



Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE SISTEMAS DE INHIBICIÓN DE DRONES PARA EL CARRO DE COMBATE LEOPARDO

2E

CAC SANTIAGO SÁNCHEZ BALLESTERO

Director académico: Dña. María José Esteban Zuriaga

Director militar: D. Ángel Menoyo Beloso

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023



AGRADECIMIENTOS

La finalización de este trabajo de fin de grado representa el logro culminante de mi educación en el Grado de Ingeniería en Organización Industrial, que ha requerido un considerable esfuerzo a lo largo de los últimos cuatro años. Por tanto, quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que han contribuido a alcanzar este objetivo, ya que sin su apoyo esto no habría sido posible.

En primer lugar, deseo agradecer a los profesores que me han guiado a lo largo de las desafiantes asignaturas que todo cadete debe superar. Asimismo, quiero expresar mi gratitud a mis tutores, D. Antonio Otal y Dña. María José Esteban Zuriaga, por su continua supervisión, correcciones y orientación durante estos últimos dos meses; sin su guía, la realización de este trabajo no habría sido factible.

Además, agradezco sinceramente el esfuerzo de los tenientes de infantería, D. Ángel Menoyo Beloso y D. Carlos Muñoz Muñoz, por hacer que mi experiencia inicial haya sido lo más enriquecedora y profesional posible. Gracias por brindarme una visión detallada de la vida cotidiana en las compañías acorazadas del Regimiento Pavía nº4.

No puedo dejar de mencionar a mis padres, hermana y amigos, quienes me han brindado un apoyo inquebrantable a lo largo de estos años. A todos ellos, así como a los mencionados anteriormente, les agradezco de nuevo, ya que sin su apoyo constante, alcanzar esta meta no habría sido posible.



RESUMEN

Durante la última década, ha tenido lugar un notable progreso tecnológico en el ámbito de la industria armamentística, con la creación de sistemas de armas avanzados, entre ellos los vehículos aéreos no tripulados. Este avance tecnológico ha planteado nuevas amenazas que requieren ser abordadas en el contexto de los carros de combate. Pese a las grandes ventajas en cuanto a modernización con las que cuenta el sistema de armas del Leopardo 2E, actualmente carece de un sistema de protección contra drones.

Existen diferentes métodos para eliminar las amenazas de drones, en esta memoria nos centraremos en el método de inhibición, que es llevado a cabo mediante tres fases: detección, identificación y neutralización.

Este proyecto abarca el análisis, comparación y selección del sistema inhibidor de drones más adecuado para equipar al Leopardo 2E, cumpliendo así con los requisitos de las unidades acorazadas. Esta iniciativa tiene como objetivo la modernización y el fortalecimiento de este vehículo, preparándolo para futuros despliegues en situaciones de conflicto.

Se han analizado los desafíos actuales que enfrentan los carros de combate y se han evaluado las características fundamentales de los sistemas antidrones que sean compatibles con el Leopardo 2E. Se han presentado los resultados de cuestionarios y explorado las diversas aplicaciones tácticas de los sistemas inhibidores. Además, se detallan las opciones de sistemas disponibles en el mercado, seguidas de una comparativa de estos sistemas. El estudio concluye con la selección del sistema antidron óptimo para su integración en el Leopardo 2E.

PALABRAS CLAVE

Drones, Leopardo 2E, sistemas de inhibición, sistemas en el mercado y táctica



ABSTRACT

Over the past decade, there has been significant technological progress in the field of the armaments industry, leading to the development of advanced weapon systems, including unmanned aerial vehicles (UAVS). This technological advancement has introduced new threats that need to be addressed in the context of armored combat vehicles. Despite the significant advantages in terms of modernization that the Leopard 2E weapon systems offer, it currently lacks a drone protection system.

There are various methods to counter drone threats and in this report, we will focus on the inhibition method, which is carried out in three phases: detection, identification, and neutralization.

This project encompasses the analysis, comparison, and selection of the most suitable drone inhibition system to equip the Leopard 2E, meeting the requirements of armored units. The aim of this initiative is to modernize and strengthen this vehicle for future deployments in conflict situations.

Current challenges facing armored combat vehicles have been examined, and the fundamental features of anti-drone systems compatible with the Leopard 2E have been assessed. Survey results have been presented, and the various tactical applications of inhibition systems have been explored. Additionally, the available system options are detailed, followed by a comparative analysis of these systems. The study concludes with the selection of the optimal anti-drone system for integration into the Leopard 2E.

