



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Dotación de un dron pasivo al Escuadrón de Caballería

Autor

Sergio Caride Escribano

Director/es

Director académico: Doctor D. Alejandro Mosteo Chagoyen

Director militar: Capitán de Caballería D. Jesús Soler Muñoz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2021



Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría que el Regimiento de Caballería “España” nº11, y en particular, el Grupo Numancia, encabezasen los agradecimientos. Sin duda ha sido la mejor etapa que he tenido de cadete, y se ha debido principalmente a ellos. A mi tutor militar, el Capitán D. Jesús Soler Muñoz, a los Tenientes Pérez López, Sánchez Justicia y Piera Síscar, al Sargento Primero Gonzalo, a los Sargentos Royo y Verano, al Cabo Heredia, y a todo el personal de tropa del Tercer Escuadrón Acorazado, por hacer de mis prácticas dos meses inolvidables. Al Capitán D. Fernando Martín Núñez, que me ha ayudado desde un lugar tan difícil y lejano como Líbano.

En segundo lugar, agradecer la labor de mi tutor civil, el Doctor D. Alejandro Mosteo Chagoyen, con quien desde el principio he mantenido una excelente relación y ha puesto todo de su parte para ayudarme a confeccionar esta memoria.

En tercer lugar, una persona que ha sido totalmente indispensable: el Teniente Coronel D. Antonio Jesús Bellido Alonso, de la Jefatura de Adiestramiento y Doctrina de la Academia de Caballería. Gracias a él y a su total disposición hacia mí, he podido acceder a una cantidad inmensa de información que ha sido vital para este trabajo. Además, siempre ha estado atento a mi trabajo y me ha ayudado durante toda su confección. Estaré eternamente en deuda con él.

A mi familia, por haberme apoyado desde el principio. Siempre me han animado a continuar desde que ingresé hace más de cuatro años en la Academia General Militar y ahora ven mis resultados plasmados en este trabajo final tras esta larga etapa de altibajos, sacrificio y vida militar.

A mis compañeros de la LXXVII promoción de la Academia General Militar y de la CLXXXV promoción de Caballería. No se llega al final si no es por el compañerismo y el apoyo mutuo que te ayudan a superar cada uno de los días de cadete.

Por último, y no por ello menos importante, a Álvaro Basadre, Pedro Villacampa, y Luis Sánchez Carrillo. Eternos compañeros de prácticas, establecimos unos lazos de amistad durante aquellos dos meses que durarán para siempre y que recordaré con muchísimo cariño.



RESUMEN

Este trabajo estudia y desarrolla un equipo de dron cautivo en el Escuadrón de Caballería para aumentar sus capacidades de observación, reconocimiento, detección, localización e identificación. Por tanto, el objetivo es encontrar una orgánica capaz de trabajar con este tipo de dron, un vehículo adecuado para realizar las misiones que se le van a asignar, y un dron cautivo que cumpla con una serie de requisitos tácticos, técnicos y económicos. Se parte de una orgánica de Escuadrón genérica en la que se debe integrar dicho equipo en base al vehículo y dron escogidos.

La metodología empleada ha sido principalmente de tipo cualitativo, en base a entrevistas a mandos y tropa del Regimiento “España” nº11, investigación de las tecnologías existentes y observación de ejercicios reales con drones. Se han empleado también métodos cuantitativos como encuestas y programas de ayuda a la decisión, como por ejemplo el programa de análisis multicriterio.

Inicialmente, en el apartado 3, se ha realizado un estudio del estado del arte, con especial énfasis en el dron cautivo y en las unidades de reconocimiento de los ejércitos de referencia y su empleo de drones.

El desarrollo del trabajo, en el apartado 4, incluye un análisis DAFO con sus resultantes estrategias a seguir en los apartados 4.1 y 4.2. En el siguiente apartado, el 4.3, se proponen varios vehículos destinados a transportar al equipo de dron cautivo, resultado en la elección del Mk2 Netón. En el apartado 4.4 se propone una estructura orgánica y una estructura operativa para dicho equipo. Analizando los principales drones cautivos del mercado, se emplea la herramienta de análisis multicriterio para escoger uno de ellos en el apartado 4.5: el TS-150 de la empresa Embention. En el apartado 4.6 se amplían los conceptos de visibilidad y empleo de cámaras térmicas y multiespectrales como complementos para el empleo de drones cautivos. El desarrollo finaliza con la descripción, en el apartado 4.7, del caso práctico experimentado en unas maniobras con el Regimiento “España” nº11.

Como principales conclusiones, se ha propuesto un pelotón de dos vehículos Mk2 Netón que transportarán al equipo con dron cautivo TS-150, capaces de acompañar al Escuadrón y de ejecutar todos los cometidos que pueda recibir éste. Además, se ha introducido el concepto de dron cautivo y se ha reforzado la idea del empleo de drones en unidades de reconocimiento.

PALABRAS CLAVE

DRON, CAUTIVO, VEHÍCULO, ORGÁNICA, CÁMARA



ABSTRACT

This work studies and develops a tethered drone team in the Cavalry Troop to increase its observation, reconnaissance, detection, location and identification capabilities. Therefore, the objective is to find an organic capable of working with this type of drone, a suitable vehicle to carry out the missions that will be assigned to it, and a tethered drone that meets a series of tactical, technical and economic requirements. It starts with a generic Troop organic in which the mentioned team must be integrated based on the chosen vehicle and drone.

The methodology used has been mainly qualitative, based on interviews with commanders and personnel of Regiment "España" 11, investigation of existing technologies and observation of real field exercises with drones. Quantitative methods have also been used, such as surveys and decision aid programs, such as the multicriteria analysis program.

Initially, in section 3, a study of the state of the art has been carried out, with special emphasis on the captive drone and on the reconnaissance units of the reference armies and their use of drones.

The core of the work, in section 4, includes a SWOT analysis with its resulting strategies to be followed, in sections 4.1 and 4.2. In the next section, 4.3, several vehicles are proposed to transport the tethered drone team, resulting in the choice of the Mk2 Netón. Section 4.4 proposes an organizational structure and an operational structure for this team. Analyzing the main captive drones on the market, the multi-criteria analysis tool is used to choose one of them in section 4.5: the TS-150 from the Embention company. In section 4.6 the concepts of visibility and the use of thermal and multispectral cameras as complements for the use of captive drones are expanded. The core ends with the description, in section 4.7, of the practical case experienced in a field exercise with the Regiment "España" 11.

As main conclusions, a platoon of two Mk2 Netón vehicles has been proposed that will transport the team with a TS-150 captive drone, capable of accompanying the Troop and carrying out all the tasks that it may receive. In addition, the concept of the tethered drone has been introduced and the idea of using drones in reconnaissance units has been reinforced.

KEYWORDS

DRONE, TETHERED, VEHICLE, ORGANIC, CAMERA



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación del trabajo	1
1.2 Ámbito de aplicación	1
1.3 Antecedentes y conceptos clave.....	1
1.4 Estructura de la memoria.....	2
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	3
2.1 Objetivos y Alcance	3
2.2 Metodología.....	3
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	5
3.1 Tendencias de la caballería en el ámbito de los RPAS.....	5
3.2 El Regimiento “España” nº11	6
3.3 El Escuadrón de caballería.....	6
3.3.1 Los Escuadrones genéricos.....	6
3.3.2 Escuadrones de GCLAC tipo B del Regimiento “España” nº11.....	7
3.4 El Dron Cautivo.....	8
3.4.1 Drones. Tipos de drones.....	8
3.4.2 El dron cautivo: definición, partes y utilidades.	10
3.5 Drones en los Grupos de Caballería. La orgánica y la realidad.....	12
3.6 Reconocimiento y RPAS en los ejércitos de tierra.	13
3.6.1 FRANCIA.....	13
3.6.2 ITALIA.....	14
3.6.3 REINO UNIDO	15
3.6.4 ESTADOS UNIDOS	16
3.6.5 ESPAÑA	16
3.6.6 CONCLUSIONES	17



4.DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	18
4.1 ANÁLISIS DAFO	18
4.2 ESTRATEGIAS A SEGUIR	19
4.3 ELECCIÓN DE VEHÍCULO PARA EQUIPO DE DRON CAUTIVO	20
4.4 PROPUESTA DE ORGÁNICA	24
4.4.1 Estructura orgánica	25
4.4.2 Estructura operativa	26
4.4.3 El pelotón de dron cautivo	26
4.5 Elección de dron cautivo	27
4.5.1 Características buscadas.....	27
4.5.2 Principales drones cautivos en el mercado	28
4.5.3 Elección de dron cautivo: Análisis multicriterio.	32
4.6 Consideraciones adicionales.	34
4.6.1 Detección, reconocimiento e identificación. Visibilidad.	34
4.6.2 Cámaras multiespectrales y térmicas.....	35
4.7 Caso práctico.....	37
5.CONCLUSIONES.....	39
6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS.....	43



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Escuadrón ligero-acorazado del Regimiento "España" nº11. Fuente: Organización de la Caballería (Academia General Militar). Se ve que del Escuadrón cuelgan: Mando, Plana Mayor (PLM), 3 Secciones Ligero-Acorazadas, 1 Sección de Vigilancia (SEV), y 1 Pelotón de Morteros Pesados (PNMP).	7
Figura 2: Escuadrón acorazado (EAC) del Regimiento "España" nº11. Fuente: Organización de la Caballería (Academia General Militar). Del Escuadrón cuelgan: Mando, Plana Mayor y 3 Secciones Acorazadas.	8
Figura 3: Clasificación OTAN de RPAS. Fuente: Dirección General de Armamento y Material.	9
Figura 4: Dron ELISTAIR. Se aprecian todas las partes del sistema: central, cable y dron. Fuente: ELISTAIR.	10
Figura 5: Protección de FOB empleando dron cautivo. Fuente: ELISTAIR, The Tethered Drone Company.	11
Figura 6: Trabajo conjunto del dron cautivo con los vehículos de la Sección de Exploración y Vigilancia. El dron cautivo permite ver las zonas ocultas que resultan de los sectores de los Vehículos de Exploración y Reconocimiento Terrestres. Fuente: elaboración propia.	12
Figura 7: Sección de mando y transmisiones, donde se aprecia el pelotón de RPAS. Fuente: Organización de la Caballería (Academia General Militar).	12
Figura 8: IT 180-999. Fuente: armyrecognition.com.	14
Figura 9: Equipo con dron cautivo montado en quad. Fuente: ELISTAIR. The tethered drone company (elistair.com).	14
Figura 10: Sistema de dron cautivo COBRA. Fuente: suasnews.com.	15
Figura 11: Centauro con dron cautivo de la empresa SLDE. En el apartado 3.3 del desarrollo de la memoria se analizará la viabilidad de este concepto.	17
Figura 12: Integración de los sistemas de obtención y participación del dron cautivo. Fuente: Tendencias de la Caballería (Coronel Novales).	17
Figura 13: Netón Mk2. Se observa la zona de carga en la parte trasera donde iría el dron cautivo. Fuente: defensa.com.	22
Figura 14: Diagrama de radar para los tres vehículos candidatos. Fuente: elaboración propia con Livegap Charts.	23
Figura 15: Estructura orgánica propuesta. Fuente: elaboración propia.	25
Figura 16: Propuesta de orgánica para un ELAC ruedas. Fuente: elaboración propia.	25
Figura 17: Ejemplo de estructura operativa. Fuente: elaboración propia.	26
Figura 18: Otros ejemplos de estructura operativa. El pelotón con dron cautivo puede depender del Pelotón de Vigilancia o de una Sección en concreto, según lo requiera el Mando. Fuente: elaboración propia.	26
Figura 19: Dron cautivo ASTER-T. Fuente: scrdrones.com.	29
Figura 20: ORION 2. Se aprecia en la imagen su tamaño reducido y la estación Light T (así como el ordenador de control desde el que lo maneja el usuario). Fuente: elistair.com.	30
Figura 21: Dron TS150. Se aprecian las pequeñas dimensiones del conjunto. Fuente: EMBENTION.	31
Figura 22: Hovermast israelí. Fuente: Sky Sapience.	31
Figura 23: Resultado del análisis multicriterio. Matriz de decisión. Fuente: elaboración propia.	33
Figura 24: Compartimento trasero del Netón Mk2 con ambas cajas. Se ha incluido el sistema de autopiloto Veronte en caso de querer incorporarlo. Fuente: elaboración propia gracias a medidas proporcionadas por Business Development Officer de Embention.	33
Figura 25: Trabajo entre la Sección de Vigilancia y un equipo de dron cautivo integrado	



en la Sección de más a vanguardia. Se aprecia cómo el dron es capaz de cubrir las zonas ocultas para los VERT. Fuente: elaboración propia.....	34
Figura 26: DRI para el dron escogido TS-150. Fuente: elaboración propia gracias a datos proporcionados por la empresa Embention.	35
Figura 27: Visibilidad de un VERT (izquierda) comparada con la de un dron cautivo (derecha). Se aprecia la desaparición de las zonas ocultas. Se ha planteado que el observatorio estuviera en unas alturas, con un enfoque realista o de tema táctico en el que se avanza de oeste a este. Fuente: elaboración propia con Carta Digital.	35
Figura 28: Ejemplo de visión de cámara multispectral, de la empresa fabricante INFAIMON (INFAIMON, 2019). EL mismo concepto es aplicable a un terreno con un campo de minas debajo del mismo.....	36
Figura 29: DRI para diferentes cámaras (refrigeradas y no refrigeradas), resaltado en rojo. Fuente: Escribano Mechanical&Engineering (Escribano Mechanical&Engineering, 2019).	37
Figura 30: Fotografías tomadas del equipo Raven durante el ejercicio (las caras se han pixelado). Se observan tanto el dron (con su operador) como el VAMTAC ST5 (que transporta al equipo en el maletero). Fuente: fotografías tomadas por el autor durante el ejercicio LINCE.	38
Figura 31: Dimensiones VAMTAC ST5. Fuente: TFG Antonio López Añón (Añón, 2018).	53
Figura 32: Dimensiones Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).....	56
Figura 33: Detalle plataforma de carga trasera. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).	57
Figura 34: Características técnicas ASTER-T. Fuente: (SCR, 2021)	58
Figura 35: Características técnicas ASTER-T. Fuente: (SCR, 2021)	58
Figura 36: Características generales ORION 2. Fuente: (ELISTAIR. The Tethered Drone Company., 2022).....	59
Figura 37: Características estación Safe-T. Fuente: (ELISTAIR. The Tethered Drone Company., 2022)	59
Figura 38: Vuelo y dimensiones de la caja de transporte. Fuente: (ELISTAIR. The Tethered Drone Company., 2022).....	59
Figura 39: Características principales TS-150. Fuente: (EMBENTION, 2021)	60
Figura 40: Dimensiones TS-150. Fuente: (EMBENTION, 2021)	60
Figura 41: Primer paso. Ponderación de criterios entre ellos. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.	62
Figura 42: Paso 2. Ponderación de subcriterios entre ellos. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.....	62
Figura 43: Paso 3: Ponderación entre drones. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.	63
Figura 44: Paso 3: Ponderación entre drones. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.	63
Figura 45: Paso 3: Ponderación entre drones. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.	64
Figura 46: Paso 4: Resultado final. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.....	64



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Capacidades y vulnerabilidades de los drones. Fuente: elaboración propia..	10
Tabla 2: Análisis DAFO. Fuente: elaboración propia mediante herramienta DAFO del Ministerio de Industria.....	18
Tabla 3: Estrategias a seguir derivadas del análisis DAFO. Fuente: elaboración propia partir de la herramienta DAFO del Ministerio de Industria.	19
Tabla 4: Valores asignados a cada aspecto fundamental. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas a mandos del Regimiento “España” nº11 e investigación propia.	23
Tabla 5: Personal del Pelotón de dron cautivo. Fuente: elaboración propia a partir de plantilla del Trabajo de Fin de Grado del Teniente Kevin Piera Sísca (Sísca, 2019).	27
Tabla 6: Ventajas y desventajas de un dron cautivo (de donde se extrae la prestación adicional de incorporar una cámara multiespectral). Fuente: elaboración propia.	28
Tabla 7: Comparativa de los ejércitos de referencia en cuanto a la composición de sus unidades de Caballería.	44
Tabla 8: Ficha técnica VAMTAC ST5. Fuente: TFG Antonio López Añón (Añón, 2018). MT hace referencia a Movilidad Táctica, y ME/O hace referencia a Movilidad Estratégica u Operacional.....	55
Tabla 9: Dimensiones Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).	56
Tabla 10: Motor Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).	56
Tabla 11: Características generales Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Comparativa de unidades de reconocimiento de otros ejércitos.	44
Anexo B: Encuestas y entrevistas.....	45
Anexo C: Fichas técnicas de vehículos.....	53
Anexo D: Fichas técnicas de drones cautivos.....	58
Anexo E: Análisis Multicriterio.....	62



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ABREVIATURA/SIGLA/ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
AC	Corriente Alterna
AHP	Analytic Hierarchy Process
Cbo.	Cabo
CC	Carro de Combate
CGET	Cuerpo General del Ejército de Tierra
CMT	Campo de Maniobras y Tiro
COMGE	Comandancia General
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
DC	Corriente Continua
DCC	Defensa Contracarro
DRI	Detección, Reconocimiento e Identificación
EAC	Escuadrón Acorazado
EE. UU.	Estados Unidos
ELAC	Escuadrón Ligero Acorazado
ERI	Escuadrones de Reconocimiento e Intervención (Ejército de Tierra francés)
ESB	Escala de Suboficiales
ETR	Escala de Tropa
ET	Ejército de Tierra
FOB	<i>Forward Operation Base</i> (Base de Operaciones Avanzada)
FUTER	Fuerza Terrestre
GAIL	Grupo de Artillería de Información y Localización
GCAC	Grupo de Caballería Acorazado
GCLAC	Grupo de Caballería Ligero-Acorazado
HD	High Definition
IED	<i>Improvised Explosive Device</i> (Artefacto Explosivo Improvisado)
IR	Infrarrojo
JAD	Jefatura de Adiestramiento y Doctrina (Academia de Caballería)
JVH/JV	Jefe de Vehículo
LRV	<i>Light Reconnaissance Vehicle</i> (Ejército de Tierra estadounidense)
LWIR	Long Wavelength Infrared
MRAP	Mine Resistant Ambush Protected
MTOW	<i>Maximum Take Off Weight</i> (Peso máximo en el despegue)
MWIR	Middle Wavelength Infrared
NOTAM	Permiso de vuelo para drones
OFEN	Oficial de Enlace
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PLM	Plana Mayor
PNMP	Pelotón de Morteros Pesados



PRI	Pelotones de Reconocimiento e Intervención (Ejército de Tierra francés)
RPAS	<i>Remotely Piloted Aircraft Systems</i>
Sdo.	Soldado
SEV	Sección de Exploración y Vigilancia
Sgto.	Sargento
SLAC	Sección Ligero-Acorazada (de Caballería)
TCol	Teniente Coronel
UAS	Unmanned Aerial Systems
RAS	Robotic Air Systems
UGV	Unmanned Ground System
UIE	Unidad de Información Elevable
US	United States
USB	Universal Serial Bus
VAMTAC	Vehículo de Alta Movilidad Táctica
VCC	Vehículo de Combate de Caballería
VEC	Vehículo de Exploración de Caballería
VERT	Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre
VLOE	Vehículo Ligero de Operaciones Especiales
VRCC	Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería
VVT	Vehículo de Vigilancia Terrestre



1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se estudian los motivos que impulsan este trabajo, su ámbito de aplicación y los antecedentes que existen respecto al empleo del dron cautivo, así como la estructura de esta memoria y los conceptos clave.

1.1 Justificación del trabajo

Las nuevas tendencias de la Caballería sugieren, entre otros aspectos, un empleo cada vez mayor de RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems, vehículos aéreos no tripulados). En este caso, hay un creciente interés en la implementación de un dron cautivo (conectado por cable a un vehículo nodriza) en el Escuadrón de Caballería. Sin embargo, aunque se ha experimentado con drones como el Raven a nivel Grupo o Brigada, no hay un dron en la orgánica de un Escuadrón que esté a disposición del Capitán (aunque en un futuro se contempla que cada Escuadrón tenga una Sección de Vigilancia, con un pelotón dotado de Raven).

El objetivo de este trabajo consiste en crear un equipo capaz de transportar y desplegar un dron cautivo. Este tipo de drones ofrece una serie de ventajas respecto a los demás drones; la más destacada es su autonomía ilimitada (debido a su alimentación por cable), así como una serie de capacidades tácticas que complementan las posibilidades de observación y vigilancia existentes. Por tanto, se pretende encontrar un lugar dentro del escuadrón para dicho equipo. De esta forma, se ha planteado una solución para la orgánica. Derivado de tal estudio, se propone un vehículo capaz de satisfacer las necesidades que se plantean derivadas de la propia forma de ser de la Caballería: movilidad, rapidez y sigilo. Un objetivo secundario ha sido encontrar un dron cautivo que sea apto para tales cometidos y que sea viable no solo tácticamente, sino también económicamente.

1.2 Ámbito de aplicación

El trabajo se ha desarrollado en el ámbito del Regimiento de Caballería “España” nº11, durante los meses de septiembre y octubre de 2021. Este trabajo pretende crear un equipo capaz de emplear un dron cautivo para satisfacer las necesidades de información del campo de batalla al Escuadrón de Caballería. De esta forma, se pretende sentar las bases del empleo de drones cautivos a nivel Escuadrón en el Ejército de Tierra.

1.3 Antecedentes y conceptos clave

Los nuevos escenarios de combate que están previstos a corto y medio plazo están llevando a un nuevo planteamiento de la forma de actuar por parte de la mayoría de los ejércitos de tierra de los países de referencia (Reino Unido, EE. UU., Francia, Italia). Tanto en el combate convencional como en la lucha contrainsurgente, sin olvidar la amenaza híbrida (en la que el enemigo emplea ambas tácticas), se vislumbran nuevas tendencias respecto a la doctrina, la orgánica, los materiales, la instrucción y el adiestramiento. La Caballería debe adaptarse a estas nuevas tendencias, aportando sus capacidades de reconocimiento, adquisición de información y potencia de combate.

Las nuevas estructuras orgánicas tienden a reforzar la potencia de combate de los Grupos, así como su capacidad de reconocimiento, tanto agresivo como sigiloso. Es aquí donde entran en juego los RPAS de reconocimiento, como forma de potenciar la obtención de información a nivel Escuadrón. Existe un interés creciente por dotar a los vehículos de reconocimiento de pequeños sistemas de obtención de información: los RPAS cautivos. (Mando de Adiestramiento



y Doctrina. Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales, 2020)

Este interés viene justificado por las ventajas que ofrecen. Pueden volar a la misma velocidad a la que se mueve el vehículo, tienen un tiempo de vuelo indefinido al estar conectados por cable a la fuente de alimentación (presente en el mismo vehículo), y despegan y aterrizan verticalmente desde el propio vehículo. Ello permite ampliar el alcance en profundidad de las unidades de reconocimiento, proporcionando una visión amplia del campo de batalla, desde gran altura (el cable puede medir hasta 100 metros), sin necesidad de exponer a la unidad que lo despliega. Dicha unidad puede permanecer oculta detrás de una vaguada, una cota o una edificación mientras lanza el dron cautivo. Es más, si se despliega correctamente, puede lanzarse desde el interior de un bosque (capacidad que no tienen los demás drones), siendo esto muy útil en escenarios europeos como Letonia.

