencia. Las misiones que se nos suelen dar son concretas debido a la limitación que tenemos en cuanto a autonomía. Sin embargo, como hay pocos sistemas y tenemos que apoyar a toda la Brigada normalmente se nos suele requerir para muchas misiones y es difícil satisfacer todas las peticiones y a veces se nos utiliza para misiones más sencillas de las que deberían darnos.

P: ¿Cuál sería para usted el RPAS idóneo?

R: Es muy complicado responder a esa pregunta y no sabría decirle porque depende muchísimo para que misiones se va a utilizar. Por ejemplo, los cuadricópteros son más precisos que los de ala fija sin embargo son muy sensibles a la climatología, ya que una racha de viento podría desequilibrar por completo el sistema y afectar a su precisión. Por otra parte, los de ala fija pueden obtener una precisión muy buena al realizar vuelo orbital y no pierde objetivos. El RAVEN ha conseguido satisfacer en gran parte todos los requisitos para los que se utilizan los RPAS. Otra característica importante es que sea un sistema ligero pero no tan pequeño como el MICRO, porque no tendría suficiente alcance, por lo tanto el tamaño idóneo sería el MINI. También es importante que la altitud que pueda alcanzar sea superior al fuego de los apoyos de fuego para no interferir en los fuegos.

P: ¿Por qué el ejército apuesta más por RPAS de ala de fija en vez de ala rotatoria?

R: Porque no existe ningún proyecto militar de ala rotatoria por lo tanto aunque en algunas unidades sí que tienen este tipo de RPAS no terminan de cumplir los requisitos que demanda el ejército. Ya que los sistemas que provienen de proyectos militares ya han tenido que pasar unas pruebas exigentes y cumplen los requisitos para los cuales se han diseñado.

P: ¿Los RPAS radian?

R: Sí. Envían una onda con la información que obtienen y reciben otra onda con la cuál son controlados remotamente.

P: ¿Cuánto cuesta aproximadamente uno de estos PRAS?

R: El sistema completo que dispone de tres aviones RAVEN junto con todo el material para controlarlos alrededor de 300.000€.

Entrevista del 24 de Septiembre de 2018.

Entrevista con el Teniente Rafael Sixto Díaz de San Pedro Sánchez-Barbudo, jefe de la sección de topografía.

Pregunta: ¿Cuál ha sido su puesto táctico hasta el momento?

Respuesta: Actualmente desempeño el puesto de jefe de la sección de topografía. Pero el año pasado era el jefe de la sección de enlace, en la cual era el mando de los observadores avanzados (OAV), siendo yo un OAV más.

P: ¿El JFO es un OAV?

R: Los OAV se encargan de solicitar y corregir fuegos terrestres, entre los que se encuentran tanto artillería como morteros. Luego la figura de los NFO engloba a los OAV y además puede corregir y solicitar apoyo de fuegos navales y aéreos. Y finalmente los JFO son iguales que los NFO pero con la acreditación de idiomas necesaria. Es decir son NFO a nivel internacional. Por lo tanto los JFO sí que son OAV, pero al revés no siempre.

P: ¿Los OAV podrían hacer mejor sus funciones con un RPAS?

R: Sí, definitivamente sí. Sin embargo, los OAV cuando están desplegados están con las compañías de infantería, algunas de ellas cuentan con RPAS, por lo tanto no sería necesario. Pero dicho lo cual, si los OAV contasen con sus RPAS podrían hacer su trabajo de manera más eficaz y sobre todo más rápida, siendo de gran beneficio para la maniobra de la compañía a la que apoya. Además hay que sumar que el combate cada vez es más complejo y los RPAS serían de gran utilidad.

P: ¿Qué ventajas aportarían los RPAS?

R: Principalmente, que los OAV no tengan que exponerse al peligro del combate. Porque aunque se pueda pedir apoyo sin tener visión directa, la realidad es que ningún capitán jefe de una compañía de infantería solicitaría apoyo de fuegos sin tener visión del objetivo. Por lo tanto la visión directa es fundamental y teniendo un dron se evitaría tener que estar al descubierto. Además también se conseguiría mejor precisión a la hora de adquirir objetivos, ya

Francisco Javier Peñas Dendariena

que los OAV cuando cogen coordenadas manualmente a grandes distancias pueden cometer errores.

P: ¿Qué desventajas tendrían?

R: Pues principalmente si se trata de una amenaza inesperada que no diese tiempo a utilizarlos. También un punto negativo sería que si las compañías ya tuviesen sistemas RPAS sería duplicidad de esfuerzos, lo cual conlleva más gasto y pérdida de eficacia.

