



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Evolución, empleo y nuevas tendencias de los  
medios C-RPAS (Counter Remotely Piloted  
Aircraft System) en el Ejército de Tierra

Autor

Rafael Muñoz Villalba

Director/es

Director académico: Dra. María Teresa Lamelas Gracia

Director militar: Cap. D. Antonio Nargáñez Cruz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2020

— Página intencionadamente en blanco —

## Agradecimientos

Quisiera expresar mi gratitud en primer lugar a la profesora Dra. María Teresa Lamelas Gracia, por su implicación como directora académica y su permanente disposición para la realización de este trabajo. También quisiera agradecer a mi director militar, el Capitán D. Antonio Nargáñez Cruz, por su constante implicación tanto para la realización del trabajo como para mi adaptación a la unidad, así como su continua preocupación para que la experiencia en el periodo de prácticas fuera lo más completa posible, aumentando así mis conocimientos en el ámbito militar.

Por otro lado, mis agradecimientos también son para el Subteniente D. Rafael Muñoz Vela, mi padre, quién ha podido facilitarme bastante información de interés para la realización de este trabajo, debido a sus conocimientos en la materia.

Por último, agradecer a mi madre y mi hermana por su preocupación y apoyo constante hacia mi persona en la realización de este proyecto, sin duda algo fundamental.

— Página intencionadamente en blanco —

## Resumen

La continua modernización y mejora de los medios que son empleados en los conflictos que se dan actualmente a lo largo del mundo, y en las misiones donde el Ejército de Tierra es partícipe, provocan que la actualización en técnicas, procedimientos y medios sea perenne. Ejemplo de ello es el imparable desarrollo de los sistemas aéreos no tripulados, RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*, por sus siglas en inglés), con los que cuentan tanto las fuerzas armadas regulares de los distintos países como las fuerzas insurgentes. Por este motivo, una de las prioridades del Ejército de Tierra es el desarrollo de sistemas C-RPAS (*Counter Remotely Piloted Aircraft System*, sistemas de defensa contra RPAS), ya que estos RPAS son utilizados de forma hostil contra las fuerzas e instalaciones militares desplegadas en operaciones.

En primer lugar, se va a describir los sistemas RPAS, y que diferenciación hace la OTAN según el peso de las aeronaves, y posteriormente, nos centraremos en los de Clase I ya que son estos los que se defienden con sistemas C-RPAS y no con medidas de artillería antiaérea. Es fundamental este apartado para comprender la amenaza a que suponen para los Estados, tanto en operaciones internacionales como en territorio nacional.

La implementación de los sistemas C-RPAS en el Ejército de Tierra es reciente y aún no ha sido demasiado explotada. Por ello, el objetivo de este trabajo es el análisis de los sistemas actualmente en dotación en el Ejército de Tierra, así como de las experiencias reales obtenidas de su empleo en misiones internacionales, para conocer la capacidad que tiene el Ejército para afrontar esta amenaza de manera exitosa.

Una vez descrita la amenaza que suponen los RPAS, se pasa a describir el concepto y la tecnología C-RPAS, es decir, las fases del proceso que comienza en medidas preventivas de vigilancia, y que siguen por la detección e identificación del RPAS, y que finaliza en los casos que sea necesario con la neutralización de la amenaza. Del mismo modo, se describen los distintos tipos de sistemas y tecnologías existentes en cada una de las fases.

Posteriormente, se mencionan y describe los medios que el Ejército de Tierra dispone para su defensa, así como con los que ha podido trabajar en zona de operaciones. Se comenta tanto las especificaciones técnicas, como las fases del ciclo de un sistema C-RPAS operan y en las misiones que han sido empleados cada uno de ellos por el Ejército de Tierra. Tras ver los sistemas C-RPAS, se ha llevado una confrontación con los RPAS más comunes del mercado, con la intención de ver si los medios de defensa son aptos ante un posible ataque de una de estas aeronaves.

Antes de llegar a las conclusiones, se han reunido una serie de problemas a solucionar y unas propuestas de mejoras para aplicar tanto en corto como a medio plazo. Dichos problemas y propuestas se han recopilado mediante entrevistas realizadas a distinto personal que ha trabajado con los C-RPAS en misión. La intención de estas mejoras es poder proporcionar una mayor operatividad a los sistemas, y de esta forma poder aumentar y garantizar la seguridad de las fuerzas. También se propone que el Ejército de Tierra se dote del sistema AUDS Blighter, o uno similar, el cual tienes unas características excepcionales para la defensa C-RPAS, y con el cual, además, personal del Ejército de Tierra ya han podido trabajar en zona de operaciones.

Finalmente se concluye que, actualmente el Ejército de Tierra sí está preparado para hacer frente al peligro que supone el empleo de los RPAS por parte de las fuerzas insurgentes, pero que esto es en parte debido a los medios que la Coalición pone a disposición de nuestro Ejército. Con esta experiencia recogida de las misiones internacionales, se ratifica la necesidad de que el Ejército adquiriera ciertos sistemas C-RPAS para así aumentar la instrucción de los operadores, lo que implica directamente aumentar la eficiencia en posteriores situaciones reales que se dan en zona de operaciones.

## Abstract

The continuous modernisation and improvement of the means used in the conflicts that currently occur throughout the world, and in the missions in which the Spanish Army participates, implies that the update of techniques, procedures and means is perennial. An example of this is the unstoppable development of unmanned aerial systems, RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), which both, the regular armed forces of the different countries and the insurgent forces, have at their disposal. For this reason, one of the priorities of the Spanish Army is the development of C-RPAS (Counter Remotely Piloted Aircraft System) systems, as these RPAS are used in a hostile manner against the military forces and installations deployed in operations.

First, we will describe the RPAS systems; the differentiation which NATO defines according to the weight of the aircraft; and finally, we will focus on Class I systems since they are the ones that are defended with C-RPAS systems and not with anti-aircraft artillery measures. This section is essential for understanding the threat they entail to States, regarding international operations and on national territory.

The implementation of the C-RPAS systems in the Army is recent and has not been too exploited yet. Therefore, the aim of this project is to analyse the systems currently used in the Spanish Army, as well as the real experiences obtained by their use in international missions, in order to understand the Army's capacity to successfully face this threat.

Once the threat supposed by the RPAS has been described, the concept and technology of the C-RPAS is then described, that is, the phases of the process that begins with preventive surveillance measures, followed by the detection and identification of the RPAS, and which ends in the neutralization of the threat, when it is necessary. Similarly, the different types of systems and technologies existing on each of the before mentioned phases.

Subsequently, it mentions and describes the means that Spanish Army has at its disposal for its defence, as well as those which have been available in the operations area. There will be explained the technical specifications, as well as the phases of the cycle in which a C-RPAS system operates, and also, the missions in which each of them has been used by the Spanish Army. After analysing the C-RPAS systems, a confrontation has been carried out with the most common RPAS from the market, with the intention of scrutinising whether the tools of defence are suitable in an attack situation caused by one of these aircrafts, or not.

Before reaching conclusions, it has been brought together an amount of problems to be solved and some improved proposals to be implemented in a short or medium period. These problems and proposals have been compiled through interviews to different people who have worked with the C-RPAS on mission. The intention of these improvements is to provide a superior operability to the systems, via doing it, the security of the forces will be increased and guaranteed. It is also proposed the equipment of the Spanish Army by the AUDS Blighter system, or a similar one, which has exceptional characteristics for C-RPAS defence, and with which Spanish Army personnel have just been able to work in the area of operations.

To sum up, the Army is currently prepared to face the danger of the use of the RPAS by the insurgent forces, but this is partly due to the means that the Coalition puts at their disposal. This

experience, gained from the international missions, confirms the need for the army to acquire certain C-RPAS systems. It is considered essential in order to rise the quality of training of operators, which also implies increasing the efficiency in further real situations in operations area.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Ámbito de aplicación del proyecto .....	1
1.2	Antecedentes .....	2
<b>2</b>	<b>Objetivo y metodología .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Sistemas RPAS.....</b>	<b>4</b>
3.1	Definición y clasificación.....	4
3.2	RPAS Clase I .....	5
3.2.1	Componentes del RPAS.....	6
3.2.2	Tipos de RPAS .....	6
<b>4</b>	<b>Amenaza actual .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Concepto y Tecnología C-RPAS .....</b>	<b>13</b>
5.1	Detección.....	14
5.1.1	Radar .....	14
5.1.2	Detectores de radio frecuencia (RF).....	14
5.1.3	Sensores EO/IR.....	14
5.1.4	Detectores acústicos.....	15
5.2	Identificación .....	15
5.3	Neutralización .....	16
5.3.1	Medidas basadas en interferencia .....	16
5.3.2	Medidas anulación físicas .....	16
<b>6</b>	<b>Productos C-RPAS en el E.T .....</b>	<b>17</b>
6.1	Maleta de detección DJI AEROSCOPE.....	17
6.2	C-RPAS fijo AUDS BLIGHTER .....	18
6.3	BATTELLE DRONE DEFENDER V1LF.....	21
6.4	Sistema portátil de inhibición SENDES HD02.....	23
6.5	Confrontación medios C-RPAS frente a RPAS comunes .....	24
<b>7</b>	<b>Problemas encontrados y propuestas de mejoras.....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>31</b>
	<b>ANEXO A. PROYECTO CONDOR .....</b>	<b>35</b>
	<b>ANEXO B. MODELOS DE RPAS EN EL EJÉRCITO DE TIERRA .....</b>	<b>37</b>
	<b>ANEXO C. TIPOS DE SISTEMAS DE ARMAS LÁSER.....</b>	<b>39</b>
	<b>ANEXO D. MALETA DE DETECCIÓN DJI AEROSCOPE.....</b>	<b>40</b>
	<b>ANEXO E. ILUSTRACIONESDEL SISTEMA C-RPAS AUDS BLIGHTER.....</b>	<b>42</b>

— Página intencionadamente en blanco —

## Índice de Figuras

Figura 1 – Partes de un RPAS [8] .....	6
Figura 2 – RPAS de ala fija [Fuente: <a href="http://www.murciadrones.es">www.murciadrones.es</a> ] .....	7
Figura 3 – RPAS de ala rotatoria [Fuente: <a href="http://dronespain.pro">dronespain.pro</a> ] .....	7
Figura 4 – RPAS multirotores cargando explosivo [Fuente: <a href="http://www.lisainstitute.com">www.lisainstitute.com</a> ] .....	8
Figura 5 – Parrot Disco [Fuente: <a href="https://planetared.com/2016/08/parrot-disco-dron-ala-fija/">https://planetared.com/2016/08/parrot-disco-dron-ala-fija/</a> ] .....	10
Figura 6 – GoPro Karma [Fuente: <a href="https://www.xataka.com/drones/gopro-karma">https://www.xataka.com/drones/gopro-karma</a> ] .....	10
Figura 7 – DJI Mavic AIR 2 [Fuente: <a href="https://www.dji.com/es/mavic-air-2?site=brandsite&amp;from=nav">https://www.dji.com/es/mavic-air-2?site=brandsite&amp;from=nav</a> ] .....	10
Figura 8 – DJI Phantom 4 Pro [Fuente: <a href="https://www.dji.com/es/phantom-4-pro?site=brandsite&amp;from=nav">https://www.dji.com/es/phantom-4-pro?site=brandsite&amp;from=nav</a> ] .....	10
Figura 9 – SkyWalker X8 [Fuente: <a href="http://airjobs.es/ala-fija/">http://airjobs.es/ala-fija/</a> ] .....	10
Figura 10 – Personal rebelde del ISIS con un RPAS [Fuente: <a href="https://dronesrate.com/drones-types/homemade/drone-homemade-the-first-isis-unmanned-aerial-vehicles-were-seen-this-week-flying-over-the-batt/">https://dronesrate.com/drones-types/homemade/drone-homemade-the-first-isis-unmanned-aerial-vehicles-were-seen-this-week-flying-over-the-batt/</a> ] .....	11
Figura 11 – Individuos del ISIS con un RPAS [ <a href="https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-03-05/drones-daesh-isis-terrorismo_1341002/">https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-03-05/drones-daesh-isis-terrorismo_1341002/</a> ] .....	12
Figura 12 – Proyecto de ataque de enjambre del Ejército de EE.UU. [Fuente: captura video YouTube: “Air Force 2030 – Call to Action”, <a href="https://www.youtube.com/watch?v=HPZpp_Y6Er8">https://www.youtube.com/watch?v=HPZpp_Y6Er8</a> ] .....	12
Figura 13 – Ciclo sistemas C-RPAS [1] .....	13
Figura 14 – Identificación IR de un RPAS [5] .....	15
Figura 15 – Sistema Spoofing: AUDS Blighter [5] .....	16
Figura 16 – Sistema Jamming: Battelle Drone Defender [21] .....	16
Figura 17 – DJI AEROSCOPE. [Fuente: <a href="https://counterdronesolutions.com.au/dji-aeroscope/">https://counterdronesolutions.com.au/dji-aeroscope/</a> ] .....	18
Figura 18 – DJI AEROSCOPE usado por el ET. [20] .....	18
Figura 19 – Esquema de funcionamiento AUDS Blighter [23] .....	20
Figura 20 – Radar, sistema de detección del AUDS Blighter [24] .....	20
Figura 21 – Cámaras HD e IR, sistema de identificación del AUDS Blighter [24] .....	20
Figura 22- Sistema AUDS Blighter desplegado en misión [Archivo] .....	21
Figura 23 - Battelle Drone Defender V1LF [13] .....	22
Figura 24 – Partes del Battelle Drone Defender V1LF [13] .....	22
Figura 25 – SENDES HD02 [Fuente: Ficha producto SENDES HD02, por ASDT System Europe] .....	23
Figura 26- SENDES HD02 [Fuente: Ficha producto SENDES HD02, por ASDT System Europe] .....	23