La falta de antecedentes en esta nueva tendencia obliga a buscar información en los ejércitos de tierra del entorno OTAN, en especial de la caballería francesa, donde ya se está implementando y probando el dron cautivo. En el ámbito del Centro Universitario de la Defensa y de la Academia General Militar, se pueden encontrar como antecedentes los Trabajos de Fin de Grado de los Alféreces Antonio Andrés Moya ("Integración de drones en unidades de Caballería para la realización de reconocimientos de itinerario y objetivo o puntual.") (Moya, 2018) y Agustín Navarro Fernández-Clemente ("Drones. Posibilidad de empleo táctico en unidades de caballería."). (Fernández-Clemente, 2019). En ambos trabajos se plantea el empleo de drones en las unidades de Caballería y se introduce como línea futura de desarrollo la implementación del dron cautivo, hito de partida de este trabajo.

1.4 Estructura de la memoria

Este trabajo queda dividido en tres grandes bloques. En el primero, el bloque 3, se hace un exhaustivo estudio del estado del arte. Primeramente, se describen las tendencias de la guerra moderna en cuanto al empleo de RPAS, seguido de la definición de los Escuadrones de Caballería del Ejército de Tierra. Un análisis de los drones cautivos describe el concepto y sus principales utilidades. Se analizan las unidades de reconocimiento de los ejércitos de Reino Unido, Francia, Italia y Estados Unidos, viendo sus capacidades y su empleo de drones. Además, se estudian las pruebas realizadas por estos ejércitos con drones cautivos.

En el bloque 4 tiene lugar el desarrollo del trabajo. Iniciado con un análisis DAFO en el apartado 4.1 y por las estrategias a seguir derivadas de dicho análisis en el apartado 4.2, el primer hito aparece en el apartado 4.3. Aquí se proponen varios vehículos para transportar a un equipo con dron cautivo. En el apartado 4.4 se propone una estructura orgánica y varias operativas, según los tipos de misión asignada. En el apartado 4.4.3 aparece, desglosado, el personal que compone el pelotón de dron cautivo. En el apartado 4.5 se elige un dron cautivo en base a un estudio de los principales drones cautivos de empresas civiles en el mercado, empleando el análisis multicriterio para la elección de uno de ellos. En el apartado 4.6 se amplían los conceptos de detección, reconocimiento, identificación y visibilidad, así como el empleo de cámaras térmicas y multiespectrales para aumentar las capacidades de los drones cautivos. El bloque 4 culmina con la descripción del caso práctico experimentado durante unas maniobras con el Regimiento "España" nº11 en el Campo de Maniobras de San Gregorio. Finalmente, en el bloque 5, se exponen las conclusiones extraídas del trabajo, así como las posibles líneas futuras de desarrollo, seguidas de las referencias bibliográficas y de los anexos que complementan esta memoria.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

En este apartado se describe el porqué de este trabajo, definiendo los objetivos que se planean alcanzar. Además, se planteará también el alcance del trabajo, es decir, hasta dónde llegará el estudio, y la metodología empleada.

2.1 Objetivos y Alcance

Las nuevas tendencias de la Caballería se centran en el empleo de nuevos materiales y tecnologías, además de incrementar su potencia de combate. Una de las nuevas tecnologías es la de los drones, en concreto la de los drones cautivos, unidos por un cable a una estación base. Si bien se utilizan drones a nivel Brigada, se ha planteado implementarlos a niveles más bajos. El objetivo de este trabajo es, por tanto, implementar un equipo de dron cautivo a nivel Escuadrón para incrementar sus capacidades de observación, detección, reconocimiento e identificación, así como para ampliar su conciencia situacional. Por tanto, se deducen una serie de objetivos específicos:

- Analizar las tendencias de los demás ejércitos de referencia.
- Estudiar la tecnología existente de drones cautivos.
- Elegir un vehículo apropiado para llevar a un equipo con dron cautivo.
- Proponer una estructura orgánica y otra operativa para dicho equipo.
- Elegir un dron cautivo que cumpla con una serie de requisitos técnicos, tácticos y económicos.

Por tanto, una vez finalizado el trabajo, se habrá propuesto una orgánica de Escuadrón que comprenda a un equipo que transporte el dron cautivo. Para ello, se habrá escogido un vehículo capaz de acompañar a los vehículos de un Escuadrón de Caballería en todas sus misiones y también capaz de destacarse como elemento a vanguardia. Por tanto, también se habrá elegido un dron cautivo capaz de satisfacer las necesidades de información del Escuadrón.

2.2 Metodología

La metodología empleada para este estudio es diversa. En primer lugar, se ha realizado un estudio de todo el material existente en referencia a las unidades de reconocimiento de otros ejércitos y al empleo de drones y las pruebas realizadas con drones cautivos. Para ello, se ha accedido a publicaciones disponibles en la intranet de Defensa, así como a valiosos documentos proporcionados por el Teniente Coronel D. Antonio Jesús Bellido Alonso, de la Jefatura de Adiestramiento y Doctrina de la Academia de Caballería. Dichos documentos consisten en informes de oficiales de enlace en otros países, fichas técnicas de drones y vehículos, e informes y análisis de otros mandos encuadrados en áreas de investigación. De esta forma, se ha podido confeccionar un estado del arte fundamentado en una amplia y valiosa documentación de base. Además, esta información también se ha empleado en el desarrollo del trabajo, especialmente para la elección del vehículo en el apartado 4.3

En segundo lugar, se han realizado varias encuestas y entrevistas a mandos y personal del Regimiento de Caballería "España" nº11, que han servido para confeccionar los análisis de los vehículos en el apartado 4.3, así como su elección en base a las características buscadas; las entrevistas a los cuadros de mando han ayudado a determinar una orgánica; y la documentación estudiada, en conjunción con las entrevistas y encuestas en relación a los drones cautivos, han servido para, mediante el empleo del análisis multicriterio, elegir un dron cautivo.



En tercer lugar, se ha contactado con varias empresas fabricantes de drones cautivos, que han facilitado multitud de datos e información, vitales para este trabajo, permitiendo la comparación entre los drones disponibles y la confección del equipo de dron cautivo.

Por tanto, si se clasifican los métodos empleados:

- Métodos cuantitativos: encuestas a mandos y personal del Regimiento "España" nº11. Diagrama de radar. Herramienta de Análisis Multicriterio.
- Métodos cualitativos: entrevistas a mandos del Regimiento "España" nº11. Investigación y revisión documental. Observación de caso práctico con drones en maniobras del Regimiento "España" nº11. Contacto con empresas civiles fabricantes de drones cautivos.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

3.1 Tendencias de la caballería en el ámbito de los RPAS.

Las unidades de reconocimiento de Caballería están cobrando importancia una vez más debido a que se están incrementando las capacidades relativas al combate generalizado (o de alta intensidad) y a la amenaza híbrida¹, en la que el enemigo empleará tácticas de combate convencional e insurgente.

Es por ello por lo que se están planteando nuevas estructuras orgánicas en las que se potencien los medios de obtención de información, contando para ello con nuevos sistemas optrónicos y RPAS. De la misma forma, y ligado a lo anterior, se pretende diseñar vehículos que se dediquen exclusivamente a la exploración y reconocimiento. Para ello, deben ser ligeros, con gran movilidad estratégica y con suficiente potencia de combate para mantener el contacto con el enemigo.

Las unidades se deben entonces adaptar y reconfigurar para ser capaces de enfrentarse a un enemigo convencional y, simultáneamente, ser capaces de combatir a la amenaza híbrida; todo ello en un entorno operativo de gran complejidad, ambigüedad e incertidumbre (donde la obtención de información cobra más importancia que nunca). Se prevén, para las fuerzas terrestres, los siguientes escenarios de actuación (Mando de Adiestramiento y Doctrina. Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales, 2020):

- Operaciones en zonas urbanizadas densamente pobladas.
- Operaciones en áreas extensas y vacías, con frentes amplios y espacios discontinuos.
- Operaciones de apoyo y protección de la población.
- Operaciones de alta intensidad.

Las unidades de caballería participarán en todos estos escenarios, donde la innovación tecnológica desarrollará un papel fundamental, así como las unidades de pequeña entidad, muy móviles y capaces de actuar en todo el espectro del conflicto. Así, se refuerza el papel de las unidades de caballería, que serán elementos orgánicos imprescindibles de las futuras brigadas 2035, la nueva estructura polivalente del Ejército de Tierra.

En los ejércitos de tierra de los países de referencia, la mejora en la potencia de combate de las unidades de caballería, que permite establecer contacto y mantenerlo para obtener información (concepto conocido como *fight for information*), va de la mano de las mejoras en sus capacidades de obtención incorporando sistemas tecnológicamente avanzados: sensores electroópticos de última generación, RPAS y drones cautivos.

Los vehículos de exploración y reconocimiento generalmente sacrifican blindaje y potencia de fuego en pos de una mayor autonomía, velocidad y agilidad que les permitan actuar sigilosamente y en despliegues amplios. Su autodefensa se reduce a ametralladoras. Sus sensores, en el caso del Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT) del Ejército de Tierra, consisten en medios que pueden ser elevados (mástiles telescópicos). Se tiende a complementar su acción de obtención con el empleo de RPAS y RPAS cautivos. Alemania cuenta con el *Fennek* (con un mástil telescópico y un mini RPAS); los *Cavalry Squadron* estadounidenses están trabajando en un vehículo específico para reconocimiento ligero (*Light*

¹ El término “híbrido” se refiere a una forma de confrontación en la que se combinan acciones militares convencionales y no convencionales, con acciones no militares que se basan en una estrategia de desestabilización del adversario empleando acciones diversas con todos los instrumentos de poder disponibles (diplomático, militar, económico, social y de información). Así, se quiere explotar las debilidades y vulnerabilidades de la sociedad occidental en todas sus formas. Es por ello que se sostiene que las guerras del siglo XXI se caracterizarán por una mezcla de acciones convencionales y especiales. (Iglesia, 2020)



Reconnaissance Vehicle, LRV). Los escuadrones de reconocimiento e intervención (ERI) franceses tienen un proyecto de vehículo que pueda ser operado de forma remota y que sea aerolanzable, con motor híbrido (para mayor sigilo) y con un RPAS integrado.

Se observa, por tanto, que hay una tendencia a dotar a los vehículos de reconocimiento de sistemas aéreos de observación. Se prefieren sistemas de ala rotatoria en vez de ala fija y que sean cautivos de sus vehículos (denominados 'nodrizas'): pueden volar a la misma velocidad a la que progresa el vehículo, pueden volar indefinidamente al estar alimentados por cable (proporcionando así observación indefinida), y pueden despegar y aterrizar verticalmente desde el propio vehículo. Al ser fácilmente recuperables, proporcionan la capacidad de aumentar el alcance en profundidad.

3.2 El Regimiento “España” nº11

Este trabajo se ha materializado durante la realización de las prácticas externas en el Regimiento “España” nº11. Con un largo y glorioso historial de combates, el actual Regimiento tiene su estructura desde 1995, con motivo de la ‘Inspección del Arma’. Ese año se constituyó en dos grupos: el Grupo de Caballería Ligero Acorazado I/11 “Lanceros de Borbón”, y el Grupo Mecanizado II/11 “Húsares Españoles”, desde 2010 rebautizado como Grupo de Caballería Ligero Acorazado II/11 “Numancia”.

Ha participado en misiones internacionales bajo los pabellones de la OTAN y de la ONU: Bosnia Herzegovina (1992-1995, 1996-1997, 1997-2002), Kosovo (2002-2006), Líbano (2008-2014) y Afganistán (2010). Desde 2016 ha permanecido bajo el mando directo de Fuerzas Terrestres, no estando integrado en ninguna brigada. Con la última reorganización del Ejército de Tierra, el Regimiento se planeaba disolver en diciembre de 2021, pasando sus medios y efectivos a reforzar los demás grupos de Caballería en Territorio Nacional. Sin embargo, con el nuevo cambio de Estado Mayor, esta disolución se ha revocado por el momento.

Por su peculiar orgánica y encuadramiento bajo el mando de Fuerza Terrestre (FUTER), el Regimiento está concebido para cometidos en beneficio de la División e incluso Cuerpo de Ejército. Es especialmente apto para realizar reconocimientos en profundidad y mediante el contacto, y para proporcionar seguridad.

Además de realizar las actividades de instrucción y adiestramiento usuales de cualquier unidad, el Regimiento “España” nº11, al estar especialmente instruido para la observación y el reconocimiento, es el utilizado para probar nuevas tecnologías y medios, y para colaborar en ejercicios y maniobras experimentales, tanto con otras unidades como con otros ejércitos. Es por ello por lo que, para el objetivo de este trabajo, es la unidad idónea para probar las capacidades de los RPAS cautivos.

3.3 El Escuadrón de caballería

3.3.1 Los Escuadrones genéricos

Los Grupos de Caballería se han convertido en la unidad fundamental del Arma, estando integrados en las Brigadas del Ejército de Tierra. Cada Grupo cuenta con dos Escuadrones de combate (escuadrones ligero-acorazados o ELAC en las Brigadas, y acorazados o EAC en las Comandancias Generales o COMGEs) y uno de Plana Mayor y Servicios.

Aunque la orgánica es la misma, según el material de dotación y la unidad en la que estén encuadrados, los Escuadrones tienen diferentes capacidades:

- Los ELAC de los Grupos de Caballería Ligero Acorazados (GCLAC) tipo A cuentan con tres Secciones (dos ligeras y una acorazada), una de Exploración y Vigilancia



(SEV) y un Pelotón de Morteros Pesados (PNMP). Las secciones ligeras la conforman cuatro Vehículos de Exploración de Caballería (VEC), y la acorazada cuatro VRCC Centauro.

- Los ELAC de los Grupos de Caballería Acorazados (GCAC) tipo A tienen la misma organización, pero sustituyen los VRCC Centauro por CC Leopardo 2E.
- Los EAC de los GCAC tipo B (presentes únicamente en las COMGEs) son idénticos a los del tipo A, sustituyendo los VEC por VCC Pizarro, estando por tanto equipados en su totalidad con medios de cadenas.

3.3.2 Escuadrones de GCLAC tipo B del Regimiento “España” nº11

Los ELAC y EAC del Regimiento “España” nº11 tienen una estructura diferente. Su material a nivel sección es homogéneo y únicamente están dotados de medios rueda (Centauro y VEC):

- Los ELAC son orgánicamente idénticos a los ELAC de Brigada, con tres SLAC, una SEV y un PNMP. La SLAC la forman cuatro VEC (ver figura 1).

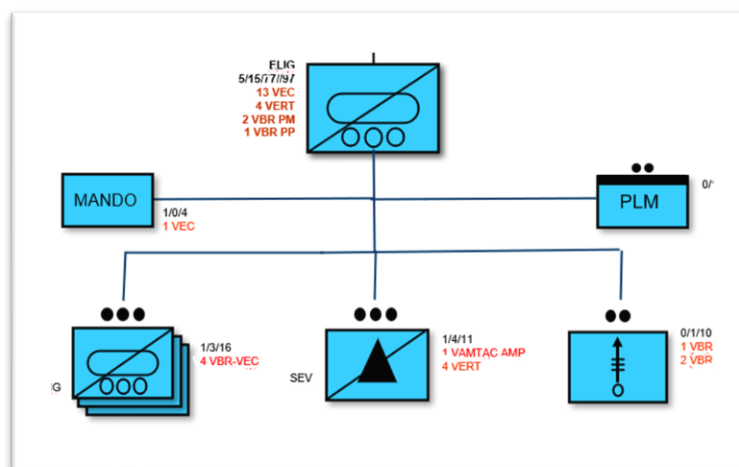


Figura 1: Escuadrón ligero-acorazado del Regimiento "España" nº11. Fuente: Organización de la Caballería (Academia General Militar). Se ve que del Escuadrón cuelgan: Mando, Plana Mayor (PLM), 3 Secciones Ligero-Acorazadas, 1 Sección de Vigilancia (SEV), y 1 Pelotón de Morteros Pesados (PNMP).

- El EAC tiene tres secciones acorazadas con cuatro VRCC Centauro cada una (ver figura 2).

El Grupo Numancia del Regimiento “España” está compuesto (en el último semestre de 2021) por dos EAC y un ELAC. El ELAC cuenta con una sección de vigilancia (SEV) en base a VERT (Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre) y VAMTAC (Vehículo de Alta Movilidad Táctica), que cobrarán importancia a lo largo de este trabajo.

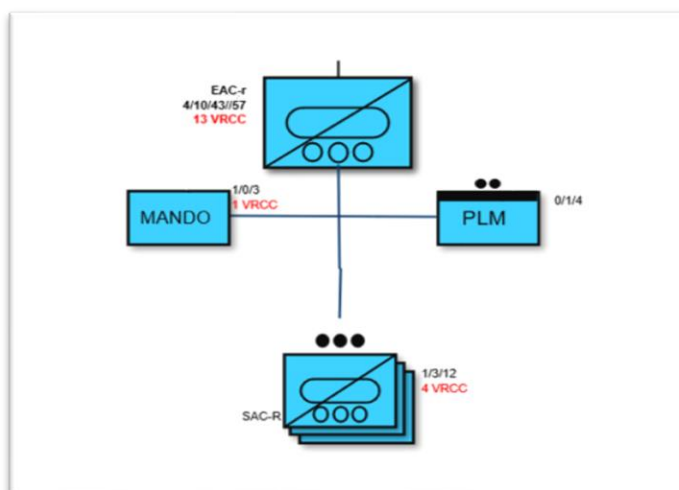


Figura 2: Escuadrón acorazado (EAC) del Regimiento "España" nº11. Fuente: Organización de la Caballería (Academia General Militar). Del Escuadrón cuelgan: Mando, Plana Mayor y 3 Secciones Acorazadas.

3.4 El Dron Cautivo

Actualmente, el empleo de drones está ampliamente extendido tanto a nivel civil como a nivel militar. Merece la pena dedicar unas líneas a explicar el concepto de 'dron' y cómo se los puede clasificar.

3.4.1 Drones. Tipos de drones

Aunque el término más popular es el vocablo inglés *drone* ("zángano"), existen formas más técnicas para denominar a estos aparatos. La primera es UAV, que son las siglas de "unmanned aerial vehicle", es decir, vehículo aéreo no tripulado. La segunda es RPAS, que viene de "remotely piloted aircraft system". La diferencia entre ambos es que, en el caso del RPAS, se hace hincapié en que hay un piloto manejando el dron de forma remota.

Se pueden clasificar de muchas maneras: según el tipo de motor, según el número de hélices (tricóptero, cuadricóptero, hexacóptero...), pero aquí se mostrarán dos clasificaciones derivadas del uso militar. La primera es la que ha establecido la OTAN, visible en la Figura 3, según el peso máximo de despegue (Maximum Take Off Weight, MTOW) y la altura de operación normal (Montaño, 2015).

CLASE	CATEGORÍA	EMPLEO HABITUAL	ALTURA DE OPERACIÓN NORMAL	RADIO DE MISIÓN
CLASE I (hasta 150 Kg)	MICRO (hasta 68 julios)	Subunidad táctica (lanzamiento manual, operadores individuales)	Hasta 200 ft AGL	Hasta 5 km (LOS)
	MINI (hasta 15 kg)	Subunidad táctica (lanzamiento manual, operadores individuales)	Hasta 3.000 ft AGL	Hasta 25 km (LOS)
	SMALL (15 kg-150 kg)	Unidad Táctica (sistema de lanzamiento)	Hasta 5.000 ft AGL	50 km (LOS)
CLASE II (150 Kg-600 Kg)	TÁCTICO	Formación Táctica	Hasta 10.000 ft AGL	200 km (LOS)



CLASE III (más de 600 kg)	MALE (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional/ de Teatro	Hasta 45.000 ft AGL	Sin límite (LOS)
	HALE (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	Hasta 65.000 ft AGL	Sin límite (LOS)
	ATAQUE/COMBATE	Estratégico/Operacional	Hasta 65.000 ft AGL	Sin límite (LOS)

Figura 3: Clasificación OTAN de RPAS. Fuente: Dirección General de Armamento y Material.

Las últimas tendencias en el empleo de drones se centran en los RPAS de Clase I de tipo Mini, que ofrecen a las unidades de pequeña entidad una gran flexibilidad debido a que su tamaño es reducido y son más sencillos de operar.

La segunda clasificación diferencia a los drones según sean de ala fija o de ala rotatoria:

- Los drones de ala fija tienen una estructura aerodinámica y se suelen lanzar con un operador en los de pequeño tamaño. Sin embargo, y debido a su propio diseño, no pueden mantener un vuelo estacionario.
- Los drones de ala rotatoria, o multirrotores, tienen 4 o más motores (suelen ser de hélice) que les permiten mantener un vuelo estacionario, siendo muy empleados para proporcionar una imagen fija y estable.

Los drones cautivos son de ala rotatoria, siendo aptos para tareas de vigilancia y observación si se les proporciona una cámara lo suficientemente potente.

Tácticamente, los drones en general pueden aportar varias capacidades (y, como no podía ser de otra forma, vienen acompañados de desventajas y vulnerabilidades) que vienen recogidas en la siguiente tabla:

CAPACIDADES QUE OFRECEN	VULNERABILIDADES Y LIMITACIONES
Son una fuente de información que proporciona al Mando observación directa del campo de batalla. Realizar una observación elevada reduce las zonas ocultas (disminuye la influencia del terreno).	El enemigo puede detectar a los drones propios, siendo capaz así de deducir que las fuerzas propias se encuentran en las inmediaciones del dron.
Son fácilmente integrables a todos los niveles: desde una Sección de un Escuadrón hasta el Batallón de Cuartel General.	Los sistemas anti-RPAS son capaces de derribar o inutilizar (tanto con energía electromagnética como con un proyectil físico) al aparato.
Pueden apoyar a otros combatientes que no sean del Arma de Caballería. Por ejemplo, pueden servir como observadores avanzados de Artillería o pueden corregir fuegos de mortero.	Están afectados por las condiciones ambientales : meteorología (viento, lluvia...) y terreno (zonas boscosas)
Se les puede emplear en prácticamente todas las misiones de la Caballería: combate, avance para el contacto, reconocimientos, sondeos, combate en zona urbanizada...	Los equipos que manejen el dron requieren de una formación técnica y especializada, durante más tiempo que un combatiente genérico. Se transforman así en



	activos muy valiosos que se tornan en una gran pérdida en caso de causar baja.
En zona de operaciones también pueden ser empleados para acompañar a convoyes, controlar población, detectar IEDs...	Las propias limitaciones técnicas : autonomía, alcance, velocidad, óptica, necesidad de dar y recibir señal...

Tabla 1: Capacidades y vulnerabilidades de los drones. Fuente: elaboración propia.

Los drones cautivos, como se verá más adelante, mejoran muchas de las limitaciones que tienen los RPAS en general. Sin embargo, tácticamente también presentan varias desventajas.