KEYWORDS

Drones, Leopard 2E, inhibition systems, market systems and tactics



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN.....	II
PALABRAS CLAVE	II
ABSTRACT	III
KEYWORDS.....	III
INDICE DE ILUSTRACIONES	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 UNIDAD DE CARROS DE COMBATE	1
1.2 CONTEXTO ACTUAL	2
1.3 APLICACIÓN DE MI ESTUDIO	2
1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	3
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	4
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	4
2.2 METODOLOGÍA.....	4
2.2.1 Revisión bibliográfica	4
2.2.2 Entrevistas	4
2.2.3 Cuestionarios.....	5
2.2.4. Tablas comparativas.	5
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	6
3.1 EVOLUCIÓN DE LOS DRONES HASTA LA ACTUALIDAD.	6
3.2 CARACTERISTICAS DEL CARRO DE COMBATE LEOPARD 2E Y SUS EMPLEOS TÁCTICOS.	7
3.3 PROCESO DE DEFENSA ANTE DRONES.....	8



3.4	IMPORTANCIA DE LOS DRONES EN EL CONFLICTO DE UCRANIA Y RUSIA.....	10
4.	DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	14
4.1	PROBLEMAS ACTUALES DEL CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E.....	14
4.2	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE UN SISTEMA ANTIDRON PARA EL CARRO DE COMBATE	15
4.3	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXTRAIDA EN LOS CUESTIONARIOS	18
4.4	OPCIONES TÁCTICAS DE LOS SISTEMAS INHIBIDORES EN CARROS DE COMBATE	22
4.5	SISTEMAS ACTUALES EN EL MERCADO	23
4.6	COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS Y ANÁLISIS.....	27
5.	CONCLUSIONES	30
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
7.	ANEXOS.....	31
	ANEXO I. CUESTIONARIOS	33
	ANEXO II. LEOPARDO 2E	36



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Carro de combate Leopardo 2E. Fuente: Ministerio de Defensa...	7
Ilustración 2. Bayraktar TB2. Fuente: Baykartech.....	11
Ilustración 3. Shahed-136. Fuente: Army-technology.....	12
Ilustración 4. Resultados del cuestionario sobre principales amenazas de las unidades acorazadas. Fuente: Elaboración propia.....	15
Ilustración 5. Gráfico resultado del cuestionario sobre las características de los sistemas de detección. Fuente: Elaboración propia.....	18
Ilustración 6. Gráfico resultado del cuestionario sobre características de los sistemas de identificación. Fuente: Elaboración propia.....	19
Ilustración 7. Gráfico resultado del cuestionario sobre características de sistemas de neutralización. Fuente: Elaboración propia.....	20
Ilustración 8. XFR V5 PRO y Antena IsoLOG 3D mobile. Fuente: Radiansa...	24
Ilustración 9. Portable Jammer. Fuente: AARONIA.....	24
Ilustración 10. Dronesentry-X-MK2. Fuente: Droneshield	26
Ilustración 11. Sistema AUDS. Fuente: Observatorio.cisde.....	26
Ilustración 12. CERVUS III. Fuente: Defensa.....	27
Ilustración 13. Proceso de inhibición de un fúsil jammer. Fuente: Xataka.....	27
Ilustración 14. Dimensiones Leopardo 2E. Fuente: Ministerio de Defensa.....	36
Ilustración 15. Caraterísticas básicas Leopardo 2E. Fuente: Ministerio de Defensa	37



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación OTAN UAV. Fuente: Ministerio de Defensa.....	7
Tabla 2. Tabla resultado de la comparación de sistemas de detección. Fuente: Elaboración propia	28
Tabla 3. Tabla resultado de la comparación de sistemas de identificación. Fuente: Elaboración propia	29
Tabla 4. Tabla resultado de la comparación de sistemas de neutralización. Fuente: Elaboración propia	29



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

APS: Active protection system

BICC: Brigada de carros de combate

CESEDEN: Centro de estudios de la Defensa

GNSS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global Positioning System

MADOC: Mando de Adiestramiento y Doctrina

MHz: Megahercio

MIMO: Multiple-input multiple-output

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte

RC: Regimiento de Caballería

RPAS: Remotely Piloted Aircraft System

UAV: Unmanned aerial vehicle

URSS: Unión de Repúblicas Socialistas

W: Vatio



1. INTRODUCCIÓN

El autor de la siguiente memoria realizó sus prácticas externas en el BICC Flandes perteneciente al Regimiento Pavía nº4 situado en la ciudad de Zaragoza. Durante este periodo de aprendizaje se profundizó en el conocimiento del carro de combate Leopard 2E, sus problemas actuales, su funcionamiento interno y sus cualidades tácticas, lo que sirvió de gran ayuda para la realización de este estudio.

Cada día va llegando nueva información sobre drones, uno de los medios más utilizados en los conflictos actuales capaces de derribar objetivos de grandes dimensiones a muy bajo coste. Existen diferentes métodos para contrarrestar estos vehículos no tripulados, en la siguiente memoria nos centraremos en los métodos de inhibición y cómo se podrían adaptar al carro de combate Leopard durante maniobras tácticas.

La implementación de sistemas inhibidores de drones en carros de combate es una respuesta estratégica a la creciente amenaza que representan los drones no tripulados en el campo de batalla moderno. Los avances en la tecnología de drones han permitido la proliferación de estas aeronaves aéreas de bajo costo y fácil acceso, lo que ha llevado a su uso tanto por actores estatales como no estatales en conflictos armados. Estos drones, a menudo equipados con cámaras, sensores y, en algunos casos, cargas explosivas, pueden tener un impacto significativo en la recopilación de información, la vigilancia y el ataque en un teatro de operaciones militar.