— Página intencionadamente en blanco —

## Índice de Tablas

Tabla 1 - Clasificación RPAS según OTAN [6].....	5
Tabla 2 – Características, ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de RPAS [9].....	8
Tabla 3 - Características técnicas DJI AEROSCOPE [22].....	18
Tabla 4 – Características técnicas AUDS Blighter [23] [26] .....	19
Tabla 5 – Características técnicas Battelle Drone Defender [28] .....	22
Tabla 6 – Características técnicas SENDES HD02 (Fuente: Ficha producto SENDES HD02, por ASDT System Europe) ....	23
Tabla 7 – Comparativa de las capacidades de los sistemas C-RPAS .....	24
Tabla 8 - Especificaciones medios C-RPAS .....	25
Tabla 9 - Especificaciones sistemas RPAS.....	25

— Página intencionadamente en blanco —

## Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos

C-RPAS	-	Counter Remotely Piloted Aircraft System
DGAM	-	Dirección General de Armamento y Material
EO/IR	-	Electro-Óptico/ Infrarrojo
E.T.	-	Ejército de Tierra
EW	-	Electronic Warfare
FAS	-	Fuerzas Armadas
GAAA	-	Grupo de Artillería Antiaérea
GT	-	Grupo Táctico
IED	-	Improvised Explosive Device
i+D+i	-	Investigación, Desarrollo e Innovación
NBQ	-	Nuclear, Biológico y Químico
OTAN	-	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PMO	-	Problema Militar Operativo
RCS	-	Radar Cross Section
RF	-	Radio Frecuencia
ROE	-	Rules Of Engagement
RPAS	-	Remotely Piloted Aircraft System
SoS	-	System of Systems
UAV	-	Unmanned Aerial Vehicle
UHF	-	Ultra-High Frequency
VIP	-	Very Important Person

— Página intencionadamente en blanco —



## 1 Introducción

La siguiente memoria es el resultado del Trabajo Final del Grado en Ingeniería de Organización Industrial impartido en el Centro Universitario de la Defensa, centro adscrito a la Universidad de Zaragoza. A continuación, se va a exponer el resultado de varias semanas de investigación y desarrollo fundamentales para la elaboración del trabajo, dando a conocer el estado del arte en el ámbito de sistemas contra aeronaves no tripuladas (C-RPAS).

### 1.1 Ámbito de aplicación del proyecto

El incremento del uso de los sistemas aéreos no tripulados (RPAS<sup>1</sup>) en el ámbito de los conflictos internacionales, ya sea en un ambiente de paz como en un ambiente de conflicto armado y guerra, es decir, a lo largo de todo el espectro del conflicto, ha provocado que pasen a ser una de las principales amenazas actuales para las fuerzas armadas de los países. Tanto es así, que esto obligó a que se desarrollaran sistemas de defensa contras estos medios, estos sistemas son conocidos como C-RPAS<sup>2</sup> [1]. El incremento exponencial de esta amenaza es debido a que no solo los Estados se han dotado de sistemas RPAS, sino que grupos terrorista han valorados las capacidades y cualidades técnicas de estos medios y han decidido emplearlas en el combate [2].

Los RPAS en el contexto de una misión internacional son usados tanto contra instalaciones y bases militares de los ejércitos que se encuentra desplegados en zona de operaciones, como directamente contra las propias fuerzas que se encuentran desplegadas en estas zonas. Estas amenazas pueden ser del tipo espionaje, donde el propósito principal es obtener información sensible, pero también se dan casos donde estos sistemas son usados en forma de ataques directos ya que en ocasiones portan explosivos. En consecuencia, se crearon sistemas que pudieran hacer frente a estos elementos para que no supusieran una amenaza. Los C-RPAS están diseñados para detectar si alguna amenaza de este tipo se acerca a las fuerzas propias, y, si es así, identificar el tipo de amenaza que este sistema puede suponer, según el tipo de RPAS que se trate, como posteriormente veremos (ver apartado 3.2). Por último, si se decide que puede suponer una amenaza real para el ejército, podría ser neutralizado de distintas formas en función de su peligrosidad. Es fundamental que los sistemas C-RPAS sean capaces de adaptarse a los continuos cambios y evoluciones que sufren los sistemas RPAS, asegurando y manteniendo así la protección de las tropas [3] [4].

Esta capacidad de adaptación que se le requiere a los C-RPAS es una de las causas que han motivado la realización de este trabajo, donde se va a analizar el tipo de amenaza que suponen los sistemas RPAS en operaciones, y los medios que existen para luchar contra ella. Para ello es esencial basarse en la experiencia del empleo de estos medios en zona de operaciones. De esta forma, se quiere llegar a proponer una serie de mejoras de los sistemas C-RPAS y garantizar la seguridad de las Fuerzas Armadas ante estos peligros.

---

<sup>1</sup> RPAS: Remotely Piloted Aircraft System.

<sup>2</sup> C-RPAS: Counter Remotely Piloted Aircraft System [1].

## 1.2 Antecedentes

El inicio del interés por el uso de los sistemas C-RPAS en las Fuerzas Armadas está motivada por la presentación a finales del 2017 de una propuesta de Problema Militar Operativo<sup>3</sup> (PMO), sobre la amenaza que suponían los RPAS utilizados contra las fuerzas propias, indicando que las Fuerzas Armadas carecían de medios que pudieran detectar, y en su caso derrotar a una amenaza de este tipo. Este PMO fue aprobado, lo que supuso la aceptación por parte de las Fuerzas Armadas de la insuficiencia en este tema y la necesidad de incluirlo en el Planeamiento de la Defensa [1] [5].

En marzo de 2018 se oficializó la asignación al Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, de trabajar en el concepto “Contra Sistemas Aéreos No Tripulados”, C-UAS<sup>4</sup> (*Counter Unmanned Aerial System*). El objetivo era alcanzar una solución apta para este problema [1].

Trabajando a la vez con este desarrollo, la Dirección General de Armamento y Material, DGAM, lanzó en 2018 el proyecto CONDOR (Anexo A), siendo una iniciativa de i+D+i<sup>5</sup> para empresas civiles que desarrollarían proyectos para su posterior aplicación en el ámbito militar, respondiendo así a esta necesidad operativa. Posteriormente, el Regimiento de Artillería Antiaérea 71 (RAAA 71) fue nombrado como la unidad que se encargaría de activar el Grupo Táctico (GT) C-RPAS [1] [5].

En 2018 el RAAA 71 impartió varias jornadas relacionadas con este tema, siendo tanto informativas para el personal como de transferencia de conocimientos con la DGAM. Fruto de ello se hace una publicación por parte del Estado Mayor de la Defensa, “Concepto Nacional C-UAS LSS<sup>6</sup>” [1]. En ese año se realizan los dos primeros ejercicios C-UAS por parte del Grupo de Artillería Antiaérea I/71 (GAAA I/71). En 2019 se despliegan los primeros sistemas C-RPAS en zona de operaciones [1] [5].

---

<sup>3</sup> PMO: Problema Militar Operativo, es una insuficiencia o falta de capacidad de la Fuerza Conjunta para realizar sus funciones en un determinado entorno operativo. Generalmente un PMO estará redactado como dos cláusulas, una primera en la que se describe el entorno de actuación y las implicaciones para la Fuerza Conjunta y una segunda donde se describe la carencia para enfrentarse a esa situación. Fuente: Metodología CD&E, CCDC-01 (Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos).

<sup>4</sup> UAS: Unmanned Aerial System, se diferencia con los RPAS en que estos últimos tienen que ser controlados remotamente por un piloto, mientras que los UAS pueden volar totalmente automatizados.

<sup>5</sup> i+D+i: investigación, desarrollo e innovación.

<sup>6</sup> UAS LSS: Unmanned Aerial System Low Slow Small, se definen así a los UAS de tamaño pequeño, que vuelan a baja altura y velocidad.

## 2 Objetivo y metodología

El objetivo principal de este trabajo es analizar en el problema que existe actualmente en el marco de los RPAS en operaciones internacionales, los cuáles suponen un riesgo para las fuerzas. Partiendo de esta cuestión, se describe la tecnología C-RPAS y los sistemas de defensa existentes en el Ejército, así como propuestas de mejoras extraídas de las experiencias reales vividas en misión. Además, es un objetivo secundario el conocer saber si el Ejército de Tierra es capaz de hacer frente a este tipo de amenaza actualmente, mediante una confrontación entre sistemas C-RPAS en dotación y posibles RPAS enemigos. De esta forma se podrían centrar los esfuerzos que suponen para Defensa el desarrollo de estos tipos de medios, tanto en tiempo como en un carácter económico, ya que nos enfrenamos a un reto tecnológico debido a la alta capacidad de desarrollo que tiene estos tipos de medios.

Para hacer cumplir estos objetivos, en primer lugar, se analiza la amenaza, es decir, se explica que es un RPAS y los tipos que existen, además de resumir brevemente las características de los tipos más comunes. Una vez que se ha conocido la amenaza, se pasa a definir la tecnología C-RPAS, las fases que se llevan a cabo para anular una amenaza y los diferentes sistemas que se pueden utilizar en estas fases. Además, se detallan los C-RPAS con los que trabaja el Ejército y sus características de empleo y especificaciones técnicas. La descripción de estos sistemas permite enfrentarlos a los RPAS más comunes para ver si son capaces de hacerle frente en una situación real. Gran parte de esta información proviene de la recopilación de documentos técnicos y presentaciones que han sido expuestas en jornadas de actualización de la materia.

Para averiguar los problemas que les surgen a los sistemas y proponer una serie de mejoras se hacen entrevistas a cierto personal<sup>7</sup> que ha estado utilizando estos medios de misión, ayudándose para ello de las lecciones aprendidas obtenidas después de cada despliegue. Para la comparación entre los distintos sistemas de los que cuenta el Ejército, nos centramos en sus características técnicas, en los resultados obtenidos en las misiones, en la eficiencia y las necesidades de mantenimiento de cada uno de ellos. El objeto de esto no es otro que el de poder centrar la instrucción y adiestramiento del personal capacitado para el manejo de estos medios. Nos ayudaremos para la consecución de estos objetivos en la experiencia que atesora el personal responsable de estos sistemas en zona de operaciones. Esta experiencia es fundamental para la realización de este trabajo, ya que, la materia que se trata es de muy reciente incorporación en la doctrina del Ejército y no se tiene demasiada información del empleo de los medios C-RPAS.

---

<sup>7</sup> Como el Capitán D. Antonio Nargáñez Cruz y el ingeniero civil César Heras Menor de Gaspar.

### 3 Sistemas RPAS

#### 3.1 Definición y clasificación

En primer lugar, se define RPAS como un sistema aéreo operado de forma remota, donde se incluye el sistema de control y el propio aparato, ya que, a diferencia de los UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) que no son controlados por nadie, los RPAS son controlados por un operador [3].

Es una evidencia que la utilización de los RPAS por parte tanto de las fuerzas armadas de los países como por las fuerzas contrarias, ha incrementado exponencialmente. Esta proliferación es debida en su mayoría a las propiedades que caracterizan a estos sistemas; como son la capacidad de empleo en zonas de alto riesgo para el personal, disminuyendo así la posibilidad de tener alguna baja; ser sistemas más asequibles económicamente que otros medios de combate, desarrollándose así sistemas a un coste bajo e incluso la facilidad de obtención en el mercado civil; y la facilidad de empleo lo que permite que prácticamente cualquiera pueda manejarlo y hacer un uso peligroso contra las fuerzas armadas. Sin embargo, estos sistemas carecen aún de la suficiente tecnología para mantener la coordinación entre las diferentes fuerzas, teniendo que aumentar los niveles de interoperabilidad, homogeneidad y eficiencia para satisfacer las exigencias operativas actuales y futuras [6].

La modernización del combate es un hecho indiscutible, y como ejemplo de ello tenemos la implementación de RPAS, con la principal misión de obtener información del enemigo en favor de la inteligencia propia. Por ello, desde hace ya varios años, el Ejército de Tierra, y en general las Fuerzas Armadas españolas, han incorporado estos sistemas a sus unidades. Centrándonos en el Ejército de Tierra, actualmente existen varios tipos de RPAS, que se pueden ver en el ANEXO B. [2]

Para hacer posible un vuelo y llevar a cabo una misión en este ámbito, es necesaria una unidad de operaciones aéreas que se encarga de planear el vuelo para cumplir la misión recibida, coordinando las gestiones previas a este con el Puesto de Mando y Control, enviar la información obtenida por los medios al escalón superior, con la que debe mantener enlace permanente. Se necesita una unidad de vuelo, compuesta por las tripulaciones que manejan los medios, y una unidad de tierra, encargada de preparar el propio sistema en el momento previo a su uso, transportarlo a la zona de despegue y recuperarlo después del vuelo, así como del mantenimiento del sistema, también se deberá encargar de darle seguridad desde tierra al sistema [7].

Siguiendo la clasificación que hace la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) de los distintos tipos de RPAS que existen, se diferencian tres clases según su techo de vuelo, su radio de operatividad y su peso. (Véase Tabla 1).

Tabla 1 - Clasificación RPAS según OTAN [6]

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

Aunque existes tres clases, los sistemas C-RPAS en los que se va a centrar este trabajo son aquellos que hacen frente a los de Clase I, los más comunes tanto en el ámbito civil como militar, ya que, además, a los sistemas de clase II y clase III se les hace frente con sistemas antiaéreos convencionales [7].

