



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

IMPLEMENTACIÓN DE DRONES CIVILES Y MILITARES EN COMBATE CONVENCIONAL PARA UNIDADES TIPO SECCIÓN Y COMPAÑÍA

Luis Galván Gea

Director académico: Domenico Sicignano

Director militar: Emilio Isaac Jiménez Garrido

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023

Agradecimientos

A la X Bandera “Millán Astray” de La Legión.

A mis padres y a Lourdes, Juan, Lola, Gonzalo, Álvaro, Rocío y Miguel.

A mi director militar, el Capitán de Infantería d. Emilio Isaac Jiménez Garrido, y a mi director académico, d. Sicignano Domenico, por su inestimable guía y apoyo durante este trabajo.



RESUMEN

Los drones son una tecnología que ha visto un avance exponencial durante los últimos años, tanto en el mundo civil como en el ámbito militar. En este último, el conflicto ucraniano ha servido como catalizador, puesto que a través de diverso material multimedia disponible en Internet todo el mundo ha podido ver cómo esta tecnología es un multiplicador de capacidades en combate. Todas las especialidades fundamentales pueden beneficiarse de su empleo, pero falta definir correctamente unos procedimientos de empleo y la manera de implantarlos. Además, en el mercado se dispone de gran cantidad de opciones que generan discrepancias para elegir entre unos modelos de dron u otros. En esta investigación, una extensa revisión bibliográfica se ha contrastado con la observación de casos reales del conflicto ucraniano, para definir las capacidades que aporta el empleo de drones en combate convencional por unidades tipo sección y compañía. Una vez detalladas estas capacidades, se han comparado los drones según el tipo de fabricación, si es para uso civil o militar. El motivo de esta comparación es observar qué elementos de ambos tipos de drones permiten ejecutar las acciones tácticas que fueron descritas en la primera parte de la investigación. Tras identificar y analizar estos elementos, y junto con las observaciones de los expertos consultados, se detallan los criterios de evaluación que debe cumplir un dron para su empleo en combate convencional para unidades tipo sección y compañía. Posteriormente se ha realizado una selección de los drones cuyo empleo está más extendido en los ejércitos occidentales, y se ha estudiado el grado de adecuación de estos a los criterios de evaluación previamente especificados. Mediante este proceso se ha conseguido hacer un análisis de mercado para identificar los drones que mejor pueden cumplir las misiones detalladas en la primera parte de la investigación.

Palabras clave

Dron, acción táctica, sección, compañía,



ABSTRACT

Drones are a technology that has seen an exponential improvement in the last year, both in the civilian sector and the military one. In this last one, the Ukrainian conflict has been an agent of change, because through all the multimedia material accessible on the Internet the whole world has seen how these technologies are a multiplier of combat capacities. All the army branches can benefit of his employment, but there is a lack of definition of employment procedures and how to implant them. Thus, a huge number of options are available in the market, options which generate arguments when choosing one drone instead of another. In this investigation, an extensive bibliographical revision has been made and contrasted with the observation of real cases of drone employment in the Ukrainian conflict, to define the capacities given by the employment of drones in conventional warfare by platoon and company type units. Once these capacities have been detailed, a comparison between drones according to the manufacture type, civilian or military, has been made. The reason of this comparison is observing which parts of both types of drones are the ones which permit the execution of the tactical activities previously identified, in the first part of the investigation. After identifying and analyzing these elements, and in conjunction with the observations of the experts consulted, the evaluation criteria are defined. These criteria specify the requirements a drone must achieve to be successfully used in conventional warfare by platoon and company type units. Lastly, the drones which use is more extended over occidental armies were selected, and their grade of adequation to the evaluation criteria previously defined has been studied. With this process a market analysis has been achieved, and the drones which are most capable of doing the missions defined in the first part of the investigation have been identified.

KEYWORDS

Drone, tactical action, platoon, company



INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| <i>Agradecimientos</i> | 2 |
| <i>RESUMEN</i> | I |
| <i>Palabras clave</i> | I |
| <i>ABSTRACT</i> | II |
| KEYWORDS | II |
| <i>INDICE DE FIGURAS</i> | V |
| <i>INDICE DE TABLAS</i> | VI |
| <i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i> | VII |
| 1 <i>INTRODUCCIÓN</i> | 1 |
| 2 <i>OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i> | 3 |
| 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE..... | 3 |
| 2.2 METODOLOGÍA..... | 5 |
| 3 <i>ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i> | 6 |
| 3.1 ANTECEDENTES..... | 6 |
| 3.2 MARCO TEÓRICO | 7 |
| 3.2.1 Misiones de las secciones y compañías de Infantería en combate convencional. | 8 |
| 3.2.2 Drones. Conceptos básicos..... | 8 |
| 3.2.3 Los drones y el Ejército de Tierra..... | 11 |
| 4 <i>DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</i> | 12 |
| 4.1 CAPACIDADES QUE APORTA EL EMPLEO DE DRONES EN COMBATE CONVENCIONAL PARA UNIDADES TIPO SECCIÓN Y COMPAÑÍA | 12 |
| 4.1.1 Misiones ISTAR | 12 |
| 4.1.2 Misiones de apoyo..... | 16 |
| 4.2 COMPARACIÓN DE DRONES CIVILES Y MILITARES..... | 18 |



| | | |
|---|---|-----------|
| 4.2.1 | Recopilación de características y tecnología a incorporar | 18 |
| 4.2.2 | Análisis DAFO..... | 20 |
| 4.2.3 | Ideas fuerza extraídas de los análisis DAFO..... | 22 |
| 4.3 | ANÁLISIS DE MERCADO..... | 23 |
| 4.3.1 | Criterios de evaluación..... | 23 |
| 4.3.2 | Análisis de drones civiles..... | 25 |
| 4.3.3 | Análisis de drones militares..... | 26 |
| 5 | CONCLUSIONES..... | 29 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA..... | 30 |
| ANEXO A: Características y puntuación para drones civiles | | 32 |
| ANEXO B: Drones civiles y "radar chart" individuales..... | | 33 |
| ANEXO C: Características y puntuación para drones militares..... | | 35 |
| ANEXO D: Drones militares y "radar charts" individuales..... | | 36 |
| ANEXO E: Entrevista CUMA X Bandera "Millán Astray" de La Legión 41 | | |



INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1: operador de Black Hornet (Infodron, 2022)</i> | 7 |
| <i>Figura 2: dron comercial adaptado para transportar explosivos (ECFA, 2023)</i> | 7 |
| <i>Figura 3: operador ruso desplegando un dron (@siosare37376, 2023)</i> | 13 |
| <i>Figura 4: dron permite ver carro de combate (círculo rojo) (@siosare37376, 2023)</i> | 13 |
| <i>Figura 5: Interfaz del operador realizando adquisición de objetivos (Teledyne FLIR, 2022)</i> | 13 |
| <i>Figura 6: vista de una trinchera desde un dron (@GalileoArms, 2023)</i> | 15 |
| <i>Figura 7: enemigo a vista de dron (@FLETCH_REPORTS, 2023)</i> | 15 |
| <i>Figura 8: dos militares ucranianos, guiados por un dron, se enfrentan a un militar ruso (TERRA, 2023)</i> | 17 |
| <i>Figura 10: ucranianos limpiando una POSDEF rusa con apoyo de un dron (TERRA, 2023)</i> | 17 |
| <i>Figura 10: "Radar chart" de drones civiles. Al lado de cada dron aparece su porcentaje de adecuación a las características evaluadas. (Elaboración propia)</i> | 26 |
| <i>Figura 11: Ninox 40T desplegado desde un lanzagrandas de 40mm (@FeWoesner, 2023)</i> | 27 |
| <i>Figura 12: "Radar chart" de drones militares. Al lado de cada dron aparece su porcentaje de adecuación a las características evaluadas. (Elaboración propia)</i> | 27 |



INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1: Clasificación OTAN de los RPAS (MADOC, 2016).....</i> | 4 |
| <i>Tabla 2: Resumen apartado 4.2.1 (Elaboración propia).....</i> | 20 |



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

LISTA DE SIGLAS:

- **AESA:** Agencia Española de Seguridad Aérea.
- **BLOS:** Beyond Line Of Sight.
- **BMS:** Battle Management Sistem.
- **CAS:** Close Air Support.
- **DAFO:** Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.
- **DGAM:** Dirección General de Armamento y Material.
- **EASA:** European Aviation Security Agency.
- **ET:** Ejército de Tierra.
- **GNSS:** Global Navigation Satellite System.
- **GPS:** Global Positioning System.
- **HALE:** High Altitude Long Endurance.
- **IFF:** Identification Friendly Foe.
- **ISTAR:** Intelligence, Surveillance, Targeting Acquistion and Reconnaissance.
- **LOS:** Line Of Sight.
- **MALE:** Medium Altitude Long Endurance.
- **MR:** Medium Range.
- **MTOW:** Maximum Take-Off Weight.
- **OTAN:** Organización del Tratado del Atlántico Norte.
- **PASI:** Plataforma Aérea Sensorizada de Inteligencia.
- **PU:** Pequeña Unidad.
- **RPA:** Remotely Piloted Aircraft.
- **RPAS:** Remotely Piloted Aircraft System.
- **TFG:** Trabajo Fin de Grado.
- **TN:** Territorio Nacional.
- **TTP:** Tácticas, Técnicas y Procedimientos.
- **TUAV:** Tactical Unmanned Combat Air Vehicle.
- **UAS:** Unmanned Air System.
- **UAV:** Unmanned Air Vehicle.
- **UCAV:** Unamanned Combat Air Vehicle.
- **VTOL:** Vertical Take-Off and Landing.

LISTA DE ACRÓNIMOS

- **BRIEX:** Brigada Experimental.
- **C2:** Command and Control.



- **C-RPAS:** Contra RPAS.
- **CUMA:** Cuadros de Mando.
- **CZURB:** Combate en Zonas Urbanizadas.
- **GLONASS:** Sistema Global de Navegación por Satélite (acrónimo ruso escrito con el equivalente en letras latinas).
- **I/A:** Instrucción y Adiestramiento.
- **MADOC:** Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- **MAPO:** Mando y Apoyo.
- **MINISDEF:** Ministerio de Defensa.
- **POSDEF:** Posición Defensiva.
- **PYMES:** Pequeñas y Medianas Empresas.
- **TRX:** Transmisiones.



1 INTRODUCCIÓN

Las operaciones militares desarrolladas por los países occidentales durante los últimos años del siglo pasado y principios de este han sido principalmente de carácter asimétrico o no convencional. En 2020 tuvo lugar la segunda guerra del Alto Karabaj, que atrajo la atención de todo el mundo, y más especialmente los ejércitos modernos, debido a que se trataba del primer conflicto convencional en el que los ejércitos contendientes contaban con algo de armamento moderno. Posteriormente, en 2022, comenzó el conflicto ucraniano, derivado de la invasión rusa de Ucrania. Este conflicto ha atraído la atención aún más que el anterior, por estar siendo librado en suelo europeo y, en el ámbito militar, por ser un conflicto convencional en el que se emplea armamento, tácticas, técnicas y procedimientos muy similares a los de los ejércitos occidentales. Dado que siempre es mejor aprender de los errores del otro (Buffett, 1997), las fuerzas armadas de todos los países de nuestro entorno están extrayendo lecciones aprendidas de todo lo que se observa en este conflicto. Uno de los aspectos más destacables de la guerra de Ucrania es que se ha visto la proliferación de drones de todo tipo, a todos los niveles y para todo tipo de operaciones.

Resulta imprescindible para todos los ejércitos actualizarse e implementar de manera sólida el empleo de esta tecnología. Si bien los vehículos no tripulados pueden ser terrestres, navales o aéreos, el empleo de los últimos está siendo el más extendido y eficaz, además de sencillo. Una plataforma aérea no tripulada puede estar equipada con todo tipo de medios, desde cámaras y sensores hasta misiles, pasando por granadas, cargas explosivas y aparatos de guerra electrónica. Prácticamente cualquier tipo de unidad puede verse beneficiada por el uso de vehículos aéreos no tripulados, independientemente de su especialidad, misión o entidad. Los escalones de mando superiores ya estaban acostumbrados al empleo de drones, que durante las operaciones militares de carácter asimétrico tenían como principal misión proporcionar información, por un lado, y realizar acciones de fuego, por otro. Los escalones inferiores, sin embargo, no están acostumbrados a poseer, y mucho menos emplear, las capacidades que aportaría un vehículo aéreo no tripulado. Esta carencia en la instrucción y los medios de las pequeñas unidades (sección y compañía) del Ejército de Tierra es lo que motiva la investigación realizada en este Trabajo de Fin de Grado (TFG). Con el título “Implementación de drones civiles y militares en combate convencional para unidades tipo sección y compañía”, se investigarán ciertos aspectos claves para avanzar a hacia la total integración de los drones en las unidades tipo sección y compañía de Infantería de todo el Ejército de Tierra (ET).

Para una mejor comprensión de la memoria resulta imprescindible aclarar primero una serie de conceptos. En primer lugar, el de dron. Según el diccionario de la Real Academia Española, un dron es una “aeronave no tripulada”. Es importante distinguir entre los conceptos de dron y RPAS (Remotely Piloted Aircraft System). La diferencia radica en que un dron no tiene por qué estar siendo pilotado de forma remota, es decir, un vehículo aéreo sin tripulación con una misión programada de antemano es efectivamente un dron, pero no un RPAS, puesto que la misión que ejecuta no está siendo guiada en tiempo real por un piloto a distancia. Asimismo, un RPAS puede llevar una tripulación que opere sistemas contenidos en la aeronave, pero no la pilote. Por ejemplo, una aeronave que contenga un sistema de guerra electrónica que necesite un operador podría llevar dicho operador a bordo, pero no llevar piloto, sino un sistema de control remoto mediante el cual el pilotaje de la aeronave depende de un piloto que opera a distancia.

Otro concepto por aclarar es el de combate convencional. Este se define como aquel que tiene lugar entre dos o más fuerzas o ejércitos regulares y constituidos como tales, y que siguen los usos y costumbres del derecho internacional para la guerra. Las tácticas, técnicas y procedimientos empleadas en este tipo de combate son en muchas ocasiones, aunque no siempre, distintas de las que se siguen en combate no convencional o asimétrico, en el que una fuerza o ejército regular se enfrentaría a una insurgencia u organización terrorista, que se mezcla con la población civil y no responde ante la ley.



Conviene también explicar qué son las unidades tipo sección y compañía de Infantería, que han sido mencionadas también en el título. Según el Glosario de Términos Militares (PD0-000), una compañía se define como “pequeña unidad orgánica, formada normalmente por tres o cuatro secciones, cuyo mando corresponde a un capitán”. Las secciones, a su vez, se definen como “pequeñas unidades orgánicas, entre pelotón y compañía, de composición variable según la especialidad fundamental que de que se trate y cuyo mando corresponde a un teniente o alférez”.

Vista la importancia creciente que están teniendo los drones en los conflictos actuales, especialmente en los escalones tácticos inferiores y explicados los conceptos básicos que permiten una mejor comprensión de la investigación, se detalla ahora forma en la que se ha estructurado la presente memoria del TFG.

Tras esta introducción a la investigación, se expondrán el fin que persigue la investigación, así como su alcance. Una vez definidos los objetivos concretos, los temas relacionados, los requisitos excluidos y las hipótesis de partida, se desarrollarán los antecedentes al empleo de drones en combate convencional por pequeñas unidades y se presentará el marco teórico. En él se explican brevemente generalidades acerca de los drones, las misiones de las unidades tipo sección y compañía en los ejércitos occidentales modernos y dónde y como se enmarcan los drones en el Ejército de Tierra. Una vez introducidos todos los conceptos necesarios, se expone el desarrollo de la investigación, dividida en tres partes. Primero se definirán las capacidades que aporta el empleo de drones en combate convencional para las unidades tipo sección y compañía. En segundo lugar, se comparará la fabricación civil y militar de drones. El tercer y último punto del desarrollo será un análisis de mercado, estudiando las mejores opciones de drones civiles y militares para cumplir las misiones descritas. Finalmente, se expondrán las conclusiones de la investigación.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

Para la correcta elaboración de esta memoria, y para su posterior comprensión, ha sido necesario definir primero los objetivos que se pretendían alcanzar, tanto los principales como los secundarios. A su vez, y dado que el tema a investigar trata diversos aspectos que forman parte de campos de investigación muy amplios y dispares, es menester definir el alcance del trabajo, acotando convenientemente los aspectos que se tratarán, explicando las hipótesis de partida y los requisitos excluidos.