Los carros de combate son elementos fundamentales en la estrategia terrestre de muchas fuerzas armadas, y su supervivencia y eficacia en el campo de batalla son de vital importancia. Los sistemas de inhibición de drones para carros de combate son una respuesta necesaria para mitigar la amenaza que plantean los drones, brindando a los blindados una capa adicional de protección y una capacidad efectiva para neutralizar a estas aeronaves no tripuladas enemigas. Esta implementación no solo tiene como objetivo proteger a las tripulaciones de los carros de combate, sino también garantizar la continuidad de las operaciones militares al mantener la superioridad en el campo de batalla.

1.1 UNIDAD DE CARROS DE COMBATE

Los ejércitos deben ajustarse a las circunstancias contemporáneas, donde se encuentran tanto las amenazas tradicionales como los nuevos riesgos. La brecha tecnológica entre naciones desarrolladas y en desarrollo ha promovido la proliferación del conflicto asimétrico. No obstante, sería un error pensar que los conflictos convencionales han quedado atrás.

El carro de combate sigue manteniendo su estatus como el componente central de las fuerzas terrestres. Gracias a su capacidad de fuego, defensa y movilidad, puede superar las barreras defensivas del adversario, permitir que la infantería mecanizada tome control del terreno y lograr los objetivos tácticos establecidos en territorio enemigo. Además, es la única plataforma que puede operar en áreas altamente contaminadas por agentes químicos, biológicos y radiactivos (Artero, 2008).

Es necesario analizar la evolución de los diferentes medios acorazados desde el inicio de la década de 1940 para conocer mejor los sistemas de armas disponibles en el Ejército español actualmente, como el Leopard 2E. (Fernández., 2016).

La evolución de los carros de combate en el Ejército español ha estado fuertemente influenciada por la relación con Estados Unidos y la OTAN, si bien en los inicios del período franquista se contaba con T-26 y BT-5 de fabricación soviética (incautados al ejército derrotado en la Guerra Civil) y el Panzer I de fabricación alemana. En los años cincuenta, de mano de los acuerdos militares con Estados Unidos, España dio un salto adelante en sus capacidades acorazadas con la incorporación de medios de fabricación norteamericana. Aquella procedencia



siguió siendo mayoritaria en las unidades acorazadas del Ejército hasta la década de los 80 (destacaban carros como el M-41, M-47 y M-48)

En paralelo a la entrada en la OTAN en 1982 (plena en 1997) y a la integración en Europa (en el marco del proceso de democratización y plena normalización de la posición internacional de España), se inició un programa de modernización que llevó a la adquisición de carros de combate Leopard 2A4 de fabricación alemana. Además, el nuevo Ministerio de Defensa contrató con la industria española la producción del VEC Y BMR para el Ejército de Tierra, ambos todavía en dotación. Más recientemente se incorporaron los M-60 estadounidenses y el Leopard A-4 alemán.

La colaboración con Estados Unidos ha sido un factor clave, ya que la interoperabilidad con las fuerzas estadounidenses se convirtió en una prioridad. La participación en misiones internacionales también ha impulsado la necesidad de adoptar equipos estandarizados compatibles con los aliados de la OTAN y, especialmente, con Estados Unidos. En resumen, la evolución de los carros de combate en España refleja una estrategia de modernización orientada hacia la integración en alianzas internacionales y la búsqueda de interoperabilidad con aliados, particularmente con Estados Unidos (Merlo, 2022)

Se dotó al Ejército de Tierra a partir de 2010, con un material y equipo pesado análogo al de otros ejércitos europeos de nuestro entorno. Con el Leopard 2E, el Ejército español está equipado con un carro de última generación, igualándose a los países de nuestro entorno.

1.2 CONTEXTO ACTUAL

La situación actual del conflicto entre Ucrania y Rusia ha supuesto una revolución en la táctica y los sistemas de armas resultado principalmente del uso de drones, debido a esto países de todo el mundo se han puesto manos a la obra instruyendo personal en dicha materia tanto en el uso de drones como en sus contramedidas.

Los drones operan en una porción del espacio aéreo que se encuentra fuera del alcance de la Artillería Antiaérea convencional, la cual está diseñada para abordar diferentes tipos de amenazas aéreas. Es cierto que, actualmente, estos drones son mayormente comerciales y se adaptan de manera rudimentaria para transportar cargas como explosivos, lo que limita los daños en términos de material y personas. Sin embargo, surge la preocupación acerca de las consecuencias cuando las modificaciones de estos drones alcancen un mayor grado de sofisticación (Gonzalo, 2018)

La experiencia previa ha evidenciado la astucia de los terroristas y su habilidad para aprender mediante el método de prueba y error. Es precisamente por esta razón que los ataques con drones representan un nuevo desafío a nivel internacional que requiere una respuesta efectiva. En términos generales, los sistemas contra drones se centran en interferir con la comunicación entre la estación de control y la aeronave, así como con su sistema de navegación, obstruyendo la señal que reciben desde satélites.

Esta interferencia puede dar lugar a diversas situaciones, como hacer que el dron se estrelle, que intente regresar a su punto de partida, que continúe operando pero con una disminución en su precisión, que sea víctima de una señal GPS falsa o incluso que el control del dron sea asumido por otros.