### 3.2 RPAS Clase I

En este trabajo nos centraremos en los RPAS de Clase I, ya que son los más comunes tanto en ámbito civil como militar, y es a esta categoría a la que pertenecen la inmensa mayoría de sistemas a los que las fuerzas armadas van a tener que hacer frente en operaciones [6].

La abundancia de este tipo de sistemas es consecuencia principalmente de la reducción del coste tanto en adquisición, en mantenimiento como en su propio uso, en comparación con los de las otras clases. También se caracterizan por la constante evolución tecnológica y modernización que sufren, dotándoles cada vez de más autonomía, mayor radio de acción, mayor capacidad de carga y mejores medios integrados de observación y video vigilancia. Además, son sistemas que no requieren apenas necesidades logísticas, por sus tamaños que permiten ser transportados fácilmente, por la facilidad también de reposición de piezas en caso de que sean necesario por un accidente o por el desgaste del propio uso y por la rapidez con la que son puestos en marcha y desplegados en el área interesada. A estas ventajas se une también que los sistemas de control en tierra son muy intuitivos, fáciles de manejar y transportar, y con una calidad de reproducción en vivo bastante alta [3] [6].

Como se observa en la Tabla 1, existen tres tipos dentro de la Clase I en función del peso, que son los tipos nano, micro y small. En general los más utilizados son los de tipo micro y nano, por su manejabilidad y por la diferencia de coste con los small, los cuales requieren una mayor inversión [5]. Todas estas ventajas anteriormente nombradas de estos tipos de RPAS han provocado que dichos medios sean empleados por las fuerzas insurgentes contra las fuerzas armadas de los países de la Coalición, de forma ya habitual hoy en día. Principalmente son utilizados por su capacidad de espionaje y por la facilidad de poder realizar un ataque si estos

elementos portan alguna clase de explosivos. La principal ventaja es que pueden realizar estas acciones desde la distancia, sin necesidad de arriesgar sus vidas [3] [6].

### 3.2.1 Componentes del RPAS

Generalmente, estos tipos de RPAS se componen del vehículo de vuelo, la carga útil y la estación de control en tierra. El vehículo está compuesto por el motor, las hélices y los sistemas de vuelo que serían los sistemas de estabilización de vuelo, el sistema de navegación y el sistema de detección [7]. Con la carga útil nos referimos a aquello que es transportado por el vehículo y para lo que habitualmente es desplegado el sistema. Estos elementos pueden ser cámaras de video vigilancia con imagen en tiempo real, sensores térmicos, sensores infrarrojos, elementos de EW<sup>8</sup> (Guerra Electrónica o por sus siglas en inglés Electronic Warfare), o incluso munición explosiva. Por último, está la estación de control en tierra, desde donde el piloto controla la trayectoria del vehículo. Estos sistemas pueden ser analógicos, cuyos vuelos tienen que ser con la visión directa del elemento de vuelo o los que viene preparado para la navegación GPS, que cuentan con un display desde donde se puede manejar el vuelo [7] [8]. (Véase Figura 1)



*Figura 1 – Partes de un RPAS [8]*

### 3.2.2 Tipos de RPAS

Dentro de esta clase de RPAS existen una gran variedad de modelos, que se agrupan en tres tipos diferentes de vehículos, diferenciándose entre ala fija, ala rotatoria y multirrotores.

---

<sup>8</sup> EW: Electronic Warfare, término que hace referencia a la Guerra Electrónica que consiste en una actividad tecnológica y electrónica con el fin de determinar, explotar, reducir o impedir el uso hostil de todos los espectros de energía, por ejemplo, el electromagnético, etc. por parte del adversario y a la vez conservar la utilización de dicho espectro en beneficio propio.

Fuente: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/rew31/Organizacion/index.html>, visitado 25/09/2020.



Los de tipo de ala fija pueden ser controlados desde una cámara a bordo<sup>9</sup>, y con la posibilidad de instalar cualquier tipo de IED<sup>10</sup> (Improvised Explosive Device). Para ser inhibidos se debe actuar contra la señal del operador y contra la señal del GPS, pudiéndose quedar realizando órbitas sobre un punto. Sin embargo, los que no están dotados con navegación GPS, al inhibir la señal del operador se precipitan al suelo [9]. (Véase Figura 2)



*Figura 2 – RPAS de ala fija [Fuente:  
[www.murciadrones.es](http://www.murciadrones.es)]*

Por otro lado, los de ala rotatoria tienen unas capacidades inferiores respecto a los de ala fija. Sin embargo, la capacidad de transportar elementos más pesados es mayor [9]. (Véase Figura 3)



*Figura 3 – RPAS de ala rotatoria [Fuente:  
[dronespain.pro](http://dronespain.pro)]*

Por último, están los RPAS de tipo multirrotores, estos sistemas son los más comunes. Suelen contar con una Tablet en la estación de control desde donde el operador realiza la navegación. Se les pueden programar rutas por GPS. Tiene una alta capacidad de carga, pudiendo portar grandes cantidades de explosivos. En caso de pérdida de señal GPS o pérdida de señal con el control, el sistema se queda estacionario donde ha perdido la señal y aterriza de forma autónoma [9]. (Véase Figura 4)

---

<sup>9</sup> Incorporadas al vehículo, gracias a la cual se pilota la aeronave.

<sup>10</sup> IED: Improvised Explosive Device, Artefacto Explosivo Improvisado definido por la OTAN como “Un artefacto ubicado o fabricado de forma improvisada, incorporando agentes destructivos, nocivos letales, químicos incendiarios o pirotécnicos y diseñado para destruir o incapacitar, acosar o distraer. Puede incorporar material militar, pero normalmente se idea a partir de componentes no militares.” (AAP-6 edición del año 2005)



*Figura 4 – RPAS multirotor cargando explosivo  
[Fuente: [www.lisainstitute.com](http://www.lisainstitute.com)]*

A continuación, en la Tabla 2 se expone una comparativa entre cada uno de los tipos de RPAS, resumiendo así sus características y sus ventajas e inconvenientes.

*Tabla 2 – Características, ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de RPAS [9]*

CARACTERÍSTICAS	ALA FIJA	ALA ROTATORIA	MULTIROTORES
Alcance	2 – 4 km	1 – 2 km	Hasta 7 km
Techo de vuelo	500 m	300 m	500 m
Navegación GPS	Sí	Sin sistemas GPS	Sí
Autonomía	Alta	Media	Media
Vuelo estacionario	No	Sí	Sí
Complejidad mecánica	Baja	Media	Alta
Ventajas	Mayor velocidad de vuelo	Libertad de movimiento	Mayor estabilidad
Inconvenientes	Dificultad de manejo	No vuelo autónomo	Mayor complejidad mecánica

La Tabla 2 nos muestra como los RPAS multirotor, por sus características, son los más completos de los tres tipos. Estos medios tienen un mayor alcance que los demás, lo que le permite al piloto poder abarcar una mayor zona de vuelo sin necesidad de moverse de su ubicación, contando además con la posibilidad de pilotar al vehículo a través de navegación GPS, sin necesidad de tener contacto visual con el mismo. Son los que tiene mayor complejidad mecánica de los tres tipos, pero este inconveniente es menor si comparamos que sus características son mejores. Prueba de ello es que son los sistemas más vendidos en el mercado civil, denominados usualmente como *Drones* [9] [10].



## 4 Amenaza actual

Como ya se ha expuesto con anterioridad, el mercado de los RPAS está creciendo de forma exponencial, debido a su bajo coste y facilidad de manejo. De manera habitual, estos son utilizados en un ambiente de ocio y entretenimiento por parte de la población civil, sin embargo, el empleo de estos sistemas en acciones delictivas y hostiles es cada vez más común, suponiendo una amenaza para la seguridad [1].

Son numerosos los peligros relacionados con el empleo ilícito de los RPAS. Uno de estos peligros es la interferencia del espacio aéreo, provocando accidentes aéreos tanto con aviones civiles en las inmediaciones de los aeropuertos como con helicópteros o aviones militares, y causando un efecto similar al choque con una bandada de aves<sup>11</sup>. También son usados en actividades de vigilancia y reconocimiento, así como de la monitorización de las actividades privadas de personas y empresas. Actividades como el espionaje sobre personas o sobre las propias fuerzas y cuerpos de seguridad del estado con la intención de obtener información de inteligencia, permitiendo a los criminales averiguar puntos críticos en instalaciones y edificios oficiales. El contrabando es otro empleo ilegal que hacen de los RPAS, ya que usan estos vehículos para el tráfico de diferentes mercancías pudiéndose saltar las aduana y controles terrestres [1] [6] [7] [11].

En un entorno más hostil, los RPAS son utilizados como armas letales y no letales. Estos sistemas pueden estar dotados con armas, explosivos o diseminadores de sustancias nocivas. Como armas no letales pueden integrar gases lacrimógenos o armas TASER<sup>12</sup> <sup>13</sup> [6]. Su uso como portadores de explosivos es cada vez más extendido, ya que pueden causar gran daño a la población o las fuerzas armadas de una forma rápida y segura para el que está realizando el ataque. Otro empleo que es muy peligroso es como rociadores de sustancias nocivas, con efectos biológicos, químicos, radiológicos y nucleares, además la propia destrucción del RPAS por parte de las fuerzas de seguridad podría provocar el efecto deseado por los terroristas [6].

Trasladando estas acciones delictivas a un marco militar, se convierten en amenazas serias para las fuerzas armadas, ya que por las características de estos RPAS<sup>14</sup> no son abatibles por los sistemas de Defensa Aérea<sup>15</sup> de las que dispone el Ejército [11]. Estas actuaciones se llevan a cabo contra la fuerza e instalaciones militares en entorno operativo en misiones

---

<sup>11</sup> Un RPAS chocó con un avión de British Airways en el aeropuerto londinense de Heathrow el 16 de abril de 2016. Fuente: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160418\\_drone\\_choca\\_avion\\_heathrow\\_eqn](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160418_drone_choca_avion_heathrow_eqn), visitado 27/09/2020

<sup>12</sup> TASER: Un arma de electrochoque es un arma diseñada para incapacitar a una persona o animal mediante descargas eléctricas que imitan las señales nerviosas y confunde a los músculos motores, principalmente brazos y piernas, inmovilizando al objetivo temporalmente. El arma eléctrica TASER o pistola eléctrica, dispara proyectiles que administran una descarga eléctrica a través de un cable. Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Arma\\_de\\_electrochoque](https://es.wikipedia.org/wiki/Arma_de_electrochoque) visitado el 27/09/2020.

<sup>13</sup> En 2014, la empresa americana Chaotic Moon dotó a un RPAS con un sistema TASER capaz de descargar 80.000 V, realizando una demostración de su empleo sobre una persona. El sistema fue denominado como CUPID (Chaotic Unmanned Personal Intercept Drone).

<sup>14</sup> Los RPAS utilizados para estos ataques son de la clase I, y en su gran mayoría del tipo micro y small [6].

<sup>15</sup> Responsable el Ejército del Aire en territorio nacional con carácter permanente [9].

internacionales y en territorio nacional. Los usos más frecuentes de los RPAS contra las Fuerzas Armadas son el de espionaje y obtención de inteligencia, en operaciones tácticas como correctores de tiro o transporte de material, usados como sistemas de armas con bombardeos, ataques con explosivos, ataques NBQ (Nuclear, Biológico y Químico), y por último en acciones de influencia difundiendo propaganda en contra de las Fuerzas Armadas [7] [12].

Algunos de los RPAS más comunes, y por tanto contra los que el Ejército de Tierra tiene mayor probabilidad de enfrentarse se presentan en las Figuras 5-9 [13]:



Figura 8 - DJI Phantom 4 Pro [Fuente: <https://www.dji.com/es/phantom-4-pro?site=brandsite&from=nav>]



Figura 9 - SkyWalker X8 [Fuente: <http://airjobs.es/ala-fija/>]



Figura 6 – GoPro Karma [Fuente: <https://www.xataka.com/drones/gopro-karma>]



Figura 5 – Parrot Disco [Fuente: <https://planetared.com/2016/08/parrot-disco-dron-ala-fija/>]



Figura 7 – DJI Mavic AIR 2 [Fuente: <https://www.dji.com/es/mavic-air-2?site=brandsite&from=nav>]

Estos RPAS son de los más comunes en el mercado de los *Drones*<sup>16</sup>, a los que cualquier persona puede acceder a través de las múltiples plataformas de internet para comprarlos. Las fuerzas irregulares emplean los sistemas multirotores, como las Figuras 5, 7 y 9, para acciones de vigilancia de instalaciones, debido a su característica de vuelo estático, o cuando desean

<sup>16</sup> Drones: El origen de “dron” proviene del ámbito militar. En los años 40, los ingleses habían desarrollado uno de los primeros UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle o aeronaves de combate) que se llamaba “Killerbee” (abeja asesina). Cuando se creó una unidad de observación (y no de combate) se la denominó “Drone”, traducido literalmente como zángano, creando un juego de palabras con el nombre anterior y que, a día de hoy, aún se mantiene este mote que se puso a los aviones espía no tripulados [7].

transportar algo, como un posible IED. Mientras que los sistemas de ala fija, como la Figuras 6 y 8, suelen ser empleados, por su característica de tener una alta velocidad de vuelo, en acciones de seguimiento de convoyes por un itinerario [13].