En cuanto a los objetivos, la intención de este trabajo es aportar conocimiento sobre ciertos aspectos que se deben tener en cuenta al tratar de implementar drones para su uso en pequeñas unidades en combate convencional. Por ello, se podría definir el objetivo de este trabajo como analizar factores que resultan importantes y decisivos para implantar drones en unidades tipo sección y compañía, de cara a su empleo en combate convencional. Este análisis se ha desglosado en 3 partes separadas pero conectadas entre sí, que van desde aspectos más generales hasta otros mucho más concretos. Estas partes constituyen los objetivos secundarios, y el cumplimiento de ellos da lugar al análisis integral que constituye el objetivo principal que se quiere detallar en la presente memoria.

Los objetivos secundarios, al ser más concretos y concisos, aportan claridad y objetividad a la investigación. El cumplimiento de estos objetivos arrojará luz sobre las capacidades que puede aportar un dron o RPAS, las diferentes ventajas y desventajas que presentan los drones de fabricación civil frente a aquellos fabricados específicamente para un uso militar y, por último, sobre el estado actual del mercado.

El primer objetivo secundario consiste en conocer y explicar las distintas capacidades que puede aportar el empleo de un dron a una unidad tipo sección o compañía que se encuentre trabajando, ya sea haciendo instrucción o en una operación real, en combate convencional. Dado que los drones son una tecnología emergente, y el extensivo uso que se está haciendo de ellos en el conflicto ucraniano ha supuesto un desarrollo exponencial. Por este motivo es conveniente explicar con detenimiento las capacidades que puede aportar una plataforma aérea no tripulada a una pequeña unidad en combate convencional. Sin una adecuada comprensión de estas capacidades resulta imposible discernir adecuadamente la manera de implementar drones y explotar los recursos que aportan.

El segundo objetivo secundario es comparar drones de fabricación civil frente a los de fabricación militar. Realizar esta comparación resulta imprescindible para ser consecuente con el título del trabajo, pero además resulta muy interesante, porque es un ejemplo más de cómo lo que empezó siendo una tecnología militar derivó luego al ámbito civil, desarrollándose en este de mejor manera, con la peculiaridad de que sus nuevas capacidades y las mejoras en la tecnología están siendo explotadas de vuelta en el mundo militar.

El tercer objetivo secundario consiste en analizar y comparar las diferentes posibilidades de adquisición en el mercado actual de drones, es decir, en realizar un análisis de mercado de los drones que pueden resultar aptos para su empleo por pequeñas unidades en combate convencional. Los dos primeros objetivos secundarios resultan clave para la consecución de este, ya que la definición de las capacidades que aportan y las ventajas y desventajas que presentan según el tipo de fabricación representarán los criterios en los que se basará el análisis de mercado.

Los campos que se van a tratar en este trabajo de fin de grado resultan harto extensos en sí mismos, y la integración de varios de ellos excede con creces la investigación que se refleja en esta memoria. Esta razón hace que sea necesario detallar hasta dónde va a llegar el



desarrollo del trabajo, especificando tanto ciertas hipótesis de partida como los requisitos excluidos.

En primer lugar, cabe destacar como hipótesis de partida para toda la investigación que se va a desarrollar que el dron más adecuado para su empleo en pequeñas unidades es de Clase I, de las categorías mini o micro, y que debe ser portado y operado por una sola persona, o a lo sumo dos. Esto viene motivado por las carencias de personal que el Ejército de Tierra sufre en todas sus unidades (Alejandre, 2022). A su vez, esto nos lleva a la primera restricción impuesta a la investigación: no se contempla la posibilidad de realizar cambios en la orgánica de las secciones o compañías, delegando en los jefes de sección y compañía la decisión de designar al o los portadores y operadores del dron de la unidad, aportando así versatilidad y flexibilidad a las operaciones, y dejando que la iniciativa particular de los jefes de pie a la experimentación, abriendo las puertas a futuras investigaciones.

El segundo requisito excluido de la investigación concierne al tipo de unidad para el cual se analiza el empleo del dron. Las capacidades que se van a definir, que luego tendrán su correspondiente impacto en la comparación según tipo de fabricación y el análisis de mercado, sólo se contemplan para unidades tipo sección o compañía de fusiles de infantería ligera o motorizada. No se estudiarán las capacidades que pueden aportar los drones a pequeñas unidades de otras especialidades fundamentales, ni para secciones o compañías de infantería ligero-protégida, acorazada o mecanizada. Asimismo, tampoco se contemplan para las secciones que componen las compañías de mando y apoyo (MAPO) ni la de servicios en los batallones de infantería. La exclusión en la investigación de las unidades antes detalladas no significa que no puedan incorporar ningún aspecto ni resultado del presente trabajo, sino que se analizará todo desde la perspectiva de las secciones y compañías de fusiles de infantería ligera o motorizada, de cara a sus cometidos particulares y específicos. Esta acotación es la causa de que no se investiguen los drones comerciales letalizados en este trabajo, ya que a pesar de constituir un interesante objeto de estudio, se corresponden con unidades de mayor entidad y diferentes especialidades fundamentales.

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

Tabla 1: Clasificación OTAN de los RPAS (MADOC, 2016)



La comparación de drones según el tipo de fabricación también es un requisito de alcance de la investigación. Existen multitud de aspectos según los cuales se pueden clasificar los drones. La clasificación más técnica, en el ámbito militar, puede verse en la Tabla 1. Aparte de esta clasificación en base a criterios de la OTAN, se pueden subdividir los drones en aquellos que son de fabricación civil y aquellos de fabricación militar. Presentan claras diferencias en sus prestaciones y por ello es conveniente realizar la comparación en este aspecto y no en otros.

Por último, se considera también un requisito excluido el precio de los drones para la parte del análisis de mercado. El aspecto económico influye demasiado poco en las capacidades tácticas que puedan aportar, de forma que será una característica que no será tenida en cuenta.

2.2 METODOLOGÍA

Los métodos empleados para alcanzar los objetivos propuestos se detallan en este apartado. Dado que los tres objetivos están claramente diferenciados, lo van a estar también los métodos empleados para alcanzar cada uno de ellos.

El primer objetivo, la determinación de las capacidades que aporta el empleo de drones a las pequeñas unidades en combate convencional, se alcanzará a través de métodos cualitativos, que serán la observación y la revisión bibliográfica. La guerra del Alto Karabaj y la invasión rusa de Ucrania se caracterizan porque, entre otras cosas, con ellas se ha generado gran cantidad de contenido audiovisual que muestra tácticas y procedimientos de combate, especialmente a través de drones. Este material está disponible en multitud de páginas web y redes sociales, y su observación y análisis mediante el contraste con manuales doctrinales y publicaciones en medios especializados ha supuesto la fuente para determinar las posibles situaciones de empleo de un dron por PU's de Infantería, y cómo el uso de estas plataformas potencian sus actividades tácticas.

El método para conseguir el segundo objetivo, la comparación de drones según el tipo de fabricación, ha sido mixto, puesto que se han empleado metodologías tanto cualitativas como cuantitativas. En primer lugar, era necesario definir los criterios de comparación, aquellos aspectos en los que se diferenciaban los drones de fabricación civil de los de fabricación militar. Para ello se ha tenido en cuenta la opinión de los Cuadros de Mando (CUMA's) de la X Bandera "Millán Astray", además de la del equipo operador del RQ-11 RAVEN de la misma unidad. La recopilación de estas opiniones se ha hecho en forma de encuesta, y contrastando las respuestas obtenidas con las capacidades definidas con el primer objetivo se han determinado los criterios de comparación. Analizando las fichas técnicas de diversos drones aptos para su empleo por secciones y compañías se han sometido a las plataformas a los criterios de comparación, de tal forma que el resultado final es un análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) para cada tipo de dron, herramienta muy útil para reflejar las conclusiones de la comparación.

El análisis de mercado se ha hecho mediante la técnica "radar chart", de gran utilidad para este tipo de tareas. De forma similar a la metodología para conseguir el segundo objetivo, se han definido primero los criterios de análisis, en base también a las capacidades definidas con el primer objetivo, y mediante los datos aportados por las fichas técnicas de los drones disponibles en el mercado se ha elaborado un "radar chart" para una fracción representativa de ellos. Cabe destacar que además de las fichas técnicas proporcionadas por el comercial o fabricante se han tenido en cuenta los datos que aportaban usuarios de los drones acerca de sus capacidades reales, que en ocasiones diferían de las de las especificaciones.

Los métodos empleados para conseguir los objetivos propuestos son de diversa índole, siendo común a dos de ellos la definición de criterios de comparación a los que luego se ha sometido a los drones mediante la información sobre ellos disponible en la web. Contrastar la observación del contenido audiovisual generado en conflictos recientes con el análisis de la revisión bibliográfica ha sido una parte clave de la investigación.



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

En esta parte de la memoria se realiza un punto de situación, detallando los antecedentes de la implementación de drones para unidades tipo sección y compañía en combate convencional. También se establece el marco teórico, presentando los distintos campos teóricos que alcanza la investigación.

3.1 ANTECEDENTES

La guerra de independencia de Estados Unidos mostró por primera vez las ventajas del empleo de medios aéreos, en aquella época globos aerostáticos. A raíz de ello, distintos países fueron creando cuerpos o unidades de aerostación, teniendo lugar este hecho en España en 1884. Conforme fue avanzando la tecnología, se comenzaron a emplear aviones para realizar estas tareas de reconocimiento. Las plataformas aéreas en general eran empleadas como medios de transporte, medios productores de fuego o plataformas sensorizadas de inteligencia (PASI), con misiones de reconocimiento e inteligencia, que hoy en día se conocen como ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance). El empleo de aviones y helicópteros para estas tareas presenta el problema de que son muy vulnerables a los sistemas de defensa aérea, y resultan extremadamente costosos en materia económica. Las plataformas aéreas valen millones, y el entrenamiento de los pilotos es también extremadamente largo y costoso. A pesar de la poca probabilidad de que sean derribados, cuando esto sucede el coste es muy alto. Por este motivo surgieron las RPAS. El hecho de que no tuvieran tripulación dejaba libre un espacio relativamente grande, y permitía sustituir los instrumentos de pilotaje por equipos de telecomunicaciones que ocupaban menos espacio. Además, podían diseñarse de otra manera que optimizaba el espacio y permitía mejores condiciones aerodinámicas. Todo ello requería muchas investigaciones, pruebas y ensayos, pero a largo plazo resultaba más rentable en términos económicos, además de que no había peligro de perder vidas humanas cuando eran derribados.

Con la evolución de la tecnología, el empleo de plataformas aéreas no tripuladas se fue extendiendo por todos los ejércitos modernos, especialmente en los niveles estratégicos. Permitían reconocimientos aéreos y dotaban al mando de información completamente actualizada, ya que tenían la capacidad de transmitir el vídeo en directo. Se convirtieron en una ayuda a la decisión prácticamente imprescindible. Además de como medios ISTAR, los drones han sido empleados también como plataformas productoras de fuegos, resultando en medios de apoyo aéreo cercano (CAS, Close Air Support) que daban seguridad al personal desplegado en operaciones militares. El empleo de drones estaba limitado a escalones de mando de nivel estratégico, y a nivel táctico pertenecían a los batallones o grupos tácticos. Si bien podían emplearse en beneficio de compañías y secciones concretas en función de la misión, estas seguían sin disponer de sus propios UAV.

En la segunda década del siglo XXI, se comenzaron a fabricar drones de menor tamaño, capaces de ser operados por un único combatiente, para acciones tácticas muy concretas, siendo una ayuda a la decisión final del jefe. Es el caso del Black Hornet Nano, un dron diseñado para su empleo en Afganistán, con una autonomía de cerca de 20 minutos, de reducidas dimensiones y gestionado por un integrante de la sección o compañía. En España comenzaron a usarlo los Grupos de Operaciones Especiales, y de cara a implementarlos en unidades regulares se dotó de este medio a la Brigada Experimental 2035 (BRIEX 2035), constituida por la Brigada "Rey Alfonso XIII" II de la Legión, y a ciertas compañías con cometidos especiales, como la Compañía de Esquiadores Escaladores del Mando de Tropas de Montaña o la Compañía



de Reconocimiento Avanzado, de la Brigada “Almogávares” VI de Paracaidistas. Su elevado coste unitario, sin embargo, hizo que esta implementación fuese desestimada.



*Figura 1: operador de Black Hornet
(Infodron, 2022)*

Con la invasión rusa de Ucrania el empleo de drones pequeños a nivel compañía, sección e inferiores cobró impulso de nuevo. Esta vez ha sido de la mano de drones comerciales. Han sido desarrollados para realizar fotos y vídeo que podían emplearse de distintas formas en el mundo civil, y en sobre el suelo ucraniano se han visto todo tipo de casuísticas. Drones empleados para transmitir imagen en directo, drones modificados para llevar granadas, equipos de guerra electrónica, suministros, drones kamikaze y muchos otros. La facilidad que supone comprarlos por internet enteros, o fabricarlos a partir de piezas compradas por separado, con unos conocimientos mínimos de mecánica y programación, ha llevado a su proliferación en todas las etapas de la guerra. Esto sirvió a su vez de impulso para desarrollar drones de este tipo de fabricación militar. La observación de la guerra de Ucrania ha llevado a todos los ejércitos modernos a retomar con nuevas energías la investigación, el desarrollo y la implementación de pequeños UAV en unidades tipo sección y compañía.



Figura 2: dron comercial adaptado para transportar explosivos (ECFA, 2023)

3.2 MARCO TEÓRICO

En este apartado se presentan los campos teóricos básicos que alcanza la investigación, y se explican generalidades de ellos que han contribuido a enfocar la investigación. Asimismo, la breve explicación de estos temas resulta clave para una correcta comprensión de los apartados más técnicos de la memoria. Se profundiza en algunos conceptos clave ya mencionados en la introducción. El marco teórico se ha dividido en tres apartados, el primero sobre las PU's de Infantería, el segundo es una somera definición de drones y el tercero presenta los programas actuales y la relación existente en la actualidad entre el Ejército de Tierra español y los drones.



3.2.1 Misiones de las secciones y compañías de Infantería en combate convencional.

La definición de compañía y sección ya se dio en el apartado 1, Introducción, así como la de combate convencional. Resta dar una breve definición de lo que es la Infantería, y exponer las misiones que le pueden ser asignadas en una situación de combate convencional.

La infantería son las tropas, antiguamente a pie, hoy tanto a pie como en vehículo cuya misión principal el ocupar el terreno. Para ello emplean el fuego, el movimiento y, por último, el choque. Son el componente principal y más numeroso de cualquier ejército. Junto a la caballería, está considerada una especialidad fundamental de combate, mientras que las demás son de apoyo, ya que todas sus acciones se llevan a cabo en beneficio de la misión encomendada a las unidades de infantería.

En combate convencional se pueden adoptar dos actitudes: ofensiva y defensiva. En los escalones de mando inferiores en general y en las PU's de Infantería en particular, estas actitudes siguen siendo las mismas, y se traducen en los cometidos que pueden serles asignadas. Estos cometidos son atacar, defenderse y darse su propia seguridad. Dentro de estos cometidos pueden encontrarse diversas acciones tácticas que llevan a la consecución del objetivo militar. Estas acciones tácticas son, en fin, las que pueden verse complementadas y potenciadas por las capacidades que aportaría el empleo de un dron.

3.2.2 Drones. Conceptos básicos.

Los drones ya han sido definidos en la introducción, y se ha hecho también la necesaria aclaración terminológica en cuanto a los RPAS. Quedan por explicar los UAV (Unmanned Aerial Vehicle) y los UAS (Unmanned Aerial System). Las siglas UAV y UAS se emplean indistintamente, y se diferencian de los RPAS en que estos últimos son pilotados de forma remota, y los UAV/UAS no necesariamente. El término dron suele usarse como una generalización que incluye todos los sistemas no tripulados, ya sean pilotados de forma remota o no. En esta memoria se emplean indistintamente todos los términos, aunque las agencias y los organismos oficiales acostumbran a emplear los términos RPAS y UAV o UAS debido a la generalidad que supone el empleo de la palabra "dron". Independientemente de la terminología empleada, queda claro que una característica inherente a estos sistemas es la capacidad de volar.

Dado que los drones son operados sin un piloto a bordo, dependen directamente de tecnologías de telecomunicaciones y de posicionamiento por GLONASS o GPS, así como de softwares de programación que les permiten volar y ejecutar misiones preestablecidas, cuando no están siendo volados a distancia. Los empleos militares de estas plataformas aéreas están siendo tratados en este trabajo de investigación, pero en el ámbito civil sus empleos también son múltiples: además de para la elaboración de productos audiovisuales muy diversos, tanto para usos personales como para promoción y marketing, se emplean en vigilancia de eventos y personalidades, control del tráfico, rescates, extinción de incendios, agricultura, construcción, porte de recursos a zonas remotas, entre otras.