1.3 APLICACIÓN DEL ESTUDIO

El ámbito de aplicación del estudio es en zona de operaciones, para que durante los



movimientos tácticos de carros de combate Leopard 2E puedan darse con seguridad y ser capaces de neutralizar amenazas de drones enemigos, aspecto que cada vez está tomando más importancia en los conflictos actuales.

1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La memoria ha sido estructurada de la siguiente forma:

- Introducción: se procede a llevar a cabo una contextualización de la situación respecto al uso de drones y su importancia actualmente, al mismo tiempo que se justifica la realización de la memoria y la necesidad de implantar sistemas inhibidores en los carros de combate para finalmente establecer el marco del proyecto y el ámbito de aplicación.
- Objetivos y metodología: se establecen los objetivos que se quieren cumplir durante el desarrollo del trabajo así como las diferentes herramientas que se van a llevar a cabo para el estudio y el análisis. En este caso se realizó una revisión bibliográfica, entrevistas, cuestionarios y tablas comparativas.
- Antecedentes y marco teórico: en este apartado se expondrá información sobre drones y su evolución hasta la actualidad y todas las partes del proceso para eliminar una amenaza. También se detallará su importancia en el conflicto Rusia-Ucrania. Finalmente se expondrán las características del Leopard 2E y las funciones de todos sus tripulantes, aspecto de gran importancia de cara al uso de los sistemas de inhibición.
- Desarrollo: análisis y resultado. Durante el desarrollo de este apartado, se estudiarán los problemas a los que se enfrenta los carros de combate actualmente, se analizarán las características más importantes de un sistema anti dron a la hora de acoplarse al Leopard 2E y se expondrá la información extraída en cuestionarios. Asimismo se explicarán diferentes sistemas que podemos encontrar en el mercado y finalmente se compararán dichos sistemas.
- Conclusión: en base a todo el estudio realizado, se concluirá con la elección de cuál es el mejor sistema anti dron para acoplar al Leopard 2E.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal de esta memoria es realizar un estudio sobre la adaptación de un sistema antídron a un carro de combate. Este estudio puede ser de gran utilidad tanto para el presente como para el futuro de cualquier unidad acorazada ya que analizando el desarrollo de los conflictos actuales, se trata de unos sistemas que dichas unidades tendrán que implementar y del que actualmente las unidades españolas carecen de información e instrucción.

Al mismo tiempo también se han establecido unos objetivos secundarios.

- Estudio y análisis de diferentes manuales sobre el carro de combate Leopard 2E, entendiendo cada una de las funciones técnicas de sus operadores, así como de su empleo táctico en zona de operaciones.
- Establecer una visión global de los drones, su evolución y su gran importancia en conflictos actuales.
- Desarrollo y estudio de los sistemas de inhibición y todo el proceso que conlleva,(detección, identificación y neutralización)
- Analizar uno de los problemas fundamentales a los que se enfrentan actualmente los carros de combate: los drones.
- Analizar las características fundamentales para que un sistema antídron pueda ser acoplado al Leopard 2E.

2.2 METODOLOGÍA

Utilizaremos técnicas cualitativas que incluyen cuestionarios y entrevistas realizadas al personal especializado del Batallón Flandes en carros de combate Leopard 2E y en áreas relacionadas directa o indirectamente con los medios estudiados. Estas entrevistas y cuestionarios se consideran fundamentales, ya que los conocimientos de este personal permitirán obtener la información necesaria para lograr los objetivos específicos del proyecto. La información recopilada a partir de las cuestionarios será de gran importancia para extraer conclusiones significativas.

A continuación, se detallarán las herramientas que se han empleado con el fin de cumplir los distintos objetivos definidos en esta memoria.

2.2.1 Revisión bibliográfica

Durante el proceso de revisión bibliográfica se llevó a cabo el estudio de diferentes manuales de Leopard 2E extraídos de la biblioteca virtual de Defensa desarrollados por el Mando de Adiestramiento y Doctrina, también se han tenido en cuenta diversas publicaciones en revistas de defensa como revista *Ejército o Tierra* y Trabajos de Fin de grado publicados en años anteriores. Finalmente otra gran fuente de información ha sido la red, pese a que en ocasiones no es precisamente la fuente más fiable, mediante la consulta de estudios llevados a cabo por personal de defensa sobre métodos de inhibición y páginas web especializadas en drones ha sido posible la obtención de información muy útil ya que también es el lugar más actualizado para la obtención de información a la hora de alcanzar mi objetivo final.

2.2.2 Entrevistas



Se llevaron a cabo entrevistas durante los días del 11 al 15 de Septiembre a personal con experiencia en carros, perteneciente al batallón Flandes:

- Sargento primero Gran: con más de 8 años de experiencia en unidades de carros de combate, explicó el funcionamiento interno del Leopard 2E de cara al acople de un sistema inhibidor
- Sargento Agüera: con 4 años de antigüedad en la 3^a Compañía del batallón Flandes, proporcionó información sobre los posibles usos tácticos de un sistema inhibidor durante un despliegue en zona de operaciones.
- Teniente Menoyo: encuadrado en la 3^a Compañía del Batallón Flandes, llevó a cabo una explicación de los problemas actuales del Leopard y cuáles eran sus vulnerabilidades. También se detallaron las características que debía cumplir un sistema inhibidor para ser incluido en un carro de combate.