3.4.2 El dron cautivo: definición, partes y utilidades.

Los drones no cautivos despegan utilizando combustible (es el caso mayoritario de los de ala fija) o una batería (ala rotatoria). Los drones cautivos parten de un precepto (el que les da nombre): están conectados por un cable (*tether* en inglés) a su fuente de alimentación. Tienen tres partes, apreciables en la Figura 4:

- Central, estación o unidad de control: suministra la energía al dron a través del cable y transmite las comunicaciones. Normalmente están conectadas a corriente alterna (AC) y la propia estación la convierte a corriente continua (DC).
- Cable (*tether*): Conecta la central con el dron y puede incluir fibra óptica, banda ancha sobre líneas eléctricas, conductores, etc. Puede medir 30, 100 o hasta 150 metros.
- Dron: componente principal del sistema. En la gran mayoría de casos es de hélices y puede llevar sistemas de comunicaciones y sensores electroópticos (desde vídeo en el espectro visible hasta el espectro infrarrojo).



Figura 4: Dron ELISTAIR. Se aprecian todas las partes del sistema: central, cable y dron. Fuente: ELISTAIR.

Las ventajas que ofrece un dron cautivo son varias. En primer lugar, el hecho de estar alimentado por cable significa que puede estar en el aire por un tiempo indefinido. Esto salva las desventajas de batería y combustible que presentaban los drones no cautivos.

En segundo lugar, la información que los drones no cautivos transmitían de forma inalámbrica ahora se transmite por cable. Es decir, será mucho más difícil de interceptar por un posible enemigo. De este hecho se deduce también que ya no son tan vulnerables a *hackers* o



a contramedidas electrónicas destinadas a interceptar la señal.

En tercer lugar, son mucho más ligeros que los drones no cautivos que se están empleando para reconocimiento. Ello implica que pueden ser transportados en vehículos más pequeños y ligeros.

Por último, al ser de ala rotatoria, el vuelo es estable y permite que, en caso de ser empleado para proporcionar imagen, ésta será fija.

El mercado de los drones cautivos está despertando un gran interés en el mercado civil. El crecimiento del mercado de drones cautivos en 2019 fue del 53,54%, y se calcula que entre 2019 y 2021 ha sido de un prometedor 70% (Daly, 2020). En el ámbito civil se están empleando para:

- Control de masas: partidos de fútbol, manifestaciones, zonas muy concurridas...
- Seguridad: vigilancia de incendios, rescates, vigilancia marítima.
- Vigilancia de tráfico.
- Estudio y análisis de estructuras de difícil acceso como fachadas de edificios, puentes, etc.

Militarmente, los drones cautivos ofrecen:

- Vigilancia de fronteras: Un dron cautivo en vigilancia constante puede detectar personal y vehículos a gran distancia día y noche.
- Protección de FOB (*Forward Operation Base*): Las bases avanzadas tienen torres de vigilancia perfectamente conocidas por el enemigo, así como una rotación de personal. Un dron cautivo proporciona vigilancia ininterrumpida en un radio de hasta 10km, impidiendo que el enemigo se acerque a la base (ver Figura 5).

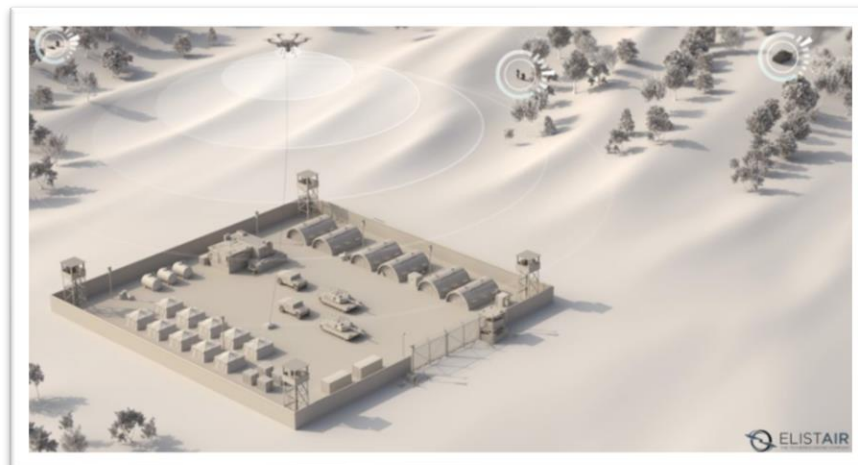


Figura 5: Protección de FOB empleando dron cautivo. Fuente: ELISTAIR, The Tethered Drone Company.

- Comunicaciones seguras: el estar alimentado por cable hace que el dron cautivo transmita los datos de forma mucho más segura que la inalámbrica.
- Reconocimiento: pueden asociarse a un vehículo para proporcionar vigilancia a más altura que un mástil con cámara. Debido a que pueden alcanzar alturas de hasta 100 metros, cubren zonas muy amplias si se les dota de una cámara lo suficientemente potente. Si proporcionan una imagen constante y estable, pueden emplearse en secciones a vanguardia para observar desde detrás de una vaguada sin asomar nada más que el dron. De esta capacidad se derivan otras utilidades como su posible empleo



en un convoy (para detectar posibles IEDs). La Figura 6 ilustra el concepto de “observar más allá de la vaguada”:

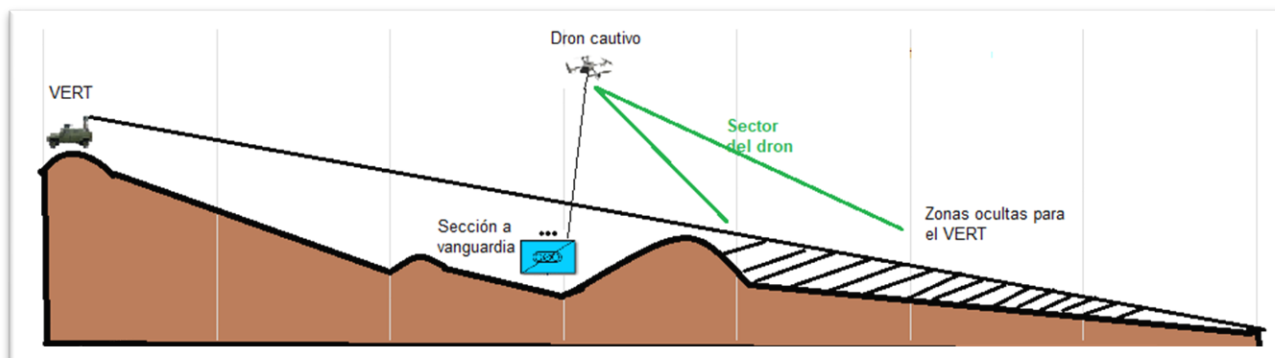


Figura 6: Trabajo conjunto del dron cautivo con los vehículos de la Sección de Exploración y Vigilancia. El dron cautivo permite ver las zonas ocultas que resultan de los sectores de los Vehículos de Exploración y Reconocimiento Terrestres. Fuente: elaboración propia.

- Despliegue rápido y sencillo: los operadores no necesitan crear rutas ni puntos de trazado como en el caso de drones como el Raven. Solamente es necesario poner el dron en el aire y mantenerlo el tiempo necesario.

3.5 Drones en los Grupos de Caballería. La orgánica y la realidad.

En un Grupo de Caballería hay: una Plana Mayor de Mando, los Escuadrones de Combate (ya analizados) y un Escuadrón de Plana Mayor y Servicios. Éste a su vez contiene una Plana Mayor, una Sección de Abastecimiento, una Sección de Mando y Transmisiones, una Sección de Mantenimiento y un Pelotón de Sanidad.

La Sección de Mando y Transmisiones (figura 7) tiene varios equipos: Mando, S-2/S-3 (Inteligencia/Operaciones), S-1/S-4 (Personal/Logística), y tres pelotones: Transmisiones, Defensa Contracarro (DCC) y RPAS.

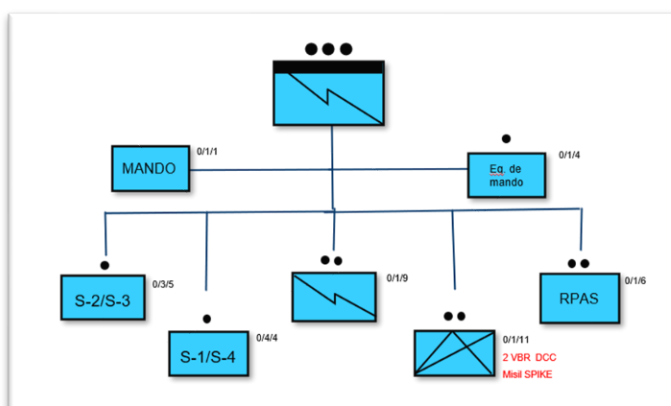


Figura 7: Sección de mando y transmisiones, donde se aprecia el pelotón de RPAS. Fuente: Organización de la Caballería (Academia General Militar).



El equipo RPAS, según orgánica, está dotado de un dron Raven y de personal capacitado para emplearlo. Sin embargo, en la práctica, los Grupos suelen carecer de este equipo RPAS o de personal capacitado, debido a razones puramente económicas. Otras veces dicho dron se encuentra averiado o no operativo por el uso y la falta de repuestos (tanto de piezas como de drones nuevos).

Este trabajo busca dotar al Escuadrón, y no al Grupo, de un dron cautivo, dando así más libertad de empleo de drones a niveles más bajos que el Grupo debido a las nuevas tendencias y necesidades tácticas existentes, teniendo siempre en cuenta el factor limitante principal: el económico.

3.6 Reconocimiento y RPAS en los ejércitos de tierra.

En este apartado se describen las doctrinas y organización de las unidades de reconocimiento de los ejércitos de tierra de los países de referencia y del ET español, así como el empleo que se le está dando a los RPAS y la experimentación con drones cautivos. En el Anexo A se muestra una comparativa de las unidades de reconocimiento de los países que siguen a continuación. La información aquí recopilada es especialmente valiosa, ya que ha sido extraída de informes de Oficiales de Enlace en los siguientes países, y facilitada por la Jefatura de Adiestramiento y Doctrina (JAD) de la Academia de Caballería.

3.6.1 FRANCIA

La Caballería francesa actualmente tiene sus Regimientos de Caballería, Húsares y Dragones estructurados como sigue (Corredor, 2019):

- Escuadrón de mando y logística
- 3 Escuadrones blindados (sobre CC Leclerc, AMX 10 o ERC 90)
- 2 Escuadrones de Reconocimiento e Intervención (ERI)

Se aprecia que dentro del Regimiento se le da una gran importancia al reconocimiento, contando con dos escuadrones dedicados por entero a ello. Los Escuadrones pueden organizarse en Subgrupos Tácticos dedicados por entero al reconocimiento en base a uno de los ERI, o en base a dos pelotones de reconocimiento e intervención (PRI) con una sección de carros, una de infantería y los apoyos necesarios.

La nueva doctrina exploratoria SCORPION (que divide a la Fuerza en cuatro escalones: Exploración, Asalto, Logístico y Mando) sitúa a la Caballería a la cabeza del escalón de Exploración (*echelon de découverte*). Hay un programa (entre muchos otros, como por ejemplo el del nuevo blindado de reconocimiento de caballería EBRC JAGUAR) de dotar a las unidades de caballería con drones de bolsillo.

En el ámbito de los drones cautivos, la compañía francesa ECA presentó en el Eurosatory 2016 un vehículo tipo *pick up* con un dron cautivo (el modelo IT 180) incorporado (ver Figura 8). El sistema en su conjunto fue bautizado como IT 180-999. Demostró una capacidad de reconocimiento y vigilancia a 100 y 150 metros de altura y su utilidad para vigilancia de eventos y puntos calientes (cuenta con cámara electroóptica e infrarrojo giroestabilizada). Las fuerzas armadas francesas mostraron su interés en este sistema para vehículos terrestres y plataformas navales (Army Recognition, 2016).



Figura 8: IT 180-999. Fuente: armyrecognition.com

Además de este sistema, la compañía Elistair y el ET francés han colaborado para probar el dron cautivo Orion 2, empleando un equipo montado en un vehículo tipo quad (ver figura 9). Este caso es de gran interés para este trabajo, ya que presenta una propuesta muy atractiva para el Escuadrón de Caballería: un vehículo rápido, sigiloso y todoterreno, capaz de estar donde lo requiera el Mando y con la particularidad de portar el dron cautivo. De hecho, será el sistema propuesto para escoger un vehículo.



Figura 9: Equipo con dron cautivo montado en quad. Fuente: [ELISTAIR. The tethered drone company \(elistair.com\)](http://ELISTAIR.com).

3.6.2 ITALIA

Los escuadrones de exploración tienen la siguiente composición (Barrio Adiego, 2019):

- Equipo de mando en base a Centauro.
- 3 secciones de exploración. Cada una cuenta con 2 centauro y 4 VBL Puma 4x4. El vehículo propio de exploración es el Puma 4x4 (que será sustituido por el 6x6, aunque se estudia una versión *esplorante*).

Los *Reggimento di Cavalleria Leggera* y los *Reggimento di Cavalleria Medio* tienen una sección de reconocimiento que cuenta con un RPAS. Además, hay un interés por dotar a las unidades de RPAS Mini. (Novales, 2018).



El Ejército Italiano ha estado trabajando en el sistema COBRA (ver Figura 10) (Mortimer, 2014). Debido a la alta amenaza que suponen los IED para los convoyes (los vehículos cuentan con potentes cámaras gimbal, pero que están limitadas por estar ancladas al vehículo o por la necesidad de hacer alto para desplegar el mástil en el que están integradas), hay un interés por dotar de un dron cautivo a los convoyes con un cable de unos 8 metros de longitud y una cámara HD infrarroja. El dron debe ser capaz de acompañar a un vehículo hasta velocidades de 40 km/h. Como el dron es de tipo micro, no necesita de una fuente de energía auxiliar.



Figura 10: Sistema de dron cautivo COBRA. Fuente: suasnews.com

El Ejército de Tierra italiano probó el sistema COBRA en el vehículo 6x6 MRAP COUGAR, con dificultades para adaptar el sistema debido al gran tamaño de la ametralladora Browning 12x70 mm. Sin embargo, después de las pruebas realizadas, el interés por el dron cautivo aumentó.

3.6.3 REINO UNIDO

El ejército británico está siguiendo la tendencia de dotar a sus unidades de RAS (Sistemas Robóticos y Autónomos) para incrementar su potencia de combate, inteligencia, conocimiento de la situación y rendimiento de los combatientes (Vázquez, 2019). Además, reducen el riesgo para el combatiente humano, el peso de los materiales y gastos de personal (mantenimiento, sueldos...).

Este concepto se estudió en el ejercicio “Autonomous Warrior 2018” (AW18), integrando convoyes automatizados con dron cautivo, enjambres de UAS y redes de RAS terrestres y aéreos. En este ejercicio participaron unidades del Ejército encargadas de experimentación, el ejército estadounidense y numerosos oficiales de enlace de varios países, así como muchas empresas civiles del ámbito de defensa. Tras un resultado fructífero, el Ministerio de Defensa destinó 95 millones de libras a desarrollar estos sistemas.

Los RAS, además de en el Reino Unido, están siendo implementados por EEUU, Rusia y China, contando ya los rusos con un gran número de RAS de combate (probados en la guerra de Siria). Están considerados como “tecnología disruptiva” debido a que cambiarán por completo la forma de hacer la guerra. Entre sus usos más inmediatos están (además de los ya citados para el dron cautivo): el reabastecimiento de los combatientes (tanto a pie como montados) mediante drones aéreos y terrestres, el combate (acompañando a las unidades de carros y de infantería sirviendo como plataformas de armas y como protección) y la vigilancia de zonas extensas (muy útil para las unidades de Caballería).



La tendencia en cuanto a RPAS es centralizar los medios de obtención (entre ellos los RPAS) a nivel Regimiento para su empleo a nivel Escuadrón.

3.6.4 ESTADOS UNIDOS

El US Army está modernizando los medios de sus unidades de reconocimiento para el horizonte de 2028. En los Grupos de Caballería se propone (Gómez, 2020):

- Añadir una tercera sección de exploradores a los Escuadrones de las Brigadas Acorazadas. Es decir, aumentar en 18 el número de vehículos Bradley M2A3.
- Añadir una tercera sección de exploradores a los Escuadrones de las Brigadas Acorazadas. Es decir, aumentar en 18 el número de vehículos Stryker y mejorarlos a una versión *Double V-Hull A1* (contra IED).

Durante unos ejercicios de la *3rd Infantry Division* en abril de 2021 en Camp Grayling (Michigan) se utilizó un dron cautivo para localizar objetivos (Army Times, 2021). Con M249 automáticas, M2.50 y lanzagranadas Mk19 se batieron dichos objetivos. Estas armas se dispararon con un controlador de fuegos inalámbrico fabricado por Kongsberg Defense & Aerospace. De dicho ejercicio se sacaron las siguientes conclusiones:

- El dron aporta conciencia situacional (*situational awareness*) de 360 grados.
- Mientras el dron observa, el personal está a cubierto.

Debido a la reestructuración que está sufriendo el US Army, no se ha avanzado más en el campo de los drones cautivos (aunque sí se ha potenciado el desarrollo de los RAS). Sí hay un interés en emplear RPAS a nivel Escuadrón (Novales, 2018).

3.6.5 ESPAÑA

Si bien la organización de las unidades de reconocimiento ya se ha explicado anteriormente, queda por describir el empleo de RPAS cautivos en el ET.

En cuanto a la óptica, las cámaras de un dron cautivo no son tan potentes como las del VERT, que es el vehículo presente en la Sección de Vigilancia. Sus capacidades de detección, reconocimiento e identificación son menores.

La empresa española Navantia está trabajando desde 2019 en el VVT (Vehículo de Vigilancia Terrestre), que parte del desarrollo del VERT e incorpora un dron cautivo de la marca Star Logistics Defense and Engineering (SLDE), con el objetivo de aumentar la conciencia situacional (Infodefensa, 2019). El dron es un hexacóptero con un MTOW de 15 kg y un cable de 150 metros. Se alimenta de la batería del propio vehículo (aunque como se verá más adelante, no es conveniente). El dispositivo fue bautizado como Unidad de Información Elevable (UIE). El concepto de este dron va más allá, y se presentaron bocetos como el de la Figura 11:



Figura 11: Centauro con dron cautivo de la empresa SLDE. En el apartado 3.3 del desarrollo de la memoria se analizará la viabilidad de este concepto. Fuente: Tendencias de la Caballería (Coronel Novales).

3.6.6 CONCLUSIONES

En las unidades de Caballería se busca un equilibrio entre el reconocimiento sigiloso (sensores electrópticos, RPAS, drones cautivos...) y agresivo (concepto *fight for information*). Cobran relevancia los escalones inferiores (como el Escuadrón) en la obtención de información.

Se quiere combinar los medios de reconocimiento sigiloso y agresivo, como se muestra en la Figura 12. Además, lo más destacable es la voluntad de dotar a las unidades de nuevos medios: RPAS micro y mini, UGV de reconocimiento y drones cautivos (especialmente en vehículos rueda).

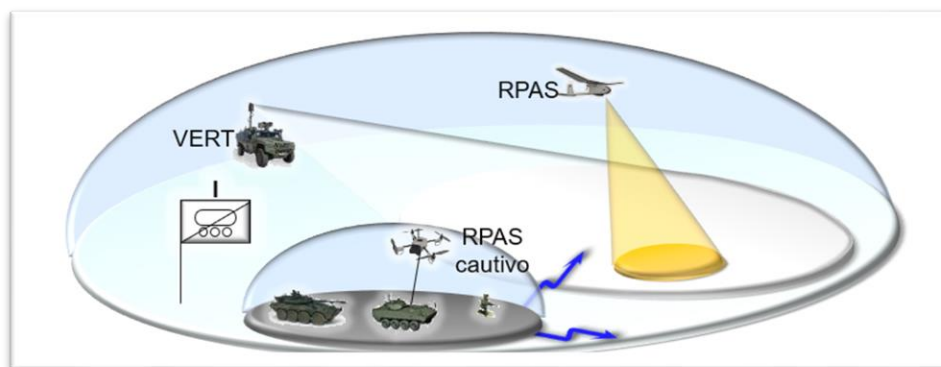


Figura 12: Integración de los sistemas de obtención y participación del dron cautivo. Fuente: Tendencias de la Caballería (Coronel Novales).



4.DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Una vez realizada la investigación inicial de la tecnología y orgánica existentes hasta el momento, cabe hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Dónde debería encuadrarse el dron cautivo en el Escuadrón de Caballería? ¿A disposición directa del Capitán Jefe? ¿O debería estar en la Sección de Vigilancia, atendiendo a una orgánica flexible que le permita destacarse de la SEV y acompañar a la sección más a vanguardia?
- ¿Qué drones cautivos hay en el mercado que satisfagan las necesidades del Escuadrón? ¿Qué vehículo es el más apropiado para cumplir esta misión?
- ¿Es suficiente con adquirir un dron cautivo? ¿Se le deberían añadir accesorios o sistemas ópticos más potentes?

En este capítulo se da respuesta a estas preguntas. Para hacer un análisis de la situación inicial, se ha empleado la herramienta que el Ministerio de Industria (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2021) pone a disposición para hacer un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).

4.1 ANÁLISIS DAFO

En la siguiente tabla confeccionada con la citada herramienta se aprecia la situación inicial del estudio, así como la importancia de las Debilidades y Fortalezas (factores internos) y Amenazas y Oportunidades (factores externos).



Tabla 2: Análisis DAFO. Fuente: elaboración propia mediante herramienta DAFO del Ministerio de Industria.



Observando la tabla, se hace evidente que a priori es viable implementar el dron cautivo en las unidades de Caballería. No solamente es una oportunidad para despuntar en este ámbito con respecto a otros ejércitos, sino que intrínsecamente potencia las características del Arma de Caballería: reconocimiento y actuación destacada de la vanguardia. Las necesidades tecnológicas, tácticas y orgánicas se desarrollarán en las siguientes páginas.

4.2 ESTRATEGIAS A SEGUIR

Tras realizar el análisis DAFO, la herramienta que proporciona el Ministerio permite confrontar las debilidades con las amenazas (de donde surgen las Estrategias de Supervivencia), las debilidades con las oportunidades (Estrategias Adaptativas), las fortalezas con las amenazas (Estrategias Defensivas) y las fortalezas con las oportunidades (Estrategias Ofensivas). Según la importancia que se le haya dado a cada factor en la herramienta DAFO, la propia herramienta clasifica las estrategias según su importancia (ver Tabla 3):

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
1) Estrategia defensiva	Crear una orgánica
2) Estrategia de supervivencia	Encontrar una solución viable económicamente.
3) Estrategia de supervivencia	Estudio del mercado de drones y de los ejércitos de otros países, así como realización de entrevistas a mandos y a expertos.
4) Estrategia defensiva	Emplear personal formado y conocedor de los drones.
5) Estrategia defensiva	Emplear los conocimientos disponibles para elegir entre las varias opciones de drones cautivos, en base a sus empleos tácticos, ventajas y desventajas.
6) Estrategia ofensiva	Uso de la experiencia acumulada; que la elección del dron cautivo y la orgánica satisfagan las necesidades de obtención de información del Escuadrón.
7) Estrategia adaptativa	Implementar el dron cautivo en el Escuadrón, logrando una estructura orgánica viable y flexible. Ello permitirá seguir las tendencias de la Caballería a la par que los demás países hacia el horizonte 2035.
8) Estrategia de supervivencia	Formación. Introducir el concepto de dron cautivo en el ET.
9) Estrategia de supervivencia	Convertirse en un referente en el empleo de esta tecnología para los demás ejércitos del entorno.