En las Figuras 10-13 se ve a personal insurgente empleando estos sistemas. Las Figuras 10 y 12 nos muestran a miembros de ISIS<sup>17</sup> empleando RPAS de ala fija que, por sus características, serían empleados en acciones de vigilancia y espionaje contra las fuerzas de la Coalición, muy posiblemente en seguimiento de algún convoy. La Figura 11 muestra como un RPAS ha sido abatido y recogido por rebeldes sirios, los cuales emplean armas de fuego convencionales como medios C-RPAS. Por último, en la Figura 13 se puede ver a otro insurgente posando con un RPAS común, el cual es fácil de adquirir para cualquier persona vía internet y que posiblemente sería empleado en una acción de observación de alguna instalación enemiga.



*Figura 10 - Personal rebelde del ISIS con un RPAS [Fuente: <https://dronesrate.com/drones-types/homemade/drone-homemade-the-first-isis-unmanned-aerial-vehicles-were-seen-this-week-flying-over-the-batt/>]*



*Figura 11 – RPAS de rebeldes de Siria [Fuente: <https://www.almasdarnews.com/article/tag/national-defense-forces/>]*

---

<sup>17</sup> ISIS (Islamist State of Iraq and Syria): Estado Islámico de Irak y Siria o EIL, es una organización terrorista islámica que controla vastos territorios en Siria e Irak, donde en julio del 2014 estableció el califato, una forma de Estado dirigida por un líder político y religioso, el autoproclamado califa Abu Bakr al-Baghdadi, de acuerdo con la ley islámica o 'sharia' y que pretende recibir el apoyo total del mundo musulmán



Figura 11 – Individuos del ISIS con un RPAS  
[[https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-03-05/drones-daesh-isis-terrorismo\\_1341002/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-03-05/drones-daesh-isis-terrorismo_1341002/)]



Figura 13 – Individuo insurgente con un RPAS  
[13]

La amenaza más reciente relacionada con este tema es la causada por los sistemas SoS, *System of Systems*, conocido coloquialmente como “enjambres” de RPAS. Se caracterizan por la actuación coordinada de varios RPAS sin la necesidad de ser manejados cada uno de ellos por un operador, pero que en el caso que fuera necesario se puede enviar información a un solo RPAS del enjambre sobre un objetivo en concreto y que este modifique su recorrido en tiempo real<sup>18</sup> [3]. La Figura 14 muestra el momento de como se desprende los distintos RPAS de un “enjambre” en el momento previo de que cada uno se dirija a su objetivo, pero en este caso, esta arma del Ejército de Estados Unidos es todavía un proyecto [15].



Figura 12 – Proyecto de ataque de enjambre del Ejército de EE.UU. [Fuente: captura video YouTube: “Air Force 2030 – Call to Action”, [https://www.youtube.com/watch?v=HPZpp\\_Y6Er8](https://www.youtube.com/watch?v=HPZpp_Y6Er8)]

---

<sup>18</sup> En enero de 2018 Rusia respondía a un ataque perpetrado con un enjambre de drones contra una base aérea en el noroeste de Siria [2].



## 5 Concepto y Tecnología C-RPAS

A causa de la expansión del empleo de los RPAS y de los peligros, vistos anteriormente, que estos llevan consigo, diferentes Estados, entre ellos España, han puesto en marcha sistemas de defensa contra esta amenaza [3]. Estos sistemas definidos como C-RPAS tienen la misión de prevenir, detectar, identificar y, si fuera necesario tras un proceso de decisión, neutralizar esta amenaza en caso de que sean empleados de forma hostil contra las fuerzas propias, ya sea en operaciones internacionales como en territorio nacional [1]. En la Figura 15 se puede ver de una forma gráfica las etapas del ciclo que comprende el empleo de sistemas C-RPAS.



*Figura 13 – Ciclo sistemas C-RPAS [1]*

El principal hándicap es que se trata de una amenaza creciente, cuya evolución y modernización es constante, lo que implica que los sistemas de defensa no solo tengan que adaptarse, sino que lo tengan que hacer con rapidez y agilidad. Esto supone un gran reto para las Fuerzas Armadas, y en particular para el Mando de Defensa y Operaciones Aéreas, MDOA<sup>19</sup> [1].

En lo referido a la tecnología de los sistemas C-RPAS, debe satisfacer las necesidades de detección, identificación y neutralización. Para cada una de estas etapas (Figura 15), existen diferentes sistemas que se emplearán en función del tipo de amenaza. Para que una acción llevada a cabo por un sistema C-RPAS sea exitosa, las dos primeras fases deberían tener un alto grado de automatización, debido al escaso tiempo que tienen para ello, y la última fase de neutralización podrá ser manual o automática en función de la amenaza, la situación y las ROE's<sup>20</sup> (Reglas De Enfrentamiento o por sus siglas en inglés, *Rules Of Engagement*) en vigor [1]. En los siguientes apartados se describen con más detalle estas fases y las tecnologías existentes para abordarlas

<sup>19</sup> Orden Ministerial 86/2012, por la que se crea el Mando de Vigilancia y Seguridad Marítima y el Mando de Operaciones y Seguridad Aéreas.

<sup>20</sup> ROE: Rules Of Engagement (Reglas De Enfrentamiento), "ROE are directives to military forces (including individuals) that define the circumstances, conditions, degree and manner in which force, or actions which might be construed as provocative, may be applied", NATO MC 362/1.

## 5.1 Detección

La primera y más importante acción que debe realizar un sistema C-RPAS es la detección a tiempo de la amenaza, lo que le permitirá reaccionar y hacerle frente. En función de la tecnología del sistema que se emplee este podrá obtener distinta información del RPAS, como puede ser su posición angular, la distancia al sensor, la velocidad y su tamaño. Haciendo un seguimiento de los vehículos detectados permite conocer su trayectoria y alarmar si es una posible amenaza, aunque en esta etapa no se lleva a cabo la diferenciación e identificación de estos [3] [6] [12].

Algunos de los factores que influyen en la detección de los RPAS son la RCS, Sección de Radar Equivalente o por sus siglas en inglés *Radar Cross Section*, la cual suele ser pequeña al ser los RPAS de Tipo I, dificultando así su detección; las emisiones electrónicas que produce la aeronave; la firma EO/IR (Electro-Óptico/Infrarrojo) producida por el calor que desprenden debido al sistema de propulsión y elementos electrónicos, pero por las características de este tipo de RPAS sus firmas infrarroja son débiles; y el residuo acústico, que irá en función del tipo de propulsión y dependerá de las condiciones medioambientales. En función de estos factores, existen diferencias tipos de sensores de detección que se describen en los siguientes apartados [3] [6] [7].

### 5.1.1 Radar

Es el sistema más utilizado por su eficacia en la detección de RPAS de tamaño medio similares a una aeronave convencional, sin embargo, no es tan eficiente en la detección de la mayoría de RPAS que son de pequeño tamaño, ya que su perfil de reflexión de la onda del radar es muy pequeño. Tampoco es capaz de detectar los RPAS que vuelen muy cerca del suelo. Se ve menos afectado por las condiciones climatológicas, lo que supone una ventaja con los otros sistemas. También es capaz de averiguar la velocidad y trayectoria del vehículo, ayudándose del elevado radio de alcance que tienen estos sistemas [3] [7] [12].

### 5.1.2 Detectores de radio frecuencia (RF)

El objetivo de este sistema es interferir en las señales que intercambian la aeronave con la base desde donde es manejada. Esta comunicación puede darse por UHF<sup>21</sup> (*Ultra-High Frequency*), WiFi o satélite pero lo general es en frecuencia de 2,8 GHz, 5 GHz o 5,8 GHz, aunque también de forma simultánea. Son equipos que tienen una gran movilidad al poder embarcarse en camiones o buques. La principal desventaja es que, si la aeronave no mantiene conexión con la estación de control, como los RPAS que están preparados para ejecutar la misión de forma autónoma, estos no son detectable por el sistema [6] [12].

### 5.1.3 Sensores EO/IR

Son medios que nos permiten detectar y seguir al objetivo mediante equipos ópticos y térmicos. Al tratarse de una identificación visual, estos medios nos inducen a menos errores que los otros a la hora de detectar un RPAS, incluso permite el seguimiento de las aeronaves por la noche mediante los sensores. Puede actuar en cualquier situación meteorológica. Sin embargo, para que pueda detectar algún RPAS, la distancia entre este y el sistema EO/IR debe ser pequeña,

---

<sup>21</sup> UHF: Ultra-High Frequency, cuyo rango de frecuencias es entre 300 MHz y 3 GHz.

y no podrá hacer el seguimiento de dos vehículos al mismo tiempo. Los equipos térmicos no son capaces de detectar los RPAS planeadores ni los que son muy pequeños debido a que su firma térmica es muy reducida [3] [6] [7].

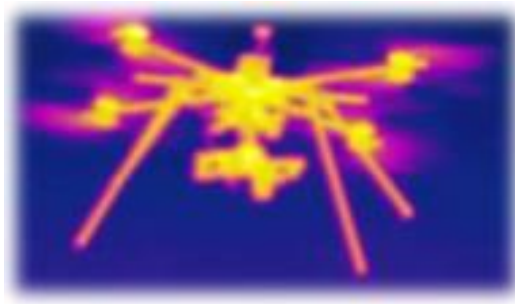
#### 5.1.4 Detectores acústicos

Estos sensores se basan en la firma acústica que produce cada RPAS. Son utilizados para cubrir una zona concreta, están dotados con unos sensores direccionales que se orientan en la dirección que tenga mayor intensidad de la onda. Usan la huella acústica de los RPAS, que son identificados al comparar estos patrones en una base de datos, necesitándose una amplia colección de firmas acústicas. Su funcionamiento técnico es similar a las aplicaciones de reconocimiento de voz o reconocimiento de canciones. Si se instala una antena direccional nos permite la triangulación de blancos y nos identifica la dirección del mismo, además de tener una mayor capacidad de movilidad que los sistemas omnidireccionales. Su uso es menos eficiente cuando hay otras fuentes de ruido cercanas y el sistema tiene que hacer una discriminación entre el ruido residual y el del RPAS. Como el anterior sistema, los RPAS planeadores no son detectables al no hacer ruido [6] [7].

## 5.2 Identificación

Esta segunda etapa consiste en la discriminación de los RPAS frente a otras señales obtenidas por los sensores. Es una fase clave, ya que se deberá hacer una identificación correcta de si es una aeronave frente a otra señal, como puede ser un ave, antes de pasar a la fase de neutralización. La identificación puede ser automática o mediante un operador que discrimine si se trata de un RPAS o no [3].

Se encuentra en pleno desarrollo la identificación mediante la firma micro-doppler, que depende de la rotación de las piezas y del movimiento del cuerpo principal. Permite identificar RPAS del tipo micro, diferenciándoles de aves de tamaño similar, además de reconocer el tipo, tamaño y número de rotores. La identificación también puede llevarse a cabo a través de medios ópticos, trabajando con sensores IR. Además, la identificación puede hacerse a través de emisiones de radiofrecuencia, ya que los RPAS suelen estar dotados de distintos sistemas de comunicaciones, que al establecer comunicación dejan una huella en el espectro radioeléctrico. Dependiendo del sistema puede localizar la ubicación de donde se originan esas señales y así averiguar dónde está el operador [6] [7] [12]. La Figura 16 muestra un RPAS identificado vía IR.



*Figura 14 – Identificación IR de un RPAS [5]*

### 5.3 Neutralización

La última etapa del proceso es la anulación y neutralización del blanco, que se lleva a cabo una vez que al detectarlo se ha decidido que puede suponer una amenaza para las fuerzas. Existen varias medidas para neutralizar un RPAS, y el uso de estas dependerá de ciertos factores, siendo algunos de ellos la presencia de población civil en el entorno o la situación táctica del mismo. A continuación, se describen diferentes métodos de anulación [3].

#### 5.3.1 Medidas basadas en interferencia

En esta ocasión los sistemas de anulación actúan sobre las señales radioeléctricas que emite el RPAS. Una de las técnicas es GPS *Spoofing*, que consiste en hacer creer al RPAS que está en otro interfiriendo en su señal GPS y transmitiéndoles señales de posición falsas. Este sistema no es efectivo cuando los RPAS no dependen de la posición GPS para navegar y lo hacen de forma autónoma [6] [12]. La Figura 17 muestra un sistema C-RPAS que emplea la técnica de *Spoofing*.



Figura 15 – Sistema Spoofing: AUDS Blighter [5]

Otra medida basada en la interferencia es la técnica de *Jamming*, consistente en crear interferencias entre el RPAS y la estación de control, cortando así la comunicación entre ambos, neutralizando así la capacidad de combate. Son sistemas que neutralizan la amenaza sin destruirla. Son sistemas económicos y efectivos frente amenazas no protegidas [6] [12]. La Figura 18 muestra un sistema C-RPAS que emplea la técnica de *Jamming*.



Figura 16 – Sistema Jamming: Battelle Drone Defender [21]

#### 5.3.2 Medidas anulación físicas

Uno de los métodos de anulación física es con un arma laser de alta potencia, que consigue derribar al RPAS al enfocararlo. Tienen un alto coste y el nivel de adiestramiento tiene que ser alto debido a la alta precisión que debe conseguir para hacer efecto en el objetivo. En el ANEXO C [12] se puede ver una clasificación de los tipos de armas láser. La principal desventaja de este sistema es la necesidad de tener que mantener el blanco fijado durante un tiempo, siendo complicado en RPAS de pequeño tamaño [6] [12]. Por otro lado, se puede utilizar medios físicos directos como pueden ser sistemas de armas usuales con munición estándar o munición dispersa [12].