2.2.3 Cuestionarios

Estos cuestionarios fueron llevados a cabo desde el 18 al 29 de septiembre de 2023, con la ayuda y supervisión del Teniente Menoyo.

Se utilizaron dos tipos de cuestionarios, por un lado unos con preguntas abierta y por otro lado con preguntas cerradas, diseñadas específicamente y detalladas en el Anexo I.

Se llevó a cabo un cuestionario cerrado a un total de veintidós miembros del Batallón Flandes, incluyendo tanto a personal de tropa como a suboficiales y oficiales, con amplia experiencia en vehículos acorazados.

Los cuestionarios contienen una variedad de preguntas con el propósito de evaluar los siguientes aspectos:

- Cuál es la principal amenaza para las unidades acorazadas actualmente
- Cuál es el aspecto que más se valora de cada parte del proceso de inhibición (detección, identificación y neutralización) de cara a implementar un sistema antidron a un carro de combate.

Se llevaron a cabo dos tipos de cuestionarios a ocho mandos del batallón Flandes, uno cerrada y otro abierto. En cuanto al cuestionario cerrado, los ocho mandos del Batallón Flandes, debían responder sobre cuál era la mejor opción para el uso de inhibidores de drones durante el empleo táctico del Leopard 2E. Los cuestionarios abiertos tienen como finalidad, analizar diferentes aspectos sobre la implementación de sistemas inhibidores en el Leopard 2E, las ventajas e inconvenientes de su empleo y la evolución de estos en un futuro a corto plazo.

2.2.4. Tablas comparativas

La realización de tablas comparativas tiene como fin contrastar toda la información recogida referente a los sistemas que podemos encontrar en el mercado. Se llevarán a cabo tres tablas diferentes, para los procesos de detección, identificación y neutralización respectivamente. En estas tablas se compararan las características estudiadas en el apartado 4.2.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

3.1 EVOLUCIÓN DE LOS DRONES HASTA LA ACTUALIDAD

Un dron se describe como una aeronave desprovista de tripulación¹. Su capacidad de operar en el espacio aéreo se basa en la dirección remota, eliminando la necesidad de presencia humana a bordo. Los drones tienen aplicaciones tanto civiles como militares, a pesar de que su desarrollo inicial tuvo lugar en un contexto de uso en el ámbito militar. (Rueda, 2022)

Los drones comenzaron a mostrar su potencial durante la Primera Guerra Mundial al permitir una visión ampliada del campo de batalla y la capacidad de realizar misiones de observación y ataque. Sin embargo, fue en la Segunda Guerra Mundial cuando estos dispositivos se desarrollaron de manera significativa. Los Estados Unidos adquirieron una gran cantidad de drones, aprovechando un concepto ya validado y explorando nuevas posibilidades. (Valle, 2016)

La Guerra Fría, y en particular el incidente de mayo de 1960 en el que la URSS derribó un avión espía U-2 estadounidense, marcó un momento crucial en el desarrollo de los drones. La Guerra de Vietnam posterior consolidó este avance y dio origen al programa de vigilancia mediante drones más sofisticado en la historia de la aviación.

En los años 70, Israel se destacó en el desarrollo de drones con apoyo de Estados Unidos. La década de los 90 fue esencial, ya que se utilizaron drones de manera significativa en la Guerra del Golfo de 1991 y los conflictos de desintegración de Yugoslavia (1991-2001).

En el siglo XXI, los drones evolucionaron hacia un papel más letal, especialmente en Estados Unidos, donde se convirtieron en un componente fundamental de su flota aérea, representando más del 30% de las aeronaves en 2012.

Actualmente, alrededor de 90 países y actores no estatales tienen acceso a drones, que se utilizan principalmente para vigilancia y observación, aunque cada vez más naciones los emplean para fines letales. (Calderón, 2022)

La OTAN clasifica los drones en tres categorías según su peso en el despegue y su alcance en distancia y altitud. La Clase I abarca los drones más pequeños, con los "micro" que pesan menos de 2 kg, los "mini" que tienen entre 2 y 20 kg, y los "ligeros" que pesan más de 20 kg pero no superan los 150 kg. La Clase II incluye drones con un peso entre 150 kg y 600 kg, mientras que la Clase III cubre todos los drones que pesan más de 600 kg. Esta información queda resumida en la tabla 2

¹ Existen diferentes maneras de denominar a una aeronave desprovista de tripulación, dron, UAV o RPAS son algunos ejemplos que se pueden observar a lo largo de la memoria.