Los drones pueden clasificarse de muy diversas maneras según el o los aspectos que se estén teniendo en cuenta. En la introducción se ha mostrado la clasificación a nivel militar que ha adoptado España, junto con el resto de los países de la OTAN. Existen, sin embargo, otras clasificaciones oficiales, como la de la European Union Aviation Security Agency (EASA), que desde 2019 establece 7 categorías, desde C0 hasta C6, en las que encuadra distintos drones según su masa máxima al despegue (Maximum Take-Off Weight, MTOW), la velocidad máxima que alcanzan o la altura máxima alcanzable desde el punto de despegue, entre otras características (EASA, 2022). La clasificación más general y sencilla, sin embargo, responde a criterios de carácter cualitativo, y se divide en dos: drones de ala fija y drones de ala rotatoria. A continuación, se detallan algunas de sus características y algunas de sus ventajas y desventajas:



- Drones de Ala Rotatoria: su sistema de vuelo y sustentación son rotores, unidos al cuerpo por brazos. El número de rotores es variable, pudiendo oscilar entre 2 y 8 de ellos. Las principales ventajas de este tipo de drones son su capacidad de despegue y aterrizaje vertical, la ausencia de sistemas de lanzamiento, que facilita su porte y operación, la capacidad de realizar vuelo estacionario y la de realizar cambios de dirección bruscos en cualquier momento. Como desventajas pueden citarse el elevado gasto de batería que supone mover los rotores, que tiene un impacto negativo directo en la autonomía del aparato, además del ruido que hacen los motores, generalmente eléctricos, que mueven los rotores, que facilitan su detección, lo cual es contraproducente en ámbitos tácticos. Por último, este tipo de drones es más fácil de derribar, ya que el fallo de un solo rotor impacta muy negativamente en la capacidad de vuelo, haciendo que caiga al suelo a gran velocidad y en vertical sobre el punto en el que tuvo lugar el fallo, dificultando la recuperación del aparato.
- Drones de Ala Fija: el sistema de sustentación de este tipo de plataformas son las alas, que pueden variar en cantidad y posición. Como sistema de avance disponen de una o dos hélices, operadas por motores eléctricos o de combustión, en aquellos de mayor tamaño. La principal ventaja que ostentan este tipo de drones es su mayor autonomía, comparados con los de Ala Rotatoria, debido a la capacidad de planeamiento. Esto, a su vez, permite más facilidades en la recuperación cuando fallan las hélices. Además, por lo general, tienen un techo de vuelo más alto, que los hace más difícil de detectar desde el suelo, tanto visualmente como por la firma acústica. Entre las desventajas se encuentran la necesidad de un sistema de lanzamiento, que complica tanto el despegue como el aterrizaje, y la necesidad de estar continuamente en movimiento, que afecta negativamente en cuanto a la precisión de las tareas de medición por telemetría, designación de objetivos, seguimiento de personas o vehículos y grabación de puntos fijos, entre otras.

En el ámbito militar todos los ejércitos modernos disponen de drones tanto de Ala Fija como de Ala Rotatoria. Conforme más alto es el escalón en beneficio del que opera el dron, más común es el uso de los de Ala Fija, siendo el único tipo empleado en los niveles operacional y estratégico.

Con independencia del tipo de dron según su modo de sustentación, su clasificación por agencias y organismos oficiales, el uso que se le esté dando o el ámbito, civil o militar, en el que opere, todos los UAS están compuestos por una serie de partes diferenciadas entre sí y comunes a todos ellos. Generalmente se dividen en 9 partes o componentes, que se detallan a continuación:

- Chasis: contiene o une al resto de partes del dron. Es el que define el tamaño de éste, y dada la necesidad de que sea ligero suele estar construido con materiales compuestos como fibra de carbono, fibra de vidrio o plástico. En su diseño ha de tenerse en cuenta la capacidad aerodinámica.
- Grupo moto propulsor: compuesto por los motores y las hélices, son el elemento que mueve al dron, y en los de Ala Rotatoria, son a la vez el elemento de sustentación. Por lo general los motores son eléctricos, aunque en los de Ala Fija de mayor tamaño pueden ser de combustión. Las hélices pueden ser de dos, tres o cuatro palas, a mayor número aumenta la estabilidad, pero también el consumo de energía.
- Batería: pueden ser de níquel o de litio, sin entrar en aspectos más técnicos. Es importante el equilibrio entre la autonomía que aportan las baterías y su contribución a la masa del aparato. En los drones con motores de combustión el equivalente es el depósito de carburante, que debe perseguir también este equilibrio.
- Placa controladora de vuelo: es el ordenador que recoge toda la información de la situación del dron y la referente al pilotaje. Contiene multitud de sistemas que hacen



posible que el dron sea estable y sea manejado remotamente. Los más importantes son el giroscopio, la brújula y los sensores de altitud, altura, variación de esta, velocidad y posición.

- Cardán o gimbal: es el elemento que une la cámara al chasis. Evita que las vibraciones de los motores se transmitan a la imagen que retransmite el dron y ayuda al piloto en sus tareas de manejo del aparato. Además, en la vasta mayoría de UAV's permite cierta independencia entre la zona que es grabada o fotografiada y la posición del dron y su movimiento.
- Regulador de velocidad o ESC (Electronic Speed Control): circuito eléctrico que controla la velocidad de giro de los rotores, proporcionando estabilidad al dron y gestionando su velocidad de avance, así como los cambios en dirección y altura de los aparatos de ala rotatoria.
- Tren de aterrizaje: mantienen la distancia adecuada entre el dron y el suelo en los momentos del despegue y el aterrizaje. Pueden ser retráctiles para no interferir en el campo de visión de la cámara cuando esta se mueve. Facilitan el ajuste de cargas en los drones que las portan, y suelen contener las antenas de telecomunicaciones.
- La estación de control permite que los RPAS sean pilotados a distancia, y consta de tres partes: emisor/receptor de señal, elementos de control y mandos y elementos de gestión y visualización de datos. Éste último normalmente integra una pantalla en la que es posible visualizar la imagen retransmitida por la cámara del dron, a la vez que muestra indicadores proporcionados por los sensores de la placa controladora de vuelo.
- Complementos: aquí se engloban todos los dispositivos ajenos al dron, que dependen de la misión encomendada y el uso que se le vaya a dar. El primero y más común es la cámara, porque constituye una ayuda al pilotaje. Las cámaras pueden ser normales, térmicas, infrarrojas y de mayor o menor calidad. Entre los complementos se incluyen otros elementos de óptica, como lentes de aumentos u objetivos, dispositivos de telemetría, equipos de guerra electrónica, elementos productores de fuego y cargas de todo tipo.

El auge de los drones durante los últimos años ha supuesto un incremento en la legislación al respecto. En España, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) es el organismo oficial responsable del control oficial de todas las plataformas aéreas operadas en y desde España, incluyendo los drones (AESA, 2019). La legislación vigente afecta a varios aspectos de los UAV's, como las licencias de pilotaje o la fabricación de los aparatos. Se considera fabricantes de drones a todas aquellas personas, físicas o jurídicas, que fabrican y/o comercializan drones, o mandan hacerlo, y también a las que los modifican. Las empresas fabricantes deben aparecer en el registro (AESA, 2023) que la AESA guarda de ellas, y los fabricantes particulares deben registrar sus aparatos en la misma agencia, llenando la correspondiente ficha de especificaciones técnicas. Estos aparatos de fabricación casera están sometidos a la misma legislación y clasificación que los drones comerciales.

Además de la distinción entre fabricación casera o comercial, los drones pueden dividirse también, según el tipo de fabricación, entre los diseñados para uso civil y los pensados para un empleo en ambiente militar. Las diferencias entre unos y otros afectan principalmente al cifrado de las telecomunicaciones y la seguridad de la información, además de la resistencia a situaciones extremas, sin que haya diferencia en los componentes ni la forma de clasificarlos en cuanto a otros parámetros. Si bien es habitual el empleo de drones civiles por las Fuerzas Armadas de distintos países, los drones militares ni siquiera se comercializan en el mundo civil.

En el caso concreto de España, en la industria española de drones militares tiene hay un gran potencial. Además de disponer de grandes empresas en el sector, existen también distintas PYMES con amplia experiencia en la fabricación de UAS, a las que hay que añadir las que no



construyen plataformas concretas, pero elaboran distintos servicios, tecnologías y subsistemas empleados en este ámbito. Si bien esta industria se ve amenazada por la competencia internacional, cuenta con lugares ideales para la fabricación y las pruebas, y la proximidad con los mercados europeos e iberoamericanos da visibilidad a los casos de éxito (Bueno, 2023).

3.2.3 Los drones y el Ejército de Tierra

La Dirección General de Armamento y Material (DGAM) es el órgano directivo al que corresponde la planificación y desarrollo de la política de armamento y material del Departamento, así como la supervisión y dirección de su ejecución (MINISDEF, s.f.). Entre sus labores se encuentra el proponer iniciativas de I+D. Dos están directamente relacionadas con los UAS, el proyecto Rapaz y el proyecto Condor. El primero está enfocado en la adquisición de drones, mientras que el segundo persigue la adquisición de sistemas portátiles contra RPAS (C-RPAS).

En 2015 la DGAM comenzó su búsqueda para la adquisición de un RPAS de Clase I (ver tabla 1), y lo hizo a través del proyecto Rapaz (Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa, 2016), mediante el cual se impulsó un análisis de los productos disponibles en el mercado, que cumplieran con los requisitos de uso de las Fuerzas Armadas, principalmente como medios ISTAR. La duración del proyecto era de 1 año, y para 2016 ya se habían evaluado distintos sistemas. A raíz de las pruebas a las que fueron sometidos, algunos de los sistemas participantes fueron luego adquiridos y se dotó con ellos a distintas unidades del Ejército de Tierra. Estos UAV fueron el Black Hornet, el Orbiter 2 y el Huggin, todos ellos de fabricación militar. Estos aparatos, junto con el RQ-11A RAVEN, adquirido en 2007, suponen los UAS de empleo táctico en dotación en las unidades.

La observación de los medios empleados en la guerra de Ucrania y la iniciativa de los Cuadros de Mando (CUMA's) del Ejército de Tierra han motivado la adquisición a nivel particular de drones de fabricación civil, principalmente de ala rotatoria, con vistas al ensayo de procedimientos y su empleo táctico en operaciones militares. En la actualidad todas las unidades hacen uso de estos dispositivos, pero falta unificar y definir todos los procedimientos, además de que existen dudas sobre las posibilidades de su empleo táctico, tanto por la capacidad de los medios como por la seguridad de las operaciones, siendo parte de la motivación del presente trabajo de investigación clarificar los aspectos mencionados y contribuir a mejorar la preparación y la operatividad del Ejército de Tierra.



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

En esta parte de la memoria de detalla la investigación realizada en el marco de este Trabajo de Fin de Grado. Toda ella está enfocada en la consecución de los objetivos propuestos, de tal forma que este capítulo se estructura en tres partes diferenciadas, correspondiéndose cada una de ellas con uno de los tres objetivos propuestos. En el primer apartado se expondrán las capacidades que aporta el uso de un dron a una unidad tipo sección o compañía en ambiente de combate convencional. En el segundo se compararán los drones de fabricación civil y los de fabricación militar, exponiendo las ventajas y desventajas que ostentan ambos tipos. Por último, en el tercer apartado se realiza un análisis de mercado, con el fin de determinar qué drones, militares o civiles, cumplen los requisitos necesarios para aportar las capacidades definidas previamente.

4.1 CAPACIDADES QUE APORTA EL EMPLEO DE DRONES EN COMBATE CONVENCIONAL PARA UNIDADES TIPO SECCIÓN Y COMPAÑÍA

Los ejércitos modernos han ido incrementando el empleo de UAV's en las últimas décadas. En la reciente guerra de Nagorno-Karabaj, y en el actual conflicto ucraniano, se está viendo la utilidad de los drones de Clase I actuando en beneficio de las PU's de Infantería. Mediante una recopilación y explicación de las acciones tácticas que se pueden llevar a cabo con un dron, extraídas de una extensa revisión bibliográfica y el análisis de casos reales en situaciones de guerra grabados y colgados en redes sociales, se muestran las capacidades que aportan este tipo de plataformas a una sección o compañía operando en combate convencional.

El Empleo táctico de las unidades de RPAS (MADOC, 2016) es el manual del Ejército de Tierra que detalla las directrices y procedimientos a seguir con las plataformas aéreas no tripuladas. En él nombra las dos misiones tácticas en ámbito terrestre que puede llevar a cabo una unidad de RPAS: misiones ISTAR y de apoyo. La estructura que seguirá este apartado viene de esa diferenciación entre misiones, y se detallarán las acciones tácticas concretas, con ejemplos reales de uso, que pueden llevarse a cabo según el tipo de misión.

4.1.1 Misiones ISTAR

Las misiones ISTAR son “el conjunto de actividades de obtención de información precisa, relevante y fiable para apoyar tanto el planeamiento como la conducción de las operaciones, así como el proceso de Targeting” (MADOC, 2016). Estas misiones pueden dividirse en tres tipos: de vigilancia, de adquisición de objetivos y de reconocimiento.

Las misiones de vigilancia persiguen obtener, mediante diversos medios, información del enemigo, siendo necesario que éste realice actividades que le descubran, pudiendo ser estas de movimiento, firma electromagnética o ausencia de ellas (MADOC, 2016). Un dron puede realizar acciones tácticas enfocadas a detectar este tipo de actividades tanto en situaciones de actitud ofensiva como de actitud defensiva. La principal ventaja del uso de drones en estos casos es la posibilidad de realizar la observación de zonas que estén ocultas de la línea de visión directa del observador. Cuando una unidad se encuentra en una posición defensiva, debe emplear los UAV's que tenga a su disposición para patrullar las áreas de terreno que le interesen y sobre las que no tenga línea de visión directa, desplegando los aparatos cada cierto tiempo y evitando el tener que destacar personal a vanguardia para efectuar esa tarea, incrementando así la seguridad y protección del personal. En la Figura 3 se ve un operador ruso levantando un dron para vigilar una zona sobre la que tiene visual. En la Figura 4, se aprecia cómo con la cámara del dron se ve un carro de combate que se aproximaba. El dron proporcionó las coordenadas del carro y éste fue destruido. Ambas figuras son parte de la secuencia de un vídeo publicado en la



plataforma X por la cuenta Más_siosare.



Figura 3: operador ruso desplegando un dron (@siosare37376, 2023)



Figura 4: dron permite ver carro de combate (círculo rojo) (@siosare37376, 2023)

Las misiones de adquisición de objetivos tienen como fin localizar objetivos sobre los que realizar acciones de fuego. Esta misión debe llevarse a cabo con todos los medios disponibles, tratando siempre de proporcionar información en tiempo real tanto al mando como a los medios productores de fuego. La adquisición de objetivos puede llevarse a cabo con un dron que disponga de una cámara para que el operador pueda ser el terreno. La capacidad se multiplica de forma exponencial si el dron porta también elementos de telemetría o GPS que proporcionen mediciones para realizar los cálculos de tiro e incluso las coordenadas del objetivo (Figura 5). Esto permite que las unidades de apoyo realicen fuego sobre el enemigo, favoreciendo la maniobra de la sección o compañía. Los aparatos de designación láser también potencian esta capacidad de adquisición, ya que permiten señalar el objetivo. Resulta particularmente interesante el disponer de estos aparatos, que permiten que las unidades realicen tiro tenso sobre el objetivo localizado. Además de la designación por láser, puede designarse el objetivo mediante luz infrarroja, permitiendo no emitir luz en el espectro visible cuando se opera en arco nocturno, favoreciendo la sorpresa. El inconveniente que presenta el uso de esta tecnología es que hace imprescindible el disponer de elementos de visión nocturna para ver el objetivo y hacer fuego. Asimismo, si el enemigo dispone de ellos se dará cuenta rápidamente de que está siendo marcado. La designación del objetivo ya sea mediante láser o haces infrarrojos, permite que los fusileros realicen tiro tenso sobre el objetivo marcado, facilitando que este sea inequívoco y favoreciendo así la acción del mando.