## 6 Productos C-RPAS en el E.T

A continuación, se van a exponer los sistemas C-RPAS de los que el Ejército de Tierra dispone o con los que ha trabajado en operaciones internacionales [16] [17].

### 6.1 Maleta de detección DJI AEROSCOPE

Uno de los sistemas con los que el Ejército cuenta para la defensa contra los RPAS es la maleta de detección DJI AEROSCOPE, un sistema portátil cuya función se centra en las fases de detección, siendo operado por un individuo de forma bastante intuitiva. Este medio es capaz de identificar la mayoría de RPAS que se vende en el mercado civil. Al ser un sistema portátil permite empezar a operar rápidamente en una nueva ubicación o incluso con una ubicación móvil mientras es transportado por un vehículo. La detección es efectiva principalmente con los RPAS de la marca DJI, los cuales suponen en torno al 85% de los RPAS que hay en el mercado, lo que implica que con una alta probabilidad sean los que utilicen las fuerzas insurgentes [18] [19] [20] [21].

La detección la hace mediante el monitoreo y análisis de sus señales de RF, identificando los enlaces de comunicación entre el vehículo y la estación de control. Cuando detecta un RPAS en la zona de interés, es capaz de obtener información como la ruta de vuelo, la velocidad, el rumbo y la latitud, además del punto de origen del vehículo. Esta última función es muy beneficiosa, ya que, si el sistema nos averigua el punto de despegue, con un alto nivel de probabilidad sea ahí donde se encuentre el operador, pudiendo aprovechar esta información para actuar directamente contra el individuo que maneja el RPAS [18] [20] [21].

Con una actualización del 4 de agosto de 2020, este sistema está desplegado en las misiones internacionales de A/I (SOTG)<sup>22</sup>, RSM (FOE)<sup>23</sup>, EUTM MALI<sup>24</sup> y L-H<sup>25</sup>.

Las principales características técnicas del DJI AEROSCOPE se pueden ver en la Tabla 3, que se muestra a continuación. Por sus dimensiones es un sistema fácil de transportar por un individuo, tratándose de un sistema portátil que permite ser empleado en diferentes ubicaciones con facilidad o incluso en movimiento a bordo de un vehículo. La posibilidad de cambiar la batería le permite estar activo durante un largo periodo de tiempo. Como se puede ver en la Tabla 3, opera en las frecuencias de 2,4 GHz y 5,8 GHz al igual que los *Drones*, y su alcance efectivo de 5 km hace posible detectar al RPAS a una distancia suficiente para que este no suponga una amenaza.

---

<sup>22</sup> A/I (SOTG): Apoyo a Irak – Inherent Resolve (Bagdad, Irak): militares instructores españoles llevan a cabo en el Baghdad Diplomatic Support Center el adiestramiento de unidades del servicio contraterrorista iraquí (CTS) por miembros de la Unidad de Operaciones Especiales (SOTG, Special OperationTask Group por sus siglas en inglés) de la Coalición.

<sup>23</sup> RSM (FOE): Resolute Support (Afganistán): la misión tiene las tareas de asistencia, entrenamiento y asesoramiento de las fuerzas de defensa y seguridad afganas, llevadas a cabo por las Fuerzas de Operaciones Especiales.

<sup>24</sup> EUTM MALI: European Union Training Mission Mali (Mali): las tropas españolas tienen la misión de adiestrar al Ejército maliense en entrenamiento militar y asesoramiento en las cadenas de mando y control, logística y gestión de recursos humanos, junto con derecho internacional humanitario.

<sup>25</sup> L-H: Operación “Libre Hidalgo” (Líbano): Los militares españoles realizan patrullas a pie y en vehículo, para vigilar permanentemente la línea de separación entre Líbano e Israel. También establecen observatorios y realizan otras actividades en colaboración con las Fuerzas Armadas Libanesas.

*Tabla 3 - Características técnicas DJI AEROSCOPE [22]*

CARACTERÍSTICAS	MALETA DETECCIÓN DJI AEROSCOPE
Dimensiones	405 mm (L) x 327 mm (A) x 175 mm (F)
Peso	8,5 kg
Rango de temperatura	-20°C a 40°C
Autonomía	Dos baterías, 90 min cada una
Frecuencia de inhibición	2,4 GHz y 5,8 GHz
Alcance efectivo	5 km

A continuación, las Figuras 20 y 21 muestran imágenes del sistema físico. Para más información sobre las partes detalladas y de la interfaz del sistema se puede consultar el ANEXO D.



*Figura 18 – DJI AEROSCOPE usado por el ET.  
[20]*



*Figura 17 – DJI AEROSCOPE. [Fuente:  
<https://counterdronesolutions.com.au/dji-aeroscope/>]*

## 6.2 C-RPAS fijo AUDS BLIGHTER

El sistema C-RPAS fijo AUDS Blighter (*Anti-UAV Defense System*) es el más completo con el que el Ejército ha trabajado. El sistema está diseñado para interrumpir y neutralizar los RPAS que puedan ser una amenaza para las fuerzas.

Este sistema combina las tres fases descritas anteriormente (apartado 5) de detección, identificación y neutralización de la amenaza, es capaz de detectar remotamente RPAS mediante un radar, y posteriormente rastrearlo y clasificarlo antes de llevar a cabo su inhibición. El radar de detección tiene una capacidad de funcionamiento de 24 horas al día, pudiendo actuar en cualquier condición climatológica, y siendo capaz de detectar RPAS de pequeño tamaño y volando cerca de edificios. La identificación es llevada a cabo a través de una cámara de alta definición o una cámara térmica de alta sensibilidad, y debido a las cámaras de video de última tecnología que porta es capaz de seguir al RPAS y, combinado con la información del radar, clasificar el objetivo. Tras un proceso de decisión, y una vez que se haya decidido que el RPAS es una amenaza, el operador puede neutralizar a la aeronave mediante el inhibidor de radiofrecuencias en tres bandas, mediante unas antenas direccionales [23] [24] [25].

El Ejército de Tierra no cuenta con este sistema como unidad propia, pero si es con el que ha estado trabajando hasta agosto de 2020, cuando el contingente de la Operación A/I (BPC) en Besmayah, Irak, replegó a territorio nacional. Este sistema era empleado por el Ejército de Tierra español en la Base “Gran Capitán”, pero era cedido por la Coalición. Esta información ha sido facilitada por el Capitán D. Antonio Nargáñez Cruz.

En la Tabla 4 se exponen las características técnicas de este sistema. La característica más significativa es el alcance del sistema, el cual permite detectar y neutralizar un RPAS a 10 km, garantizando así la seguridad de la base.

*Tabla 4 – Características técnicas AUDS Blighter [23] [26]*

CARACTERÍSTICAS	C-RPAS FIJO AUDS BLIGHTER
Rango de temperatura	-32°C a 49°C
Apertura de acción	180 ° ó 360°
Cámara HD	2,3 MP; zoom óptico: x30
Frecuencia de inhibición	433 MHz; 2,4 GHz; 5,8 GHz; Ku-band <sup>26</sup>
Alcance efectivo detección	10 km

Las Figuras 21 ilustra el funcionamiento del sistema esquemáticamente, y las Figuras 22, 23, 24 y 25 muestran cada una de las partes del sistema C-RPAS AUDS Blighter. La Figura 26 muestra el sistema desplegado en la Base “Gran Capitán” de Besmayah, Irak. En el ANEXO E se pueden ver una serie de ilustraciones de como el sistema actúa ante una amenaza.

---

<sup>26</sup> Ku band: La banda Ku (“Kurz-unten band”) es una porción del espectro electromagnético en el rango de las microondas que va de los 12 a los 18 GHz. La banda Ku se usa principalmente en las comunicaciones satelitales, siendo la televisión uno de sus principales usos. Fuente: <https://satcomdefensa.com/blog/que-es-banda-ku/>, visitado 10/10/2020.

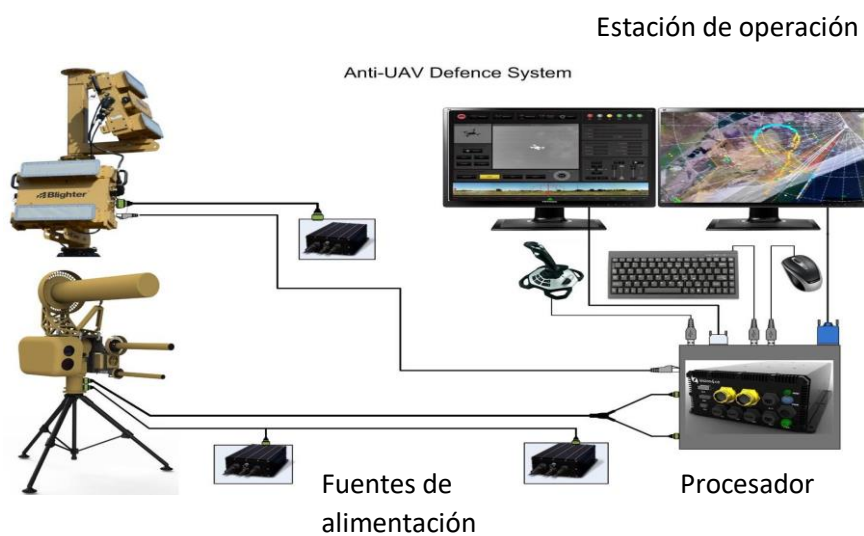


Figura 19 – Esquema de funcionamiento AUDS Blighter [23]



Figura 20 – Radar, sistema de detección del AUDS Blighter [24]



Figura 21 – Cámaras HD e IR, sistema de identificación del AUDS Blighter [24]



Figura 24 – Antenas de inhibición, sistema de neutralización del AUDS Blighter [24]

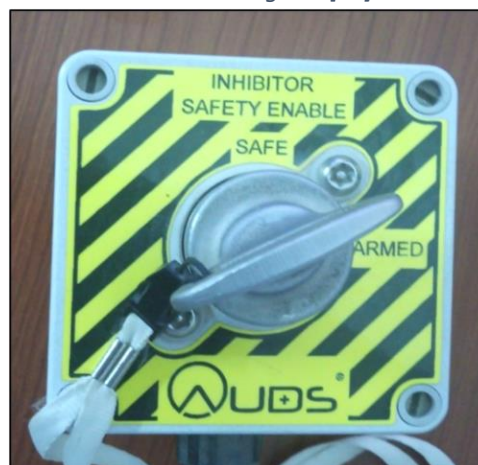


Figura 25 – Interruptor sistema de neutralización [24]





*Figura 22- Sistema AUDB Blighter desplegado en misión [Archivo]*

### 6.3 BATTELLE DRONE DEFENDER V1LF

El Drone Defender es un sistema C-RPAS que actúa mediante el método de *Jamming*, descrito en el apartado 5.3.1, lo que significa que interrumpe la comunicación entre el RPAS y la estación de control, actuando en las señales de radiofrecuencia que este emite, y provocando la pérdida de señal. Es un sistema fácil de usar que se compone de un cuerpo tipo fusil al que se le han acoplado tres antenas inhibidoras de señal, también se incluyen una mochila para ser transportado por un individuo y baterías intercambiables [13] [27].

El sistema, que es manejado por una sola persona, permite apuntar al RPAS detectado directamente con el visor, y una vez que se tiene a la amenaza apuntada se presionarían los disparadores (o gatillos) que tiene. Estos disparadores son dos, uno para inhibir las comunicaciones y señales de radiofrecuencia y otro para interrumpir la señal GPS del RPAS, y se pueden presionar cualquiera de ellos individualmente o los dos simultáneamente, según el efecto que se quiera provocar en el RPAS. Para que sea efectivo se debe mantener el arma apuntada hacia el RPAS mientras que se presionan los disparadores, hasta que dicha amenaza sea neutralizada [13] [27].

Con una actualización del 4 de agosto de 2020, este sistema está desplegado en las misiones internacionales de A/I (SOTG), RSM (FOE) y EUTM MALI.

En la Tabla 5 [28] se pueden ver las características técnicas del Batallón Drone Defender. Las cualidades físicas del sistema permiten que sea empleado por un individuo de manera similar a como emplea un fusil. El Drone defender opera en las mismas frecuencias que los RPAS, por lo tanto, puede inhibirlos, sin embargo, solo puede hacerlo cuando esté a una distancia inferior a 400 m, implicando mayor riesgo que los sistemas vistos anteriormente.

*Tabla 5 – Características técnicas Battelle Drone Defender [28]*

CARACTERÍSTICAS	BATTELLE DRONE DEFENDER V1LF
Peso	6,8 kg
Apertura de acción	30º
Autonomía	1 hora
Frecuencia de inhibición	433MHz; 2,4 GHz y 5,8 GHz
Alcance efectivo	400 m

La Figura 27 muestra a un soldado empleando el sistema y la Figura 28 muestra las distintas partes del arma.



*Figura 23 - Battelle Drone Defender V1LF [13]*



- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Gatillo inhibición Mando y Control (C2).    | 4. Antena 1.                      |
| 2. Gatillo inhibición navegación por satélite. | 5. Antena 2.                      |
| 3. Visor (sin aumentos).                       | 6. Antena 3.                      |
|  | 7. Umbilical para la electrónica. |

*Figura 24 – Partes del Battelle Drone Defender V1LF [13]*

#### 6.4 Sistema portátil de inhibición SENDES HD02

Este sistema es un equipo portátil capaz de inhibir la navegación y comunicación de un RPAS con la estación de control, como el envío de imágenes, por lo tanto, es capaz de incapacitar el vuelo de un RPAS que sea observado en las inmediaciones de una zona de interés determinada. Es decir, el método técnico que aplica es el visto anteriormente del *Jamming*. Puede actuar contra todo tipo de RPAS de tamaño pequeño atacando al sistema de radio frecuencias. Su sistema software es actualizable y ampliable [29].