Class	Category	Normal employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Primary Supported Commander	Example platform
CLASS I (less than 150 kg)	SMALL >20 KG	Tactical Unit (employs launch system)	Up to 5K ft AGL	50 km (LOS)	BN/Regt, BG	Hermes 90 Luna
	MINI 2-20 kg	Tactical Sub-unit (manual launch)	Up to 3K ft AGL	25 km (LOS)	Coy/Sqn	Aladin DH3 DRAC Eagle Raven Scan Skylark Strix T-Hawk
	MICRO <2 kg	Tactical PI, Sect, Individual (single operator)	Up to 200 ft AGL	5 km (LOS)	PI, Sect	Black Widow
CLASS II (150 kg to 600 kg)	TACTICAL	Tactical Formation	Up to 10,000 ft AGL	200 km (LOS)	Bde Comd	Aerostar Hermes 450 iView 250 Ranger Sperwer
CLASS III (more than 600 kg)	Strike/ Combat	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theater COM	
	HALE	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theater COM	Global Hawk
	MALE	Operational/theater	Up to 45,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	JTF COM	Predator B Predator A Harfang Heron Heron TP Hermes 900

Table 1 - NATO UAS Classification Guide. September 2009 JCGUAV meeting

Tabla 1. Clasificación OTAN UAV. Fuente: [Ministerio de Defensa](#)

3.2 CARACTERISTICAS DEL CARRO DE COMBATE LEOPARD 2E Y SUS EMPLEOS TÁCTICOS

En diciembre de 1998, el Ministerio de Defensa español contrató a Santa Bárbara Sistemas para adquirir 219 carros de combate Leopard 2E, con el propósito de mejorar la capacidad de maniobra de las fuerzas acorazadas. Aunque la entrega estaba programada para 1999-2007, retrasos diversos llevaron a la recepción final en 2010. El objetivo era proporcionar un medio efectivo de disuasión, éxito en combate y facilidad de integración en unidades combinadas.



Ilustración 1. Carro de combate Leopard 2E. Fuente: [Ministerio de Defensa](#)

Antes de los Leopard 2E, se usaron Leopard 2A4 adquiridos en 1995, operativos desde 1998. Están en inventario de RC Montesa 3 y RC Alcántara 10 (Ajenjo, 2020).

Por otra parte es importante conocer el procedimiento de instrucción del carro de combate Leopard 2E. Entre todas las características técnicas indicadas en el Anexo II cabe destacar la referente a la tripulación. El carro de combate Leopard 2E tiene capacidad para cuatro personas: Jefe de carro, tirador, conductor y cargador. A continuación se explicará cada empleo táctico (MADOC, 2017).

Jefe de carro: las responsabilidades generales incluyen supervisar y coordinar las operaciones del carro de combate, así como dirigir y ajustar el fuego para mejorar la precisión.



Tirador: las responsabilidades generales comprenden activar sistemas de armas, operar la torre y elementos mecánicos, gestionar escotillas, asientos, mandos manuales y escudos balísticos.

Conductor: las responsabilidades generales implican poner en servicio y mantener el Leopard 2E, manejar la cámara de conducción, cumplir normas de seguridad, operar el panel del conductor y actuar ante averías y obstáculos tácticos en el terreno.

Radio cargador: las responsabilidades generales incluyen poner en servicio el carro, operar la torre y ametralladoras coaxiales y antiaéreas, manejar el cierre del cañón, y controlar el sistema antiexplosiones para el Leopard 2E.

3.3 PROCESO DE DEFENSA ANTE DRONES.

Por lo general, todos los sistemas inhibidores de drones se basan en un proceso común que involucra las siguientes etapas:

- **Fase 1: Detección:** en esta etapa, se busca identificar la presencia de un posible dron en la zona bajo vigilancia.
- **Fase 2: Identificación:** en esta fase, se tiene como objetivo determinar qué tipo de RPAS ha sido detectado, además de obtener información relevante sobre su origen o posibles intenciones. Esta etapa es fundamental para tomar decisiones posteriores, como la posible neutralización, que se trata de la fase siguiente.
- **Fase 3: Neutralización:** consiste en neutralizar el dron detectado e identificado como hostil (Gonzalo, 2018).

FASE 1: DETECCIÓN: los métodos de detección de drones actualmente son la detección por sonido, vídeo y radar.

- **Detección por sonido**

Se están desarrollando sensores acústicos para detectar drones y distinguirlos del ruido ambiental. Esta tecnología es prometedora en entornos donde los radares son menos efectivos, permitiendo la estimación de ubicación y clasificación de drones según su firma sonora (CESEDEN, 2018)

- **Detección por vídeo**

El sistema utiliza cámaras para detectar objetos voladores en tiempo real, pero tiene limitaciones como falsas alarmas y falta de visión nocturna. También enfrenta desafíos debido a su campo de visión limitado, lo que puede retrasar el reconocimiento de áreas amplias.

- **Detección por radar**

La detección de drones con microondas es altamente efectiva, ya que opera en diversos climas, no requiere señales del dron, cubre largas distancias y altitudes variables y proporciona información precisa en tiempo real sobre la posición del objetivo. También tienen un gran inconveniente cuando se trata de drones pequeños que alcanzan velocidades muy bajas y a poca altitud.

Ante la creciente amenaza de los drones para los radares convencionales, se han desarrollado arquitecturas innovadoras, como los radares persistentes y los radares MIMO (Multiple-input multiple-output).