P: ¿Podría describirme como sería el RPAS ideal para los cometidos del JFO/NFO?

R: En primer lugar debería ser lo más pequeño posible, los tamaños ideales serían MINI o MICRO. Porque de esta manera puede pasar desapercibido y sobre todo puede ser portátil por los operadores, y si tienen que descender del vehículo y continuar a pie que puedan hacerlo. Otra característica fundamental es el alcance no es necesario más de 10 kilómetros. Porque normalmente los OAV se encuentra a distancias muy cortas de los objetivos, 1 ó 2 kilómetros. Por lo tanto más de 10 kilómetros no sirve para llevar a cabo las funciones de los OAV. En cuanto a la autonomía lo ideal sería de 60 a 120 minutos, para que sea capaz de vigilar los objetivos, adquirirlos y más tarde llevar a cabo la valoración de daños correspondiente. Por otra parte, el RPAS es muy importante que cuente con un GPS interno con el cual pueda conocer su posición en todo momento y también de un sistema, ya bien con un láser o telémetro, que pueda calcular las coordenadas que se deseen. En cuanto a la altura es importante que pueda alcanzar una altura que no intervengan en el fuego de apoyo, aunque la altura a la que vuele normalmente sea mucho inferior.

Entrevista del 25 de Septiembre de 2018.

Entrevista con el Teniente Francisco Javier Lozano Jiménez, jefe del FDC del GACA, dentro de la batería de PLM.

Pregunta: ¿Ha desempeñado usted el puesto de OAV?

Respuesta: Nunca he estado de OAV como tal, pero sí que he desempeñado las funciones de JTAC, durante el curso.

P: ¿Cree usted que los OAV podrían hacer mejor su trabajo con RPAS?

R: Sí, sin duda. Porque teniendo esos sistemas podrían hacer mejor las correcciones y de manera más segura. Sin embargo, es verdad que no tienen por qué tenerlo los OAV. El RPAS podría estar a disposición de la compañía, por si lo tiene que utilizar el capitán, el OAV o el equipo de reconocimiento.

P: ¿Cuál es la principal característica que debería tener el RPAS?

R: A mí parecer, debería ser lo más pequeño posible.

P: ¿Podría describir cómo debería de ser el dron?

R: Pues como bien he dicho anteriormente debería ser lo más pequeño posible y tener un alcance de 1 ó 2 kilómetros no más. Por otra parte sí que debería contar con mayor autonomía para poder estar observando el objetivo el tiempo necesario para coger coordenadas, hacer fuego, hacer correcciones y evaluar los daños. Aunque la autonomía está muy relacionado con el alcance, y cuando más autonomía suelen ser más grandes y tener más alcance. También es importante que no sea detectado en la medida de lo posible por los medios enemigos. Y por supuesto que cuente con un GPS interno capaz de conocer su posición y la de los objetivos que se deseen.

P: ¿Qué desventajas aporta la implementación de un RPAS?

R: Esto es como todo, si aporta ventajas por un lado va a tener desventajas por el otro. Por ejemplo, si el RPAS es pequeño pues no va a poder tener una cámara con alta resolución, por lo tanto se va a perder en calidad de visión. Entonces eso es lo que considero que es la mayor desventaja que al pedir unas características que son muy beneficiosas en un ámbito, se pierde en otro.

Entrevista del 01 de Octubre de 2018.

Entrevista con el Sargento 1º Yago Barreiro Otero.

Pregunta: ¿Considera usted que un RPAS facilitaría la función del NFO/JFO?

Respuesta: Claro que la facilitaría. Sin embargo no se puede sustituir la figura del NFO/JFO con el RPAS, puede ser un sistema que mejore las capacidades de los OAV pero en ningún caso que la sustituya.

P: ¿Cómo cree usted que debería ser el tamaño?

R: Hay que pensarlo de forma realista. El OAV ya va a ir cargado con el chaleco con las placas, la mochila, la pistola, el fusil, etc. Por lo tanto debe ser lo más ligero y fácil de transportar posible. Lo más importante de todo para elegir el tamaño ideal del RPAS, es que empatice con el OAV y que se ponga en su situación y se lo imagine corriendo con todo su equipo de combate más el equipo del dron. Es importante también que al aterrizar no se destroce y aguante perfectamente.

P: ¿Y el alcance y la autonomía cuánto debería ser?