Sus medidas hacen que sea un sistema ergonómico y fácilmente transportable. Una de sus ventajas es que a diferencia del *Drone Defender*, su aspecto no es similar al de un fusil, por lo que no causaría alarma entre la población civil. Permite tener una respuesta rápida y discreta ante una posible amenaza de RPAS, tanto en espacios abiertos como en eventos privados, permitiendo la protección de VIP (*Very Important Person*) [17] [29].

Con una actualización del 4 de agosto de 2020, este sistema está desplegado en las misiones internacionales de AI (SOTG), RSM (FOE) y EUTM MALI.

A continuación, en la Tabla 6, se puede ver algunas de las características técnicas del SENDES HD02. Con características similares al *Drone Defender*, y método de empleo igual, este sistema goza de una mayor distancia de neutralización, garantizando mayor seguridad. Las Figuras 30 y 29 muestran imágenes del sistema físico.

Tabla 6 – Características técnicas SENDES HD02 (Fuente: Ficha producto SENDES HD02, por ASDT System Europe)

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA DE INHIBICIÓN SENDES HD02
Dimensiones	490 mm (L) x 214 mm (A) x 200 mm (F)
Peso	2,4 kg
Autonomía	2,5 horas
Frecuencia de inhibición	1600 MHz, 2400 MHz, 2600 MHz, 5800MHz
Alcance efectivo	800 – 1000 m



Figura 25 – SENDES HD02 [Fuente: Ficha producto SENDES HD02, por ASDT System Europe]



Figura 26- SENDES HD02 [Fuente: Ficha producto SENDES HD02, por ASDT System Europe]

## 6.5 Confrontación medios C-RPAS frente a RPAS comunes

La Tabla 7 muestra de forma resumida las capacidades de cada uno de los C-RPAS que se han visto previamente, pudiendo comparar las capacidades que tienen para hacer frente a una posible amenaza de RPAS.

*Tabla 7 – Comparativa de las capacidades de los sistemas C-RPAS*

CAPACIDAD DE...	MALETA DE DETECCIÓN DJI AEROSCOPE	AUDS BLIGHTER	DRONE DEFENDER	SENDES HD02
Detección	X	X		
Detectar punto de despegue	X			
Identificación	X	X		
Anulación señal RF		X	X	X
Anulación señal GPS		X	X	
Neutralización		X	X	X
Movilidad	X		X	X

Se observa que el único que cumple con las tres fases del ciclo para la anulación de una amenaza es el sistema *AUDS Blighter*, pero este sistema debe permanecer fijo en un asentamiento. Por otro lado, la maleta de detección no tiene la capacidad de neutralización, al contrario que los sistemas *Drone Defender* y *Sendes HD02* que solo permiten anular a la amenaza cuando está ha sido detectada por algún sistema o avistada por un individuo. Sería conveniente el empleo combinado de estos tres últimos medios mencionados, útiles para patrullas o para puestos defensivos avanzados, haciendo frente a una amenaza de una manera más efectiva que individualmente cada uno.

Una vez vistos los medios C-RPAS que el Ejército de Tierra tiene y con los que ha trabajado, se va a confrontar sus cualidades con las de varios modelos de RPAS disponibles en el mercado civil<sup>27</sup>, con la finalidad de saber si los sistemas C-RPAS que el Ejército posee son adecuados para hacer frente a los RPAS más comunes. Para ello, se ha decidido comparar el alcance, la autonomía y la frecuencia operativa, ya que son las tres cualidades que ambos comparten y donde pueden ser enfrentados. En la Tabla 8 se observan las características de los 4 sistemas C-RPAS y en la Tabla 9 se muestran las mismas características de 5 de los modelos más comunes del mercado.

---

<sup>27</sup> Estos RPAS son los vistos anteriormente en el apartado 4.



Tabla 8 - Especificaciones medios C-RPAS

ESPECIFICACIONES	MALETA DE DETECCIÓN DJI AEROSCOPE	AUDS BLIGHTER	DRONE DEFENDER	SENDES HD02
Alcance	5.000 m	10.000 m	400 m	1.000 m
Autonomía	90 min	24 H	60 min	150 min
Frecuencia operativa	2,4 GHz y 5,8 GHz	433 MHz; 2,4 GHz; 5,8 GHz; Ku-band	433MHz; 2,4 GHz y 5,8 GHz	1,6 GHz; 2,4 GHz; 2,6 GHz y 5,8 GHz

Tabla 9 - Especificaciones sistemas RPAS

ESPECIFICACIONES	DJI PHANTOM 4 PRO	DJI MAVIC	SKY WALKER X8	PARROT DISCO	GOPRO KARMA
Alcance	7.000 m	10.000 m	3.200 m	2.000 m	1.000 m
Autonomía	30 min	34 min	60 min	45 min	20 min
Frecuencia operativa	2,4 GHz y 5,8 GHz	2,4 GHz y 5,8 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz y 5,8 GHz	2,4 GHz

En el caso de la maleta de detección DJI AEROSCOPE, solo podría detectar a los sistemas que sean de la marca DJI (las dos primeras columnas de la Tabla 9). Estos operan en las mismas frecuencias, por lo tanto podría detectarlos, sin embargo, el alcance del DJI AEROSCOPE es de 5 km, mientras que los alcances de los dos *Drones* DJI son mayores, y en el caso de que el puesto de control en tierra se situara a una distancia superior a 5 km de la maleta de detección, esta no podría obtener su ubicación. La autonomía superior del sistema C-RPAS permite seguir a ambos vehículos durante toda su navegación.

Fijándonos en el sistema fijo AUDS Blighter, tiene un alcance de detección y neutralización igual o superior al de los sistemas RPAS, lo que permite anular al RPAS en caso de que una base se vea amenazada, ya que, además, trabaja en las mismas frecuencias que estos. Este sistema C-RPAS puede estar funcionando permanentemente porque no trabaja con baterías, lo que le permite una vigilancia permanente sobre la zona deseada.

Por otro lado, tanto el sistema Drone Defender como el sistema Sendes HD02 son medios portátiles empleados por un individuo que apunta con el sistema directamente al RPAS. Sus alcances son mucho menores que los dos sistemas anteriores, y también que el alcance de los *Drones*, esto implica que el riesgo al usar estos sistemas sea mayor ya que permiten que los RPAS se acerquen bastante a la zona a defender. La autonomía de ambos sistemas es superior a la de cualquier RPAS, permitiendo así ser empleado en varias ocasiones o contra varios objetivos si se tratara de un ataque con un “enjambre de drones”.

Finalmente, deducimos que el empleo del sistema AUDS Blighter es más apropiado para la defensa de una base, ya que es un sistema fijo y su rango de detección y neutralización es bastante amplio, ofreciéndole una mayor protección a las instalaciones que los sistemas portátiles.

Estos sistemas portátiles son más adecuados para la defensa de convoyes, patrullas o puestos defensivos avanzados, ya que no precisan de tanto radio de seguridad como ofrece el AUDS Blighter. Sería conveniente el empleo combinado de la maleta de detección DJI AEROSCOPE con los sistemas de neutralización Drone Defender y Sendes HD02 para patrullas o para puestos defensivos avanzados. Esta combinación de medios permite hacer frente a una amenaza de una manera más efectiva, ya que complementan las tres fases vistas anteriormente.

## 7 Problemas encontrados y propuestas de mejoras

Partiendo de las experiencias obtenidas en misiones internacionales donde el Ejército de Tierra ha podido emplear estos sistemas C-RPAS, y en base a las valoraciones recogidas en entrevistas al personal que ha trabajado con ellos<sup>28</sup>, se reúnen una serie de problemas a solucionar y se proponen ciertas mejoras a aplicar a corto y medio plazo. Estas propuestas han sido elaboradas con la intención de alcanzar una mayor operatividad y eficiencia en el empleo de los medios C-RPAS, ya sea en zona de operaciones como en territorio nacional.

A continuación, se detallan dichas propuestas:

- Se ha detectado que, en zona de operaciones, el personal que opera ciertos sistemas C-RPAS carecen de experiencia en el empleo de los mismos y no tienen los conocimientos suficientes para subsanar los problemas técnicos que pudieran surgir. La instrucción recibida sobre el sistema en la fase de preparación de la misión no suele ser suficiente, dada la complejidad del sistema. Por ello se propone implementar cursos de formación para los operadores tanto en el manejo como en el mantenimiento del sistema, ya que es fundamental la habilidad del operador en el momento del seguimiento y la neutralización. Estos cursos deberían incluir la participación de todos los operadores y también la participación de los operadores que ya hayan trabajado con estos sistemas en zona de operaciones y hacer un trasvase de conocimiento. Esta última idea es especialmente dirigida al personal que va a trabajar con el sistema AUDS Blighter, proporcionado actualmente por la Coalición en la Operación “A/I” en Iraq, ya que este medio no se encuentra en territorio nacional y no se pueden hacer prácticas con el mismo.
- Para solucionar los problemas que provocan que los sistemas C-RPAS se queden inoperativos, y no sea posible su uso sin una reconfiguración del sistema informático, se valora la asistencia de técnicos de la empresa a zona de operaciones. Esta asistencia tendría como objetivo poder arreglar los fallos técnicos de los sistemas que no están al alcance de los operadores, como, por ejemplo, fallos en el sistema radar de los medios. Si no es posible la asistencia, porque la situación en el país donde están las tropas desplegadas no lo permite, se plantea como solución que los técnicos puedan conectarse al sistema desde territorio nacional, he intentar solucionar los fallos telemáticamente, cosa que actualmente no se lleva a cabo.
- La falta de actividad de RPAS en el entorno por parte de las fuerzas insurgentes hace que no se empleen los sistemas C-RPAS provocando cierta “oxidación” en los operarios a la hora de emplear los medios posteriormente. Para ello se propone que volar RPAS propios, con la intención de mejorar la instrucción de los operadores en el manejo de los medios, así como para chequear el correcto funcionamiento del sistema y que da una respuesta

---

<sup>28</sup> Algunos de este personal han sido el Capitán de Infantería D. Antonio Nargáñez Cruz y un ingeniero civil que trabaja para la DGAM, César Heras Menor de Gaspar. Ambos trabajaron con sistemas C-RPAS, entre ellos el AUDS Blighter, en la misión internacional de “A/I IX” en Iraq, entre noviembre 2018 y junio de 2019.

positiva ante una posible amenaza. También se puede aplicar esta solución para comprobar periódicamente que los sistemas funcionan correctamente, y si no fuera así, poder corregirlos para que si lo hagan frente a una amenaza real.

- Visto que el Ejército de Tierra carece de un sistema C-RPAS que sea capaz de llevar a cabo las tres fases vistas en el apartado 5, sería oportuno dotarse de un sistema similar al AUDS Blighter, o el propio AUDS Blighter del cual ya se tiene experiencia en su empleo. De esta forma aumentaría la instrucción de los operadores al poder trabajar con el sistema, antes de ir de misión, en territorio nacional
- Aumentar el personal que ocupa el puesto de operador en el sistema AUDS Blighter en 3 personas, lo que permitiría mantener el puesto de operador de C-RPAS de forma permanente 24 horas al día. Se ganaría en una mayor especificidad de los operadores, quienes serían los responsables del mantenimiento del sistema.

## 8 Conclusiones

Como se puede ver, el empleo de los RPAS por parte de las fuerzas irregulares e insurgentes, en acciones de espionaje y ataques directos contra las fuerzas regulares es cada vez más común. Tanto es así, que el desarrollo de la defensa C-RPAS, por parte de las fuerzas armadas de los distintos Estados, es una de las principales prioridades que tienen hoy en día, así como el instruirse en el empleo de estos medios. Estas defensas deben adaptarse a las mejoras y actualizaciones que sufren los RPAS constantemente, dado que si no lo hace corren el riesgo de quedarse atrasadas y no poder cumplir con sus propósitos.

Aun así, como se ha dicho anteriormente, estos tipos de ataques no dejan de ser una amenaza en evolución que no debería cambiar la trayectoria de los conflictos internacionales. Sin embargo, sí que tiene el potencial como para incrementar el riesgo de las tropas, del mismo modo que puede proporcionar una ventaja táctica a corto plazo a las fuerzas irregulares. Por lo tanto, es una amenaza a la cual sí que hay que darle importancia y centrar parte de los esfuerzos de Defensa por la gran facilidad que tienen para obtener información de las instalaciones y de las actividades que se realizan en ellas, además de poder hacer daño físico a las propias instalaciones o al personal, sin necesidad de que los insurgentes pongan en riesgo su vida.

Aunque a priori no lo parezca, se trata de una amenaza compleja de defender ya que dependiendo de ciertas características como el lugar a proteger, que pueden ser zonas de tránsito civil, zonas militares o zonas de operaciones, es más adecuado el empleo de unos u otros medios de detección y neutralización. Para ello se intenta que un mismo medio tenga distintos tipos de sistemas de detección y neutralización, pudiéndose así adaptarse a la situación.