Los radares persistentes utilizan múltiples haces de antena simultáneos para una cobertura constante de un área, lo que mejora la detección de drones sin perder velocidad de actualización. Esto ofrece una vigilancia continua y precisa.

Los radares MIMO aprovechan múltiples receptores y transmisores, junto con técnicas avanzadas de procesamiento de señales, para mejorar su rendimiento de detección y seguimiento de objetivos.

- **Detección por radiofrecuencia**

Los sistemas de identificación y seguimiento de drones detectan señales de radiofrecuencia emitidas por drones y controladores, permitiendo su diferenciación y rastreo. Se integran con otros sistemas de seguridad para una respuesta coordinada ante amenazas en el espacio aéreo.

- **Detección por inteligencia artificial**

Los sistemas de detección de drones basados en inteligencia artificial emplean algoritmos de aprendizaje automático para identificar y rastrear drones en tiempo real a partir de datos de diversas fuentes. La actualización constante y el entrenamiento con datos del mundo real mejoran su precisión.

FASE 2: IDENTIFICACIÓN: La identificación en la defensa antidrones es esencial para distinguir amenazas de drones de otros objetos. El objetivo es lograr una identificación automática sin intervención humana, utilizando diversos métodos. (Sagarra, 2022)

- **Identificación por cámara**

Las cámaras visibles, infrarrojas e hiperespectrales² se utilizan para identificar drones. Las cámaras visibles son fáciles de usar, las infrarrojas detectan el calor de los RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) en condiciones adversas, y las hiperespectrales proporcionan una identificación precisa basada en firmas espectrales únicas. Sin embargo, el procesamiento de datos hiperespectrales es complejo debido a la gran cantidad de información generada. Se requieren avances en algoritmos y hardware para utilizar eficazmente las cámaras hiperespectrales.

- **Identificación mediante Microdoppler**

La identificación de drones a través de la firma microdoppler es una técnica en desarrollo que aborda la similitud entre drones y aves en la sección radar. Requiere reconocimiento de patrones, extensas bases de datos y posiblemente aprendizaje automático para mejorar la precisión y la automatización en la identificación de drones. Esta técnica es fundamental para abordar los desafíos en la diferenciación entre drones y aves.

- **Otras técnicas**

La identificación de objetivos operativos incluye verificar si un dron lleva cargas peligrosas. Se utilizan sensores láser, como el SpectroDrone³, para analizar la carga de drones detectados. Además, la detección de emisiones de radiofrecuencia permite localizar la fuente de comunicaciones y, con reconocimiento de patrones, identificar la plataforma.

² Camara hiperespectral: Sistemas equipados con una serie de sensores capaces de percibir centenares de longitudes de onda dentro y fuera del espectro visible. Como consecuencia, la imagen lograda es mucho más precisa.

³ SpectroDrone: Pequeño multicóptero, capaz de detectar explosivos y otros materiales peligrosos en estado sólido, líquido o gaseoso, a distancia. se compone de un emisor láser que emite en varias longitudes de onda, un telémetro de precisión y cámaras de alta resolución, además del software necesario para el proceso.



FASE 3: NEUTRALIZACIÓN: Tras la detección e identificación de amenazas, se requiere su neutralización, ya sea manual o automática. Los métodos de inhibición de señales, como el *jamming*, el *spoofing* y el hackeo de WiFi, son considerados en este contexto.

- ***Jamming***

El *jamming* es una tecnología que busca perturbar las comunicaciones de los RPAs, lo cual se logra mediante obstáculos electromagnéticos. Puede ser operado manualmente con dispositivos como las "pistolas jammer" apuntadas a los RPAs amenazantes, o de forma automática a través de radares y sensores. El objetivo es interrumpir las señales de telecontrol, GPS y video, pero su uso requiere precaución, especialmente si el RPA transporta cargas peligrosas o hay población civil cercana.

- ***Spoofing***

El *GPS spoofing* implica la emisión de señales GPS falsas con mayor potencia que las señales de satélites reales para engañar a los drones. Se utilizan varias técnicas, como la simulación de señales GNSS⁴, donde se generan señales falsas al principio del periodo de adquisición, o la generación de señales análogas y sincronizadas con las señales legítimas para engañar al receptor GNSS. El *nulling* que consiste en emitir dos señales por cada señal GNSS legítima, una idéntica y otra desfasada en fase, con el propósito de debilitar la señal original. El *meaconing* consiste en capturar y retransmitir una señal GNSS legítima con retraso temporal para llevar al receptor a calcular una posición falsa. Cada método presenta sus propios desafíos y complejidades.

- ***Hackeo wifi***

Las comunicaciones entre estaciones base y drones a través de Wi-Fi pueden ser vulnerables a ciberataques. Estos ataques se dirigen a interrumpir las comunicaciones y explotan la falta de medidas de protección en la fase de asociación inicial, lo que puede abrir vulnerabilidades en el sistema. Es fundamental implementar medidas de seguridad sólidas en estas conexiones para prevenir posibles amenazas.