Tabla 3: Estrategias a seguir derivadas del análisis DAFO. Fuente: elaboración propia partir de la herramienta DAFO del Ministerio de Industria.



Las estrategias que aparecen en la Tabla 3 conformarán la línea argumental de la memoria.

4.3 ELECCIÓN DE VEHÍCULO PARA EQUIPO DE DRON CAUTIVO

Elegir un vehículo que sea capaz de satisfacer todos los requerimientos que implica el dron cautivo no es tarea fácil. Dicho vehículo debe cumplir:

- Sigilo (poca firma acústica y silueta reducida).
- Rapidez.
- Capacidad de acompañar a cualquier elemento del Escuadrón, incluida la Sección a Vanguardia.
- Autonomía.
- Capacidad para transportar un dron cautivo. No se debe olvidar que el sistema comprende la estación, el cable y el dron.
- Capacidad de autodefensa (por lo menos, armamento ligero).
- Poca firma térmica.

En la serie de entrevistas realizadas a Mandos y personal del Regimiento “España” nº11 (completas en el Anexo B), así como fruto del análisis realizado, se concluye que el equipo o pelotón que porte el dron cautivo tendrá las siguientes funciones:

- Será un elemento ligero que pueda acompañar a la sección más a vanguardia (o incluso más avanzado si se requiere), con la capacidad de ver más allá de elementos del terreno que oculten lo que hay detrás. Por ejemplo, la sección a vanguardia puede encontrarse detrás de una vaguada. En este caso, se desplegaría al dron cautivo para observar lo que pueda encontrarse detrás de la siguiente altura.
- La SEV proporciona vigilancia en un amplio sector, pero el mástil elevable de 4 metros no cubre todo el terreno que tiene delante el Escuadrón. Por ello, las secciones de vanguardia necesitan de un elemento (dron cautivo) que les permita observar “qué hay detrás de la siguiente cota o vaguada”. Los aspectos de visibilidad se tratarán con detalle en el apartado 4.6.
- La entidad será de pelotón (dos vehículos). Uno de ellos desplegará el dron cautivo y el otro proporcionará seguridad.
- En combate no convencional, se integrará donde lo requiera el Mando. Por ejemplo, en un convoy ejercerá la función de capacitador y su lugar en el convoy lo determinará el Jefe.

El punto de partida de este apartado es la elección de un vehículo que sea rápido, sigiloso, y pueda pisar el mismo terreno que el resto de los vehículos de Caballería. Además, recupera la esencia de un elemento pequeño y sigiloso de vigilancia que puede destacarse muy lejos del grueso, que es una de las misiones tradicionales de la Caballería.

A efectos de instrucción, un vehículo ligero como el visto en el Ejército Francés en el Estado del Arte no requiere de la misma experiencia que un VRCC Centauro o un CC Leopardo, por lo que la formación del personal es más sencilla. Además, es un equipo o pelotón autosuficiente, flexible y con una gran movilidad. Económicamente hablando, es además la opción más viable (si se compara, como se verá ahora, con los otros candidatos: Centauro, VAMTAC, VERT).

En definitiva, se propone una solución práctica, útil, sencilla y de bajo coste. Los vehículos



que aspiran a portar el dron cautivo son:

- En primer lugar, el dron podría transportarse en un **VRCC Centauro**, con el personal alojado en la transportada del vehículo listos para ser desplegados. A priori, presenta las siguientes desventajas:
 - Dicho Centauro debería estar siempre en la sección a vanguardia. De otra forma, no se aprovecharían las capacidades del dron cautivo puesto que no se puede destacar un Centauro de su sección para que se dirija al encuentro de otra a lo largo de toda la maniobra. Es decir, hay una pérdida de flexibilidad.
 - Si se quiere observar con sigilo, el VRCC Centauro no es el vehículo más idóneo dada su alta firma acústica. Se pierde la esencia de capacitador sigiloso a vanguardia.
 - Precio: 3,5 millones de euros.
- En segundo lugar, un **VERT** de la SEV podría transportar el dron cautivo. Esta opción se descarta por dos razones:
 - El personal que va montado en VERT tiene suficiente trabajo con sus medios de observación (mástil, cámara, ordenadores) como para atender al despliegue de un dron con más elementos de observación. La instrucción del personal comprendería la óptica del mástil, el dron cautivo, el armamento del vehículo y el propio VERT.
 - Si la óptica del dron cautivo es más limitada que la de la cámara del VERT, no tiene sentido implementar ambas en el mismo vehículo. Esto se podría hacer extensible a la propia SEV (como se analizará más adelante en la propuesta de orgánica).
 - Precio: 911.500 euros.
- El tercer vehículo es el **Vehículo de Alta Movilidad Táctica, VAMTAC**. Es un producto español, se confunde con otros vehículos (VERT, Spike) y ya existe una cadena logística (mantenimiento, repuestos, personal formado) para este vehículo. Su firma térmica y acústica son muy reducidas y puede acompañar a cualquier vehículo de la Caballería. Su ficha aparece en el Anexo C. Sus desventajas son:
 - Personal: un pelotón de VAMTAC puede estar formado por 4-8 combatientes.
 - Es un vehículo más caro que el que se propondrá.
 - El dron cautivo, en caso de conectarse a la batería del vehículo, supondrá un problema añadido, ya que dicha batería no tiene suficiente alimentación para ambos.
 - Precio: 475.000 euros
- El **Netón Mk2** (ver Figura 13), el nuevo Vehículo Ligero de Operaciones Especiales (VLOE) del Mando de Operaciones Especiales (MOE), de la empresa española EINSA. Su ficha técnica aparece en el Anexo C, y aquí se resumen sus características principales (Ayala, 2020) (García, 2021):
 - Escudo abatible de material blindado para proteger al conductor.
 - Funda de techo desmontable (ideal para desplegar el dron cautivo).
 - Espacio para cinco personas.
 - Emplazamientos para ametralladoras de calibres 7,62mm y 5,56mm



(ideal para la autodefensa del pelotón).

- Puede ser transportado en helicópteros CH-47D Chinook y aviones A400M.
- Todoterreno de elevada movilidad, siendo apto para acompañar a cualquier vehículo de Caballería. Supera pendientes del 60% y pendientes laterales del 40%.
- Puede transportar hasta 1.078 kg y dispone de una zona trasera (de 1,6 x1 metros) para transportar desde heridos hasta el equipo que se requiera (el dron cautivo).
- Precio: 165.290 euros.



Figura 13: Netón Mk2. Se observa la zona de carga en la parte trasera donde iría el dron cautivo. Fuente: defensa.com

Los resultados del análisis se muestran en el siguiente diagrama de radar confeccionado con el programa *Livegap Charts*. Se han escogido los siguientes aspectos fundamentales, en base a la encuesta realizada a miembros del Regimiento "España" nº11, que aparece en el Anexo B:

- Sigilo.
- Capacidad de acompañamiento a otros elementos del Escuadrón.
- Económico.
- Formación del personal (más puntuación es menos tiempo de formación).
- Personal hipotecado (más puntuación es menos personal hipotecado).
- Movilidad.
- Capacidad de desplegar rápido el dron.
- Cadena logística.

Seguidamente, se le ha asignado un valor a cada uno para cada vehículo empleando una puntuación del 1 al 10, según las entrevistas realizadas. Los valores asignados a cada vehículo han sido los siguientes (Tabla 4):



	NETON	CENTAURO	VAMTAC
Sigilo	9	2	8
Acompañamiento a otros elementos del Escuadrón	10	5	9
Económico	7	3	6
Formación	8	4	6
Personal hipotecado	8	9	7
Movilidad	9	8	6
Despliegue rápido del dron	8	6	7
Cadena logística	5	7	7

Tabla 4: Valores asignados a cada aspecto fundamental. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas a mandos del Regimiento "España" nº11 e investigación propia.

El resultado se puede ver en la Figura 14:

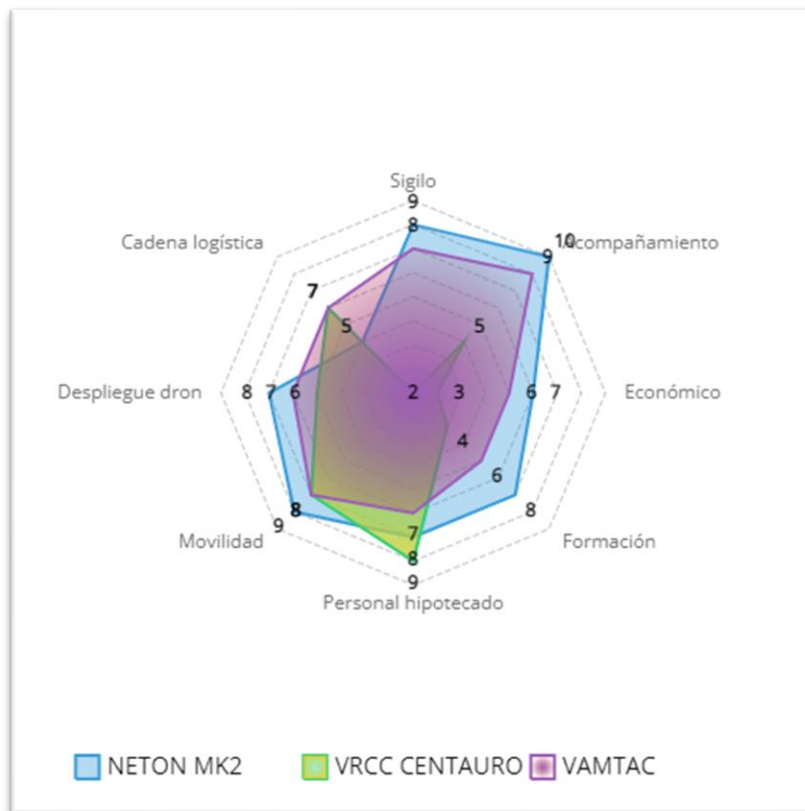


Figura 14: Diagrama de radar para los tres vehículos candidatos. Fuente: elaboración propia con Livegap Charts.



Únicamente superado en el aspecto de la cadena logística (el VAMTAC y el Centauro ya la tienen establecida), y con menos personal hipotecado en el Centauro (se necesitarían 2 combatientes en la transportada del vehículo), el Netón Mk2 es el vehículo que consigue la mejor puntuación. Muy parecido al VAMTAC en la mayoría de los aspectos, donde claramente se diferencia es en el económico, siendo la solución más viable.

Por tanto, el vehículo propuesto para formar el pelotón de dron cautivo es el Netón Mk2.

4.4 PROPUESTA DE ORGÁNICA

Durante las prácticas de mando en el Regimiento “España” nº11, se realizaron una serie de entrevistas a Mandos del Grupo Numancia para conocer de qué forma, en caso de que tuvieran a su disposición un dron cautivo, lo encuadrarían en su Escuadrón. Estas entrevistas aparecen completas en el Anexo B. Formando parte del análisis realizado, son una valiosa fuente de información, puesto que proporcionan de primera mano la opinión de aquellos que podrían convertirse en futuros mandos directos de un equipo de dron cautivo.

De dicha interacción con los Mandos, además del estudio realizado previamente, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Como mínimo el equipo de dron cautivo deberá ser un pelotón de dos vehículos. Uno desplegará el dron cautivo y el otro proporcionará protección. Esto entra dentro del concepto de “conciencia situacional”: si un observador se centra en un objetivo puntual o concreto, pierde de vista el resto de su sector. Para que pueda realizar dicha observación, deberá haber como mínimo otro vehículo que proporcione vigilancia al sector.
- La Sección de Vigilancia es flexible. Está a disposición del Capitán y puede destacarse a vanguardia para su labor de vigilancia. Lo mismo es aplicable al equipo con dron cautivo. Si pertenece a la SEV, puede destacarse allí donde lo requiera el Capitán.
- Si se integra al equipo con dron cautivo en la SEV, el Teniente Jefe de la SEV puede discriminar la información que le llegue al Capitán. De esta forma, al Capitán no le llegará información duplicada de la SEV y de su equipo de dron cautivo, en caso de depender éste de su mando directo. Sin embargo, al estar integrado en la SEV, perdería su esencia de equipo independiente avanzado o destacado a vanguardia.
- En combate convencional el equipo de dron cautivo debería estar empotrado en la sección que más convenga en cada momento (normalmente la de más a vanguardia) o en la más ligera (que puede ser la SEV). Por ello es más lógico que dependa directamente del Capitán, que decidirá dónde encuadrarlo en cada situación.
- En combate no convencional, particularmente en el caso de un convoy, el equipo de dron cautivo deberá depender, esta vez como capacitador, del Jefe del convoy. En combate asimétrico podrá ser muy empleado para reconocer itinerarios.

Por tanto, se proponen dos tipos de organigramas: una estructura orgánica (para preparación en tiempo de paz y funcionamiento diario) y una operativa, que dependerá del tipo de misión.



4.4.1 Estructura orgánica

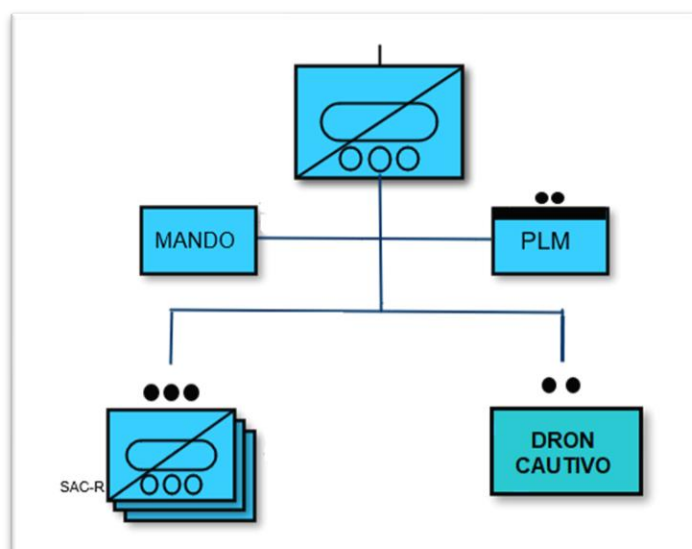


Figura 15: Estructura orgánica propuesta. Fuente: elaboración propia.

Para el funcionamiento del Escuadrón en Territorio Nacional, maniobras, ejercicios, mantenimiento y misiones en general, se propone que el pelotón con dron cautivo esté bajo dependencia directa del Capitán (Figura 15). A efectos de instrucción, el pelotón podrá estar encuadrado allí donde el Capitán lo requiera.

En este caso se ha considerado un Escuadrón Acorazado en base a ruedas, pero la estructura sería la misma en el caso de un Escuadrón Ligero Acorazado con Sección de Vigilancia (ver Figura 16):

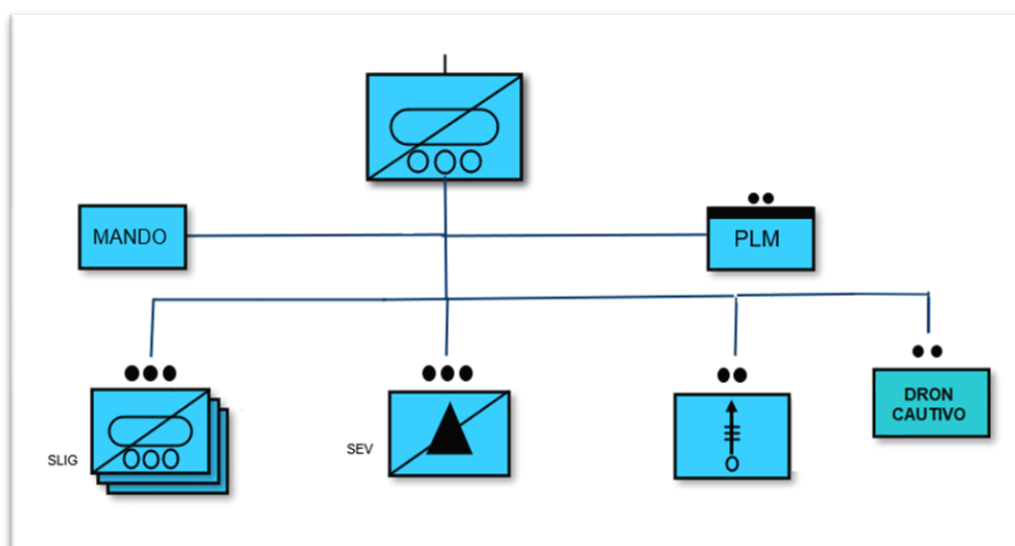


Figura 16: Propuesta de orgánica para un ELAC ruedas. Fuente: elaboración propia.

En ambos casos, el Escuadrón cuenta con el Mando (Capitán), la Plana Mayor de Mando (PLM), 3 Secciones de combate y el pelotón con dron cautivo. En el ELAC, están además la SEV y el Pelotón de Morteros Pesados (PNMP).



4.4.2 Estructura operativa

Para cumplir misiones determinadas, el Escuadrón se constituye en un Subgrupo Táctico. Es decir, contará con la estructura necesaria para cumplir la misión asignada y se le agregarán los medios que sean necesarios, todo ello bajo mando único del Capitán.

En el primer ejemplo, al Escuadrón se le ha agregado un Pelotón de Vigilancia y el Pelotón de dron cautivo sigue bajo mando directo del Capitán (ver Figura 17):

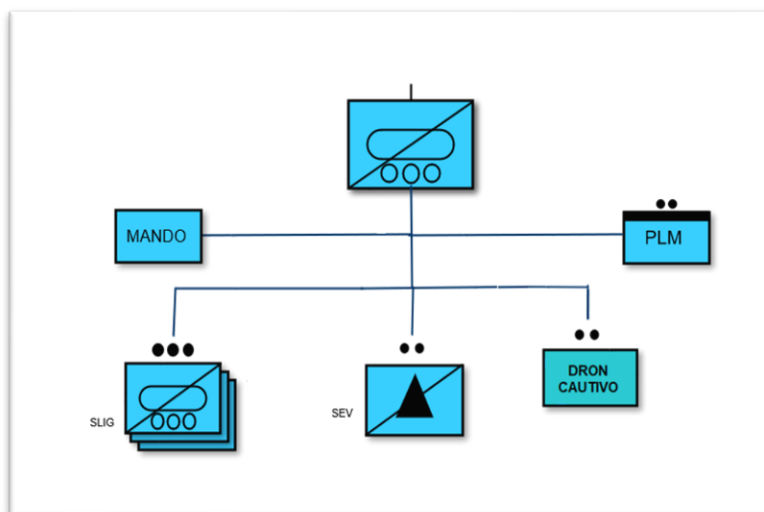


Figura 17: Ejemplo de estructura operativa. Fuente: elaboración propia.

En el segundo ejemplo, el Pelotón con dron cautivo pasa a depender del Pelotón de Vigilancia, pero también se puede colocar en la Sección más a vanguardia (ambos casos en la Figura 18):

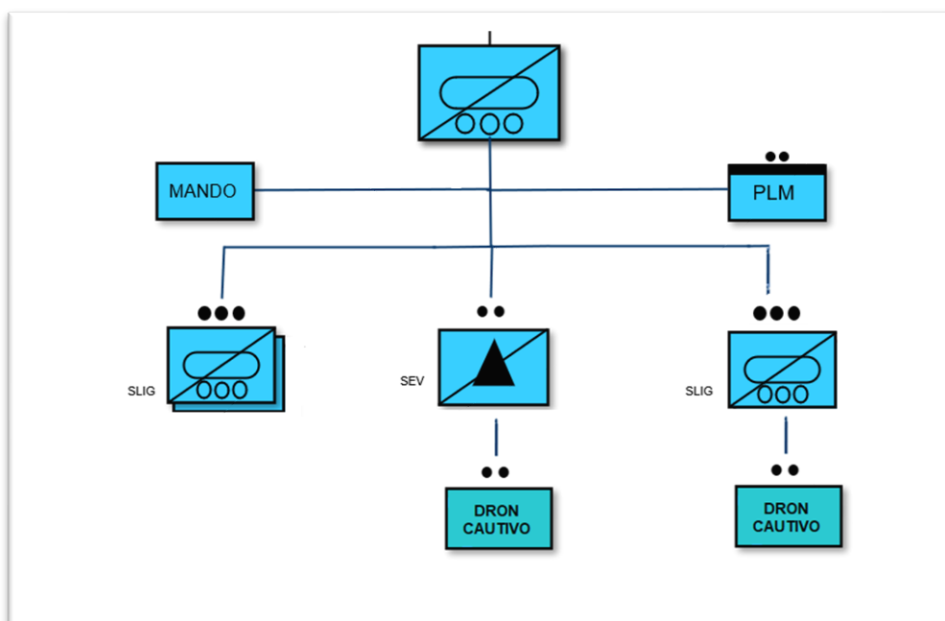


Figura 18: Otros ejemplos de estructura operativa. El pelotón con dron cautivo puede depender del Pelotón de Vigilancia o de una Sección en concreto, según lo requiera el Mando. Fuente: elaboración propia.

4.4.3 El pelotón de dron cautivo

El pelotón que porte el dron cautivo, montado en el vehículo Netón Mk2, contará (como ya



se ha señalado anteriormente) con un vehículo que despliegue el dron y otro vehículo que dé seguridad. La orgánica propuesta es:

- Equipo 1 (Vehículo 1): Jefe de Pelotón (y Jefe de Vehículo, JVH), Conductor y Tirador.
- Equipo 2 (Vehículo 2): Jefe de Vehículo (y Operador de dron cautivo nº1) y Conductor (Operador de dron cautivo nº2).