La evolución de los sistemas C-RPAS buscan la mayor automatización posible en las fases de detección e identificación, es decir, que no dependa del grado de instrucción del operador para conseguir los propósitos en estas fases. Esto no implica que no haya un operador supervisando las operaciones de los sistemas, aumentando así la probabilidad de éxito en la acción. No obstante, para las fases de decisión y neutralización sí es necesario mantener la intervención humana en la toma de decisiones. Aquí el operador, siguiendo las órdenes del superior que esté al mando de la seguridad de la zona, será el que deba activar la neutralización del RPAS, aplicando si le es posible, un método u otro de anulación de la amenaza.

Por todo esto, el Ejército de Tierra, y en general las Fuerzas Armadas, ha implementado en sus plantillas distintos medios C-RPAS, los cuáles ya llevan casi dos años siendo empleados en misiones internacionales, donde además ha podido trabajar con otros medios suministrados por la Coalición. El sistema AUDS Blighter, es uno de estos sistemas de la Coalición los que España ha podido trabajar en misiones como la de Irak, y el cual se plantea comprar visto su gran utilidad. La incorporación de estos sistemas en dotación permitiría la mejora de la instrucción en el empleo de los propios sistemas, con el objetivo de aumentar su rendimiento en zona de operaciones.

Por lo tanto, si nos hacemos la pregunta de si el Ejército de Tierra puede hacer frente actualmente a la amenaza que suponen los RPAS en el conflicto internacional, la respuesta que obtenemos es algo compleja. Hasta el momento, cuando el ejército de Tierra ha tenido que hacer frente a estas amenazas en zona de operaciones, dichas situaciones han sido resueltas con éxito la mayoría de las veces. Esto significa que los RPAS enemigos no han podido completar la misión

que tenían ya sea porque se han visto obligado a retirarse o por que han sido neutralizados. Que el Ejército haya solucionado estas situaciones de manera acertada es en parte debido a los medios que la Coalición ha puesto a disposición para hacer frente a esta amenaza. Esto ha servido para reafirmar la necesidad de que el Ejército sea dotado de estos sistemas. Es por eso por lo que la tecnología C-RPAS sea una de las prioridades de Defensa, y se esté trabajando por parte de la DGAM, entre otras instituciones, en el desarrollo de estos sistemas para adaptarse a la constante evolución de esta amenaza. La dotación de medios como el AUDS Blighter aumentaría la capacidad de que el Ejército pueda hacer frente al peligro de los RPAS, ya que aumentaría el nivel de instrucción de los operadores al poder trabajar con este sistema en territorio nacional antes de ser desplegado de misión.

## 9 Bibliografía

- [1] CESEDEN. (Enero 2019) *Concepto Nacional C-UAS LSS*. Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, Madrid.
- [2] Cervell Hortal, María José. (Julio 2018) *La defensa contra sistemas aéreos no tripulados (C-UAS): Una reflexión jurídica preliminar desde el punto de vista del uso de la fuerza*. Documento de Investigación IEEE 11/2018.
- [3] CESEDEN. (Junio 2018), *Concepto Contra Sistemas Aéreos No Tripulados (C-UAS) - Documento GT Tecnología*. Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos, Madrid.
- [4] Estado Mayor de la Defensa. (Marzo 2020) *Implantación del Concepto Nacional C-UAS LSS, "Contra Sistemas Aéreos No Tripulados de Pequeño Tamaño, que operan a Baja Altura y Velocidad"*. Directiva EMAD 2/20.
- [5] Col. Pardo, JERAAA 71. (Febrero 2020) *COMIN UAS-CUAS*. Reunión sistemas C-UAS en el MAAA, Madrid.
- [6] SOPT, DGAM. (Diciembre 2016) *Proyecto RAPAZ y tecnologías anti-RPAS*. Monografías del SOPT (15).
- [7] TN. Sergio Amaya Mosquera, TN. Jorge Fiol Bolívar. (Marzo 2018) *Medida contra UAV's*. Trabajo de Fin de Curso del: *VIII Curso Obtención Especialidad Complementaria "Sistemas De Combate" Para Oficiales Del Cuerpo General De La Armada*. Escuela de Especialidades "Antonio de Escaño", Ferrol.
- [8] TCol. D. Carlos Vera Sibajas. (Octubre 2014) *RPAS en el ET, Presente y Futuro*. Reunión informativa inteligencia en octubre de 2014, División de Operaciones, EMAD.
- [11] Marín Delgado, José Alberto. (Noviembre 2018) *El sistema de defensa aérea no-cinético, clave para la defensa antidrón*. Documento Marco IEEE 21/2018.
- [12] Cátedra Isdefe-UPM. (Junio 2018) *Estado del Arte de las Tecnologías Antidrón*. ETSI de Telecomunicación - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- [13] Battelle. (Noviembre 2016) *Counter-UAS Training, SUAS 101*. Manual empresa Battelle sobre Amenaza RPAS y sistema Drone Defender.
- [16] TCol. Quijano, CG FUTER. (Febrero 2020) *Punto de Situación C-RPAS*. Reunión informativa sobre la actualidad de los sistemas C-RPAS en el ET en el Cuartel General de Fuerza Terrestre, Sevilla, el 27 de febrero de 2020.
- [17] TCol. D. Guillermo Jenaro de Mencos. (Febrero 2020) *Sistemas C-UAS*, presentación de los sistemas C-RPAS en el Ejército de Tierra por parte del Mando de Apoyo Logístico del Ejército el 19 de febrero de 2020, Madrid.
- [18] DGAM. *Sistemas Contra RPAS: DJI AEROSCOPE. Guía rápida*. Guía rápida de empleo del sistema proporcionada por la DGAM a los usuarios del sistema.

- [19] SZ DJI TECHNOLOGY CO. (Enero 2018) AEROSCOPE Mobile, *User Guide*. Visitado el 16 de octubre de 2020 en <https://www.dji.com/es/aeroscope/info#downloads>
- [23] AUDS. (Septiembre 2017) *Strategic Counter-UAS Systems*. Visitado el 10 de octubre de 2020 en <https://www.bligher.com/products/auds-anti-uav-defence-system/>
- [24] AUDS. *Anti-UAV Defence System (AUDS), System Introduction and Capability*. Visitado el 10 de octubre de 2020 en <https://www.bligher.com/products/auds-anti-uav-defence-system/>
- [27] Battelle. (Marzo 2016) *Directed-Energy Unmanned Aircraft System (UAS) Countermeasure*. Manual de empleo del Drone Defender redactado por Battelle.
- [28] Battelle. Drone Defender V1LF, *Manual de Usuario para Modelo B-DD-021-LFM10*. Manual de empleo del Drone Defender redactado por Battelle.
- [30] Cap. D. Alfonso Arribas Lucas. *Medios, capacidades y tendencias RPAS*. Presentación sobre medios RPAS impartida en el GROSA IV/1.
- [31] TCol. D. Daniel García Jiménez, JEGAIL II/63/RALCA63/MACA. (Abril 2016) *Medios RPAS en el Ejército de Tierra*. Conferencia el 19 de abril de 2016 en la Base “Conde Gazola”, León.
- [32] TCol. D. Daniel Pereda Hernández. (Abril 2016) *LLAA empleo RPAS en ZO y JCGUAS*. Jornada de sistemas RPAS impartida por la Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales el 20 de abril de 2016 en León.

#### CONSULTAS A PÁGINAS WEB

- [9] Controldron: <https://www.controldron.com/tipos-de-rpas/> Consultado por última vez el 29/09/2020
- [10] Masquedrones: <https://masquedrones.net/drones-mas-vendidos> Consultado por última vez el 30/09/2020.
- [14] Enlace [https://es.wikipedia.org/wiki/Estado\\_Islámico](https://es.wikipedia.org/wiki/Estado_Islámico) Consultado por última vez el 01/10/2020.
- [15] CNN: <https://cnnespanol.cnn.com/2020/01/08/un-vistazo-a-las-armas-mas-importantes-en-el-arsenal-militar-de-ee-uu/> Consultado por última vez 01/10/2020
- [20] Hobbytuxtla: <https://www.hobbytuxtla.com/sistemas-antidrones/dji-aeroscope/> Consultado por última vez el 6/10/2020
- [21] Provideosevilla: <https://www.provideosevilla.com/comprar/dji-aeroscope-sistema-de-deteccion-de-drones/> Consultado por última vez el 6/10/2020.
- [25] DJI: <https://www.dji.com/es/aeroscope/info#specs> Consultado por última vez el 6/10/2020
- [26] AUDS: <https://www.auds.com/configurations/> Consultado por última vez el 7/10/2020



- [27] Enterprisecontrol: [https://www.enterprisecontrol.co.uk/product\\_detail.php/anti-uav-defence-system-auds](https://www.enterprisecontrol.co.uk/product_detail.php/anti-uav-defence-system-auds) Consultado por última vez el 7/10/2020
- [29] ASDTSendes: <https://www.corrections.direct/uploads/curriculum-vitae/asdt-sendes-453119.pdf>.
- [30] Tecnologiaeinnovacio: <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/detalleiniciativa.aspx?iniciativaID=329> Consultado por última vez el 15/09/2020

— Página intencionadamente en blanco —

## ANEXO A

### PROYECTO CONDOR

Fuente: [30]

El Proyecto CONDOR, promovido por la Dirección General de Armamento y Material del Ministerio De Defensa (DGAM), tenía por objeto la evaluación, con financiación del Ministerio de Defensa, de sistemas C-RPAS tanto portátiles como fijos.

El Proyecto estaba orientado hacia todas aquellas empresas, cuya experiencia se centra en la disponibilidad de sistemas C-RPAS, ofreciéndoles la posibilidad de participar en una evaluación operativa de los sistemas de que disponían, a realizar durante los años 2018 y 2019, y que respondan a las necesidades que planteaba el Ministerio de Defensa.

A continuación, se resumen las bases de participación en el Proyecto CONDOR.

#### 1. Misiones operativas propuestas

Los sistemas seleccionados deberán ser aptos para realizar al menos una de las siguientes misiones operativas:

Sistemas portátiles: Neutralización de amenazas.

Sistemas fijos: (No aplica en esta fase)

#### 2. Criterios a cumplir por los sistemas propuestos

Cada sistema C-RPAS portátil deberá cumplir los siguientes requisitos operativos y técnicos:

- Madurez del sistema: No necesita desarrollos adicionales o bien éstos son menores y es plenamente operativo.
- Capacidad para desarrollar la misión operativa encomendada.
- El sistema será, al menos en un 70%, de diseño, producción y fabricación nacional.
- Rugerización para ser empleado en condiciones meteorológicas adversas.
- Cada sistema constará al menos de dos baterías intercambiables y /o capacidad para ser cargado mediante toma eléctrica de 12V en un vehículo operativo.
- El sistema deberá ser capaz de transportarse en contenedores estandarizados embarcables en vehículos de transporte militares ligeros o pesados (VEMPAR). El sistema deberá estar preparado para ser portado por un solo hombre junto con el resto de su equipo de combate individual (en mochila o vehículo ligero).

#### 3. Criterios de corte

Los criterios anteriores debían cumplirse en su totalidad. En el caso que un sistema no cumpliera alguno de los criterios indicados, quedaría automáticamente excluido de la selección.

#### 4. Criterios ponderados de selección

Son aquellos a los que se da una ponderación del 1 al 5, siendo el 1 el más bajo y el 5 el más alto en el grado de cumplimiento por parte del sistema. No dan lugar a exclusión de la selección:

- Sistema adecuado para alguna de las misiones operativas reseñadas en el apartado 1.
- Grado de cumplimiento de los requisitos apartado 2.
- La financiación solicitada para la evaluación del sistema.

## ANEXO B

### MODELOS DE RPAS EN EL EJÉRCITO DE TIERRA

El Ejército de Tierra tiene en dotación los siguientes modelos de RPAS [30] [31] [32]:

- RAVEN

Tienen un radio operativo de 10 km y techo de vuelo de 300 m, su peso es de 1,9 kg. Dotados en las Brigadas, en el MOE (Mando de Operaciones Especiales) y en el Regimiento de Caballería España 11. Algunos de ellos se encuentran desplegados en Mali, Irak y Letonia.



*RPAS ET 1 - RAVEN*

- PASI MK SEARCHER

Tienen un radio operativo de 350 km y techo de vuelo de 6,000 m, su peso es de 305 kg. Dotado en el GROSA IV/1 (Grupo de Obtención por Sistemas Aéreos).



*RPAS ET 2 – PASI MK SEARCHER*

- ORBITER III

Tienen un radio operativo de 150 km y techo de vuelo de 3,000 m, su peso es de 30 Kg. Dotado en la Brigada de la Legión y en el MOE. Se encuentran desplegado en Irak.



*RPAS ET 3 – ORBITER III*

- FULMAR

Tiene un radio operativo de 80 km y techo de vuelo de 4000 m, su peso es de 20 kg. Dotado en el GROSA IV/1.



*RPAS ET 4 - FULMAR*

- HUGINN

Tienen un radio operativo de 2000 m y techo de vuelo de 300 m, su peso es de 980 g. Dotado en el Mando de Ingenieros, en la Brigada de la Legión y en el MOE.



*RPAS ET 5 - HUGINN*

- BLACK HORNET

Tiene un radio operativo de 2000 m, su peso es de 32 g. Dotado en el MOE, en la Brigada de la Legión y en el GROST II/1 (Grupo de Obtención por Sistemas Terrestres).



*RPAS ET 6 – BLACK HORNET*

## ANEXO C

### TIPOS DE SISTEMAS DE ARMAS LÁSER

Existen varios tipos de sistemas láser en función de las técnicas que se utilizan para generar el haz. Estas categorías son [12]:

- High-power diode laser arrays: Estos sistemas están formados por pilas de diodos laser individuales o multistripe. Su gran ventaja es su gran eficiencia electro-óptica, aunque presentan una baja calidad de haz. Su máxima eficiencia se alcanza en longitudes de onda comprendidas entre 880nm y 980nm, aunque pueden funcionar entre 400nm y 2200nm. Alcanzan potencias de hasta 1kW utilizando refrigeración activa.