Figura 5: Interfaz del operador realizando adquisición de objetivos (Teledyne FLIR, 2022)

Dentro de las misiones de adquisición de objetivos se encuentra también la corrección del tiro. Los tiros de morteros y los de artillería tienen un margen de imprecisión debido a los múltiples factores que influyen tanto en los cálculos de tiro, los sistemas de apuntado y el disparo en sí. Por este motivo los impactos deben observarse para ir transmitiendo las correcciones para dar



en el blanco. Esta acción táctica se subdivide en dos fases, la de observación y calificación del tiro y la subfase de corrección propiamente dicha. La observación consiste en ver el punto exacto del impacto, dónde ha caído el proyectil realmente, mientras que en la calificación se realizan las mediciones que determinan cuánto se ha desviado el proyectil del objetivo al que se apuntaba. La información que puede proporcionar un RPAS se encuentra dentro de la fase de observación y calificación. El operador puede ver, a través de una pantalla que muestre lo que está grabando la cámara del dron, cuál ha sido el punto en el que ha impactado realmente el proyectil, realizando así la observación del tiro, y pudiendo hacer luego los cálculos de calificación. Evidentemente, si el dron porta aparatos de telemetría, o la grabación se visualiza a través de las aplicaciones pertinentes, como la mostrada en la Figura 5, se facilita la obtención de datos de observación y los cálculos de calificación, puesto que permiten transmitir las coordenadas del impacto y la distancia de este al objetivo de forma automática a los elementos de cálculo de tiro de las unidades productoras de fuego.

Las misiones de reconocimiento proporcionan o confirman información sobre el enemigo y sus actividades. El empleo más intuitivo de un dron se encuentra aquí, puesto que un sencillo dron que disponga únicamente de una cámara ya puede ejecutar misiones de reconocimiento. Para entender correctamente cómo un dron potencia las capacidades de reconocimiento de cualquier unidad, es preciso explicar de forma sencilla y general cómo se lleva a cabo una misión de este tipo.

Una unidad que recibe el cometido de efectuar una misión de reconocimiento tiene como propósito saber si hay o no enemigo en la zona asignada y, en caso afirmativo, recopilar toda la información posible sobre su entidad, medios y actividades. Para ello debe observar la zona, y necesita a tal efecto que una fracción de la unidad tenga visión sobre la zona a reconocer mientras otra fracción le apoya, dándole protección frente a un posible enemigo que haya en el lugar que se pretende reconocer y cubriéndole de cualquier elemento enemigo que se pueda aproximar a la zona en la que se está llevando a cabo la operación.

Las tareas de reconocimiento se simplifican enormemente cuando se dispone de medios UAS. En primer lugar, no es necesario destacar una fracción de la unidad para que observe la zona, que se pone en peligro porque no sabe si hay enemigo en ella o no. En segundo lugar, facilita la misión del elemento de apoyo, que no tiene posibilidad de hacer fuego sobre tropas propias si necesita dar protección al elemento de reconocimiento. Además, la rapidez con la que se puede desplegar un dron agiliza en gran medida las operaciones, potenciando el ritmo de estas, especialmente en situaciones de puntos de paso obligado o cruces de obstáculo natural. Para el primero en muchas ocasiones basta con sobrevolar el punto y sus inmediaciones con un dron, y se puede hacer mientras la unidad se approxima, de forma que cuando llega al punto está ya reconocido. Los cruces de obstáculo natural también se simplifican y agilizan, puesto que el dron puede cruzar el obstáculo e inspeccionar el lado opuesto, sin necesidad de poner vidas en riesgo.

Los reconocimientos de combate son una modalidad importante de las misiones de reconocimiento. Estos se caracterizan por llevarse a cabo en justo antes del momento en el que la unidad propia se dispone a atacar. Se da por hecho la presencia de enemigo, pero es necesario disponer de información real y lo más actualizada posible para que las unidades sobre el terreno puedan localizar las posiciones enemigas. En combate convencional, es habitual que el enemigo se establezca defensiva, cavando pozos de tirador comunicados entre sí por trincheras. Un reconocimiento efectuado por un dron, que permite una visión desde arriba de la posición defensiva del enemigo, hace que el jefe conozca exactamente la disposición de los pozos y las comunicaciones entre ellos. Este tipo de información supone una ayuda a la decisión crucial para los jefes de sección y compañía, ya que les permite realizar correcciones de última hora y dar a sus tropas instrucciones



precisas, que evitan confusiones y momentos de incertidumbre mientras se lleva a cabo el ataque. En la Figura 6 se muestra una imagen proporcionada por un dron desde arriba de posiciones defensivas. La imagen permite apreciar el esquema general de la POSDEF.



Figura 6: vista de una trinchera desde un dron
(@GalileoArms, 2023)

Los combates en ambiente convencional no siempre consisten ataques a posiciones defensivas en ubicaciones conocidas. Las unidades desplegadas pueden verse atacadas de improviso, y se produciría un combate de encuentro. En estas situaciones el desconocimiento de las posiciones del enemigo es total, complicando la maniobra y la decisión del jefe. La rapidez en el despliegue de un dron, por un elemento de la unidad en combate que consiga operarlo a cubierto, puede proporcionar al jefe abundante información sobre la posición, entidad y medios del enemigo, favoreciendo con estos datos el planeamiento de combate. En Figura 7 se ve cómo gracias a un dron tropas ucranianas han podido ver la posición y el número de enemigos que les estaban atacando. La figura forma parte de un vídeo publicado en X por @FLETCH_REPORTS en agosto de 2023, en el que se aprecia la totalidad de la maniobra.



Figura 7: enemigo a vista de dron
(@FLETCH_REPORTS, 2023)

Los distintos casos y tipos de misiones de reconocimiento pueden efectuarse en su forma más sencilla con la cámara de un dron con el que el operador pueda visualizar la imagen mientras esta es tomada. Si el dron contiene más elementos, como aparatos de telemetría, o si la interfaz del operador es una aplicación con las herramientas pertinentes, se multiplican las capacidades y la información que proporciona el reconocimiento. De esta forma, en los casos vistos en las imágenes anteriores (Figuras 6 y 7), resultan de gran utilidad el uso de elementos de designación de objetivos, antes mencionados, que permitirían señalarlos para que las tropas sobre el terreno los vieran de forma inequívoca y pudieran hacer fuego sobre ellos. Asimismo, si el dron tiene la capacidad de dar las coordenadas de los objetivos localizados, estas podrían transmitirse a los elementos productores de fuego que actuasen en beneficio de la unidad, que generarían fuego de apoyo para cubrir la maniobra.



La información y las capacidades proporcionadas por el dron se ven incrementadas conforme aumentan las herramientas disponibles, siendo la más sencilla una cámara en el dron y la versión más completa un RPAS con cámara (normal, térmica y con visión nocturna, que permitan efectuar reconocimientos en arco nocturno o condiciones de visibilidad reducida), sistemas de transmisiones que transmitan la imagen al operador en tiempo real, elementos de designación de objetivos (láser e infrarrojos), sistema de posicionamiento GPS (que permita la toma de coordenadas y mediciones en la aplicación), y una interfaz del operador que consista de una aplicación en la que se ve la imagen y se disponga de múltiples herramientas para visualizar coordenadas y realizar mediciones, entre otras.

Resumiendo, entre las misiones ISTAR que puede desempeñar un dron en beneficio de pequeñas unidades de infantería se encuentran la vigilancia de zonas en desenfilada o sobre las que no se tiene visión directa, las misiones de adquisición de objetivos y observación y calificación del tiro y, por último, todo tipo de misiones de reconocimiento. Las mejoras tecnológicas implementadas en el dron y en la interfaz del operador multiplican de forma exponencial las capacidades que aporta el empleo del dron.

4.1.2 Misiones de apoyo

Las misiones de apoyo engloban todas las actividades que puede desempeñar una unidad táctica de RPAS y no pertenecen al ámbito ISTAR. Estas actividades pueden ser de disuisión o guiado de unidades.

La disuisión con medios RPAS es cada vez más sencilla, ya que cada vez aparecen más pruebas gráficas de los daños que puede causar en dron. El empleo de drones como el RQ-11 RAVEN como medio de disuisión ha sido común en las operaciones desarrolladas en territorio afgano (Zegart, 2014). Una vez el enemigo ve o escucha un dron, sabe que está siendo observado, y probablemente el ataque sea inminente. Cuando las tropas españolas vieron que la reacción del enemigo al detectar el RPAS era huir o esconderse, adoptaron un procedimiento de disuisión que consistía en, una vez detectado el enemigo en una misión de reconocimiento, hacer que el dron descendiera para permitir que el enemigo lo escuchara, mirara hacia arriba y lo vieras, replegándose en consecuencia en la mayoría de las ocasiones. Esta maniobra permitía evitar enfrentamientos con el enemigo cuando no se deseaba, despejando lugares donde se habían preparado emboscadas (C., 2013).

Al nivel de una PU de Infantería, este procedimiento de disuisión puede aplicarse del mismo modo en reconocimientos de itinerario, zona, puntos de paso obligado y situaciones de cruce de obstáculo natural. Si el enemigo se considera vulnerable o de menor entidad que la unidad que opera en dron, es muy probable que desista en su ataque e inicie maniobras para replegarse. Asimismo, en situaciones de ataque a posiciones defensivas previamente preparadas, el forzar que el enemigo detecte el dron que está realizando el reconocimiento puede provocar que el enemigo tome posiciones a resguardo, causando un efecto similar al que provocaría un fuego de supresión.

La principal diferencia entre las misiones de disuisión y las de guiado de unidades es que las primeras tienen lugar cuando no se desea entrar en combate y las segundas cuando está teniendo lugar un enfrentamiento armado. El combate en zonas urbanizadas (CZURB) y las limpiezas de posiciones defensivas (POSDEF) son las dos situaciones genéricas en las que resulta de gran ayuda el guiado de unidades un dron. Esta actividad puede llevarse a cabo con un designador láser que porte el dron y que las tropas en suelo sólo tuvieran que seguirlo para alcanzar el objetivo marcado. La utilidad de esta modalidad se ve cuando en una zona urbanizada únicamente se requiere alcanzar un objetivo compuesto por uno o varios edificios, y el resto de las edificaciones se consideran de bajo riesgo por no haber probabilidad de enemigo. Otra forma de efectuar el guiado de unidades es mediante la comunicación entre el operador del dron y el jefe de la unidad o, como mínimo, el elemento a vanguardia. Mediante una cámara portada por un dron que transmita la imagen en tiempo real, el operador puede tener una vista desde arriba



de toda la posición defensiva o zona urbanizada. Viendo la situación del enemigo, puede ir guiando al jefe y avisándole en los puntos en los que se observa que hay enemigo. Frente a la misma información dada por una foto aérea, la ventaja que presenta el ver la zona con un dron es que se puede ver al enemigo moverse, de forma que siempre se tiene información real y completamente actualizada. Así como en los reconocimientos de combate basta con que el dron sobrevuelo la zona y el jefe vea un esquema general de la posición defensiva, en esta situación resulta imprescindible que el RPAS esté en vuelo durante el máximo tiempo posible.

Al igual que con las misiones ISTAR, que se ven potenciadas con las mejoras tecnológicas implementadas en el dron, el guiado de unidades se puede emplear en un arco de situaciones mayor si la cámara incluye visión nocturna o térmica, para operar por la noche o en situaciones de visibilidad reducida. De la misma manera, si el designador cuenta con un láser para el día y un modo infrarrojo, éste se podrá emplear cuando la situación requiera emplear visión nocturna.

En las siguientes imágenes (Figura 9, Figura 8), se ven dos ejemplos una de las situaciones descritas, la limpieza de POSDEF. Las imágenes forman parte de la secuencia de dos vídeos del canal TERRA, perteneciente a un grupo de ucranianos que cuelga en su página web gran cantidad de contenido audiovisual del conflicto ucraniano, con el fin de recoger donaciones para su país. En ambos vídeos se aprecia cómo los militares ucranianos van progresando por los ramales mientras el operador del dron les informa vía radio de la situación del enemigo, que está viendo a través de la cámara de su RPAS.



Figura 8: dos militares ucranianos, guiados por un dron, se enfrentan a un militar ruso (TERRA, 2023)

La gran cantidad de vídeos y fotos que se pueden encontrar en internet sobre el conflicto ucraniano muestran la efectividad de los procedimientos aquí expuestos, y son testimonio del aumento de capacidades que aporta el empleo de un dron a una unidad tipo sección o compañía operando en ambiente de combate convencional. Las misiones ISTAR de vigilancia, adquisición de objetivos y corrección y calificación del tiro, los diversos tipos de reconocimiento y las misiones de apoyo, como la disuasión y el guiado de unidades cobran nueva importancia con el empleo de drones hasta en los escalones más bajos. Todos los ejércitos modernos deben actualizarse en este sentido, implantando RPAS en las PU's de Infantería y ensayando nuevos procedimientos. Por otro lado, tanto los fabricantes de material militar como los organismos castrenses responsables de la adquisición de material deben también actualizarse y conocer las características técnicas de los drones que permiten la ejecución de las misiones descritas de la manera más completa posible.



4.2 COMPARACIÓN DE DRONES CIVILES Y MILITARES

En este apartado se compararán drones según un criterio, el tipo de fabricación. Se entiende por dron civil aquel dron que ha sido pensado y fabricado para que ejecute distintas tareas en el ámbito civil. Los drones militares, en cambio, son desarrollados por empresas de defensa y están enfocados en servir a un uso de índole puramente militar. Sin embargo, en Ucrania se ha visto en repetidas veces la utilización de drones civiles para misiones tácticas. Aquí se analizarán las prestaciones de cada tipo de dron y cuáles se corresponden de forma más con el empleo en combate.

En primer lugar, se recopilarán las características que debe poseer un dron para ejecutar con garantías de éxito misiones que vayan en beneficio de unidades tipo sección y compañía en combate convencional, como las expuestas en el primer apartado de este capítulo. Junto con estas características se irá nombrando la tecnología que debe incorporar el dron para poseerlas. Posteriormente se elaborará un análisis DAFO de drones civiles y militares para, finalmente, exponer las ideas fuerza extraídas de ambos análisis.

4.2.1 Recopilación de características y tecnología a incorporar

Los drones de defensa tienen que proporcionar unas capacidades muy exigentes, entre las que destacan la robustez en su operación, alta fiabilidad y disponibilidad, inmediatez en su empleo y seguridad física de los operadores (Bueno, 2023), además de las misiones ISTAR y de apoyo descritas en el anterior apartado. Del desempeño de estas misiones se deducen una serie de características que debe poseer un dron empleado a tales efectos.

En primer lugar, y como elemento más básico para ejecutar cualquiera de las misiones descritas, resulta imprescindible que el dron posea una cámara con posibilidad de empleo en arco tanto diurno como nocturno. Así, deberá incorporar elementos electroópticos multiespectrales, que le permitan visión tanto en condiciones normales como de baja visibilidad, mediante elementos de visión nocturna o cámaras térmicas. Las cámaras deberán poseer también los correspondientes objetivos o lentes de aumentos, que permitan al operador hacer zoom en un área considerada de interés, multiplicando de esta manera la capacidad de observación que proporcione el dron. En la misma línea de ayuda visual multiespectral se ubica la capacidad de designación, que se ha visto también como una gran ayuda al combate para las tropas en suelo. La carga útil del UAS deberá incluir un dispositivo de designación, tanto por láser como por infrarrojos, para su empleo cuando la unidad esté dotada de visión nocturna.

En cuanto al *hardware* del UAV, cabe destacar que deberá permitir la operación del dispositivo en situaciones climatológicas extremas, tanto de calor y polvo en ambiente desértico como de frío y nieve en montaña, pasando por la humedad y la lluvia de la jungla. Por este motivo resulta de vital importancia la robustez de todos los componentes del dron, así como su sellado. Además de esta resistencia a los elementos, el empleo táctico del dron requiere su enmascaramiento, como cualquier material militar. La pintura del dron deberá ser de tonos medios, grises preferentemente, para dificultar su detección con el cielo de fondo. Evidentemente, no deberá emitir luz alguna mientras es operado, menos aún en arco nocturno. Conviene destacar estos aspectos porque contrastan con los patrones de color y las luces de posición que suelen tener los drones civiles, pensados para facilitar su localización mientras están desplegados.

Los componentes electrónicos pequeños y las características de *software* son las más extensas, en cuanto a que proporcionan más capacidades de cara a las operaciones militares. El cifrado de la información supone un aspecto crucial, puesto que influye en la seguridad de las operaciones y del operador físico en particular, dándose la situación de peligro cuando el enemigo trata de obtener información del dron, ya sea porque lo ha encontrado derribado o porque hace uso de medios de guerra electrónica para extraer datos del UAV mientras este vuela, siendo este último caso el más peligroso. La seguridad de las operaciones puede verse



afectada si el enemigo consigue extraer del dron datos de posicionamiento de unidades, waypoints y tracks que estuvieran guardados para futuras misiones de reconocimiento o cualquier otra información que comprometiera operaciones futuras. Si la información es extraída durante el vuelo, es más probable que la seguridad del operador se vea seriamente comprometida al instante, puesto que además de obtener información como la ya mencionada, puede averiguar la posición del operador. Por citar un ejemplo, la herramienta Aeroscope, de la marca DJI, es un arma contra-RPAS (C-RPAS) que puede detectar dónde está el operador de un dron. Por este motivo es importante que la transmisión de información entre el dron y el operador esté cifrada, incluyendo los elementos de posicionamiento GNSS (Global Navigation Satellite System). Un recurso empleado por el dron militar Black Hornet es la ausencia de memoria en el dron, es decir, toda la información de guiado, fotos, vídeos, etc. se guarda en el mando del operador y no en el propio dron. Otro elemento de software necesarios son un sistema de IFF (Identification Friendly Foe) para los medios C-RPAS propios (MADOC, 2023). Esto permitirá que los drones vuelen en zonas donde tropas propias estén haciendo uso de medios C-RPAS para mitigar la amenaza que supone su empleo por parte del enemigo y denegar sus capacidades en este ámbito.