El Pelotón, por tanto, lo formarán 5 combatientes. El Jefe será un Sargento. El Tirador de su vehículo (de empleo Cabo) empleará armamento de 7,62mm o 12,70mm (el vehículo permite ambas ametralladoras) para la autodefensa del Pelotón. Los Operadores del dron cautivo serán personal especializado en esta nueva tecnología y serán además el personal del Vehículo 2. Uno de ellos será el Jefe (de empleo Cabo), además del Conductor. Los Conductores serán Soldados. La orgánica final (en la que se ha empleado la plantilla para orgánicas del Trabajo de Fin de Grado del Teniente Kevin Piera Sísar) queda (Tabla 5):

DESGLOSE DE PERSONAL		UNIDAD SUPERIOR	ESCUADRÓN DE CABALLERÍA							ACTIVADO	1
		UNIDAD	PELOTÓN DE DRON CAUTIVO					TOTAL	1	ACTIVADO	1
		SUBUNIDAD	EQUIPO DRON CAUTIVO					TOTAL	2	ACTIVADO	2
	PUESTO TÁCTICO			EMPLEO (OBSERV.)	CUERPO	ESCALA	ESPECIALIDAD		ACTIVADOS	APTITUD	COMENTARIO
	PUESTO	TOTAL	OBSERV. AL PUESTO				FUND.	COMP.			
NÚCLEO	ARMAMENTO INDIVIDUAL										
Pelotón Dron Cautivo											
1Activ:											
	JEFE PELOTÓN - FUSA VISOR 1,5 AUMENTOS; PISTOLA;	1	Jefe de vehículo (JVH)	SGTO	CGET	ESB	CAB		1	Dron cautivo	1
	OPERADOR DE DRON CAUTIVO - FUSA VISOR 1,5 AUMENTOS	1	Jefe de vehículo (JVH)	CBO	CGET	ETR	CAB		1	Dron cautivo	1
	TIRADOR 7,62mm/12,70mm - FUSA VISOR 1,5 AUMENTOS	1		CBO	CGET	ETR	CAB		1		1
	CONDUCTOR - FUSA VISOR 1,5 AUMENTOS	1		SDO	CGET	ETR	CAB		1	Carné de conductor	1
	CONDUCTOR - FUSA VISOR 1,5 AUMENTOS	1	Operador dron cautivo	SDO	CGET	ETR	CAB		1	Carné, Dron cautivo	1

Tabla 5: Personal del Pelotón de dron cautivo. Fuente: elaboración propia a partir de plantilla del Trabajo de Fin de Grado del Teniente Kevin Piera Sísar (Sísar, 2019)

En la Tabla 5 se observa además el armamento individual del personal (Fusil HK G-36 y pistola para el Sargento). Todos ellos pertenecen al Cuerpo General del Ejército de Tierra (CGET). El Sargento (SGTO) pertenece a la Escala de Suboficiales (ESB), mientras que los Cabos (CBO) y Soldados (SDO) pertenecen a la Escala de Tropa (ETR). Todos ellos deberán ser de la Especialidad Fundamental de Caballería y los Soldados Conductores tendrán el Carné de Conductor B. Se prefiere que no haya una posible especialidad complementaria. Ello se debe a que este Pelotón está concebido como la máxima expresión del empleo de la Caballería y para que pueda cumplir su cometido es necesario que el personal sea del Arma de Caballería. Así se puede integrar con el resto de su unidad base, siendo capaces de cumplir las mismas misiones. Para ello debe conocer cómo trabaja u opera el resto de su unidad.

4.5 Elección de dron cautivo

En este apartado se procederá a describir las prestaciones que se buscan en un dron cautivo (principalmente relacionadas con aspectos tácticos), para acto seguido mostrar los principales drones cautivos existentes en el mercado. Finalmente, y mediante el empleo de la herramienta de Análisis Multicriterio, se compararán los sistemas y se propondrá uno de ellos.

4.5.1 Características buscadas

Durante las ya citadas entrevistas a los Mandos del Grupo Numancia del Regimiento “España” nº11, también fueron preguntados acerca de los atributos o características que precisaría un hipotético dron cautivo. Además, fueron explícitos en algunas de las ventajas y



desventajas tácticas que implican dichos drones. Estos resultados aparecen completos en el Anexo B.

La información recopilada es la siguiente:

- Debe proporcionar vigilancia constante (para lo cual ya precisa de alimentación constante).
- Se debe tener en cuenta que el sistema no solamente comprende el dron, sino también la estación y el cable. Por ello se busca un tamaño razonablemente pequeño o portátil, que pueda ser transportado en el Netón Mk2.
- Su carga de pago debe permitir que se le pueda añadir una cámara (si no la tiene incorporada) con prestaciones que se describirán más adelante, en el apartado 4.6.
- La solución encontrada debe ser atractiva económicamente.

Las ventajas y desventajas tácticas observadas por los mandos fueron las siguientes (ver Tabla 6), de las que se puede extraer la idea de implementar una cámara térmica o multispectral, explorada en el apartado 4.6:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Una cámara térmica o multispectral puede aportar nuevas prestaciones, como por ejemplo la detección de campos de minas (al detectar tierra removida).	El dron representa un objetivo estático , que puede ser detectado. Si se mueve (como es el caso de un Raven) puede ser confundido con un ave.
No emite señales radio.	Al ser multirrotor tiene cierta firma acústica .
Evita el riesgo de sacar un vehículo en desfilada para observar (en su lugar se asoma el dron cautivo).	El desgaste de las partes móviles y de los rotores requiere de especialistas para su mantenimiento.
Es muy apto para situaciones de combate asimétrico (reconocimiento de itinerarios, convoyes...)	En situaciones de viento, puede estabilizar el vuelo, pero aumenta el consumo de batería.
	Requiere de un permiso NOTAM para poder volar en territorio nacional en caso de superar los 100 metros de altura.

Tabla 6: Ventajas y desventajas de un dron cautivo (de donde se extrae la prestación adicional de incorporar una cámara multispectral). Fuente: elaboración propia.

Durante las entrevistas se pudieron observar algunas reticencias al empleo de drones cautivos por parte de alguno de los Mandos (recogidas en las desventajas), que sin embargo fueron eclipsadas por el amplio abanico de posibilidades que ofrecen. La valoración general fue positiva.

4.5.2 Principales drones cautivos en el mercado

En este apartado se describen los principales drones cautivos presentes en el mercado. Solamente aparecen los datos más relevantes, estando completos en el Anexo D con su ficha técnica. La información recogida tanto aquí como en los anexos es fruto de una intensa



interacción con diversos responsables de las distintas empresas aquí mostradas. En especial, la empresa Embention proporcionó gran cantidad de datos y material que han resultado ser indispensables y muy valiosos para el análisis.

4.5.2.1 ASTER-T

Este dron de las empresas SCR Drones y EVERIS (figura 19) está diseñado para vigilancia privada y militar, y para monitoreo de eventos y crisis (SCR Drones, 2022). Su cable puede medir entre 70 y 100 metros, siendo ésta una característica interesante. Además, es de recogida automática. Lo más interesante de este dron es que su cámara es infrarroja y térmica (con un zoom de 40 aumentos), permitiendo una observación de calidad día y noche (localizando vehículos hasta 2.500 metros y reconociéndolos a 330 metros si usa la visión térmica).

Su peso máximo al despegue es de 14kg para el dron y de 23kg para la estación, con una carga de pago de 4kg. Esto hace que en su conjunto sea un sistema bastante ligero y de dimensiones reducidas para su estación: 65x38x36 cm, lo que la hace apta para ser transportada en el Netón Mk2.



Figura 19: Dron cautivo ASTER-T. Fuente: scrdrones.com

Además, este dron fue probado por el Grupo de Artillería de Información y Localización (GAIL) II/63 del ET en una búsqueda de munición no detonada en el Campo de Maniobras de El Teleno (León). El dron despegó automáticamente, se elevó 60 metros, visualizó los objetivos y aterrizó automáticamente. Teniendo conocimiento de estos hechos, se ha contactado con un Comandante de Artillería presente en el ejercicio (entrevista completa en el Anexo B) para conocer su opinión acerca de los aspectos tácticos que aporta un dron cautivo. Las conclusiones son:

- Gran ventaja a causa de la autonomía ilimitada.
- La opción de montar cámaras diferentes (si lo soporta la carga de pago) aporta gran versatilidad al sistema.
- No es detectable a grandes distancias (más de 100 metros) por sus dimensiones reducidas. Además, su firma infrarroja es mínima.

Sin embargo, dicho Comandante también aportó su opinión sobre el dron ASTER-T: el tiempo de despliegue está en un rango de 20-40 minutos y el cable se atascó en varias ocasiones. Si bien puede ser útil para situaciones estáticas, no es el concepto que se busca en este trabajo. Tampoco se puede usar en movimiento. Es un RPAS que la empresa SCR ha



subcontratado a otra empresa (DRONETOOLS) y todavía está en desarrollo. Ha participado en simulacros con la Policía Municipal de Madrid, pero todavía no ha recibido ninguna oferta para ser adquirido.

4.5.2.2 ORION 2

La empresa francesa ELISTAIR ha lanzado al mercado un dron cautivo que pretende ser el líder en su sector (figura 20). Ya ha sido empleado en varios países militarmente (fuerzas especiales inglesas y francesas) y en el ámbito civil (ha monitorizado eventos como la SuperBowl y Fórmula 1).

- Está conectado por un cable llamado Safe-T de 100 metros (con una versión que será aún más larga, la Safe-T-2) a la estación Light-T, que es muy ligera (ELISTAIR, The Tethered Drone Company, 2021).
- Sus dimensiones son también muy reducidas.
- Posee diversas configuraciones para llevar potentes cámaras XDM y XQT, ambas de alta resolución (1080p) y con visión infrarroja (detalladas en la ficha técnica del Anexo), que pueden detectar objetivos hasta 10km.
- El cable permite transmitir datos a 200Mb/s y además el dron está preparado para hacer frente a condiciones meteorológicas adversas (en especial la lluvia). Todo ello viene preparado para transportarlo en un paquete de pequeñas dimensiones.
- Precio: 90.000 euros.



Figura 20: ORION 2. Se aprecia en la imagen su tamaño reducido y la estación Light T (así como el ordenador de control desde el que lo maneja el usuario). Fuente: elistair.com.

4.5.2.3 NM&TS150

De la empresa EMBENTION (figura 21), tiene características muy interesantes:

- Es elevable hasta 150 metros (con cable auto enrollable) y resiste ciertas condiciones de lluvia (EMBENTION, 2021).
- Con una cámara gimbal HD e IR, puede transmitir imagen de alta calidad e infrarrojo a través del cable.
- Su autopiloto (basado en el Sistema Veronte de la misma empresa) hace que la estación pueda moverse con el dron en vuelo (en otras palabras, el vehículo puede moverse operando el dron). El hecho de poder moverse a la vez que el vehículo es especialmente atractivo para su empleo en convoyes y reconocimientos de itinerario.
- Su tamaño de 0,86x0,78x0,33 metros (sin contar las hélices) es aceptable para una silueta reducida.
- Aunque la estación tenga un peso de 53kg, es transportable en el Netón Mk2



debido a su tamaño: 0,65x0,65x0,63 metros.

- Precio: 55.000 euros.



Figura 21: Dron TS150. Se aprecian las pequeñas dimensiones del conjunto. Fuente: EMBENTION

4.5.2.4 Hovermast

Otro dron reseñable es el Hovermast 100 (figura 22), de la empresa israelí Sky Sapience (Sky Sapience, 2021). Este dron pertenece a una familia de drones cautivos diseñados para su uso desde plataformas navales a vehículos tipo pick up. Ha sido empleado por el ejército israelí, pero está concebido para usos más estáticos (control de incendios, control de masas, vigilancia marítima...) por lo que sus prestaciones aumentan (tiene cámaras muy avanzadas como la T-STAMP-XR o la OTUS 170, con IR, designador láser y reconocimiento facial; y puede portar cargas de pago como radares o sistemas de transmisiones). Es el dron cautivo "ideal", pero ello hace del dron cautivo un sistema muy caro y complejo, no siendo compatible con lo que se busca en este proyecto: una idea sencilla y viable para el empleo de las pequeñas unidades.

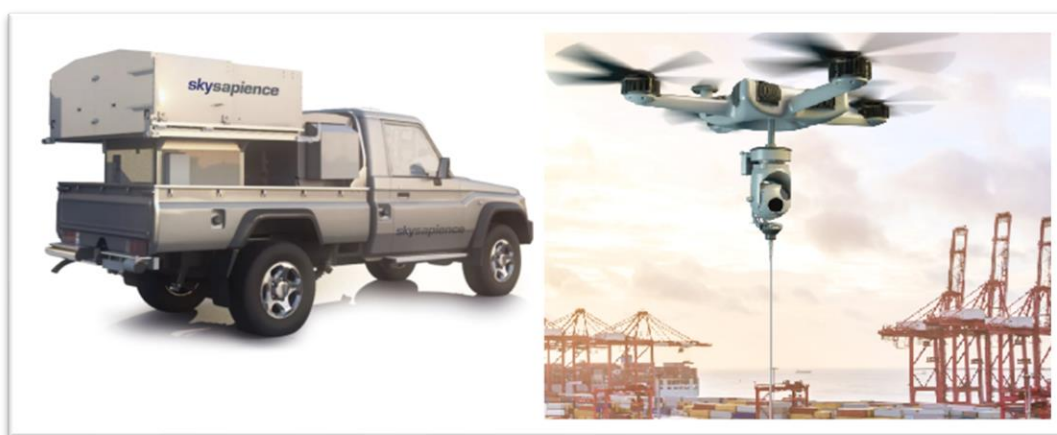


Figura 22: Hovermast israelí. Fuente: Sky Sapience

4.5.2.5 Otros

Si bien es cierto que hay otros drones cautivos en el mercado, como el de la empresa polaca FlyFocus o el dron cautivo SAMS-T, éstos no se han tenido en consideración debido a que, por sus características, no se adaptan a este proyecto. Sin ir más lejos, en el primero los



componentes deben adquirirse por separado a un precio muy elevado, y en el segundo su tamaño le impide portar cámaras potentes y útiles para las misiones de la Caballería.

4.5.3 Elección de dron cautivo: Análisis multicriterio.

El análisis multicriterio es una herramienta de ayuda a la decisión. Se ha empleado un programa matemático desarrollado por el Teniente Coronel de Caballería Carlos Ruiz López, del Centro Universitario de la Defensa. Este programa implementa el método de decisión multicriterio discreto: *Analytic Hierarchy Process* (AHP). En palabras del Teniente Coronel (López, 2021):

“Es un método en el que se representan las preferencias del decisor por medio de un sistema de comparación «por parejas». El objetivo final es desarrollar una metodología fiable y válida para la evaluación y ordenación de alternativas en función de varios criterios / subcriterios. Este método es sencillo, práctico, comprensible y con un fundamento matemático robusto.”

Es decir, se introducen una serie de criterios para comparar varias alternativas. En el caso de las alternativas, se comparan tres drones, que, tras el análisis inicial, son los más atractivos:

- Aster-T
- Orion 2
- TS150

Posteriormente se deben incluir los criterios. Dichos criterios se deben ordenar por su importancia. Una valoración de 1 es “igual importancia”, un 3 es “importancia moderada”, un 5 es “importancia grande”, un 7 “importancia muy grande”, y un 9 “importancia extrema”. Una vez introducidos todos los valores para cada criterio, el programa los compara por parejas y obtiene el peso relativo de cada criterio respecto a los demás. Posteriormente, se realiza lo mismo construyendo unas matrices para cada alternativa, lo que lleva al resultado final: una matriz de decisión con las alternativas jerarquizadas.

Los criterios y subcriterios escogidos son:

- Cable.
 - Longitud.
 - Tiempo de suelta/recogida.
- Equipo.
 - Peso.
 - Dimensiones.
- Medios optoelectrónicos.
- Precio.
- En el mercado (no es un proyecto en desarrollo).
- Características adicionales.
 - Autopiloto.
 - Se mueve a la vez que el vehículo.

Las valoraciones de cada criterio se han marcado en base a una encuesta realizada a personal (Mandos y Tropa) del Regimiento “España” nº11, cuyo resultado aparece en el Anexo B. De la misma forma, las características técnicas que han hecho falta en el análisis aparecen en las fichas técnicas completas, en el Anexo D.

El proceso informático aparece con detalle en el Anexo E, mientras que aquí se muestra la matriz de decisión resultante (Figura 23):



Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	ASTER-T	ORION 2	TS-150
CABLE	0.18	0.10	0.21	0.69
+ LONGITUD	0.25	0.20	0.20	0.60
+ TIEMPO SUELTA	0.75	0.06	0.22	0.72
EQUIPO	0.07	0.27	0.54	0.18
+ PESO	0.17	0.63	0.26	0.11
+ DIMENSIONES	0.83	0.20	0.60	0.20
MEDIOS VISIÓN	0.23	0.09	0.45	0.45
PRECIO	0.40	0.17	0.08	0.75
MERCADO	0.07	0.14	0.43	0.43
ADICIONALES	0.05	0.23	0.23	0.53
+ AUTOPILOTO	0.25	0.33	0.33	0.33
+ A LA VEZ QUE VH	0.75	0.20	0.20	0.60
		0.15	0.25	0.60

Figura 23: Resultado del análisis multicriterio. Matriz de decisión. Fuente: elaboración propia.

Se observa que el dron TS-150 de la empresa EMBENTION es el que obtiene mayor ponderación. Será entonces el dron escogido para el pelotón de dron cautivo.

El segmento de tierra del dron está formado por dos cajas. La Caja 1 es el almacén del propio dron, contiene una estación eléctrica transformadora, otra de aviónica, y dispositivos de refrigeración. La Caja 2 contiene la bobina del cable, elementos para procesar vídeo y dispositivos de refrigeración. El ordenador o tablet se conecta vía Ethernet o USB a la Caja 2. Las dimensiones de ambas cajas son 0,675m x 0,670, quedando el compartimento trasero del Netón Mk2 como muestra la Figura 24, gracias a datos proporcionados por la empresa Embention:

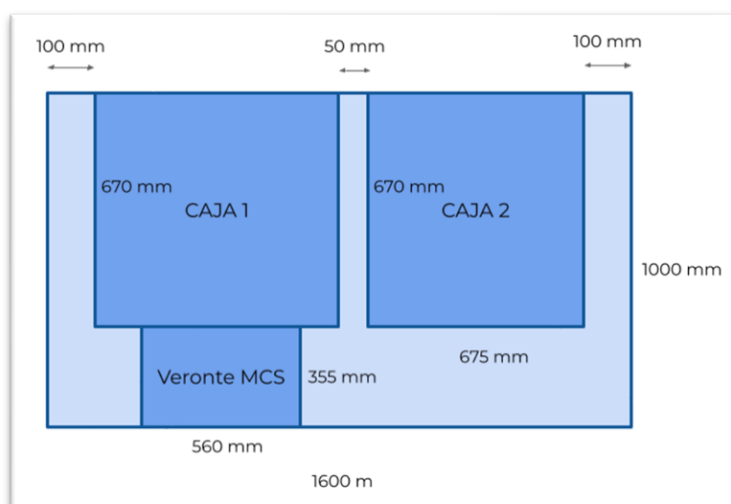


Figura 24: Compartimento trasero del Netón Mk2 con ambas cajas. Se ha incluido el sistema de autopiloto Veronte en caso de querer incorporarlo. Fuente: elaboración propia gracias a medidas proporcionadas por Business Development Officer de Embention.



4.6 Consideraciones adicionales.

En este apartado se tratarán varios aspectos: los conceptos de detección, reconocimiento e identificación, y su utilidad en un dron cautivo; la visibilidad que ofrece un dron cautivo y, por último, el concepto de cámara multispectral y cámara térmica. Sirva este apartado para reafirmarse en la utilidad de un dron cautivo.

4.6.1 Detección, reconocimiento e identificación. Visibilidad.

Las cámaras de las que están dotadas tanto los vehículos de exploración como los drones cautivos tienen tres modos de “ver” a un objetivo, suponiendo condiciones ideales de visibilidad:

- Detección: el sistema es capaz únicamente de determinar que, efectivamente, hay un objetivo. Por ejemplo, “objeto en movimiento”.
- Reconocimiento: el sistema ahora es capaz de distinguir o, si se prefiere, clasificar, el objetivo que está detectando. Por ejemplo, “un vehículo”.
- Identificación: el sistema, finalmente, y según su complejidad, puede saber qué es lo que está viendo. Por ejemplo, “un carro de combate T-90”.

Un VERT es capaz de detectar objetivos a unos 10km de distancia. Sin embargo, en su sector o campo de visión aparecerán zonas ocultas. El dron cautivo y su cámara no están pensados para detectar a 10km, pero debido a que están elevados unos 100 metros (a diferencia de los 4 metros del mástil del VERT) pueden complementar al VERT viendo las zonas ocultas. Es decir, aunque el dron cautivo está pensado para “ver lo que hay más allá de la siguiente vaguada”, puede trabajar estrechamente con los VERT de la Sección de Vigilancia. La siguiente figura (figura 25) ilustra este párrafo:

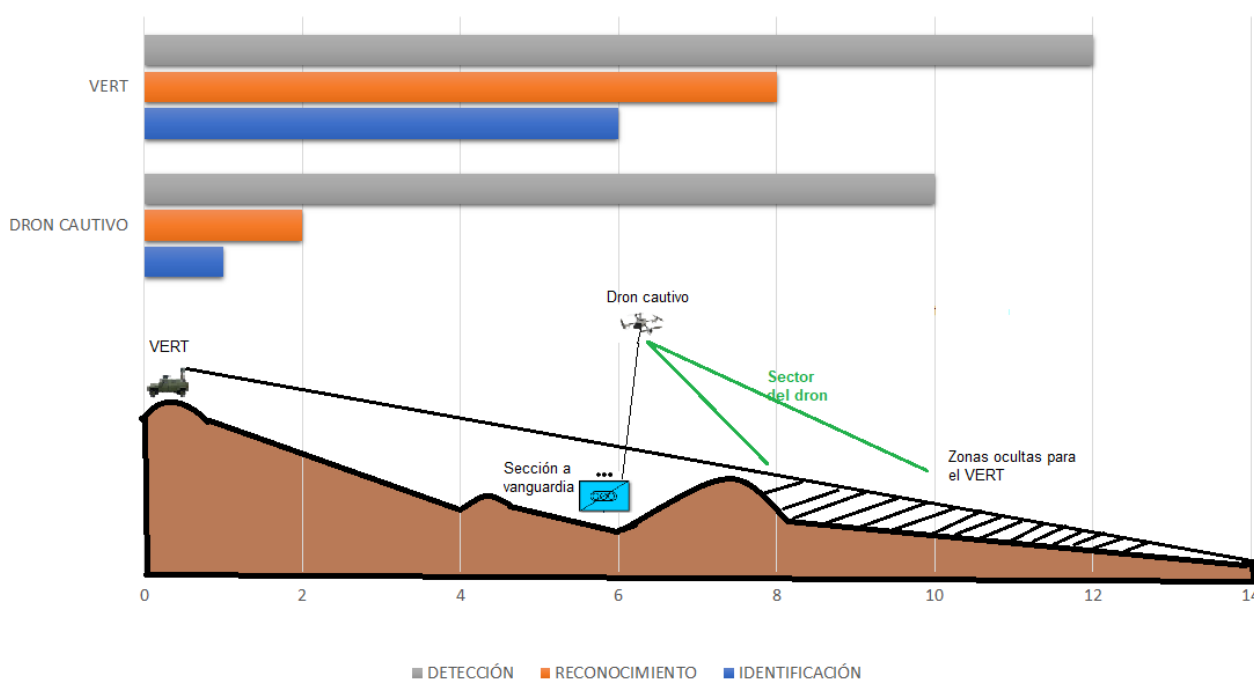


Figura 25: Trabajo entre la Sección de Vigilancia y un equipo de dron cautivo integrado en la Sección de más a vanguardia. Se aprecia cómo el dron es capaz de cubrir las zonas ocultas para los VERT. Fuente: elaboración propia.

Los sistemas optoelectrónicos del dron TS150 tienen el siguiente rango de Detección, Reconocimiento e Identificación (Figura 26):



OBJETIVO	DETECCIÓN	RECONOCIMIENTO	IDENTIFICACIÓN
HUMANO	4.274 m	1.069 m	668 m
VEHÍCULO	10.984 m	2.746 m	1.716 m
TANQUE	23.878 m	5.969 m	3.731 m

Figura 26: DRI para el dron escogido TS-150. Fuente: elaboración propia gracias a datos proporcionados por la empresa Embention.