- High-power solid-state lasers: Un láser de estado sólido es un láser que utiliza un medio de ganancia que es un sólido. Generalmente consiste en un material de vidrio al que se añade un "dopante"(neodimio, cromo, erbio, tulio o iterbio). Mediante esta técnica se pueden conseguir eficiencias de hasta 60% y potencias de salida de hasta 30kW.

- Optical fiber lasers: Estos sistemas generan el haz utilizando fibra óptica de núcleo dopado. Utilizando esta técnica se pueden alcanzar eficiencias de hasta 46% y potencias inferiores a 1kW.

- Beam combining: El beam combining no es una técnica de generación en sí, sino que es una forma de superar las limitaciones de potencia de los diferentes sistemas mediante combinaciones de haz. Hay 3 modos de combinación:

Combinación coherente. Utilización de interferencia constructiva.

Wavelength combining. Combinación de varias longitudes de onda en un solo haz mediante redes de difracción o espejos dicroicos.

Híbrida. Consiste en la utilización de las dos técnicas anteriores de manera simultánea.

- Heat-capacity lasers. Son sistemas de estado sólido que utilizan diferentes técnicas para aumentar la potencia de salida. Alcanzan hasta los 67kW. Esto se consigue agregando rápidamente disparos individuales haciendo que el calor residual se almacene en el medio. La no utilización de medios de refrigeración permite menos distorsiones ópticas en el sistema y por tanto mayor potencia de salida del láser.

- Chemical lasers. La energía y el haz se obtienen mediante reacciones químicas, y el sistema se refrigera mediante el flujo de gases. Se pueden alcanzar potencias del orden de 100kW en frecuencias cercanas a los infrarrojos.

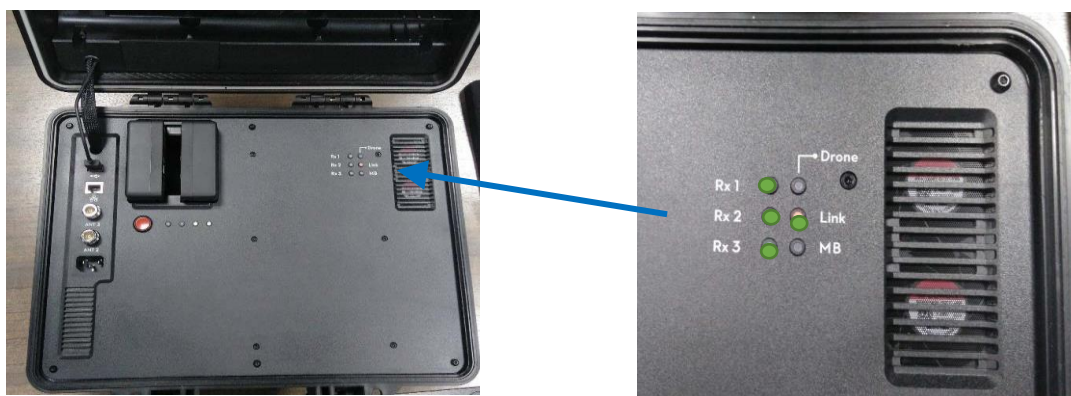


## ANEXO D

### MALETA DE DETECCIÓN DJI AEROSCOPE

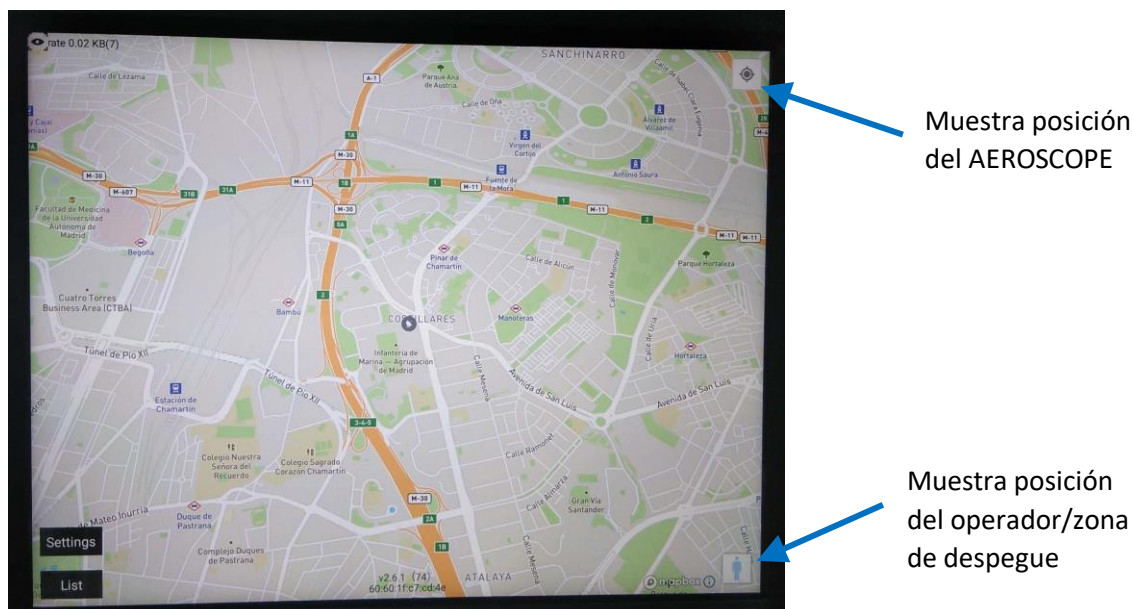
A continuación, se van a mostrar una serie de imágenes donde se podrá ver la interfaz del DJI AEROSCOPE cuando está en funcionamiento [18].

Una vez que se ha encendido el sistema y se ha hecho el chequeo de los indicadores de funcionamiento (Figura AEROSCOPE 1), el sistema está listo para empezar a detectar señales de posibles RPAS.



*Figura AEROSCOPE 1 – Sistema listo para funcionar*

Cuando el sistema está en funcionamiento, la pantalla muestra el mapa de la zona de detección (Figura AEROSCOPE 2).



*Figura AEROSCOPE 2 – Imagen inicial*



Cuando el sistema detecta un RPAS se activa la alarma sonora, el indicador luminoso “Drone” parpadea con una luz verde, aparece la traza del RPAS en la pantalla y la información de este, además marcará el punto de despegue y la ruta programada si la tiene. La velocidad del RPAS viene marcada por un código de colores (Figura AEROSCOPE 3).

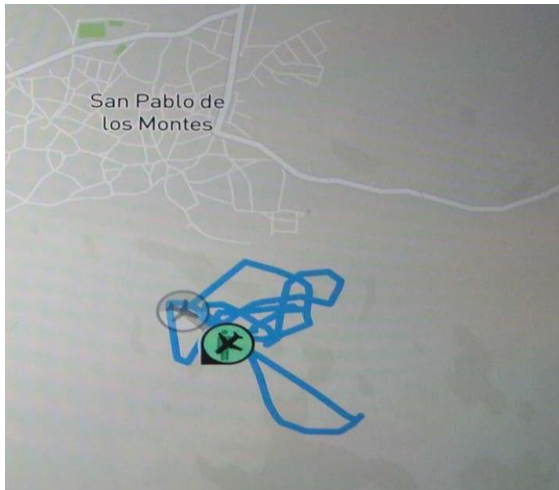


Figura AEROSCOPE 4 - RPAS detectado



El RPAS lleva una velocidad de 0 m/s, vuelo estacionario.



El RPAS lleva una velocidad entre 0-5 m/s (0-18 k/h).



El RPAS lleva una velocidad entre 5-10 m/s (18-36 k/h).



El RPAS lleva una velocidad entre 10-15 m/s (36-54 k/h).



El RPAS lleva una velocidad entre 15-20 m/s (54-72 k/h).



Figura AEROSCOPE 3 - Velocidad RPAS según código de colores

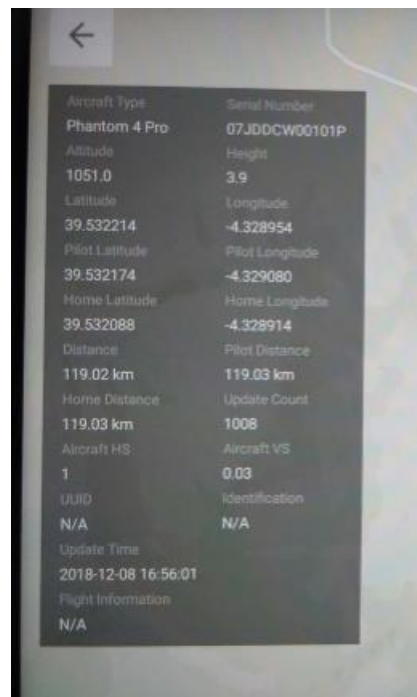


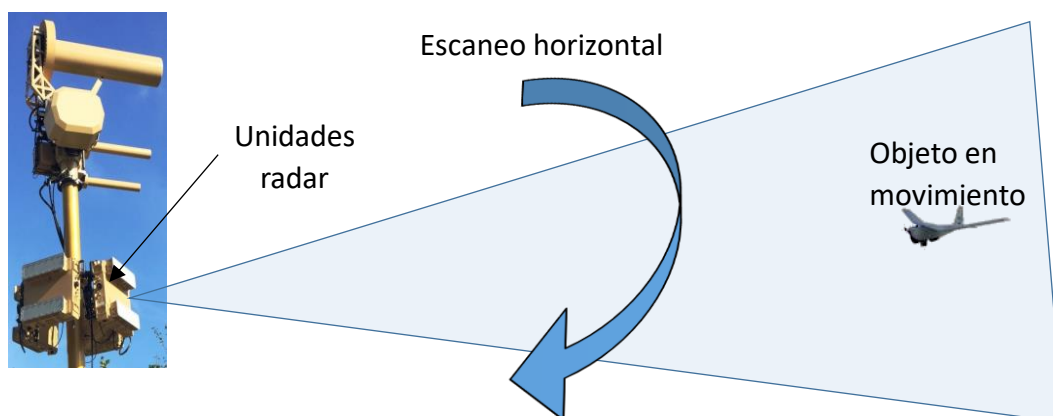
Figura AEROSCOPE 5 – Información RPAS detectado

## ANEXO E

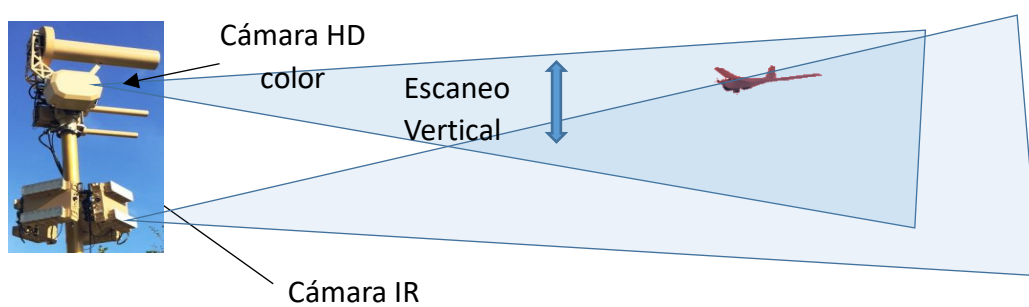
ILUSTRACIONES DEL SISTEMA C-RPAS AUDES BLIGHTER*Ilustración AUDES 1 – Partes del sistema AUDES Blighter*

A continuación, se exponen unas ilustraciones del sistema AUDES Blighter en cada fase:

- DETECCIÓN

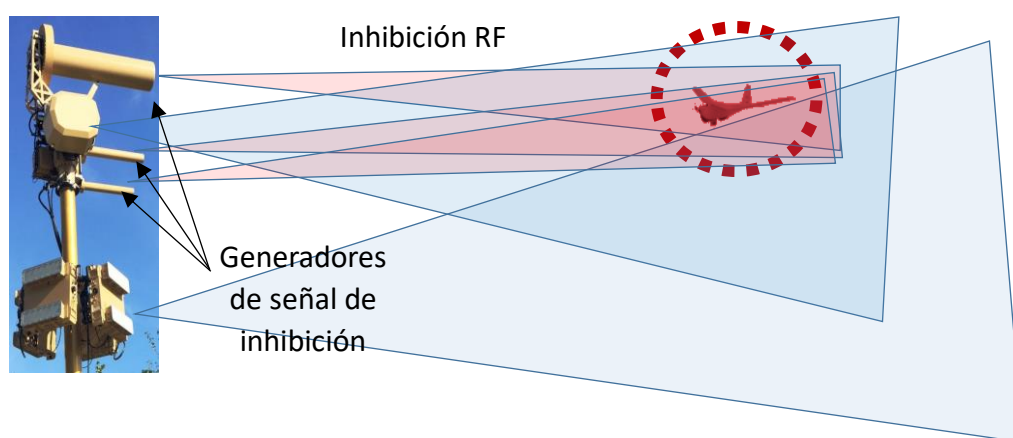
*Ilustración AUDES 2 – Fase de detección*

- IDENTIFICACIÓN



*Ilustración AUDS 3 – Fase de identificación*

- NEUTRALIZACIÓN



*Ilustración AUDS 4 – Fase de neutralización*

— Página intencionadamente en blanco —