La interoperabilidad con los sistemas de mando y control (C2, Command and Control) empleados por las fuerzas armadas resulta de vital importancia para potenciar las capacidades aportadas por el empleo de UAV's por parte de pequeñas unidades. A través de un software específico, como el BMS (Battle Management System) del ET o el Atak estadounidense, estos sistemas de mando y control, se puede ejecutar una transferencia de control, acción muy útil en el ámbito militar. Si el operador del dron va a perder enlace, bien porque tiene que operar el dron a mayor distancia de la que tiene alcance su mando, bien por otras vicisitudes, se mitigan los efectos si existe la posibilidad de transferir el control de la plataforma a otro operador que sí se encuentre en condiciones de manejarla. Además, la integración con los sistemas de C2 permiten multitud de acciones tácticas que agilizan los procesos de transmisión de información y decisión. A través de la interfaz de la aplicación, se permite la observación y calificación de fuegos de apoyo, en conjunción con elementos electroópticos, la trasmisión y recepción de datos (fotos, vídeos, coordenadas, rutas, posición de unidades propias o enemigas...) a y de otros usuarios, el control por parte del escalón superior y otras. Si bien esta función es propiamente militar, en la actualidad ciertos drones civiles cuentan con la posibilidad de descargar un plugin que permite su interoperabilidad con la aplicación Atak.

La facilidad del pilotaje y la operación de los UAV permite una mayor disponibilidad de operadores. Esto resulta crucial para paliar los efectos de que el operador del dron de la unidad sea baja. El dron deberá ser, por construcción, manejable, y sus controles sencillos e intuitivos. Esto permitirá que la formación de los operadores sea rápida, fácil de recordar de forma que no se les considere un recurso crítico. Así, en una sección de Infantería podría haber un cierto número de operadores con el puesto táctico de fusilero granadero, y uno sólo pilotando el dron, pero en caso de que este individuo no pudiera continuar haciéndolo no habría problema, puesto que otro podría asumir su puesto rápidamente. La relación entre la facilidad de operación y la integración con el sistema de C2 se realiza a través de la interfaz del usuario operador, que deberá ser intuitiva para conseguir los efectos arriba descritos.

La baja huella logística está relacionada con la facilidad del pilotaje. Este debe realizarse desde un pequeño mando, que el operador pueda transportar cómodamente. Lo mismo se aplica para el dron, resulta crucial que sea de reducidas dimensiones, que faciliten su transporte y, a su vez permitan que el despliegue sea rápido, puesto que en ocasiones será urgente disponer del apoyo que proporciona, como en el caso de emboscadas. Para ello, la mejor opción son los drones de ala rotatoria o, en su caso, los VTOL (Vertical Take-Off and Landing), que están siendo desarrollados principalmente por la industria de defensa, al comprobar que aúna las ventajas de los de ala rotatoria y los de ala fija

Por último, las experiencias del conflicto ucraniano muestran que los UAV ejecutan entre 1



y 3 misiones, perdiéndose el 90% de ellos (Zabrodskyi, et al., 2022), llegándose en algunos casos a considerarlos material fungible (MADOC, 2023). Dado que los drones empleados en operaciones militares tienen escasa vida útil, es clave que su producción sea barata y sencilla, facilitando su adquisición por parte de los distintos ministerios de defensa. A pesar de la complejidad de los sistemas que deben incorporar, se deberá perseguir la máxima sencillez posible en la construcción de los drones, facilitando su reparación además de su producción.

Las prestaciones analizadas son, en algunos casos, de utilidad únicamente comprensible en el ámbito militar, por lo que muchos drones civiles carecerán de ellas. A continuación, se muestra una tabla resumen (Tabla 2) que recoge las características que debe poseer el dron y el aparato o software que las proporciona, y las clasifica según sean de índole exclusivamente militar o se puedan asemejar o apoyar también en características de la fabricación y prestaciones civiles (dual).

| Característica del dron | Elemento que la proporciona | Índole |
|--|---|---------|
| Visión multiespectral | Cámara/elemento electroóptico de visión multiespectral | Militar |
| Visión aumentada | Objetivo/lentes integradas con la cámara | Dual |
| Designación multiespectral | Elemento electroóptico de designación multiespectral | Militar |
| Resistencia a los elementos | Robustez estructural y de los componentes | Dual |
| Dificultad de detección | Colores medios y grises, ausencia de luces de posición | Militar |
| Seguridad de la información | Software específico | Militar |
| IFF | Software específico | Militar |
| Integración con sistemas de C2 | Software específico | Militar |
| Facilidad de formación del operador | Interfaz de usuario del sistema de C2 sencilla e intuitiva | Militar |
| Baja huella logística y despliegue rápido | Dimensiones reducidas. Ala rotatoria o VTOL | Dual |
| Alta disponibilidad y sencillez de mantenimiento | Proceso de fabricación sencillo a partir de componentes ampliamente disponibles en el mercado | Dual |

Tabla 2: Resumen apartado 4.2.1 (Elaboración propia)

4.2.2 Análisis DAFO

Las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que presentan, por separado, los drones civiles y los militares pueden apreciarse claramente en los siguientes análisis DAFO:

- **Drones civiles – análisis DAFO:**
- **Debilidades:** Seguridad escasa, tanto de la información como para el operador. A esto se une que por lo general tienen una resistencia menor a los elementos y son de colores más vistosos y tienen componentes que facilitan su detección visual, como luces. Además, carecen de elementos electroópticos de índole militar, como designadores y cámaras multiespectrales. Tampoco están dotados de software específico para uso militar, como aquellos que habilitan la interoperabilidad con sistemas de C2 y las



transferencias de control, entre otros.

- **Amenazas:** Derribo por medios C-RPAS propios por carecer de elementos IFF, así como por un cifrado inadecuado RPAS-operador. También supone un peligro el robo de información, tanto una vez derribado el dron como mientras sigue en vuelo. La seguridad física del operador también se ve gravemente comprometida, puesto que la falta de seguridad de la información puede delatar su posición.
- **Fortalezas:** Mayor número de empresas dedicadas al desarrollo de drones civiles, que hacen que la abundancia tanto de UAV's en sí como de sus piezas de recambio sea mayor y sean más sencillas de conseguir. Además, este mayor número de existencias repercute en el precio, rebajándolo considerablemente y facilitando su adquisición por parte de los ministerios de defensa. Por otro lado, al mayor público que tienen estos fabricantes hace que los mandos de sus drones sean mucho más intuitivos y de manejo más sencillo.
- **Oportunidades:** aprovechar la mayor disponibilidad de estos drones y emplearlos para practicar algunos procedimientos. Si bien tienen ciertas carencias de equipamiento, para operaciones de adiestramiento en territorio nacional (TN) no es necesario encriptar la información. Mientras las empresas de defensa desarrollan drones militares, las fuerzas armadas pueden practicar e ir desarrollando tácticas, técnicas y procedimientos (TTP's) para no quedarse atrás en esta actualización del modo de ejecutar operaciones militares. La oportunidad más relevante que se les presenta a los drones de fabricación civil es la posibilidad de implantar los elementos que les faltan para su empleo en ámbito militar. La carga útil del dron podría ser las cámaras y los designadores multiespectrales, y mediante instalación de software se podría conseguir la encriptación de las telecomunicaciones. Aparece la posibilidad de fabricar los componentes militares únicamente, e implantarlos en drones civiles, cuya disponibilidad en el mercado es mayor.

- **Drones militares – análisis DAFO:**

- **Debilidades:** Alto coste de producción, que repercute negativamente en su adquisición y mantenimiento. Actualmente las empresas de defensa son incapaces de producir el volumen de UAV's necesarios para implementarlos en los ejércitos modernos con la urgencia requerida.
- **Amenazas:** La escasez de drones militares. Esto tiene dos vertientes negativas. En primer lugar, la falta de medios puede hacer que los ejércitos lo consideren un recurso crítico, limitando su empleo, cuando, como ya se ha visto, se debería considerar incluso material fungible. En segundo lugar, se corre el riesgo de adiestrar a las unidades en el empleo UAV y que generen dependencia de este medio, viendo mermadas sus capacidades de combate cuando este falte debido a su limitada disponibilidad.
- **Fortalezas:** Las propiedades de cifrado de la información suponen la principal mejora de los drones civiles frente a los militares. Estos incorporan de serie el cifrado de las telecomunicaciones plataforma-operador, información recopilada y el sistema GNSS. Además, resulta más sencilla su integración con sistemas de C2, ya que vienen preparados para ello, permitiendo acciones como la transferencia de control. Los elementos de visión son comúnmente multiespectrales en este tipo de aparatos, y es más sencillo instalar e integrar los aparatos de designación en aquellos que no lo llevan de serie. Conviene destacar también que el diseño de este tipo de drones cubre las necesidades de enmascaramiento pertinentes.
- **Oportunidades:** La importancia creciente del empleo de RPAS motivará su desarrollo e innovación en las empresas de defensa existentes, además de la creación de nuevas corporaciones. Ciertas características del uso militar pueden encontrar aplicación en



servicios de emergencias y respuesta ante catástrofes. Aquí se encuentran los elementos de visión y los designadores multiespectrales y la integración en sistemas de C2. El aumento de público que esto supone es un aliciente para las empresas de defensa, que se traduce en mayor desarrollo y disponibilidad para las fuerzas armadas.

Las conclusiones extraídas de los análisis DAFO y las consiguientes ideas fuerza se exponen en el siguiente apartado.

4.2.3 Ideas fuerza extraídas de los análisis DAFO.

En los análisis DAFO de los drones según el tipo de fabricación han aparecido una serie de ideas importantes y que deben ser tenidas en cuenta en la implantación de drones para su empleo por unidades tipo sección y compañía. Estas ideas surgen del análisis para el uso en combate convencional, pero no son excluyentes de este y son aplicables también a la guerra asimétrica, puesto que conciernen al desarrollo de UAV y sus TTP relacionadas en general.

Las ideas extraídas son tres, uso en instrucción y adiestramiento (I/A) de drones civiles, implementación de tecnología militar en drones civiles y colaboración con servicios de emergencias.

- **Uso de drones civiles en actividades de I/A:** Dada la amplia disponibilidad de UAV civiles frente a los militares, y que para ejercicios de I/A en TN no es necesario encriptar la información, muchas TTP se podrían ir desarrollando mediante el empleo de drones civiles. A pesar de no incorporar toda la tecnología de un dron militar, con un UAS civil se pueden practicar gran parte de los procedimientos descritos. Su distribución en todas las PU de Infantería aceleraría la implementación de drones mediante un aprendizaje temprano de las TTP correspondientes y sería el germen de nuevas ideas y procedimientos que permitirían mejoras aplicables a drones militares.
- **Implementación de tecnología militar en drones civiles:** Introducido como oportunidad para los drones civiles, esta idea es de gran importancia por sus implicaciones en el mercado de UAV de ambos tipos y las ventanas de desarrollo que ofrece. Actualmente hay empresas de defensa que desarrollan drones completos, y otras que simplemente fabrican algunos componentes. Esta característica del mercado es explotable por los órganos de adquisición. Los componentes de índole militar, como las cámaras multiespectrales, los elementos electroópticos de designación láser e infrarroja y los softwares de cifrado de información e integración en sistemas de C2, pueden ser adquiridos por separado, para su posterior implantación en drones civiles mediante sencillas modificaciones del hardware y software. Esto abre la ventana a una mayor diversificación de mercado, mayores posibilidades de adquisición, elaboración de UAS *ad hoc* para el tipo de unidad a la que se quiere dotar y facilidades para impulsar la investigación y el desarrollo en características concretas, entre otras ventajas.
- **Colaboración con servicios de emergencias:** Diversas tecnologías de los drones militares son también explotables por los servicios de emergencias y respuesta ante catástrofes naturales. La posibilidad de tener visión multiespectral sobre un área afectada, o señalar puntos y objetos en ella mediante designadores tanto de día como de noche son capacidades de gran utilidad en actividades de búsqueda de personas desaparecidas, extinción de incendios y atención en terremotos, entre otras. Asimismo, la integración en sistemas de C2 que posibiliten que el escalón superior tenga información sobre el área en la que opera el dron, disposición de sus unidades, obtención directa de los datos proporcionados por el UAS y la posibilidad de efectuar transferencias de control resultan de gran utilidad para los servicios de emergencias.

La implementación de drones en unidades tipo sección y compañía requiere que las plataformas cumplan una serie de requisitos básicos en la forma de tecnologías que capaciten a los UAS para ser empleado en un amplio espectro de situaciones tácticas. Los drones civiles y



los drones militares presentan distintas ventajas y desventajas al respecto. Partiendo del caso ideal, la dotación de drones militares a todas las PU de Infantería, diversas opciones de uso de drones civiles, como su uso únicamente para I/A o el añadirles las tecnologías correspondientes, presentan alternativas nada desdeñables para conseguir un nivel óptimo tanto en la instrucción del personal como de medios disponibles en las unidades. Otras opciones, como la fabricación por separado de los elementos electroópticos y los software necesarios, y las colaboraciones en investigación, desarrollo y práctica de procedimientos con diversos servicios de emergencia también pueden incrementar las opciones disponibles en cuanto al mercado de UAV tanto civiles como militares, ampliando los recursos para los órganos de adquisición de los ejércitos modernos, acelerando la necesaria actualización que en cuanto al empleo de RPAS tácticos todos ellos necesitan.

4.3 ANÁLISIS DE MERCADO

Para encontrar los drones disponibles en el mercado que mejor pueden ejecutar las misiones descritas se ha llevado a cabo un análisis de mercado. Primero se han definido los criterios de evaluación y posteriormente se ha sometido a los drones a estos. Los drones sometidos a comparación son aquellos cuyo empleo está más extendido en las fuerzas armadas de distintos países.

4.3.1 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación han sido definidos para encontrar aquellos drones que mejor se adecúen a su empleo en combate convencional por unidades tipo sección y compañía. Estos criterios son las características técnicas que permiten desempeñar con garantías las misiones descritas. Han sido extraídos de las dos primeras partes de la investigación, así como de las entrevistas realizadas por los CUMA de la X Bandera de La Legión (ANEXO E). Los criterios de evaluación se detallan a continuación:

- **Streaming:** Con este criterio se evalúa si el dron tiene la capacidad de emitir en directo el vídeo que está grabando, o las imágenes que se ven a través de la cámara que porta. En todos los drones analizados existe esta posibilidad, pudiendo verse las imágenes bien en la pantalla del mando bien en un smartphone o Tablet.
- **Cámara multiespectral:** La importancia de que el dron pueda obtener imágenes tanto en arco nocturno como diurno es vital, y por ello esta capacidad se evalúa en el análisis de mercado.
- **Designador:** Para la función de designación de objetivos el dron debe poseer un aparato designador, que puede funcionar por láser, infrarrojos o ambos, siendo esto último lo óptimo.
- **Cifrado de la información:** Si el enemigo obtiene fácilmente información del dron se ve comprometida tanto la seguridad de las operaciones como la del operador. Toda la información de imágenes, vídeos, rutas, etc debe estar convenientemente protegida.
- **Cifrado de las transmisiones (TRX):** La comunicación y la transmisión de datos entre el operador y el dron debe también estar cifrada, para evitar robos de información por ese canal y proteger al operador, que podría sino estar dando su posición.
- **Integración con sistemas de C2:** La posibilidad de integrar el empleo de RPAS con el sistema de mando y control propio es un multiplicador de capacidades, por lo que se ha considerado un elemento importante a tener en cuenta.
- **Dimensiones (plegado):** El porte del dron en infantería ligera es como el de cualquier otro material: se debe llevar a la espalda, suponiendo un añadido al equipo individual que porta cada combatiente. El tamaño que ocupa una vez guardado ha de ser tenido en cuenta, puesto que dependiendo de este es posible que el fusilero que lo porte tenga



que dejar parte de su equipo para poder llevar el dron, mermando otras capacidades.