La herramienta del Ejército de Tierra conocida como Carta Digital permite hacer un análisis detallado de la visibilidad. En este caso, se ha comparado la visibilidad que ofrece un VERT con la que ofrece un dron cautivo. El primero tiene una altura de 5 metros, y el segundo una altura de 100 metros. El estudio se ha hecho desde el Campo de Maniobras de Renedo-Cabezón, Valladolid (Figura 27):

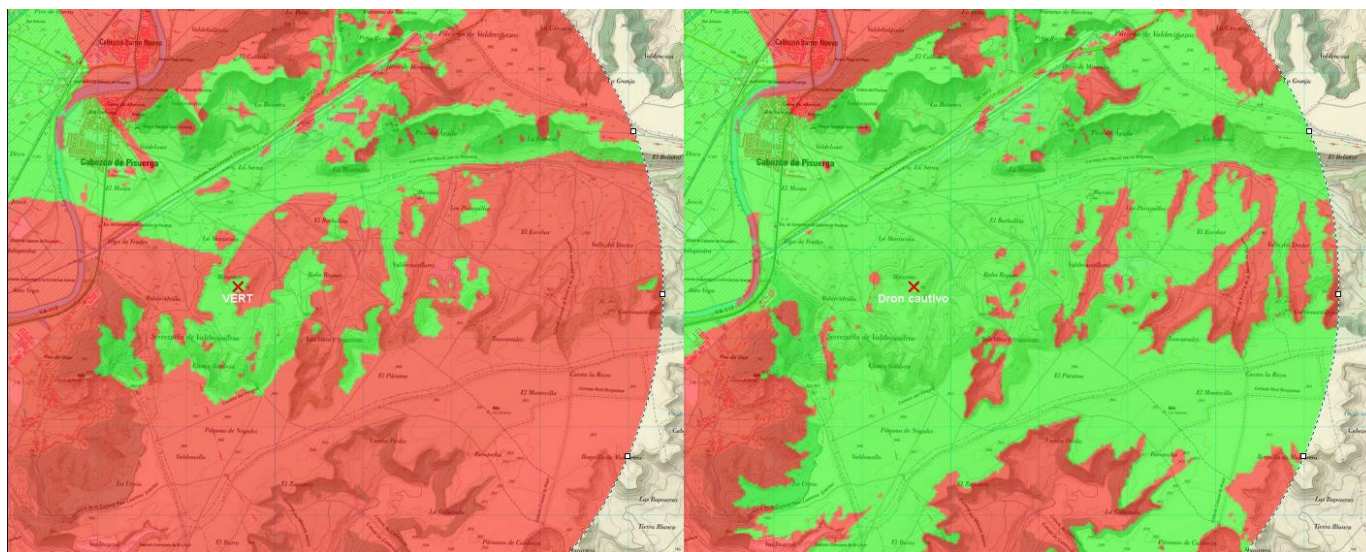


Figura 27: Visibilidad de un VERT (izquierda) comparada con la de un dron cautivo (derecha). Se aprecia la desaparición de las zonas ocultas. Se ha planteado que el observatorio estuviera en unas alturas, con un enfoque realista o de tema táctico en el que se avanza de oeste a este. Fuente: elaboración propia con Carta Digital.

4.6.2 Cámaras multispectrales y térmicas

Otro concepto para destacar es la introducción de cámaras multispectrales para los drones cautivos. Estas cámaras pueden funcionar en varios rangos del espectro electromagnético (las que están instaladas en los drones cautivos tienen la capacidad de ver en infrarrojo). Aunque a priori el poder ver en infrarrojo parece suficiente para un ambiente táctico, las ventajas que ofrece una cámara multispectral son muy interesantes (NATO, 2007):

- Detección de minas (tapones de minas, campos de minas...). Al estar enterradas, la cámara multispectral puede detectar la tierra removida o la mina enterrada.
- Detección de IED. Aplicando el mismo concepto que las minas, en ambiente no convencional puede ser muy útil para un convoy donde el equipo del dron cautivo lo emplee para detectar IED.



Como las cámaras de los drones cautivos son carga de pago modular o intercambiable, implementar una cámara multispectral es una opción viable e interesante.

La figura 28 muestra un ejemplo esclarecedor: un puñado de arroz contiene gusanos que el ojo humano no es capaz de ver, pero que son fácilmente detectados por una cámara multispectral.

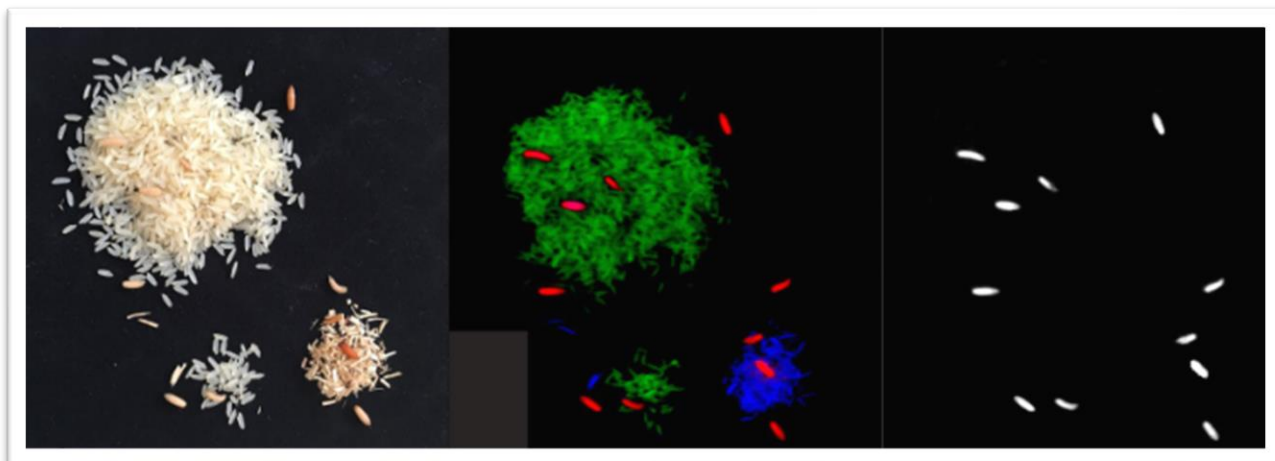


Figura 28: Ejemplo de visión de cámara multispectral, de la empresa fabricante INFAIMON (INFAIMON, 2019). EL mismo concepto es aplicable a un terreno con un campo de minas debajo del mismo.

En lo referente a cámaras térmicas, éstas permiten formar una imagen gracias a las diferencias de temperatura que tiene cada material. El calor, que no deja de ser una parte del espectro electromagnético (en concreto, el infrarrojo térmico), puede ser detectado por estas cámaras. Las diferencias de calor que emiten los diferentes objetos son captadas por dichas cámaras y mostradas en una escala de grises. Según la longitud de onda hay dos tipos:

- Long Wavelength Infrared (LWIR): de onda larga, dan mejores resultados en ambientes con humo y aerosoles.
- Middle Wavelength Infrared (MWIR): de onda media, tienen mejor transmisión atmosférica y, por tanto, mayor rango de detección.

Es importante dotar al dron cautivo de buenos medios de detección, reconocimiento e identificación (también conocido como DRI) que sean acordes con la altura a la que se va a desplegar. Es decir, de nada sirve elevar el dron 100 metros si la resolución de las cámaras no es suficiente. Los drones comerciales suelen llevar una cámara térmica no refrigerada (uncooled), que tiene un rango DRI más limitado que una cámara térmica refrigerada (cooled). En la Figura 29 se pueden ver varios ejemplos de cámaras térmicas refrigeradas y no refrigeradas sobre un blanco OTAN estándar de 2,3x2,3 metros.



UPDATED: 02-12-2019		COOLED	COOLED	COOLED	UNCOOLED	UNCOOLED	UNCOOLED	UNCOOLED
		EOO - OTEOS-N	EOO - S30	DIFI - CMWIR	Project B 640	Project B 1024	IR 640 (Falcon)	IR 1024 (Falcon HD)
IR	WFOV	25,1° (H) x 20,1° (V)	17,46° (H) x 14,04° (V)	35,1° (H) x 28,1° (V)	12° (H) x 9° (V)	19° (H) x 14,3° (V)	12° (H) x 9° (V)	19° (H) x 14,3° (V)
	NFOV	1,3° (H) x 1,05° (V)	2,2° (H) x 1,7° (V)	1,8° (H) x 1,47° (V)	4° (H) x 3° (V)	6,4° (H) x 4,8° (V)	4° (H) x 3° (V)	6,4° (H) x 4,8° (V)
	Zoom	20x	8x	20x	3x	3x	3x	3x
	Field of View	21,15°	21,15°	15,15°	62,15°	62,15°	62,15°	62,15°
Detection	OTAN (2,3x2,3)	22,7 Km	17,7 Km	19,6 Km	7,7 Km	7,7 Km	7,9 Km	7,9 Km
	Recognition	9,1 Km	5,4 Km	6,4 Km	3,2 Km	3,2 Km	3,2 Km	3,2 Km
	Identification	6,2 Km	3,7 Km	4,4 Km	2,1 Km	2,1 Km	2,2 Km	2,2 Km

Figura 29: DRI para diferentes cámaras (refrigeradas y no refrigeradas), resaltado en rojo. Fuente: Escribano Mechanical&Engineering (Escribano Mechanical&Engineering, 2019).

En definitiva, es importante que los sistemas escogidos como sensores electroópticos puedan ser útiles a alturas de 100 metros, siendo el rango de distancias que le puede interesar a un Escuadrón de 2 a 3 kilómetros.

4.7 Caso práctico

Durante la realización de las prácticas en el Regimiento “España” nº11, el Grupo Numancia participó en unas maniobras conjuntas con elementos del Grupo de Caballería “Reyes Católicos” de la Legión, y del Regimiento “Lusitania” nº8. La temática de dichas maniobras (ejercicio LINCE) fue trabajar el concepto de “reconocimiento sigiloso”. Entre otros materiales y procedimientos, se probaron las capacidades del dron Raven para detectar enemigos.

Si bien no es exactamente lo mismo que un dron cautivo (siendo este trabajo un proyecto para adquirirlo, se adaptó la investigación al material disponible: un dron Raven que desempeñaría la misma función que un dron cautivo), se aprovechó para estudiar las posibilidades de detección que ofrece un dron, puesto que:

- Voló a una altura similar (100 metros – 150 metros).
- Se empleó de la misma forma en la que se emplearía un dron cautivo: desplegado por unidades a vanguardia (en este caso transportado sobre VAMTAC ST5) y utilizado para detectar los vehículos enemigos
- Los medios de visión (cámara gimbal diurna, térmica y con designador láser) son muy parecidos a los de un dron cautivo, distinguiendo vehículos a 1km y medio.

La patrulla de vigilancia expresamente compuesta para dicho ejercicio, compuesta por 2 VERT, 4 VAMTAC y 1 VAMTAC con Raven, fue mandada por el Teniente D. José de Meer Cañón. Hizo hincapié en que un vehículo (como en este caso era el VAMTAC) con dron hacía las funciones de VERT, pero a menor coste. Además, las capacidades que da un dron no son pocas, en cuanto a vigilancia se refiere.

Durante la realización del ejercicio, la diferencia la marcó el dron, que fue capaz de detectar prácticamente todos los medios enemigos, compuestos por vehículos de la Legión. Esta coyuntura fue aprovechada para este trabajo, para demostrar la utilidad que tiene una cámara elevada desplegable por vehículos a vanguardia, en una maniobra tan compleja como una infiltración.



Figura 30: Fotografías tomadas del equipo Raven durante el ejercicio (las caras se han pixelado). Se observan tanto el dron (con su operador) como el VAMTAC ST5 (que transporta al equipo en el maletero). Fuente: fotografías tomadas por el autor durante el ejercicio LINCE.



5.CONCLUSIONES

La mejor forma de concluir este estudio es recapitular los objetivos planteados en el apartado inicial de Objetivos y Metodología, resaltando los principales resultados alcanzados. Volviendo a enumerar la lista de objetivos, se analizarán uno a uno:

- **Analizar las tendencias de los demás ejércitos de referencia.** Tras un estudio del estado del arte, se ha conseguido plasmar en el apartado 3: Antecedentes y Marco Teórico, un resumen de las tendencias existentes en los demás ejércitos de referencia en cuanto al empleo de la Caballería, las novedades en su orgánica, las tendencias en materia de drones, y las pocas pruebas que se han realizado con drones cautivos. Además, se ha descrito qué es un Escuadrón de Caballería, su estructura, y la situación existente en cuanto a drones en el Ejército de Tierra. Se ha expuesto también qué es un dron cautivo, sus ventajas, limitaciones y posibles usos militares.
- **Estudiar la tecnología existente de drones cautivos.** Tanto en el estudio del estado del arte como en el apartado 4.5: Elección de dron cautivo, se han estudiado las características de los drones cautivos, sus ventajas, limitaciones y capacidades. Gracias a la información facilitada por varias empresas civiles, se han podido estudiar las características técnicas de los principales drones cautivos: TS150, ORION 2 y Aster-T.
- **Elegir un vehículo apropiado para llevar a un equipo con dron cautivo.** Tras analizar varios vehículos aspirantes a ser el que portase al equipo con dron cautivo, entre ellos el VAMTAC ST-5, el VERT, el VRCC Centauro y el Mk2 Netón, se ha concluido que el más idóneo es el Mk2 Netón, por ser el que más requisitos buscados cumple y por las capacidades que ofrece.
- **Proponer una estructura orgánica y otra operativa para dicho equipo.** En base a entrevistas realizadas a los cuadros de mando del Regimiento “España” nº11, se ha propuesto una estructura orgánica (para preparación en tiempo de paz) que integra al equipo con dron cautivo dentro del Escuadrón, y varias propuestas de estructura operativa en función del tipo de misión asignada. Una estructura operativa no deja de ser una estructura constituida para una misión específica, por lo que no hay una única solución válida.
- **Elegir un dron cautivo que cumpla con una serie de requisitos técnicos, tácticos y económicos.** Finalmente, después de comparar los principales drones cautivos fabricados por empresas civiles, se ha elegido mediante análisis multicriterio el dron cautivo TS150 de la empresa EMBENTION, que es el que mejores características reúne, presentando además un precio atractivo en comparación con los demás drones.

Además, se han ampliado los conceptos de detección, reconocimiento e identificación, vitales para comprender el empleo de los medios de visión de los drones cautivos, que pueden complementarse con cámaras térmicas y multispectrales.

Este trabajo es una primera aproximación al empleo de drones cautivos en unidades de Caballería. Hay conceptos que, de haber sido ampliados, desembocarían en trabajos independientes. Es la oportunidad perfecta para proponer varias líneas de desarrollo posibles para futuros trabajos:

- En primer lugar, no se ha zanjado por completo la discusión creada sobre si es mejor un dron cautivo o un dron “tradicional”. Ello requiere un estudio y una comparación más profunda. Además, ¿sería posible implementar también drones de ala fija al Escuadrón de Caballería? ¿Debería únicamente tener drones de reconocimiento, o también de ataque?



- En segundo lugar, un concepto que ha surgido varias veces es el del empleo del equipo de dron cautivo en un convoy. Esto da pie a un trabajo que debería responder a las siguientes preguntas: ¿dónde debería ir colocado? ¿cómo se organiza dicho convoy? ¿bajo mando de quién está dicho equipo? ¿qué medios de visión se les puede implementar en este caso a los drones cautivos?
- Finalmente, se ha visto en muchos documentos acerca de las características de los drones cautivos que pueden actuar como relé de comunicaciones. Es un concepto interesante que puede abrir nuevos horizontes en cuanto a transmisiones se refiere.



6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adiego, T. B., 2019. *Informe Respuesta del OFEN en el SME sobre los Vehículos de Exploración y Reconocimiento Terrestre.*, Roma.

Añón, A. L., 2018. *Estudio para la Adquisición de un Vehículo Aerotransportable de Exploración de Caballería.*, Zaragoza.

Army Recognition, 2016. *New French-made UAW Unmanned Aerial Watchtower of ECA in live demonstration at Eurosatory.* [En línea]

Available at:

https://www.armyrecognition.com/eurosatory_2016_official_news_online_web_tv_telemotion_defense_security_exhibition_paris_france/new_french-made_uaw_unmanned_aerial_watchtower_of_eca_in_live_demonstration_at_eurosatory.html

Ayala, D., 2020. *Matriz de requisitos. Expediente 2091120017900. Acuerdo Marco Adquisición Vehículos Operaciones Especiales "VLOE".*

Corredor, T. S., 2019. *Informe Respuesta del OFEN en el CDEC (Francia). Punto de Situación sobre el Encuadramiento General y Orgánica de las Pequeñas Unidades de Caballería.*, París.

Daly, D. T., 2020. *ELISTAIR. The Tethered Drone Company.* [En línea]

Available at: <https://elistair.com/tethered-drones-the-ideal-solution-for-border-fob-security/>

ELISTAIR, The Tethered Drone Company, 2021. [En línea]

Available at: elistair.com

ELISTAIR. The Tethered Drone Company., 2022. *ORION 2. Product Specification. V1.0.*

EMBENTION, 2021. *Dron cautivo TS150.* [En línea]

Available at: embention.com/es

EMBENTION, 2021. *Dron cautivo TS-150. Descripción general.*

Escribano Mechanical&Engineering, 2019. <https://www.eme-es.com/manufacturing/?lang=es/#>. [En línea].

Fernández-Clemente, A. N., 2019. *Drones. Posibilidad de empleo táctico en unidades de caballería.*, Zaragoza.

Galán, D. A., 2020. *Apéndice 1. Memoria Técnica. Acuerdo Marco Adquisición Vehículos Operaciones Especiales "VLOE".*

García, J. M. N., 2021. *defensa.com.* [En línea]

Available at: <https://www.defensa.com/espana/asi-neton-mk2-nuevo-vehiculo-mando-operaciones-especiales-einsa>

Gómez, G., 2020. *Informe Respuesta del OFEN en el CAC (US ARMY) Sobre Actualización del Empleo de las Unidades de Caballería en el Ejército de Tierra de los Estados Unidos (US Army).*, Fort Leavenworth (Kansas).



Iglesia, F. J., 2020. *Una revisión del concepto "guerra híbrida/actor híbrido"*.

INFAIMON, 2019. *Sistemas de visión espectrales*. [En línea]
Available at: www.infaimon.com

Infodefensa, 2019. *infodefensa.com*. [En línea]
Available at: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3128639/navantia-dotara-nuevo-vehiculo-vigilancia-dron-cautivo>

López, C. R., 2021. *Manual de Usuario del Programa. Ayuda a la decisión AHP*.

Mando de Adiestramiento y Doctrina. Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales, 2020. *Tendencias 2018-2019. Volumen II. Caballería*, Granada.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2021. *Herramienta DAFO*. [En línea]
Available at: <https://dafo.ipyme.org/Home>

Montaño, T. G., 2015. *Plan Director de RPAS*.

Mortimer, G., 2014. *Italian Army is evaluating a tethered UAV for convoy protection*. [En línea].

Moya, A. A., 2018. *Integración de drones en unidades de Caballería para la realización de reconocimientos de itinerario y objetivo o puntual*, Zaragoza.

NATO, 2007. *Survey of Hyperspectral and Multispectral Imaging Technologies (Etude sur les technologies d'imagerie hyperspectrale et multispectrale)*.

Novalés, C., 2018. *Seminario Brigada Experimental. Tendencias FC Maniobra (Caballería)*, Almería.

SCR Drones, 2022. *scrddrones.com*. [En línea].

SCR, 2021. *ASTER-T. Hexacopter Tethered UAS. Product Information*.

Síscar, K. P., 2019. *Estudio y Diseño de un Escuadrón de Caballería Aerolanzable*, Zaragoza.

Sky Sapience, 2021. *HoverMast 100. Best Size-to-Payload for Defense Applications*. [En línea]
Available at: <https://skysapience.com/drone/hovermast-100/>

Vázquez, T. A., 2019. *Informe Respuesta del OFEN en el Reino Unido sobre la Apuesta Británica por los Sistemas Robóticos y Autónomos*, Andover.



ANEXOS



Anexo A: Comparativa de unidades de reconocimiento de otros ejércitos.

Las tendencias de las unidades de Caballería de Francia, Italia, Reino Unido y EE. UU. son, según el Volumen II de Tendencias de la Caballería (Mando de Adiestramiento y Doctrina. Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales, 2020):

- Deberá existir una unidad de Caballería, de entidad Grupo, en todas las brigadas.
- Las capacidades de reconocimiento agresivo se verán incrementadas gracias a la adición de más carros o vehículos de combate ruedas (VCR), con cañones de 105 y 120mm.
- Se potenciarán los medios de obtención de información a nivel escuadrón: RPAS y sistemas electroópticos.
- Las secciones serán de seis a ocho vehículos.

En la Tabla se muestra un resumen de las tendencias adoptadas:

Tipo de Brigada Nación U. de Caballería	Número 1º tipo de Escuadrón	Número y composición de las Sc.	Número 2º tipo de Escuadrón	Número y composición de las Sc.
Armored BCT Cavalry Squadron	3 x Cavalry Troop	2 x	1 x Tank Company	3 x
Stryker BCT Cavalry Squadron	3 x Cavalry Troop	2 x	1 x Weapons Troop	3 x
Infantry BCT Cavalry Squadron	3 x Cavalry Troop	2 x	1 x Mobile Protected Firepower	3 x
Blindée Régiment Leclerc	3 x Escadron de chars	4 x	2 x Escadron de reconnaissance et d'intervention	4 x
Blin. Lég., Parac., Mñ. Régiment roues-canon	3 x Escadron roues-canon	4 x	2 x Escadron de reconnaissance et d'intervention	4 x
Pesante Regimento di Cavalleria medio	2-3 x Squadron di esploratori medio	3 x	1 x Squadron di esploratori pesante	3 x
Leggera Regimento di Cavalleria leggero	2-3 x Squadron di esploratori leggero	3 x	1 x Squadron di esploratori pesante	3 x
Armoured y Strike Armoured Cavalry Regiment	3 x Sabre Squadron	3 x Ajax 1 x Ares	1 x Command & Support Troop	3 x MCC
Infantry Light Cavalry Regiment	3 x Sabre Squadron	3 x	1 x Command & Support Troop	3 x MCC + ETP

Tabla 7: Comparativa de los ejércitos de referencia en cuanto a la composición de sus unidades de Caballería.



Anexo B: Encuestas y entrevistas

Las siguientes encuestas y entrevistas han constituido el pilar sobre el que se ha erigido este trabajo, puesto que, sin la opinión del personal experto, los mandos y los usuarios, no se hubiera tenido el criterio para tomar las decisiones en cuanto a orgánica, vehículo y dron a escoger.

1- Encuesta acerca de las características buscadas en un vehículo para transportar al equipo de dron cautivo.