R: En cuanto a autonomía es difícil darle un tiempo concreto. Porque una misión puede requerir 10 minutos y otra 3 horas. El alcance depende también. Porque si queremos trabajar a

Francisco Javier Peñas Dendariena

mayor distancia para que no se nos localice pues en torno a 5 kilómetros sería suficiente. También el alcance es importante porque si es muy pequeño eso exige que el operador este cercano y sea mucho más fácil de detectar.

P: ¿Qué capacidad de carga debería tener?

R: Pues lo ideal sería cuanto más mejor. Pero esto se contradice con que sea fácil de transportar y pequeño. Por lo tanto las características necesarias son que tenga una cámara que se pueda ver el terreno, luego que tenga un sistema para calcular la posición de los objetivos, como un telémetro, luego que tenga un GPS interno para saber su posición. Y que tenga algún aparato para poder observar también por la noche.

Anexo III. Estudio del mercado de los drones.

Tabla 9: Estudio del mercado de drones Fuente: Elaboración propia

	Autonomía (min)	Velocidad (km/h)	Capacidad de carga (kg)	Peso y envergadura (kg/m)	Tipo de visión	Fija o Rotatoria	Altura máxima (km)	Alcance (km)
Blackhornet	25	18		1,3 / 0,1	Diurna e IR	Rotatoria	0,02	1,6
Iris 4	30	15	0,4	5,5 / 0,85	Diurna e IR	Rotatoria	5	1,5
Shepherd	60	58	1,5	2,8 / 1,65	Diurna	Fija	4	5
Alcotan	60	50	1	2,6 / 1,8	Diurna	Fija	4	5
SX8	70-90	40-60	1,5	4,5 / 2,2	Diurna e IR	Fija	4	10
Dronequasar	70	18	2,5	8,3 / 1,8	Diurna y Térmica	Rotatoria	5	25
Geodrone	60	70	0,5	2 / 1,55	Diurna y Térmica	Fija	3	30
Aranocopter	15-35	20	2	4,35 / 1,35	Diurna e IR	Rotatoria	4	3
Altea Eko	360	110	17	80 / 6,1	Diurna y Térmica	Fija	3,5	658
Sniper	120	50	2	14 / 1,8	Diurna e IR	Rotatoria	3	3
Mantis	120	60		6,7 / 2,1	Diurna	Fija	3	10
RW5 Vultur	120		2	14 / 1,8	Diurna	Rotatoria	2	
Orbiter 2	210	74	1,3	9,8 / 3	Diurna e IR	Fija	5,5	40-100
MircoB	120	50	0,3	1,2 / 0,99	Diurna e IR	Fija	3	10
Spylite	180-240	90	1,35	9,5 / 2,8	Diurna e IR	Fija	9,1	50
Fulmar	360-480	100	4	20 / 3,1	Diurna e IR	Fija	3,4	50
Pasi	900	120	45	500 / 8,55	Diurna e IR	Fija	6	250
Raven	60-90	56	2	2 / 1,4	Diurna e IR	Fija	1,5	10
AT8	30		2,5	4,5 / 1	Diurna y Térmica	Rotatoria	1	6

En esta tabla se han mostrado los RPAS estudiados por la Dirección General de Armamento y Munición (DGAM) en el proyecto RPAZ, más los que están en dotación en el ejército español actualmente, que son el PASI y el Raven.

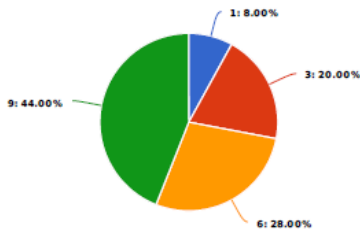
Sin embargo, para el trabajo se ha hecho una preselección tomando como criterios las características mostradas en la tabla. De tal manera que el estudio hecho en el trabajo fuese más preciso con tan solo los siete mejores drones. En la tabla podemos ver los RPAS seleccionados en verde y los que no en rojo.

Anexo IV. Resultados de la encuestas para la tabla de ponderación.

Esta encuesta se hizo a un total de veinticinco integrantes del Grupo de Artillería de Campaña de la Brigada “Alfonso XIII” II de la Legión. Los resultados obtenidos en dicha encuesta han sido utilizados para marcar la ponderación de cada una de las características evaluadas en la Tabla 4.