- **Peso:** Importante también para la infantería ligera, al igual que las dimensiones. En una marcha larga cada gramo de equipo tiene que ganarse su sitio en la mochila. Resultaría poco útil cargar excesivamente a un componente de la unidad, puesto que podría repercutir en el ritmo de toda ella.
- **Lanzamiento:** La forma de poner el dron en el aire ha sido evaluada porque, especialmente para ciertas misiones, resulta clave tener el dron operativo en el mínimo tiempo posible.
- **Recuperación:** También esta resulta importante, ya que una rápida recogida del dron una vez este ha efectuado su misión reduce los tiempos de espera y acelera el ritmo de las operaciones.
- **Autonomía:** Si el tiempo que el UAV puede estar operativo es excesivamente pequeño, complica la tarea del mando, porque tendrá que emplearlo como recurso crítico. Asimismo, en una operación de larga duración pueden darse situaciones en las que sea complicado cargar el dron, por lo que para su uso continuado resulta indispensable una batería que garantice suficientes minutos de empleo.
- **Alcance:** distancia que puede alejarse el dron del operador sin perder el control. Si bien las unidades tipo sección combaten reunidas, haciendo que el alcance necesario no vaya más allá de 1 o 2 km, las unidades de entidad compañía sí pueden ejecutar sus misiones de forma más dispersa, requiriendo mayores alcances. Las distancias analizadas son las especificadas por el fabricante y evidentemente pueden variar cuando hay obstáculos entre medias o interferencias. Las distancias de alcance son LOS (Line Of Sight), es decir, no debe haber ningún obstáculo entre el dron y el mando del operador.
- **Velocidad máxima:** Importante tenerla en cuenta, puesto que repercute en la rapidez con la que se podrá posicionar el dron en el lugar deseado para obtener visual sobre un área.
- **Tolerancia al viento:** Dado que las operaciones militares de combate convencional se desarrollan en exteriores, los drones deben aguantar bien el viento para ofrecer imágenes estables y permitir su manejo por parte del operador.
- **Pilotaje:** El aspecto aquí analizado es la forma de pilotar el dron, el aparato que maneja el operador del UAV. Se distinguen tres configuraciones: un mando con joysticks al que el operador debe conectar su Tablet o smartphone para ver las imágenes del dron, un mando con joystick con la pantalla integrada, pudiendo ver en ella las imágenes del dron. Como opción mejor considerada está el manejo del dron a través de una aplicación que se puede instalar en cualquier smartphone o Tablet, de forma que el operador puede llevar su teléfono móvil rígido en su equipo de combate, y con la aplicación instalada puede manejar el dron cuando este es desplegado, reduciendo tanto la cantidad de equipo a portar como el tiempo de puesta en operación. Una variante de este último es el manejo a través de una Tablet rígida específica, es decir, que forma parte del equipo del dron y sólo sirve para pilotarlo.
- **Resistencia a los elementos:** En la misma línea de que las operaciones se llevan a cabo en exteriores, en todo tipo de condiciones atmosféricas, es importante la resistencia al agua, polvo, nieve, barro, humedad, etc. que tienen los distintos drones.
- **Otras capacidades:** En este aspecto se evalúan otras capacidades diferenciadoras que aporta al dron y no han sido evaluadas con el resto de los criterios.

Las características definidas permiten analizar si un dron está capacitado o no para cumplir las misiones descritas en las dos primeras partes de la memoria. Los drones analizados



presentaban diferencias en la mayoría de estos aspectos, si bien para algunos las especificaciones técnicas de todos los drones de uno de los dos tipos, civil o militar, resultaban ser las mismas.

Los drones han sido puntuados con un número entre el 1 y el 6 para cada criterio, siendo 1 la peor puntuación y 6 la mejor. Esta puntuación, en base a las especificaciones técnicas definidas por el fabricante, ha sido empleada en la elaboración de un “radar chart”, una herramienta de análisis de mercados en la que se muestra de forma visual y conjunta la puntuación obtenida por cada dron en cada característica. La determinación del dron óptimo, aquel que resulta más completo, se lleva a cabo a partir de aquellos que cubren las áreas más extensas y regulares en el gráfico. De forma numérica, esto se expresa con el porcentaje del área total cubierta por cada dron, siendo este porcentaje de adecuación a las características evaluadas.

4.3.2 Análisis de drones civiles.

Los UAV civiles sometidos al análisis son aquellos cuyo uso está más extendido en el ET. Estos drones son generalmente adquiridos en el mercado civil por las compañías orgánicas que forman los batallones, para ir implementando procedimientos a la espera de ser dotadas de drones militares. Los drones así presentes en las unidades son de marca DJI o Autel, y son los siguientes modelos: DJI Phantom 4, DJI Mavic 3, DJI Mini 4 Pro, Autel Evo Lite Pro, Autel II Doble 640T (Rueda, 2022). Los elementos diferenciadores más importantes son que el primero, el DJI Phantom 4, es el único que no puede plegarse para su almacenamiento, dificultando su transporte, pero a su vez es el único que permite una fácil modificación del software para su integración con el sistema de C2 Atak.

En algunos de los criterios de evaluación todos los drones presentan las mismas características, y por este motivo han sido excluidas del “radar chart” y se detallan a continuación:

- **Streaming:** todos ellos tienen capacidad de transmitir imágenes en directo.
- **Designador:** ninguno de ellos posee este aparato.
- **Cifrado de la información:** ninguno de ellos cifra la información contenida en el dron, es más, esta se guarda en una tarjeta SD contenida en el dron.
- **Cifrado de las transmisiones:** ninguno de ellos cifra la comunicación entre el operador y el RPAS.
- **Lanzamiento:** en todos ellos el lanzamiento es manual, es decir, el operador lo sujetá con la mano o lo apoya en el suelo mientras activa los rotores. En los modelos plegables debe desplegar los soportes de los rotores previamente.
- **Recuperación:** manual también para todos los modelos, sigue el mismo procedimiento que para el lanzamiento, pero a la inversa.
- **Autonomía:** Ronda los 35' en todos los modelos, se considera suficiente y no se tiene en cuenta en la comparación.
- **Resistencia a los elementos:** Ninguno de los drones considerados ofrece protección ante los elementos. Deben almacenarse y transportarse con cuidado y solo pueden ser operados en condiciones climatológicas favorables.
- **Otras capacidades:** La cualidad adicional más destacable que poseen todos los drones civiles analizados es un sistema de detección de obstáculos mediante emisión de ondas infrarrojas en 5 direcciones. Este sistema está destinado a proteger el dron y no permite que se acerque a los obstáculos detectados. No se considera de interés para el uso militar, ya que a pesar de estar destinado a proteger un material que es caro, los márgenes de seguridad resultan demasiado grandes y no permitirían aprovechar todas



sus capacidades en combates en CZURB o zonas boscosas.

En el resto de los criterios de evaluación los distintos modelos de drones sí presentan diferencias, como se muestra en el “radar chart” (Figura 10). Este recoge todos los drones a la vez, en el ANEXO B pueden verse el “radar chart” de cada dron por separado junto a una foto de este, además de las tablas con los criterios de evaluación, las puntuaciones y observaciones al respecto.

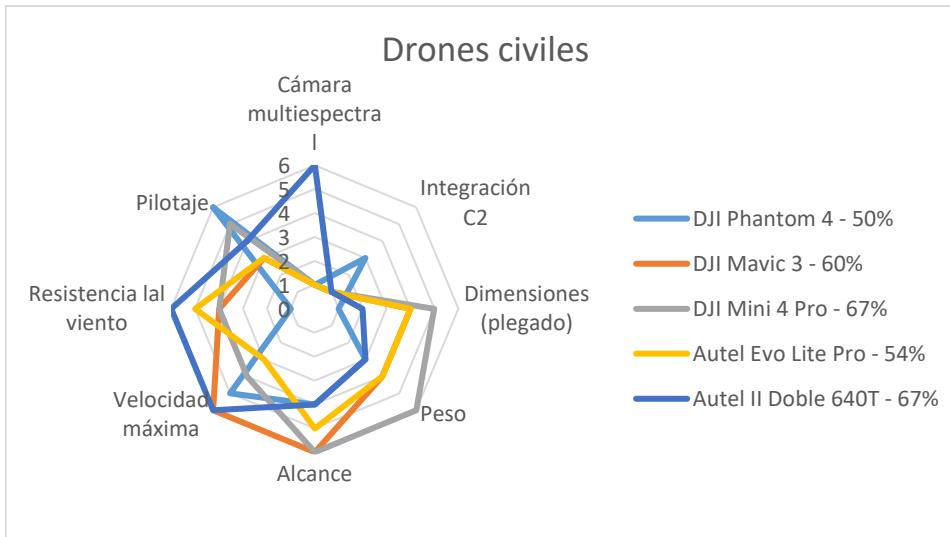


Figura 10: “Radar chart” de drones civiles. Al lado de cada dron aparece su porcentaje de adecuación a las características evaluadas. (Elaboración propia)

En base al porcentaje total del gráfico cubierto por cada tipo de dron (visible también en ANEXO B) se obtiene que los mejores drones son el DJI Mini 4 Pro y el Autel II Doble 640T. No es de sorprender, puesto que por un lado el RPAS de la marca DJI es de dimensiones muy reducidas, lo que facilita su porte en cuanto a peso y volumen, y ofrece la posibilidad de manejarse a través de un smartphone en el que solo es preciso instalar una aplicación. El de la marca Autel, por otro lado, tiene como principal cualidad el poseer una cámara dual, con visión diurna y térmica, siendo el único dron analizado que posee esta característica.

Lo más destacable del gráfico mostrado en la Figura 11 es que todos los drones civiles presentan importantes carencias en cuanto a la integración en sistemas de C2. Este hecho resulta un lastre para la actualización de procedimientos, ya que supone un multiplicador de capacidades que sí está disponible en los drones militares y deberá implementarse rápidamente una vez se adquieran.

4.3.3 Análisis de drones militares

Los drones militares analizados son aquellos que están siendo probados por distintos ejércitos de la OTAN, que están buscando drones para empleo a nivel táctico con los que dotar a sus PU de Infantería. Estos drones son el Bug 4.1, el Instant Eye Mk-3, el Huggin, de dotación en el ET, el Drone 40 y el Spear UAV Ninox 40 (Think Defence, 2022). En los dos últimos, de fabricación australiana e israelí, respectivamente, el 40 hace referencia a que pueden ser lanzados con un disparo de lanzagranadas acoplado de 40mm. Los drones plegados adquieren



una forma tubular con un diámetro de 40mm y una vez lanzados fuera del contendor se despliegan y comienzan a volar (Figura 11).



Figura 11: Ninox 40T desplegado desde un lanzagrandas de 40mm (@FeWoesner, 2023)

Los drones militares presentaban diferencias en todos los criterios de evaluación, por lo que todos aparecen el “radar chart” (Figura 13). Al igual que con los drones civiles, en el ANEXO D, se pueden ver los “radar chart” de cada dron por separado, al igual que fotos de ellos y las tablas con la información acerca de los criterios y la puntuación dada.

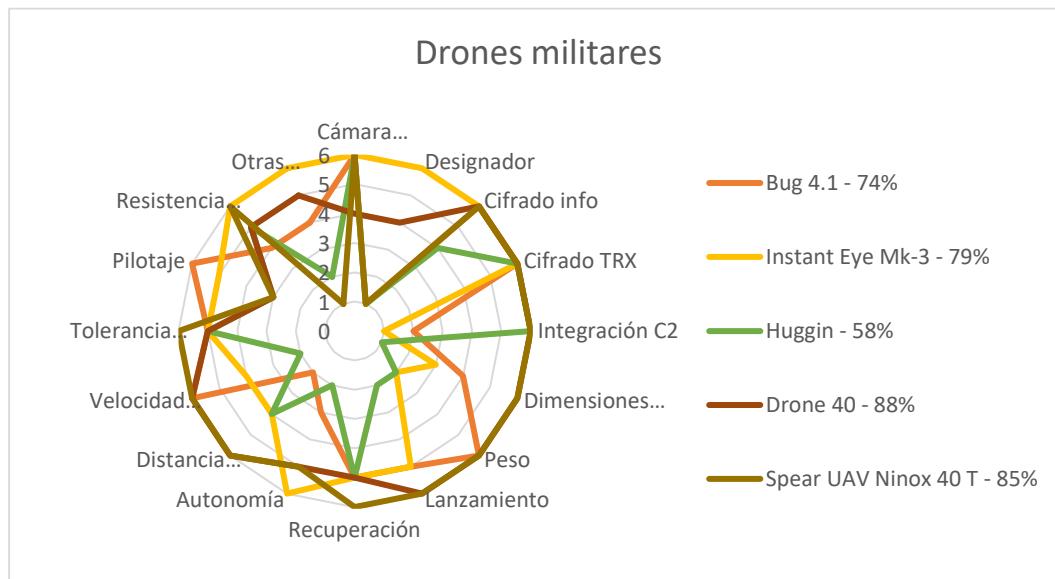


Figura 12: "Radar chart" de drones militares. Al lado de cada dron aparece su porcentaje de adecuación a las características evaluadas. (Elaboración propia)

Los drones con mayor porcentaje del área del gráfico cubierta son el Drone 40 y el Spear UAV Ninox 40T, con un 88% y un 85%, respectivamente. Cabe destacar que, a pesar de haber sido evaluados en más aspectos, los drones militares han obtenido mejores calificaciones que los civiles, con una media de un 77% del gráfico cubierto frente a un 60% presentado por los drones civiles (ver ANEXO B).

Donde presentan carencias los dos drones con más puntuación es en el designador láser, la cámara multiespectral y el pilotaje. El problema que presenta el Drone 40, australiano, es que sus medios ISTAR forman parte de la carga útil, es decir, deben irse cambiando según la misión. Aunque dispone de designador, este es únicamente mediante láser, y la cámara no es estrictamente multiespectral, sino que dispone de dos complementos de cámara, una normal y



otra térmica, no pudiendo montarse los dos a la vez. El Spear UAV Ninox 40T sí dispone de cámara dual pero no de designador de ningún tipo. En cuanto al pilotaje, el de ambos se efectúa a través de una Tablet específicamente diseñada para esa tarea, que forma parte del equipo del dron. Se asemeja a tener una aplicación instalada en un smartphone en cuanto al manejo, pero realmente sólo sustituye el mando con joysticks de los drones civiles por una pantalla táctil en la que se operan los comandos mientras se ven las imágenes proporcionadas por el dron.

En definitiva, si se evalúan los drones según las características técnicas que deben poseer para ejecutar con garantías de éxito las misiones encomendadas en apoyo a una unidad tipo sección o compañía en combate convencional, se encuentra que, evidentemente, los drones militares cumplen ampliamente los requisitos, presentando mejor equipamiento, resistencia a los elementos, cifrado de la electrónica y facilidades de porte. Si bien no resultan tan adecuados para el empleo que se les va a dar, algunos drones civiles son opciones nada desdeñables, que pueden suplir la falta de drones militares a pesar de no ser los sistemas óptimos a emplear.



5 CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación ha servido para llegar a una serie de conclusiones en cada uno de los objetivos propuestos:

- **Capacidades que aporta el empleo de drones en PU de Infantería:** Las capacidades identificadas y desarrolladas en este apartado eran empleadas ya a nivel Bandera, residiendo la novedad en la aplicación a unidades tipo compañía e inferiores. Asimismo, como análisis de la observación hecha al conflicto ucraniano, se destaca la posibilidad de designar objetivos a tropas propias tanto en arco diurno como en nocturno. Continuando con la característica multiespectral, se ha analizado la gran ayuda al mando, para la decisión, que supone la capacidad de desplegar un UAV que le proporcione en tiempo real una visión aérea de la zona en la que se trabaja, tanto con visión normal como térmica. Respecto a las misiones de apoyo, resalta la posibilidad de guiar tropas en POSDEF o CZURB, acelerando el ritmo de las operaciones militares. En el futuro se deberán seguir desarrollando estas capacidades y elaborando planes de adiestramiento oportunos que cubran las necesidades de aprendizaje acerca del empleo táctico a nivel PU de infantería de este medio.
- **Comparación de drones según el tipo de fabricación:** De los análisis llevados a cabo en esta parte de la memoria se deduce, que los drones militares están considerablemente mejor dotados para su empleo en acciones tácticas, resultando por ello más adecuados. Los drones civiles, sin embargo, presentan significantes ventajas en cuanto a disponibilidad respecto a los drones militares, y dado que las mejores opciones analizadas cubren cerca de un 70% de criterios de evaluación (tanto el DJI Mini 4 pro como el Autel II Doble 640 T ostentan un 67% de adecuación), puede considerarse su adquisición para cumplir las necesidades militares identificadas.
- **Análisis de mercado de drones civiles y militares:** Los drones analizados muestran claras diferencias entre la fabricación civil y la militar. Los drones militares cumplen con más características importantes como la visión multiespectral, el cifrado de la información y la resistencia a los elementos. Además, los drones militares tienen mejores soluciones de almacenaje y porte, destacando los que son desplegables con un lanzagranadas de 40 mm, una solución innovadora, rápida y eficaz. Se destaca la indiscutible adecuación de los drones militares para su empleo táctico, siendo los mejores el Drone 40, de la firma australiana DefendTex y el Ninox 40 T, de israelí Spear UAV.