Esta encuesta obtuvo 36 respuestas. Participaron Mandos y tropa del Regimiento "España" nº11, Alféreces de 5º curso del Arma de Caballería, y Mandos de otras unidades de Caballería:

1. ¿Qué priorizaría usted a la hora de escoger un vehículo para llevar un equipo con dron cautivo? (Varias seleccionables). Muchas gracias por su interés.
 - a. Sigilo
 - b. Rapidez
 - c. Ligereza
 - d. Blindaje
 - e. Movilidad(Media respuestas: sigilo, rapidez, movilidad)

En las siguientes preguntas, valore del 1 al 10, para cada vehículo, las características que usted cree que puede ofrecer dicho vehículo:

2. Sigilo (media respuestas Netón: 8; media respuestas Centauro: 2, media respuestas VAMTAC: 8).
3. Capacidad para acompañar a otros medios del Escuadrón (media respuestas Netón: 10; media respuestas Centauro: 5, media respuestas VAMTAC: 9).
4. ¿Es económico? (media respuestas Netón: 7; media respuestas Centauro: 3, media respuestas VAMTAC: 6).
5. Formación que requerirá el personal (media respuestas Netón: 8; media respuestas Centauro: 4, media respuestas VAMTAC: 6).
6. Personal que hipotecará dicho vehículo (más puntuación es menos personal) (media respuestas Netón: 8; media respuestas Centauro: 9, media respuestas VAMTAC: 7).
7. Movilidad (media respuestas Netón: 9; media respuestas Centauro: 8, media respuestas VAMTAC: 6).
8. Capacidad para que el dron despliegue con rapidez (media respuestas Netón: 8; media respuestas Centauro: 6, media respuestas VAMTAC: 7).
9. Cadena logística implicada (mayor puntuación es menos cadena logística) (media respuestas Netón: 5; media respuestas Centauro: 7, media respuestas VAMTAC: 7).



2- Encuesta acerca de las características buscadas en un dron cautivo.

Esta encuesta obtuvo 42 respuestas. Participaron Mandos y tropa del Regimiento “España” nº11, Alféreces de 5º curso del Arma de Caballería, y Mandos de otras unidades de Caballería:

En la siguiente encuesta se le presentarán varias características que deberá tener un dron cautivo. Siendo el 3 “importancia moderada” y el 9 “importancia extrema”, puntúelas. Muchas gracias por su interés.

1. ¿Conoce lo que son los drones cautivos? (Sí: 23% No: 77%)
2. Longitud del cable del dron (media respuestas: 5)
 - a. 3
 - b. 5
 - c. 7
 - d. 9
3. Tiempo de suelta y recogida del cable (media respuestas: 7)
4. Peso de todo el equipo (media respuestas: 3)
5. Dimensiones del equipo (media respuestas: 5)
6. Medios optoelectrónicos (nota: son medios para obtener imagen, tanto diurna como térmica) (media respuestas: 7)
7. Precio (media respuestas: 9)
8. Que esté en el mercado (nota: que no sea un prototipo) (media respuestas: 3)
9. Que tenga piloto automático (media respuestas: 3)
10. Que se mueva a la vez que el vehículo (media respuestas: 3)

Entrevista al Teniente Juan Carlos Suárez Alonso, Jefe de la Sección de Vigilancia del Grupo Numancia:

- P- A sus órdenes mi Teniente. En primer lugar ¿qué es lo que deberíamos tener en cuenta para escoger un dron y un vehículo que transporte al equipo con dron cautivo?
- R- Debemos tener en cuenta el equipo: la caja, el dron en sí, el cable... porque el cable pesa y ocupará mucho espacio en el caso de medir 100 o 150 metros.
- P- Como concepto, ¿qué opina de los drones cautivos?
- R- Es un concepto muy interesante. Nos permiten ampliar nuestra “conciencia situacional”, es decir, mientras estamos observando al enemigo, necesitamos saber qué ocurre a nuestro alrededor, justo al lado. No sólo hay que observar al enemigo a 3 kilómetros, sino que tienes que ver dónde estás.
- P- ¿Dónde implementaría usted dicho equipo?



R- Como jefe de la Sección de Vigilancia, te recuerdo que la SEV puede trabajar para Escuadrón y para Grupo, pero es de Escuadrón. Así que me parece bien que se integre en un Escuadrón, pero dentro de la SEV. Eso permite que sea flexible, como la SEV, destacable a vanguardia, y que siga perteneciendo al Capitán. Al estar bajo mando de la SEV, el Teniente Jefe puede discriminar la información que le llega al Capitán Jefe de Escuadrón. Es decir, al Capitán le llega el producto de la información, evitando duplicidades. Imagina que el equipo de dron cautivo le informa de un enemigo, y luego la SEV le informa del mismo enemigo... ¿cómo sabe el Capitán si se refieren al mismo enemigo? Este trabajo se lo ahorrará el Teniente Jefe de la SEV si todos los medios de obtención de información le pertenecen.

P- Por último, ¿cómo organizaría usted un equipo de dron cautivo?

R- Yo propondría que su entidad fuese de mínimo un pelotón. Un vehículo con tres personas, que serán el conductor, el suboficial y el que lleve el armamento del vehículo; y otro con un conductor y un operador. Como ya he trabajado con VAMTAC, te recomiendo que pienses en emplearlos para dicho equipo, porque tienen una firma térmica reducida y no hacen apenas ruido. Aun así, por experiencia propia, no tienen la capacidad de dar batería a un dron por el propio estado de sus baterías...

P- A sus órdenes mi Teniente, muchas gracias por su tiempo y por compartir su conocimiento y experiencia con un Alférez de 5º curso.

Entrevista al Capitán D. Javier Martínez Fernández, Jefe del Segundo Escuadrón Acorazado del Grupo Numancia:

P- A sus órdenes mi Capitán. Lo primero de todo, gracias por dedicarme su tiempo. Como conocedor del mundo de los drones, me gustaría que me contara las ventajas y desventajas de los drones cautivos.

R- Empezaré por las desventajas. Los drones suenan debido a sus partes móviles, y su desgaste en los rotores requiere de personal especialista. Además, para volarlos necesitas un permiso NOTAM (para volar en el espacio aéreo). Un dron, si está quieto se detecta, si está en movimiento podría ser un pájaro. Esa es una de las grandes desventajas de un dron cautivo, que está estático. Hay que tener en cuenta el desgaste de batería que provoca que el dron se estabilice en condiciones de viento, aunque en el caso de los cautivos eso no será problema.

Voy ahora con las ventajas. Si consigues que tu dron cautivo tenga una cámara multiespectral o térmica, requisito que veo imprescindible para este medio, será capaz de detectar campos de minas al poder ver la tierra removida. Esto te viene de lujo para convoyes o cuando lo tienes como elemento avanzado de observación. Y no solo eso, estos drones tienen cero emisiones de radio.

P- A sus órdenes mi Capitán. ¿qué utilidades le ve en combate?

R- Cuando sacas un vehículo en desenfilada, corres el riesgo de que el enemigo descubra y haga fuego sobre el vehículo o sobre el personal enviado a reconocer. El dron cautivo no solo ofrece mejor visión, sino que, en caso de ser destruido, no se pierden vidas o vehículos. Veo una gran utilidad para escoltas a convoyes como capacitador que dependa del Jefe del convoy. Creo que es mejor para combate asimétrico reconociendo itinerarios que para combate convencional.



P- ¿Alguna propuesta de orgánica?

R- En combate convencional tendría al hipotético equipo empotrado en la sección que más convenga, mientras que, en casos concretos como una escolta a convoy, debería estar bajo mando directo del Jefe. Te propongo, como he mandado la Sección de Vigilancia, que pienses en proponer vehículos como el VAMTAC, ya que se confunde con otros vehículos como el VERT o el Spike, tiene una cadena logística consolidada y es un producto español. Aun así, hay que valorar cualquier opción, siempre teniendo en cuenta los costes.

P- Por último, ¿alguna recomendación más?

R- Recuerda que es importante que tenga buenos medios electroópticos, sino de poco sirve tener este dron. Investiga acerca de las cámaras térmicas y multiespectrales, que aportarán mucho al proyecto.

P- A sus órdenes mi Capitán, muchas gracias por su tiempo.

Entrevista al Capitán D. Jesús Soler Muñoz, Jefe del Tercer Escuadrón Acorazado del Grupo Numancia:

P- A sus órdenes mi Capitán. Muchas gracias por dedicarme su tiempo y tutorizar este trabajo. Si ahora pusieran a su disposición un equipo de dron cautivo, ¿qué haría con él?

Yo lo metería siempre en la sección más ligera o la que esté en vanguardia. Es buena idea que esté dentro de la Sección de Vigilancia por su propia movilidad. En combate convencional siempre a vanguardia y dependiendo del Capitán.

P- ¿Debería llevarla un equipo en VERT?

R- No. Demasiado trabajo tiene ya esa tripulación como para hacer caso a sus cámaras y medios, y además que tengan que trabajar con el dron cautivo y todo lo que ello implica. El *multitasking* no es bueno en estos casos.

P- ¿Se le ocurre alguna orgánica con el equipo de dron cautivo integrado?

R- Orgánicamente, es decir, para preparación en tiempo de paz, que dependa del Capitán. Para una organización operativa, depende. Te voy a proponer varios ejemplos (*nota: las propuestas orgánicas y operativas que propuso el Capitán Jesús Soler Muñoz son las que aparecen en el apartado 4.4.1 y 4.4.2*). Espero que te haya servido de ayuda.

P- ¿Alguna consideración que deba tener en cuenta?

R- Me parece muy interesante poder elevar una cámara, en este caso tu dron, para ver a nuestro alrededor, en especial en combate urbano. Yo trabajaría el aspecto de la visibilidad que te ofrece el dron cautivo comparado con los otros medios disponibles.

P- A sus órdenes mi Capitán, muchas gracias por dedicarme su atención.



Entrevista al Comandante de Artillería D. Juan Ignacio Fernández González, del Grupo de Artillería de Información y Localización (GAIL) II/63.

El Teniente Coronel D. Antonio Jesús Bellido Alonso, de la mencionada JAD de la Academia de Caballería, contactó con el Comandante D. Juan Ignacio Fernández González, del Arma de Artillería, presente en unos ejercicios en el Campo de Maniobras de El Teleno (León). En dicho ejercicio se probó el dron cautivo Aster-T para identificar un artefacto no explosionado. Nótese que en esta entrevista se habla del dron Aster-T, no de los drones cautivos en general. El citado Teniente Coronel hizo una serie de preguntas que fueron contestadas por el Comandante:

P- Ventajas e inconvenientes de su empleo táctico.

R- La ventaja más evidente es la autonomía. La alimentación se proporciona al RPAS a través de un cable. La resolución de las imágenes es muy buena debido a la baja altura de operación (100 m). Esto, sin embargo, se convierte en un inconveniente, puesto que 100m de altura reduce sustancialmente las posibilidades de observación al tener un campo más limitado. Si no contamos con terreno llano en las inmediaciones de la zona observada, cualquier leve elevación del terreno apantalla la zona de objetivos. La carga útil dispone de sensores visible e infrarrojo, lo que le da mucha versatilidad todo el tiempo. Descarto su empleo en unidades de maniobra, dado el tiempo de despliegue (20 a 40 minutos) y la fragilidad de su hardware (en el actual nivel de desarrollo tecnológico y configuración). Lo veo muy útil en despliegues en defensiva o en ubicaciones permanentes o semipermanentes, (COP, BP, FSB, etc.).

P- Funcionamiento del Cable. Impresiones

R- El cable lleva un alma de acero para proporcionar robustez, y una trama en la que se envían y reciben los datos de telemetría (imágenes, datos de vuelo) y tele comando (órdenes a la cámara y al RPAS). No está muy conseguido aún el sistema de despliegue y recuperación del cable. Se atascó en algunos momentos.

P- Posibilidad de empleo en movimiento

R- No es un sistema para utilizar en movimiento. Por seguridad de operación y por rendimiento de los sensores embarcados. Lo descarto absolutamente

P- Tiempo de extensión y recogida del cable

R- No es evaluable, puesto que solo se observó en esta ocasión y presentó diversos problemas en la extensión y rebobinado del cable. En teoría debería estar dispuesto para observar en 15 minutos

P- Volumen del sistema.

R- El peso máximo al despegue del RPA es de 14 kg y el de la unidad de alimentación con el sistema automático de recogida de cable es 23 kg. Dispone también de una Tablet.

P- Tiempo real de vuelo

R- Por definición en un RPAS cautivo, ilimitado. En función de las horas de funcionamiento de los diferentes componentes (aviónica, baterías, autopiloto, superficies de control, motor eléctrico, etc.) que se definan en el manual de vuelo y en el de mantenimiento, se



deberá reemplazar por un segundo RPAS para garantizar la observación en la misión y proceder a las labores de mantenimiento

P- Si es detectable, tanto por su silueta como por su ruido.

R- Como se mantiene a 100 metros de altura, no sería detectable a grandes distancias. Su silueta es muy reducida y el motor es eléctrico, aunque al ser hexacóptero tiene cierta rumorosidad, pero despreciable a unos 100 metros de distancia. Su firma infrarroja es mínima.

P- Aquello que consideres

R- Le falta camino por recorrer. Es un RPAS que la empresa SCR ha subcontratado a otra empresa especialista en RPAS (DRONETOOLS) para desarrollar la idea de RPAS cautivo. Ha participado en diversos simulacros con la administración (Policía municipal de Madrid) y ferias internacionales del sector aeronáutico, sin que se consolide como oferta madura para ser adquirido.

Experiencias con drones por parte del Coronel Anthonioz, Jefe del 12º Regimiento de Coraceros del Ejército Francés.

Esta información ha sido proporcionada por la Jefatura de Adiestramiento y Doctrina de la Academia de Caballería. De ella se extraen valiosas lecciones que se han ido aplicando a lo largo del trabajo en lo referente al empleo de drones y drones cautivos. Se adjunta el original, traducido del francés al español:

Le 12e régiment de cuirassiers expérimente depuis 2016 l'emploi de drones issus du marché civil. Dans un contexte d'emploi opérationnel très dense, cette expérimentation donne satisfaction et permet d'espérer des avancées rapides au sein de la cavalerie.

El 12º regimiento de coraceros experimenta desde 2016 el uso de drones provenientes del mercado civil. En un contexto de empleo operacional muy denso, este experimento ha sido satisfactorio y permite esperar un progreso rápido dentro de la caballería.

Un capteur aérien pour éclairer le capitaine ou le lieutenant.

Un sensor aéreo para informar al Capitán o al Teniente.

Le régiment a décidé d'acquérir sur fonds propres des drones de marque civile. Le but était d'apprécier l'apport de ces engins dans le cadre de la manœuvre d'un sous groupement blindé lors d'une rotation au CENTAC, avant l'engagement en opération. Le drone Parrot® BEBOP 2 a rapidement confirmé la plus-value tactique simple que ce système apporte.

El Regimiento decidió adquirir drones comerciales con fondos propios. El objetivo era valorar la contribución de estos aparatos en el escenario de la maniobra de un subgrupo blindado durante una rotación en el centro de entrenamiento de combate (CENTAC), antes del comienzo de una operación. El dron Parrot® BEBOP 2 confirmó rápidamente la simple ganancia táctica que aporta este sistema.

Dans de nombreux cas (par exemple, avant une contre-attaque ou lors d'une reconnaissance offensive), le drone a permis d'effectuer des coups de sonde « au-delà de la colline » et a donné un renseignement immédiat sur la position et le dispositif de l'ennemi. Le capitaine pourrait alors



conduire une manœuvre parfaitement dirigée sur son objectif.

En muchos casos (por ejemplo, antes de un contraataque o durante un reconocimiento ofensivo), el dron hizo posible realizar sondeos "al otro lado de la colina" y proporcionó información inmediata sobre la posición y disposición del enemigo. El capitán puede, por tanto, realizar una maniobra perfectamente dirigida sobre su objetivo.

Par la suite, le régiment a expérimenté le DJI ® MAVIC PRO a l'occasion d'un exercice en terrain libre dans la plaine d'Alsace. Cette fois-ci, le drone était mis en œuvre directement par un peloton de chars Leclerc depuis la tourelle du sous-officier adjoint.

Posteriormente, el regimiento experimentó el DJI ® MAVIC PRO, con ocasión de un ejercicio sobre el terreno libre de la llanura de Alsacia. Esta vez, el dron fue operado directamente por una sección de carros Leclerc desde la torre del suboficial 2º jefe.

A nouveau, ce vecteur a donné des résultats significatifs. Il a permis au chef de peloton d'effectuer des reconnaissances en zone urbaine ou des passages de coupures humides dans des villages, renseigné en temps réel depuis les airs sur l'ennemi embusqué.

Una vez más, este vector dio resultados significativos. Permite al jefe de sección efectuar reconocimientos sobre zonas urbanas o pasos de agua en aldeas, informando desde el aire en tiempo real sobre enemigo emboscado.

Enfin, le régiment a expérimenté un troisième drone, le DJI ® Phantom 3, employé en tandem au sein d'un sous groupement avec un drone BEBOP. Il permet au capitaine de garder une vision claire de son environnement tactique.

Finalmente, el regimiento experimentó con un tercer dron, el DJI® Phantom 3, utilizado en tándem en el seno de un subgrupo con un dron BEBOP. Permite al Capitán tener una visión clara de su entorno táctico.

L'achat sur étagère : le choix de la simplicité.

Comprar productos que se comercializan: la elección sencilla.

Outre un cout d'achat raisonnable (1300 € pour un système DJI ® MAVIC PRO avec batterie), des dimensions réduites et une furtivité en vol, ces différents types de drones brillent par leur simplicité et leur rapidité de mise en œuvre. La manipulation et le pilotage sont particulièrement intuitifs. Le dispositif de contrôle s'apparentant à une manette de console de jeux, la majorité des opérateurs est donc déjà très à l'aise avec l'appareil et maîtrise le pilotage en deux ou trois vols d'entraînement. Cette simplicité autorise, selon le choix du capitaine ou du lieutenant, une grande flexibilité dans l'attribution du drone au sein de l'unité, même si la pratique recommande de fidéliser un binôme sur l'emploi du système.

Además de un precio de compra razonable (€1300 para un sistema DJI® MAVIC PRO con batería), de unas dimensiones reducidas y de furtividad en vuelo, estos diferentes tipos de drones resaltan por su simplicidad y por la rapidez con la que se implementan. El manejo y control son particularmente intuitivos. Como el dispositivo de control es similar al mando de una consola de juegos, la mayoría de los operadores se sienten muy cómodos con el dispositivo y dominan el pilotaje en dos o tres vuelos de entrenamiento. Esta simplicidad permite, a criterio del Capitán o del teniente, gran flexibilidad en la asignación del dron en el seno de la unidad, aunque en la práctica se recomienda asignar un binomio para el uso del sistema.

De plus, l'éventualité de la perte d'un drone est d'une conséquence négligeable au regard de la plus-value apportée, ce qu'ont déjà parfaitement intégré nombre de nos adversaires.

Además, la posibilidad de perder un dron tiene consecuencias insignificantes considerando su valor, que muchos de nuestros adversarios ya han integrado perfectamente.

... avec encore des points faibles à corriger.



... con todavía algunos puntos débiles por corregir.

Les avantages offerts par un système civil trouvent des limites dans le cadre d'une application militaire. L'autonomie des batteries - d'une trentaine de minutes sur les modèles testés - peut vite chuter en fonction de conditions extrêmes, et nécessite un deuxième drone en relais. Les vents forts constituent une autre contrainte d'emploi qu'il faut intégrer dans la préparation de la mission. De plus, la dureté du climat (chaleur, sable, écarts brutaux de température) oblige à beaucoup de prudence pour préserver les drones.

Los beneficios de un sistema civil encuentran límites en el marco de una aplicación militar. La autonomía de las baterías -alrededor de treinta minutos en los modelos probados- puede bajar rápidamente en función de condiciones extremas, y requiere de un segundo dron de relevo. Además, la dureza del clima (calor, arena, diferencias repentinas de temperatura) requiere de mucha precaución para preservar los drones.

Ces drones, outre leur durcissement trouveraient un grand avantage à disposer d'une capacité de géolocalisation afin de suivre sur une carte le déplacement du vecteur et permettre des extractions de coordonnées (sans forcément rechercher la désignation d'objectif avec un télémètre, pour ne pas surcharger l'appareil). De plus, une capacité d'observation nocturne, en complément de l'optique de jour, assurerait un usage par tout temps, non négligeable pour accompagner nos opérations.

Estos drones, además de su fortalecimiento, encontrarían una gran ventaja por el hecho de disponer de una capacidad de geolocalización para seguir sobre el plano el movimiento del vector y permitir la obtención de coordenadas (sin necesidad de buscar forzosamente la designación del objetivo con un telémetro, para no sobrecargar el aparato). Además, una capacidad de observación nocturna, en complemento de la óptica diurna, asegura su uso en todo momento, no despreciable para acompañar nuestras operaciones.

Cette année d'expérimentation est fort instructive : le drone civil fait ses preuves par sa simplicité de mise en œuvre et son intégration presque naturelle au sein de la manœuvre. Son adoption sans heurt produit rapidement un bénéfice tactique significatif et permet d'espérer un équipement plus large, sur la base des modèles présentés.

El año de experimentación ha sido muy instructivo: el dron civil ha dado buenos resultados por su sencillez de operación y por su integración casi natural en el seno de la maniobra. Su adopción sin problemas produce rápidamente un beneficio táctico significativo y sobre la base de los modelos presentados permite esperar un equipo más completo.

Au combat, les drones de DAUPHIN servent essentiellement à déceler une menace derrière le bâtiment, la lisière ou l'angle du carrefour, effectuer des coups de sonde, éclairer au large un dispositif terrestre (notamment les dispositifs à l'arrêt, particulièrement vulnérables aux attaques indirectes), observer un tir d'artillerie (sans pour autant permettre le réglage), renseigner sur le résultat de frappes, conduire des missions de défense aux abords d'une base ciblée par des tirs de harcèlement, préparer des dossiers d'objectifs renseignement (en particulier en zone urbaine).

En combate, los drones del regimiento DAUPHIN se utilizaron principalmente para detectar una amenaza detrás de un edificio, los límites o ángulos de una encrucijada, realizar sondeos, desvelar a lo lejos un dispositivo terrestre (incluyendo los dispositivos parados, particularmente vulnerables a los ataques indirectos), observar el fuego de artillería (sin por ello permitir la corrección), proporcionar información sobre resultado de ataques, guiar misiones de defensa en el perímetro de una base atacada por fuego de hostigamiento, preparar dossiers de inteligencia sobre objetivos (especialmente en zonas urbanas).



Anexo C: Fichas técnicas de vehículos.

Ficha técnica VAMTAC ST5:

La información viene recogida en el Trabajo de Final de Grado del Teniente de Caballería Antonio López Añón (Añón, 2018).

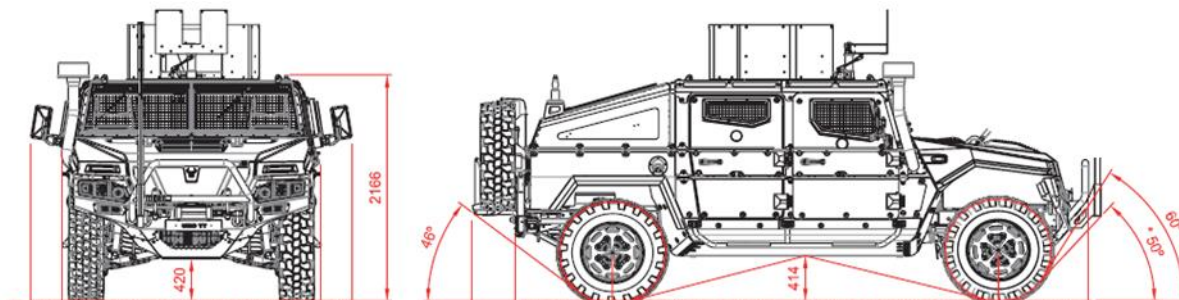


Figura 31: Dimensiones VAMTAC ST5. Fuente: TFG Antonio López Añón (Añón, 2018).