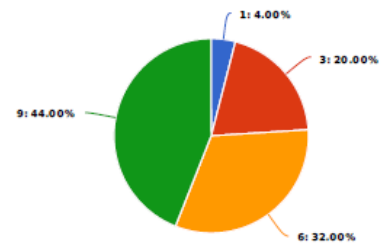
La encuesta cuenta con un total de siete preguntas en las cuales se estudia la importancia de dichas características. Las opciones de las preguntas son uno, tres, seis o nueve; siendo “uno” para la opción que considera de menor importancia y “nueve” para la de mayor importancia.

1 ¿Qué importancia le da a que tenga el tamaño idóneo?



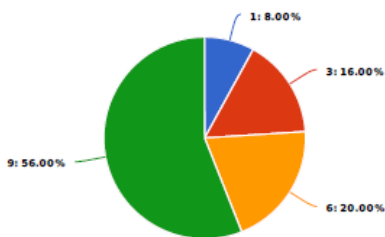
Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Estadísticas
1	8.00%	2	Total de participantes 25
3	20.00%	5	Suma 158.00
6	28.00%	7	Promedio 6.32
9	44.00%	11	Desviación estándar 2.77
Total de respuestas 25			Mínimo 1.00
			Máximo 9.00

2 ¿Qué importancia le da al alcance del RPAS?



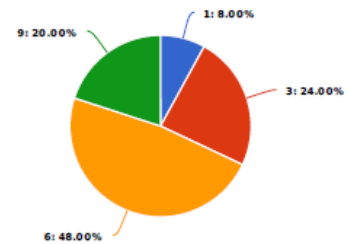
Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Estadísticas
1	4.00%	1	Total de participantes 25
3	20.00%	5	Suma 163.00
6	32.00%	8	Promedio 6.52
9	44.00%	11	Desviación estándar 2.55
Total de respuestas 25			Mínimo 1.00
			Máximo 9.00

3 ¿Qué importancia le da a la autonomía con la que debería contar este RPAS?



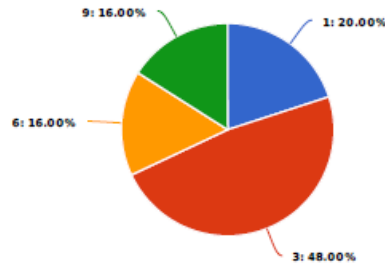
Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Estadísticas
1	8.00%	2	Total de participantes 25
3	16.00%	4	Suma 170.00
6	20.00%	5	Promedio 6.80
9	56.00%	14	Desviación estándar 2.80
Total de respuestas 25			Mínimo 1.00
			Máximo 9.00

4 ¿Qué importancia le da a cuánto mayor sea la capacidad de carga mejor?



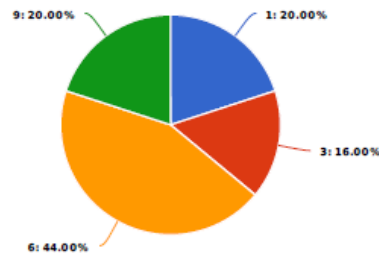
Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Estadísticas
1	8.00%	2	Total de participantes 25
3	24.00%	6	Suma 137.00
6	48.00%	12	Promedio 5.48
9	20.00%	5	Desviación estándar 2.39
Total de respuestas 25			Mínimo 1.00
			Máximo 9.00

5 ¿Qué importancia le da al techo de vuelo?



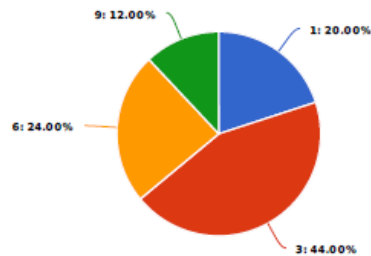
Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Estadísticas
1	20.00%	5	Total de participantes 25 Suma 101.00 Promedio 4.04 Desviación estándar 2.63 Mínimo 1.00 Máximo 9.00
3	48.00%	12	
6	16.00%	4	
9	16.00%	4	
Total de respuestas			

6 ¿Qué importancia le da a la portabilidad y facilidad de transporte del sistema?



Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Estadísticas
1	20.00%	5	Total de participantes 25 Suma 128.00 Promedio 5.12 Desviación estándar 2.73 Mínimo 1.00 Máximo 9.00
3	16.00%	4	
6	44.00%	11	
9	20.00%	5	
Total de respuestas			

7 ¿Qué importancia le da al país de fabricación del sistema?



Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Estadísticas
1	20.00%	5	Total de participantes 25 Suma 101.00 Promedio 4.04 Desviación estándar 2.49 Mínimo 1.00 Máximo 9.00
3	44.00%	11	
6	24.00%	6	
9	12.00%	3	
Total de respuestas			