La principal conclusión de esta investigación es que los drones Drone 40 y Ninox 40T son los que mejor cumplen las características requeridas para su empleo en combate convencional por unidades tipo sección y compañía. Los procedimientos y las misiones descritas deberían practicarse en la instrucción y el adiestramiento de las unidades para disponer de un ejército actualizado y con garantías de éxito en un conflicto moderno.

Como propuesta de futuro queda la adquisición de drones civiles para practicar procedimientos a la espera de que todas las unidades dispongan de drones militares. Esta decisión debe ser valorada por los órganos de adquisición de los ministerios de defensa, puesto que permitiría acelerar el proceso de implantación y modernización de procedimientos. Debe investigarse también la posibilidad de fabricar por separado los componentes, tanto de hardware como de software, que permiten la ejecución de las acciones tácticas, para su posterior implantación en drones civiles, construyendo así una especie de drones modulares que permitirían dotar a las unidades tipo sección y compañía de los medios adecuados a la par que se evitarían los problemas de suministro derivados de las dificultades de producción de drones militares.



6 BIBLIOGRAFÍA

- @FeWoesner, 2023. X. [En línea]
 Available at: <https://twitter.com/FeWoessner/status/1538566024710201344>
 [Último acceso: 24 Octubre 2023].
- @FLETCH_REPORTS, 2023. X. [En línea]
 Available at: https://twitter.com/FLETCH_REPORTS/status/1687550438747279360
 [Último acceso: 2023 Octubre 19].
- @GalileoArms, 2023. X. [En línea]
 Available at: <https://twitter.com/GalileoArms/status/1620031408843673600>
 [Último acceso: 2023 Octubre 19].
- @siosare37376, 2023. X. [En línea]
 Available at: <https://twitter.com/siosare37376/status/1714586623814627568>
 [Último acceso: 2023 Octubre 19].
- AESA, 2019. *Diseño y producción de UAS/drones.* [En línea]
 Available at: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/requisitos-de-uas-drones/diseno-y-produccion-de-uas-drones>
 [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- AESA, 2023. *Listado_fabricantes.* [En línea]
 Available at: https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/Listado_Fabricantes.pdf
 [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- Alejandro, F., 2022. *Rey Servido y patria honrada.* Primera ed. Barcelona: Deusto.
- Bueno, D., 2023. Industria española de drones militares. Un breve análisis. *Revista Ejército*, I(985), pp. 98-101.
- Buffett, W., 1997. *1997 Anual Meeting* [Entrevista] (Mayo 1997).
- C., C., 2013. *Unmanned Deterrence: Deterring Terrorism With Armed Drones.* [En línea]
 Available at: <https://www.secbrief.org/2013/05/unmanned-deterrance-deterring-terrorism-with-armed-drones/>
 [Último acceso: 19 Octubre 2023].
- Drone Wars, 2023. *An overview of Britain's drones and drone development projects.* [En línea]
 Available at: <https://dronewars.net/british-drones-an-overview/>
 [Último acceso: 24 Octubre 2023].
- EASA, 2022. *Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems.* [En línea]
 Available at: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-regulations-eu>
 [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- ECFA, 2023. *Drones in Ukraine and beyond: Everything you need to know.* [En línea]
 Available at: <https://ecfr.eu/article/drones-in-ukraine-and-beyond-everything-you-need-to-know/>
 [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- Levick, E., 2021. *British Army takes Australian drone to Mali.* [En línea]
 Available at: <https://www.australiandefence.com.au/defence/land/british-army-takes-australian-drone-to-mali>
 [Último acceso: 24 Octubre 2023].
- MADOC, 2016. *Empleo táctico de la unidad de RPAS (PD4-013).* Primera ed. Madrid: Mando de Adiestramiento y Doctrina.



MADOC, 2023. *Análisis doctrinal: orientaciones para el empleo de los UAS en el Ejército de Tierra*. Primera ed. Granada: MADOC.

MINISDEF, s.f. *defensa*. [En línea] Available at: <https://www.defensa.gob.es/ministerio/organigrama/sedef/dgam/> [Último acceso: 18 Octubre 2023].

Pérez, D. B., 2023. Industria española de drones militares. Un breve análisis. *Revista Ejército*, I(985), pp. 98-101.

Rueda, F., 2022. *Integración de drones en una sección de infantería*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa, 2016. *Monografías del SOPT. Proyecto Rapaz y tecnologías anti-RPAS.*, Madrid: Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa.

Teledyne FLIR, 2022. *Teledyne FLIR StormCaster™-DX*. [En línea] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=wHFrHGvz3rw&t=35s> [Último acceso: 19 Octubre 2023].

TERRA, 2023. *TERRA unit: The flank of Bakhmut. Infantry battle in the trenches..* [En línea] Available at: <https://terraops.info/terra-unit-the-flank-of-bakhmut-infantry-battle-in-the-trenches/> [Último acceso: 20 Octubre 2023].

TERRA, 2023. *TERRA: The Ukrainian Armed Forces are conducting offensive operations. Fighting in the trenches..* [En línea] Available at: <https://terraops.info/terra-the-ukrainian-armed-forces-are-conducting-offensive-operations-fighting-in-the-trenches/> [Último acceso: 20 Octubre 2023].

Think Defence, 2022. *UAS And Loitering Munitions For Light Role Infantry*. [En línea] Available at: https://www.thinkdefence.co.uk/2022/04/uas-and-loitering-munitions-for-light-role-infantry/#Small_UAS [Último acceso: 24 Octubre 2023].

Zabrodskyi, M., Watling, J., Danylyuk, O. V. & Reynolds, N., 2022. Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia's Invasion of Ukraine: February-July 2022. *Royal United Services Institute for Defence and Security Studies*, I(1), p. 2.

Zegart, A., 2014. *Deterrence in the Drone Age.* [En línea] Available at: https://www.hoover.org/sites/default/files/fw_hoover_foreign_policy_working_group_unconventional_threat_essay_series/201411%20-%20Zegart.pdf [Último acceso: 19 Octubre 2023].



ANEXO A: Características y puntuación para drones civiles

| | DJI Phantom 4 | | DJI Mavic 3 | | DJI Mini 4 Pro | | Autel Evo Lite Pro | | Autel II Doble 640T | |
|---------------------------|-----------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------|-----|------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| Streaming | SI | | SI | | SI | | SI | | SI | |
| Cámara multiespectral | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 | SI | 6 |
| Designador | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 |
| Cifrado info | NO (SD en dron) | 1 | NO (SD en dron) | 1 | NO (SD en dron) | 1 | NO (SD en dron) | 1 | NO (SD en dron) | 1 |
| Cifrado TRX | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 |
| Integración C2 | SI (plugin Atak) | 3 | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 | NO | 1 |
| Volumen (plegado)[mm] | 350 (diagonal)(sin hélices) | 1 | 231.1x98x95.4 | 4 | 148x94x64 | 5 | 210x104x85 | 4 | 397 | 2 |
| Peso [g] | 1375 | 3 | 958 | 4 | 249 | 6 | 820 | 4 | 1237 | 3 |
| Lanzamiento | manual | 3 | manual | 3 | manual | 3 | manual | 3 | manual | 3 |
| Recuperación | manual | 3 | manual | 3 | manual | 3 | manual | 3 | manual | 3 |
| Autonomía | 30' | 4 | 43' | 5 | 34' | 4 | 40' | 5 | 38' | 4 |
| Distancia operativa [km] | 7 | 4 | 15 | 6 | 18 | 6 | 12 | 5 | 7 | 4 |
| Velocidad máxima [m/s] | 17 | 5 | 21 | 6 | 13 | 4 | 10 | 3 | 20 | 6 |
| Tolerancia viento [nudos] | 10 | 1 | 24 | 4 | 21 | 4 | 28-33 | 5 | 33-39 | 6 |
| Manejo | tablet | 6 | mando | 3 | Joysticks + smarthpone | 5 | Joysticks + smarthpone | 3 | Joysticks con pantalla integrada | 4 |
| Resistencia elementos | 0-40º | 1 | 0-40º | 1 | 0-40º | 1 | 0-40º | 1 | 0-40º | 1 |
| Otras capacidades | Detector de obstáculos | 3 | Detector de obstáculos | 3 | Detector de obstáculos | 3 | Detector de obstáculos | 3 | Detector de obstáculos | 3 |
| Área gráfico | | 50% | | 60% | | 67% | | 54% | | 67% |

- El criterio de “streaming” está marcado en color verde porque es común a todos los drones analizados.
- Los criterios marcados en amarillo son los que resultaban comunes a todos los drones, o al menos similares, y por ese motivo han sido excluidos de los “radar chart”.
- A la derecha de cada detalle de los criterios aparece la puntuación obtenida (entre 1 y 6 puntos, siendo 1 la peor y 6 la mejor) en cada uno de ellos.
- En la parte inferior de la tabla aparece el porcentaje del área total del gráfico que cubre el dron con esa puntuación en los “radar chart”.



ANEXO B: Drones civiles y "radar chart" individuales



DJI Phantom 4 (DJI Store)



"Radar chart" DJI Phantom 4 (Elaboración propia)
Área total cubierta: 50%



DJI Mavic 3 (DJI Store)



"Radar chart" DJI Mavic 3 (Elaboración propia)
Área total cubierta: 60%



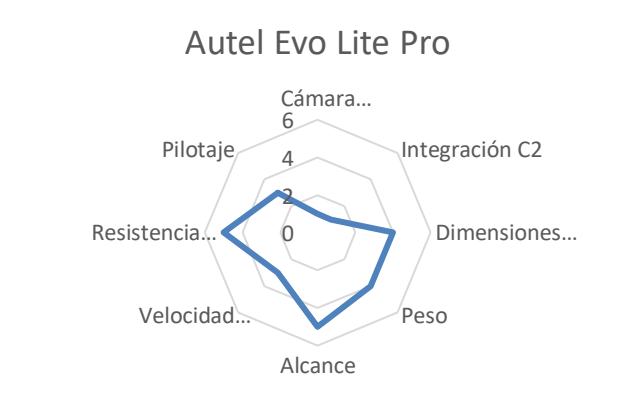
DJI Mini 4 Pro (DJI Store)



"Radar chart" DJI Mini 4 Pro (Elaboración propia)
Área total cubierta: 67%



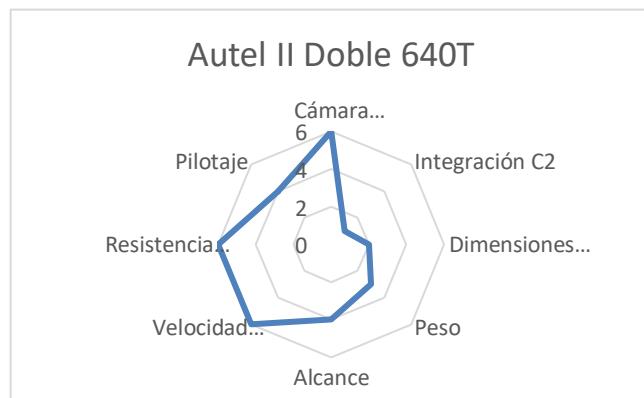
Autel Evo Lite Pro (Autelpilot)



"Radar chart" Autel Evo Lite Pro (Elaboración propia)
Área total cubierta: 54%



Autel II Doble 640T (Autelpilot)



"Radar chart" Autel II Doble 640T
Área total cubierta: 67%



ANEXO C: Características y puntuación para drones militares

| | Bug 4.1 | | Instant Eye Mk-3 | | Huginn | | Drone 40 | | Spear UAV Ninox 40 T | |
|---------------------------|---|-----|-----------------------------|-----|-------------------|-----|---|-----|----------------------|-----|
| streaming | SI | | SI | | SI | | SI | | SI | |
| Cámara multiespectral | SI | 6 | SI | 6 | SI | 6 | SI | 4 | SI | 6 |
| Designador | NO | 1 | SI | 6 | NO | 1 | SI (solo láser) | 4 | NO | 1 |
| Cifrado info | SI | 6 | SI | 6 | SI (caja negra) | 4 | SI | 6 | SI | 6 |
| Cifrado TRX | SI | 6 | SI | 6 | SI | 6 | SI | 6 | SI | 6 |
| Integración C2 | NO (solo puede transmitir imágenes a varios dispositivos en simultáneo) | 2 | NO | 1 | SI | 6 | SI | 6 | SI | 6 |
| Volumen (plegado)[mm] | 250x205x75 | 4 | 300x300x70 | 3 | 509x133x133 | 1 | 180x180x40 | 6 | 180x180x40 | 6 |
| Peso [g] | >250 | 6 | 1360 | 2 | 940 | 2 | 300 | 6 | > 250 | 6 |
| Lanzamiento | manual | 5 | manual (1') | 5 | manual (5') | 2 | lanzagrandas/manual | 6 | lanzagrandas/manual | 6 |
| Recuperación | manual | 5 | manual | 5 | manual (5') | 5 | manual | 5 | manual | 6 |
| Autonomía | 30' | 3 | 50' | 6 | 25' | 2 | 30-60' | 5 | 40' | 5 |
| Distancia operativa [km] | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 20 | 6 | 17 | 6 |
| Velocidad máxima [m/s] | 22 | 6 | 16 | 4 | 6 | 2 | 20 | 6 | 18 | 6 |
| Tolerancia viento [nudos] | 30 | 5 | 31 | 5 | 28-33 | 5 | 28-33 | 5 | 28-33 | 5 |
| Manejo | Smartphone | 6 | Tablet Específica | 5 | Tablet Específica | 3 | Tablet Específica | 3 | Tablet Específica | 3 |
| Resistencia elementos | Lluvia y polvo | 4 | All weather | 6 | Aqua y polvo | 5 | Waterproof | 5 | Rugerizado | 6 |
| Otras capacidades | SWARM | 4 | Dobla su peso en carga útil | 6 | Follow me | 2 | SWARM, distintas cargas útiles (isr/designador/ew...) | 5 | No especifica | 1 |
| Área gráfico | | 74% | | 79% | | 58% | | 88% | | 84% |

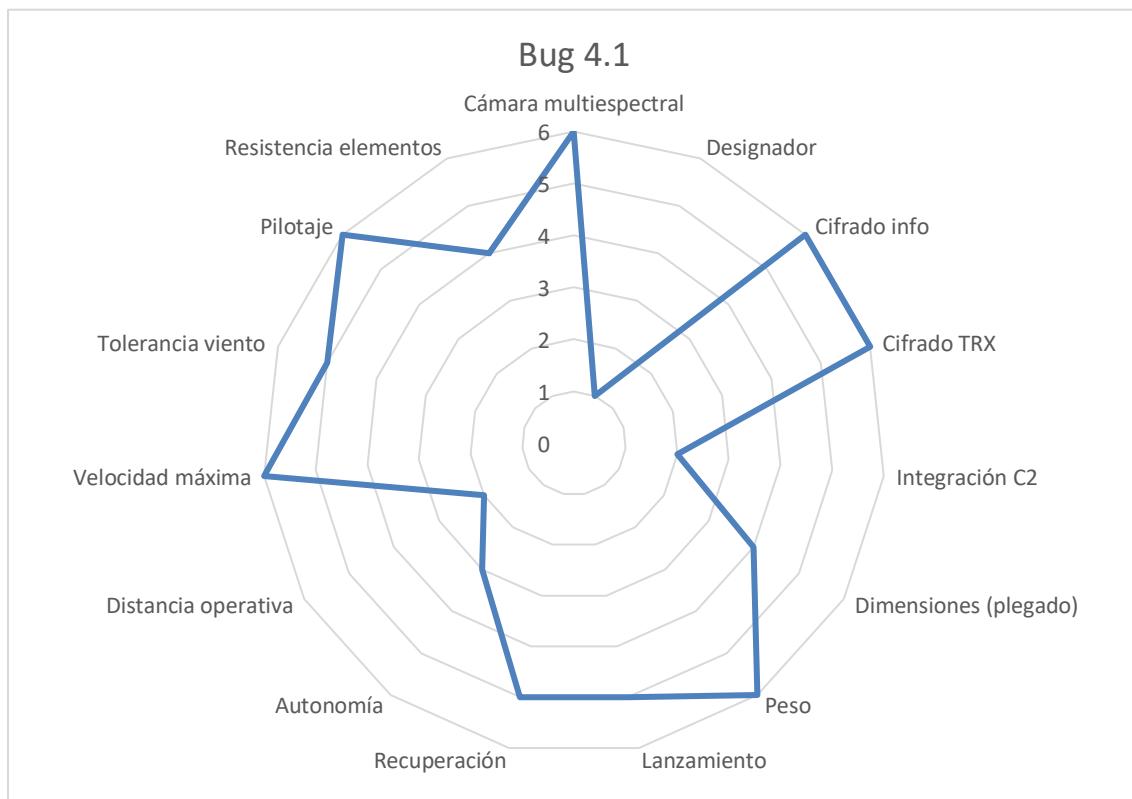
- El criterio de “streaming” está marcado en color verde porque es común a todos los drones analizados.
- A la derecha de cada detalle de los criterios aparece la puntuación obtenida (entre 1 y 6 puntos, siendo 1 la peor y 6 la mejor) en cada uno de ellos.
- En la parte inferior de la tabla aparece el porcentaje del área total del gráfico que cubre el dron con esa puntuación en los “radar chart”.