PAÍS DE ORIGEN	ESPAÑA
FABRICANTE	UROVESA
ENTRADA EN SERVICIO	2015
TRIPULACIÓN	3-5 (JV, T, CD y 2 exploradores)
HISTORIAL DE OPERACIONES	-

POTENCIA DE FUEGO	ARMAMENTO	CALIBRE ARMA PPAL	AMP 12,7 x 99 mm
			AMM 7,62 x 51 mm
			LAG 40 mm
			Misil C/C Spike
		ÁNGULO DEPRESIÓN/ELEVACIÓN DEL ARMA PPAL	-
		ALCANCE MÁXIMO EFICAZ	1000-4000 m
		ARMA COAXIAL	No
		ARMA SECUNDARIA	AML 5,56 x 45 mm
			en versiones con Misil C/C
		ARMAMENTO EN SUPERESTRUCTURA	Sí en estaciones con armamento por control remoto
		ARMAMENTO POR CONTROL REMOTO	Sí
		MUNICIÓN MÁXIMA	-



		TIPO DE ÁNIMA	RAYADA
--	--	---------------	--------

POTENCIA DE FUEGO	SAD	DIRECCIÓN DE TIRO	Sí en estaciones con armamento por control remoto
	SAOI	ELEMENTO OBSERVACIÓN DE JV	No y sin escotilla para jefe
		SISTEMAS INTEGRADOS PARA COMBATE EN CONDICIONES DE BAJA VISIBILIDAD	Sí en estaciones con armamento por control remoto

PROTECCIÓN	BLINDAJE	NIVEL ESTÁNDAR	STANAG Nivel 4
		NIVEL MINAS/IED	STANAG Nivel 3 completo
		DISTANCIA AL SUELO	414 mm
PROTECCIÓN	SAT	AIRE ACONDICIONADO/CALEFACCIÓN	Sí
		DISPOSICIÓN DE LA TRIPULACIÓN	
		SISTEMA INTERFÓNICO	No
	SCP	PROTECCIÓN NBQ	Sí
		LANZA-ARTIFICIOS	Según estación armas remota
		EQUIPOS CI/AE	Sí
		EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	NO

MOVILIDAD	MT	RADIO DE GIRO	8,5 m
		PENDIENTE VERTICAL	78%
		PENDIENTE LATERAL	50%
		FRANQUEO OBSTÁCULOS VERTICALES	0,6
		FRANQUEO DE ZANJAS	0,5
		ÁNGULO DE APROXIMACIÓN	60°
		ÁNGULO DE SALIDA	46°
		ELEMENTO DE RECUPERACIÓN	Cabestrante
		VADEO	0,85 m sin preparación
		POTENCIA POR TONELADA	23,59 CV/t
		ÓRGANOS DE TRANSMISIÓN	Automática de 7 velocidades
		SUSPENSIÓN	Muelles helicoidales
		MOTOR	3,2L V6 Turbodiesel de 217 CV



		TRACCIÓN	4 x 4
		VELOCIDAD MÁXIMA	118 km/h
		CONSUMO MEDIO COMBINADO	26 L/100 km
		CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE	140 L
		SISTEMA RUN-FLAT	Sí
		SISTEMA DE INFLADO DE RUEDAS	Sí
		SISTEMA PARA CONDUCCIÓN CON BAJA VISIBILIDAD	Sistemas de luces infrarrojas para conducción nocturna
		BARRAS ANTIVUELCO	Sí
	ME/O	AEROTRANSPORTABLE	Sí
		AUTONOMÍA	538 km
		DIMENSIONES (m)	5,784 (l) x 2,401 (a) x 2,5 (h)
		MASA MÁX EN ORDEN DE COMBATE	9,2 t
	SNAVGCB	SISTEMA DE MANDO Y CONTROL	Sí existe la opción
		SISTEMAS RADIO	Compatible con medios PR4G

Tabla 8: Ficha técnica VAMTAC ST5. Fuente: TFG Antonio López Añón (Añón, 2018). MT hace referencia a Movilidad Táctica, y ME/O hace referencia a Movilidad Estratégica u Operacional.



Ficha técnica Netón MK2.

La siguiente información ha sido proporcionada por el Teniente Coronel Bellido, de la JAD, quien se puso en contacto con la empresa EINSA, facilitando la memoria técnica del vehículo (Galán, 2020):

LARGO	m	4,5
ANCHO	m	1,92
ALTO	m	1,90 (*)
ALTURA LIBRE SOBRE EL SUELO (CON LA CARGA TIPO UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA)	m	0,25 (**)
VÍA DELANTERA	m	1,675
VÍA TRASERA	m	1,675

Tabla 9: Dimensiones Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).

Marca / Modelo	Toyota 2GD-F IV
Sistema combustible	Diesel
Ciclo	4 tiempos
Nº cilindros	4 (en línea)
Cilindrada	2393 cc
Relación de compresión	15,6:1
Potencia máxima kW (CV)	110 (148) @ 3400 rpm
Par máximo (Nm)	400 @ 1600-2000 rpm

Tabla 10: Motor Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).

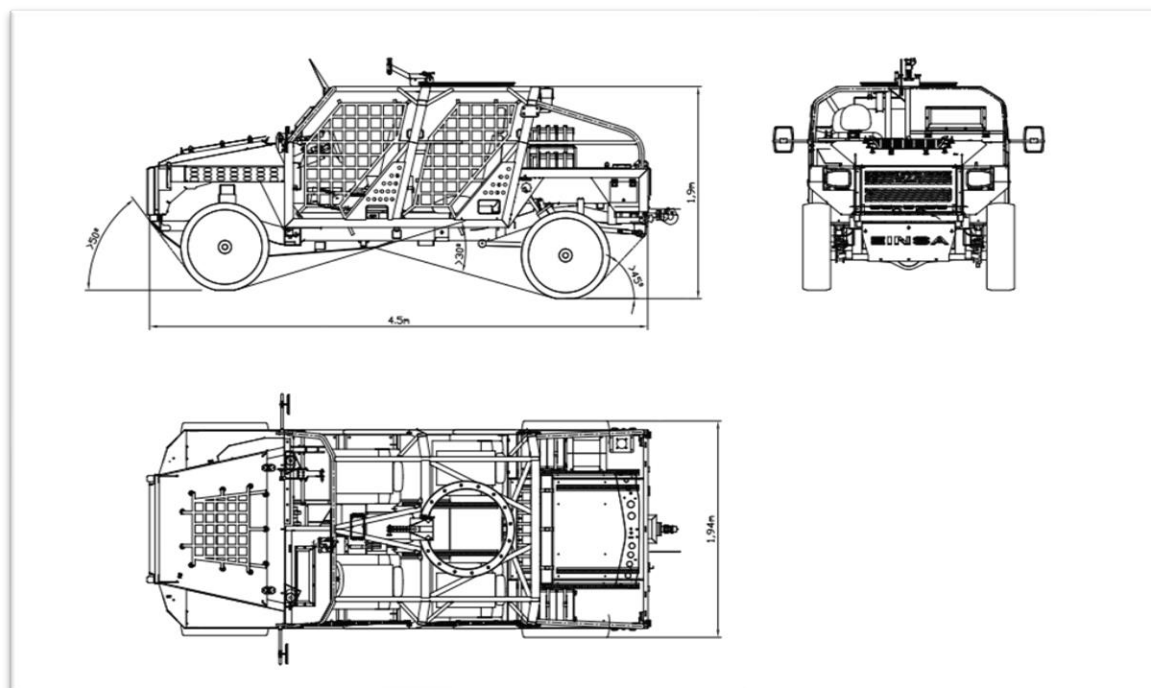


Figura 32: Dimensiones Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).



TARA	Kg	2.300
CARGA MÁXIMA	Kg	1.100
CARGA ÚTIL MÁXIMA REMOLCADA CON FRENO (nota 1)	Kg	1.500
CARGA ÚTIL MÁXIMA REMOLCADA SIN FRENO (nota 1)	Kg	750
MASA MÁXIMA AUTORIZADA (MMA)	Kg	3.400
VELOCIDAD MÁXIMA SOBRE CARRETERA HORIZONTAL	km/h	>140
VELOCIDAD CRUCERO SOBRE CARRETERA HORIZONTAL	km/h	>120
VELOCIDAD MÁXIMA HACIA ATRÁS SOBRE CARRETERA HORIZONTAL	km/h	>15
VELOCIDAD CRUCERO EN PENDIENTES DE CARRETERA DE HASTA EL 5%	km/h	>120
ACELERACIÓN 0-100 KM/H (HORIZONTAL)	seg	< 15
CONSUMO (80 KM/H, CARRETERA EN LLANO)	l/100 km	10
AUTONOMÍA (EN CARRETERA, A 80 KM/H Y SOLO CON EL DEPÓSITO PRINCIPAL)	km	1.450
AUTONOMÍA (EN CARRETERA, A 80 KM/H Y CON LAS PETACAS DE DOTACIÓN)	km	1.850
OBSTACULO VERTICAL MÁXIMO	m	0,4
PENDIENTE MÁXIMA SUPERABLE	%	60%
PENDIENTE MÁXIMA SUPERABLE CON REMOLQUE	%	35%
PENDIENTE LATERAL MAXIMA	%	40%
ÁNGULO VOLADIZO DELANTERO O DE ATAQUE (CON LA CARGA TIPO)	°	≥50°
ÁNGULO VOLADIZO TRASERO O DE SALIDA (CON LA CARGA TIPO)	°	≥40°
ÁNGULO CENTRAL/VENTRAL	°	≥30°
DIÁMETRO DE GIRO ENTRE BORDILLOS	m	13,9
PROFUNDIDAD DE VADEO (sin preparación)	m	>0,5

Tabla 11: Características generales Netón Mk2. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).



Figura 33: Detalle plataforma de carga trasera. Fuente: Memoria técnica (Galán, 2020).



Anexo D: Fichas técnicas de drones cautivos

Las siguientes fichas técnicas han sido recogidas de las propias webs de las empresas, con datos adicionales que han proporcionado los responsables tras contactar con ellos.

Ficha técnica ASTER-T

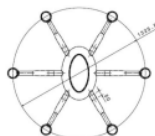
ASTER-T UAS

Product Description



PLATFORM

- ✓ Carbon fiber, modular radial structure
- ✓ On-board emergency batteries for fail safe recovery
- ✓ Low noise signature electrical motors
- ✓ Unlimited endurance



POWER BOX

- ✓ Ruggedized box
- ✓ Provides unlimited power to drone
- ✓ Power and video feed provided through cable
- ✓ Over 11.000 hours in-service utilization
- ✓ Secure communications
 - ✓ Anti-jamming flight control
 - ✓ Anti-jamming video and data transfer



Technical Data

Airframe	Carbon fiber hexacopter with 6 arms and engines in radial configuration
Motors	6 brushless motors 130Kv high efficiency
Propellers	Tri-blade made of hollow carbon fiber
Batteries	Li-PO interchangeable emergency batteries 12S, Capacity 7.000mAh
Weight	Empty: 7.000 g MTOW: 14,900 kg
Payload	4 Kg
Endurance	Unlimited
Flight Altitude	100 m
Power Box	65 Km/h
Dimensions	680 x 380 x 360 mm
Power Input	220-250 VAC, 50-60 Hz, 3kW min
Weight	24 kg

Figura 34: Características técnicas ASTER-T. Fuente: (SCR, 2021)

ASTER-T UAS

Payload



ASTER-T **payload** is customizable per customer's requirements. Standard payload camera specs are:

Technical Data			
Electroptical Sensor (EO)	EO range 400-700 nm	Stabilization	< 70 μ rad
	Resolution: 1280x720p	Power Requirements	9-32 VDC
	Zoom: x20 + x2 digital, (total x40) continuous	Power Consumption	7 Watt
	HFOV: 60° WFOV - 3° NFOV - 1.5° DFOV	Dimensions	Diameter = 66 mm (2.6 in)
Infra Red Sensor (IR)	Delay < 40msec		Height = 94 mm (3.7 in)
	LWIR uncooled (8-12 μ m)	Weight	250 gr
	Resolution: 640x480	Temperature	-20°C to +55°C
	Zoom: x4 digital, continuous	DRI	
Range of Rotation	HFOV: 18° WFOV - 4.5° DFOV		
	Pan: 360° (non cont.)		
Control Interface	Tilt: -45° to +135°		
	RS-232		
Video Interface	Micro-HDMI		



Figura 35: Características técnicas ASTER-T. Fuente: (SCR, 2021)



Ficha técnica ORION 2

General

Maximum height (cable length)	100m / 330 feet
Operation in average wind	35 km/h
Operation in gusts of wind	50 km/h
Operating Temperature	-10 to 45 °C
Enclosure rating	IP54
Drone dimensions (propellers folded)	1.19 m
Drone dimensions (propellers unfolded)	1.63 m
Main Body Diameter	43 cm
Wingspan	1.63 m
Height to base	45 cm
Empty weight	7.5 kg
Total take-off weight (with XDM Camera)	8.5 kg
Max. inclination angle of the drone	30°
Max. climbing speed	2 m/s
Max. descending speed	2 m/s
Max. flight time	12h
GNSS	GPS, Glonass, Beidou, Galileo
Energy Backup battery (Wh)	100 Wh
Number of batteries	1

Figura 36: Características generales ORION 2. Fuente: (ELISTAIR. The Tethered Drone Company., 2022)

Powerplant

Number of motors	6
Maximum motor output power per motor	1000 W
Motor KV	300 tr/min /V
Motor Size	55 x 29 mm
Maximum possible ESC voltage	22.2 V
Recommended maximum ESC current	40 A continuous, 60 A peaks
ESC signal frequency	400 Hz
Average consumption (SAFE-T + ORION) without payload	1100 W
Average consumption (SAFE-T + ORION) with 2kg payload	1500 W

Figura 37: Características estación Safe-T. Fuente: (ELISTAIR. The Tethered Drone Company., 2022)

Flight Control

Flight modes	Auto or Manual
GNSS	GPS, GLONASS, Galileo, Beidou
GNSS band	Multi-band (GPS L1C/A L2C, GLO L1OF L2OF, GAL

Transport case

Dimensions (L x l x h)	794 x 615 x 444 mm
Wheels	Yes
Weight	16 kg

Figura 38: Vuelo y dimensiones de la caja de transporte. Fuente: (ELISTAIR. The Tethered Drone Company., 2022)



Ficha técnica TS-150

Características de la Estación Base	Descripción
Tamaño / Peso	650x650x630mm 53kg
Altitud máxima	150m
Entrada redundante de energía	2x 230VAC (110VAC Opcional)
Potencia	4000W (4600W pico de potencia)
Cable transmisión de datos	100Mbps
Controles avanzados	Instalación en vehículos, barómetro diferencial para estimación de altitud, RTK
Características del Dron Cautivo	Descripción
Tamaño / Peso	1342x1422x358mm 11,7 kg incluida carga de pago (Cámara Gimbal)
Duración	Ilimitada 24/7 (mantenimiento cada 1000h)
RGB / Cámara Visible	70,7° HFOV, 65° FOV, 4K, 3840x2160p, 30FPS, 12x zoom óptico
IR / Cámara térmica	18° HFOV, 640x480p, 12µm, NEdT <50Mk, 9FPS
Gimbal Control	3 ejes de posicionamiento
Visión artificial	Seguimiento de objetivos, geo-marcación, geo-localización, detección de objetos en movimiento ...
Seguridad	Batería backup a bordo Sensores de: corto circuito, potencia, corriente y temperatura

Figura 39: Características principales TS-150. Fuente: (EMBENTION, 2021)

PLANO DIMENSIONAL

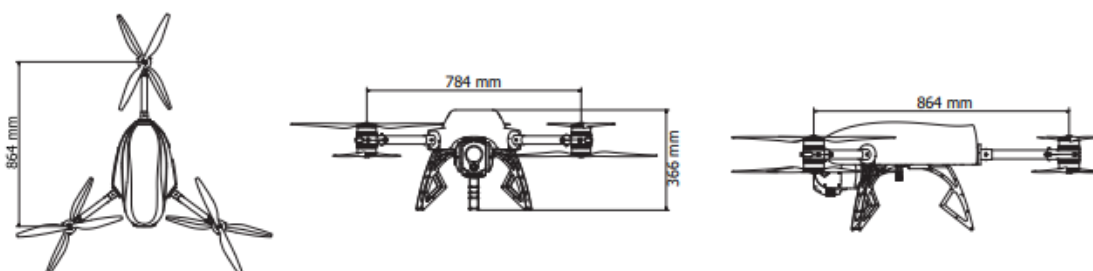


Figura 40: Dimensiones TS-150. Fuente: (EMBENTION, 2021)

Las siguientes características del dron fueron facilitadas por el Business Development Officer de EMBENTION, tras contactar con la empresa pidiendo información del producto:

- Tiempo de vuelo ilimitado: el TS150 puede estar en vuelo sin límite de tiempo. EMBENTION ha realizado con éxito la prueba de operación continua de 5 días.
- Software dedicado: la aplicación TS150 permite controlar tanto la cámara gimbal como el vuelo desde una interfaz de usuario única. Es posible instalar un joystick externo para un piloto de seguridad, pero no es necesario para su funcionamiento.
- Control totalmente autónomo: el control de la aeronave está totalmente automatizado. No es necesario que el operador realice correcciones de vuelo manuales.
- Carrete automático: enrollador de cable automático para todas las alturas de vuelo. El tiempo en desplegar es de un minuto.
- Vehículos en movimiento: el TS150 es el único sistema que se puede instalar en un barco o



vehículo en movimiento. El dron seguirá la base a velocidades de hasta 50 km / h. Además, el vehículo podría desplazarse a una velocidad de hasta 40Km/h con el dron desplegado.

- Procesamiento de video: el procesador de video integrado permite reducir la carga de trabajo del operador y automatizar las funciones de detección y seguimiento dentro del sistema.
- Conexión de red: es posible instalar varias unidades en una red y controlarla desde un centro de control ubicado a km de distancia.
- A prueba de fallos: el dron tiene detección automática de fallos pudiendo activar una maniobra de aterrizaje automático.

Al llevar integrado Veronte Autopilot, con las correctas automatizaciones preconfiguradas, las operaciones de vigilancia podrían llevarse a cabo de forma automática. Podría configurarse el despliegue cada "x" intervalos de tiempo. La visión artificial permitiría la detección de objetivos sin que haya ningún operador.

El coste de TS150 con la doble cámara y todo lo necesario para operar son 55.000€



Anexo E: Análisis Multicriterio

En este último Anexo se muestran los pasos seguidos durante la ejecución del programa de Análisis Multicriterio desarrollado por el Teniente Coronel Carlos Ruiz López (López, 2021), para la elección del dron cautivo.

Los números introducidos para evaluar los criterios se han seleccionado en base a las encuestas realizadas y a las fichas técnicas de los drones, ambos datos disponibles en los Anexos B y D. Son, en el primer caso, resultado de las medias de las respuestas, y en el segundo, resultado del análisis y comparación de las características técnicas.

Método AHP - Evaluación de Criterios (Etapa 2)

Evaluación de CRITERIOS

CRITERIOS	CABLE	EQUIPO	MEDIOS	PRECIO	MERCADO	ADICIONALES
CABLE	1	5	1/3	1/5	9	5
EQUIPO	1/5	1	1/3	1/5	5	1/3
MEDIOS V...	3	3	1	1/3	7	7
PRECIO	5	5	3	1	5	9
MERCADO	1/9	1/5	1/7	1/5	1	7
ADICIONA...	1/5	3	1/7	1/9	1/7	1

PESOS(W)

0.18
0.07
0.23
0.40
0.07
0.05

Escala de SAATY

Valor	Definición
1	a - Igual Importancia
3	b - Importancia Moderada v 1/3
5	c - Importancia Grande v 1/5
7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
9	e - Importancia Extrema v 1/9

R.I. : 0.3803

Calcular

< Volver Datos AHP

Figura 41: Primer paso. Ponderación de criterios entre ellos. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.

Método AHP - Evaluación de SubCriterios (Etapa 2.bis)

CABLE	LONGITUD	TIEMPO SUELTA	PESOS(W)
LONGITUD	1	1/3	0.25
TIEMPO SUELTA	3	1	0.75

R.I. : 0.0000

EQUIPO	PESO	DIMENSIONES	PESOS(W)
PESO	1	1/5	0.17
DIMENSIONES	5	1	0.83

R.I. : 0.0000

ADICIONALES	AUTOPILOTO	A LA VEZ QUE VH	PESOS(W)
AUTOPILOTO	1	1/3	0.25
A LA VEZ QUE VH	3	1	0.75

R.I. : 0.0000

Calcular

< Volver

Figura 42: Paso 2. Ponderación de subcriterios entre ellos. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.



Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapas 3)

R.I. : 0.0000

MEDIOS VISIÓN	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	1/5	1/5
ORION 2	5	1	1
TS-150	5	1	1

R.I. : 0.0000

PRECIO	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	3	1/7
ORION 2	1/3	1	1/7
TS-150	7	7	1

R.I. : 0.0000

MERCADO	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	1/3	1/3
ORION 2	3	1	1
TS-150	3	1	1

R.I. : 0.0000

AUTOPILOTO	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	1	1
ORION 2	1	1	1
TS-150	1	1	1

Calcular

< Volver

Figura 43. Paso 3: Ponderación entre drones. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapas 3)

R.I. : 0.0000

LONGITUD	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	1	1/3
ORION 2	1	1	1/3
TS-150	3	3	1

R.I. : 0.1035

TIEMPO SUELTA	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	1/5	1/9
ORION 2	5	1	1/5
TS-150	9	5	1

R.I. : 0.0334

PESO	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	3	5
ORION 2	1/3	1	3
TS-150	1/5	1/3	1

R.I. : 0.0000

DIMENSIONES	ASTER-T	ORION 2	TS-150
ASTER-T	1	1/3	1
ORION 2	3	1	3
TS-150	1	1/3	1

Calcular

< Volver

Figura 44. Paso 3: Ponderación entre drones. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.



R.I. : 0.0000

A LA VEZ QUE VH	ASTER-T	ORION 2	TS-150	PESOS(W)
ASTER-T	1	1	1/3	0.33
ORION 2	1	1	1/3	0.33
TS-150	3	3	1	0.33

Calcular

< Volver

Figura 45: Paso 3: Ponderación entre drones. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	ASTER-T	ORION 2	TS-150
CABLE	0.18	0.10	0.21	0.69
+ LONGITUD	0.25	0.20	0.20	0.60
+ TIEMPO SUELTA	0.75	0.06	0.22	0.72
EQUIPO	0.07	0.27	0.54	0.18
+ PESO	0.17	0.63	0.26	0.11
+ DIMENSIONES	0.83	0.20	0.60	0.20
MEDIOS VISIÓN	0.23	0.09	0.45	0.45
PRECIO	0.40	0.17	0.08	0.75
MERCADO	0.07	0.14	0.43	0.43
ADICIONALES	0.05	0.23	0.23	0.53
+ AUTOPILOTO	0.25	0.33	0.33	0.33
+ A LA VEZ QUE VH	0.75	0.20	0.20	0.60
		0.15	0.25	0.60

Figura 46: Paso 4: Resultado final. Fuente: elaboración propia con el Programa de Decisión AHP.