ANEXO D: Drones militares y "radar charts" individuales



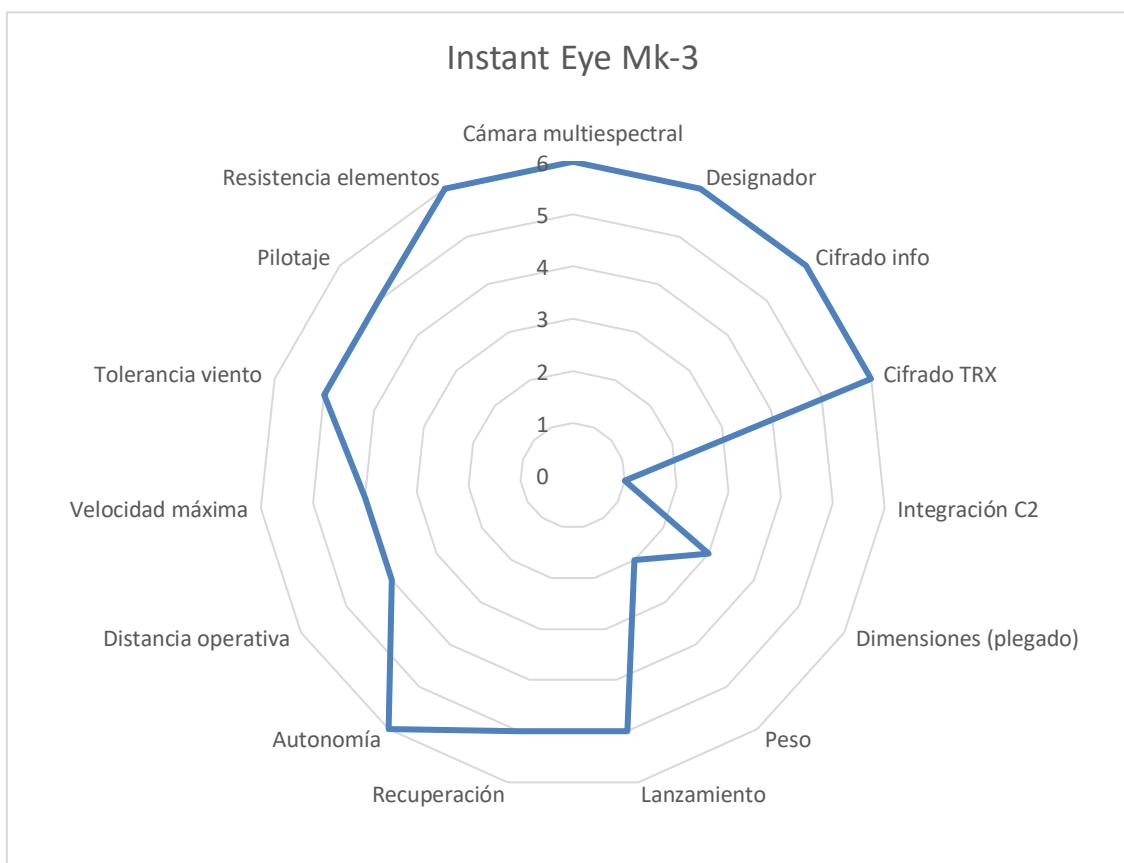
Bug 4.1 (Volatus Aerospace, 2023)



"Radar chart" Bug 4.1 (Elaboración propia)



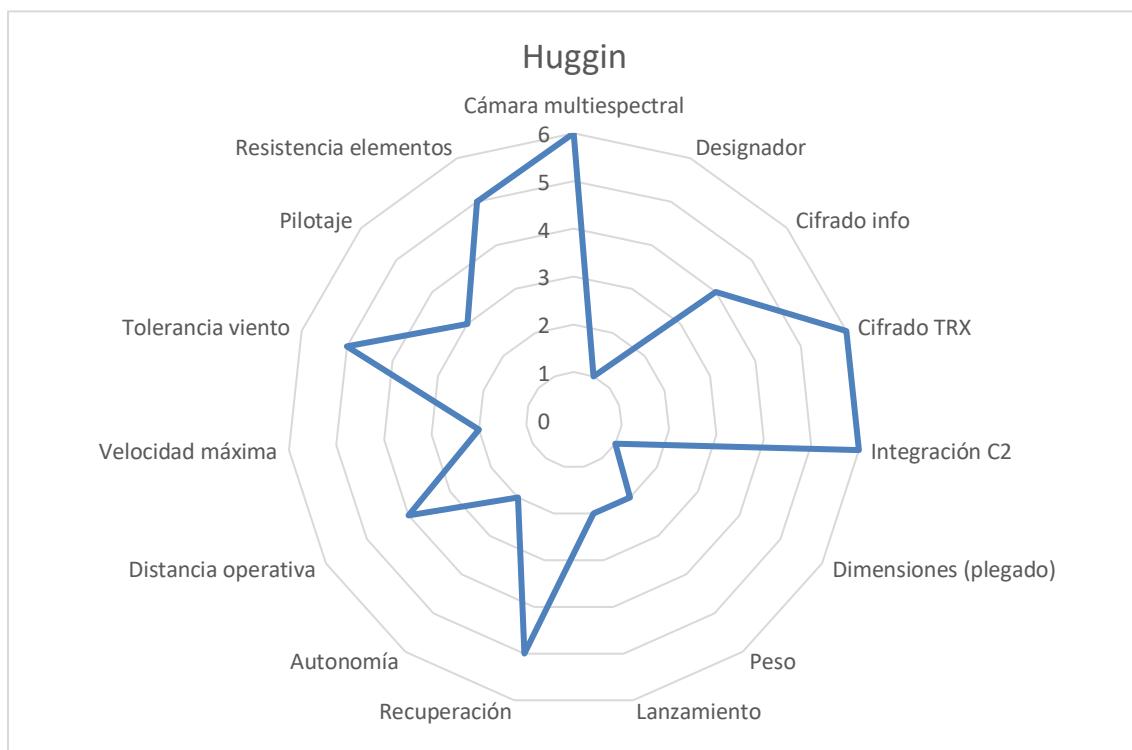
Instant Eye Mk-3 (Air Force Technology, 2023))



"Radar chart" Instant Eye Mk-3 (Elaboración propia)



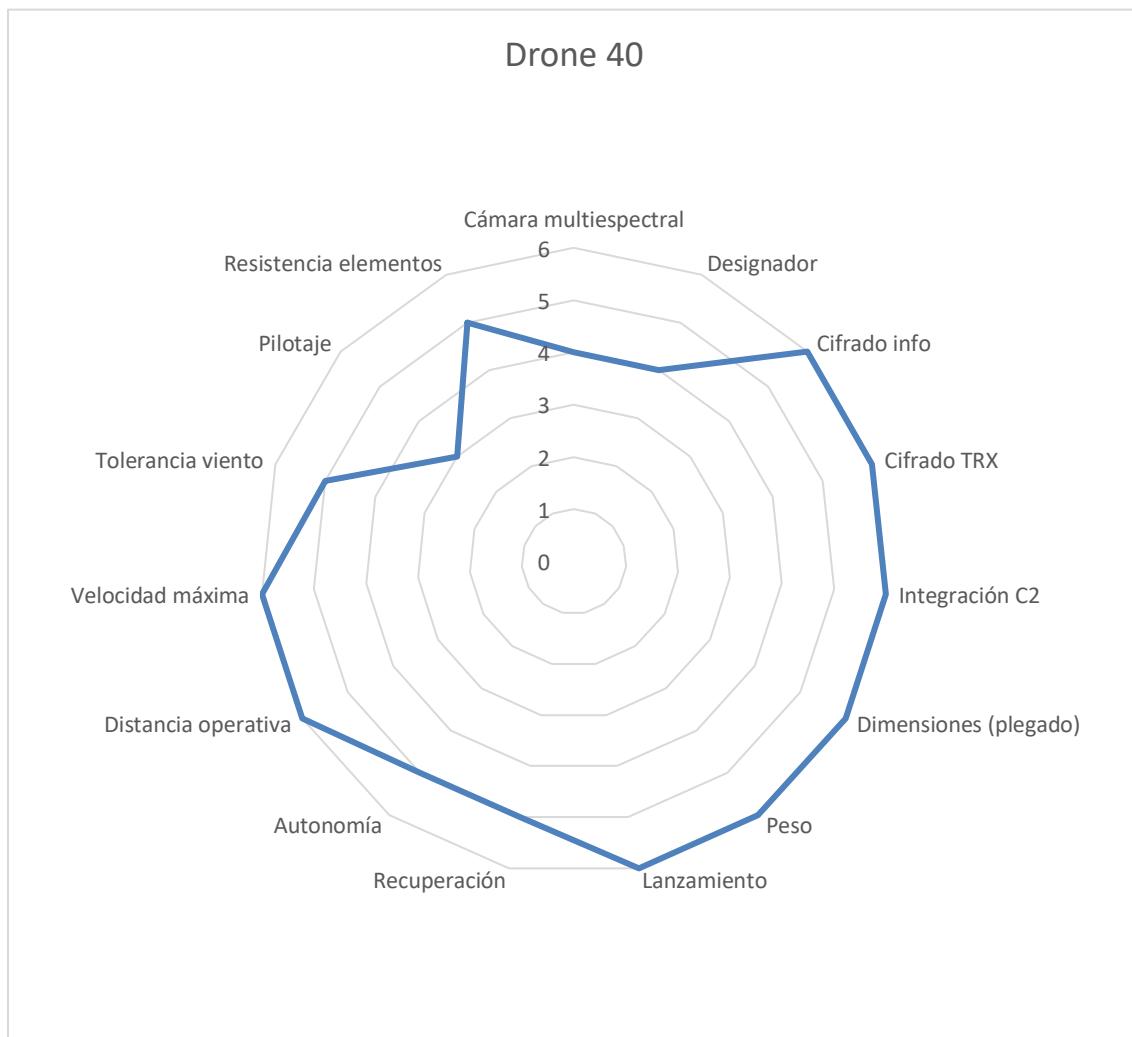
Huggin (ABC, 2023)



"Radar chart" Huggin (Elaboración propia)



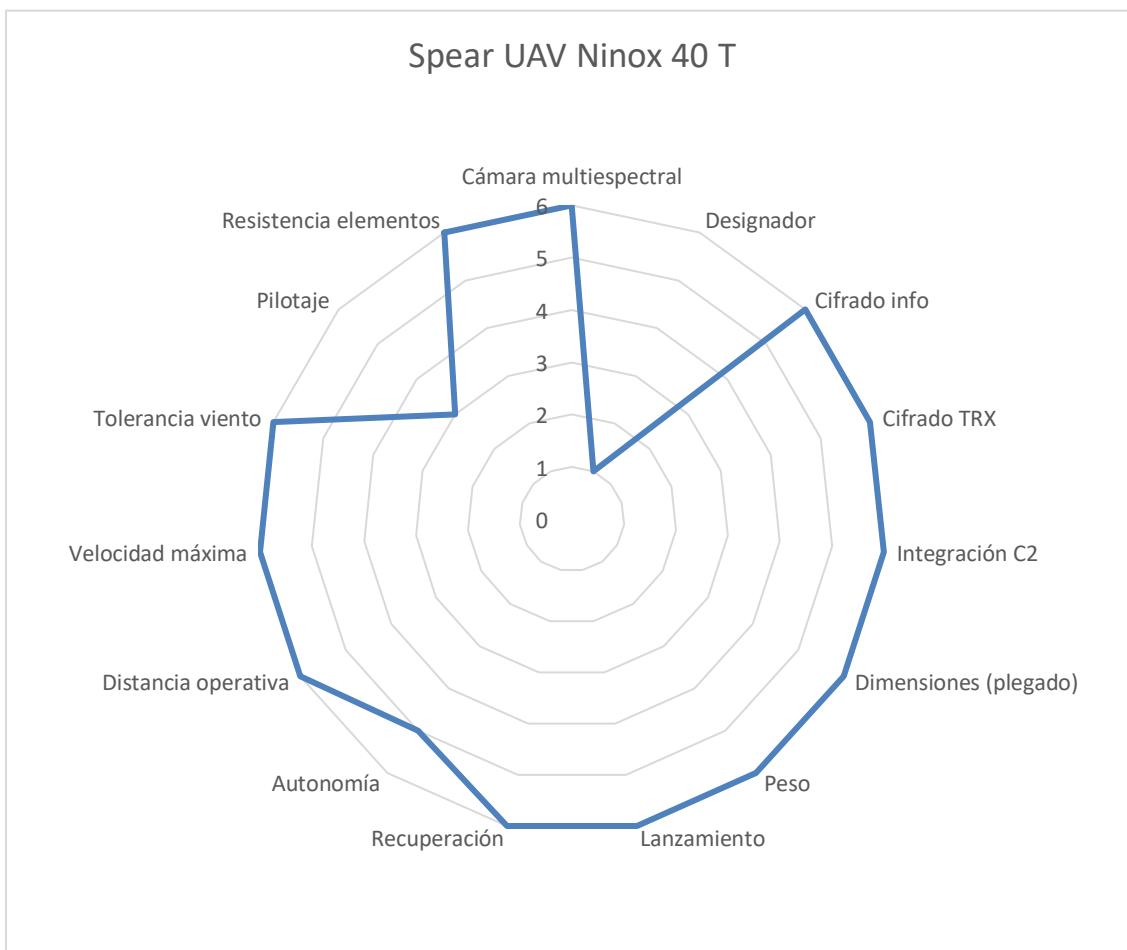
Drone 40 (Australian Defence Business Review, 2023)



"Radar chart" Drone 40 (Elaboración propia)



Spear UAV Ninox 40 T (Spear UAV, 2023)



"Radar chart" Spear UAV Ninox 40 T (Elaboración propia)



ANEXO E: Entrevista CUMA X Bandera "Millán Astray" de La Legión

A continuación, se muestran las preguntas realizadas a los distintos Cuadros de Mando (Oficiales y Suboficiales) encuadrados en la X Bandera “Millán Astray” de la Legión.

1. ¿Emplea o ha empleado drones en el adiestramiento de su unidad (compañía/sección/pelotón)?
2. ¿Ha empleado drones en temas tácticos con su unidad?
3. ¿Dispone en su unidad de personal cualificado oficialmente como piloto de drones?
4. ¿En qué se basa para realizar acciones tácticas con los drones? (Notas doctrinales/manuales, propios y extranjeros, redes sociales como twitter o telegram...)
5. ¿Sigue los conflictos actuales, tratando de mantenerse actualizado y buscando lecciones aprendidas? (Ucrania, Siria, Alto Karabaj...)
6. ¿Dispone de drones en dotación? En caso afirmativo ¿Son civiles o militares?
7. ¿Qué características valora en un dron para su empleo táctico?
8. ¿Ha hecho propuestas de adquisición de drones para su unidad? ¿Qué características valoraba?
9. ¿Hace uso de sistemas de mando y control (BMS/Atak) con su unidad? En caso afirmativo ¿Valora el integrar los drones en ellos?
10. ¿Está al corriente del programa RAPAZ del ET, de adquisición de drones tácticos? En caso afirmativo ¿Considera adecuados los criterios de evaluación para los drones militares?

Un total de 10 oficiales y suboficiales de la X Bandera de la Legión, con puestos tácticos de jefes de compañía, sección o pelotón. Sus diversas respuestas han sido cuidadosamente analizadas, y las ideas significativas identificadas han sido cuidadosamente analizadas y empleadas en la elaboración de esta memoria.