3.4 IMPORTANCIA DE LOS DRONES EN EL CONFLICTO DE UCRANIA Y RUSIA

El conflicto en Ucrania ha sido testigo de una evolución significativa en el uso de drones a lo largo de los años. A medida que el conflicto ha continuado, las partes involucradas han adaptado y mejorado sus capacidades de drones para diferentes propósitos. A continuación, se describe la evolución del uso de drones en la guerra de Ucrania

- En las etapas iniciales del conflicto, los drones se utilizaron principalmente para la observación y la recopilación de información. Estos drones a menudo eran de fabricación comercial y estaban disponibles en el mercado. Las partes en conflicto comenzaron a comprender el valor de la vigilancia aérea y la recopilación de inteligencia.
- Con el tiempo, las partes en conflicto adquirieron y desplegaron drones más avanzados, incluyendo modelos militares y UAV (Unmanned Aerial Vehicle) de mayor alcance. Los drones se convirtieron en una herramienta crucial para la observación de las líneas del frente, la detección de posiciones de artillería enemiga y la recopilación de información de

⁴ GNSS: Sistema global de navegación por satélite y se utiliza para describir cualquier sistema de navegación por satélite con cobertura global.



inteligencia.

- A medida que el conflicto continuó, se comenzaron a utilizar drones armados para llevar a cabo ataques aéreos y bombardeos en áreas estratégicas. Estos drones armados proporcionaron una capacidad adicional para infligir daño al enemigo.
- Con la aparición de drones armados, también se desató una carrera armamentística en la que las partes en conflicto buscaron desarrollar y desplegar sistemas de defensa contra drones para protegerse de los ataques aéreos no tripulados. Esto incluye la implementación de sistemas de interferencia de señales, sistemas de detección avanzada y la búsqueda de contramedidas efectivas.
- Las partes en conflicto también han utilizado drones para la propaganda y la difusión de información. Los drones han capturado imágenes y videos utilizados en la divulgación de mensajes y narrativas en los medios de comunicación y en línea.
- Apoyo a Operaciones Militares: Los drones han sido un componente importante en el apoyo a las operaciones militares. Han proporcionado información crítica para la toma de decisiones y han desempeñado un papel en la identificación de objetivos y la realización de ataques precisos (Touzery, 2022).

Esta evolución refleja cómo la tecnología de drones ha pasado de ser principalmente una herramienta de observación e inteligencia a una herramienta de combate y apoyo aéreo en el conflicto en Ucrania. La rápida adaptación y desarrollo de capacidades en este campo demuestran la importancia cada vez mayor de los drones en los conflictos modernos. El profesor y analista para el Estado Mayor de la Defensa de España, César Pintado, afirmó en una entrevista: "Yo veo a los drones como la aviación en la Primera Guerra Mundial. Partía de ser algo casi deportivo, casi una anécdota a ser reconocido como el arma del futuro" (Pascual, 2023).

El Ejército ucraniano emplea una variedad de drones con fines militares, que incluyen vigilancia, reconocimiento, recopilación de información y ataque. Entre ellos, destaca el Bayraktar TB2 de fabricación turca, que ha demostrado su eficacia en operaciones de ataque, equipado con misiles y sistemas de inteligencia.

Además, utilizan drones Phantom de fabricación nacional para misiones de vigilancia y reconocimiento, así como el Leleka-100, conocido por su largo tiempo de vuelo. El Swichblade 600, proporcionado por el ejército estadounidense, ofrece capacidades de ataque de precisión y se utiliza en operaciones militares y de seguridad. El UJ-22, uno de los sistemas más actuales de origen ucraniano, destaca por su envergadura de 5 metros, autonomía de 800 kilómetros y su capacidad de vuelo a baja altura, lo que dificulta su detección por las defensas antiaéreas, siendo útil en operaciones de disuasión y saturación de las defensas enemigas (Rosas, 2023).



Ilustración 2. Bayraktar TB2. Fuente: [Baykartech](#)



Por otro lado, el Ejército ruso también ha empleado diversos drones para llevar a cabo misiones de vigilancia, reconocimiento y operaciones militares. Entre estos drones se encuentran el Orlan-10, de fabricación rusa, utilizado tanto por las fuerzas ucranianas como por las separatistas, con enfoque en la vigilancia y el reconocimiento. El Eleron-3, otro dron ruso, ha servido para obtener información sobre las posiciones del enemigo. Por otro lado, el Granat-1 es dron de ataque ligero con sensores y cámaras de alta resolución para el análisis de información.

Finalmente, el Shahed-136, un dron kamikaze de un solo uso, se caracteriza por su economía de producción, alcance considerable y capacidad de vuelo a baja altitud, a menudo lanzado en enjambres para ataques coordinados. Estos drones han desempeñado un papel fundamental en el conflicto (Biurrun, 2022).



Ilustración 3. Shahed-136. Fuente: [Army-technology](#)

El concepto de "enjambre" implica que estos drones pueden ser utilizados en grupos para atacar objetivos de manera coordinada, lo que aumenta la amenaza y la dificultad de defensa para el objetivo. Su capacidad de llevar a cabo ataques kamikaze contra objetivos específicos ha suscitado preocupaciones en materia de seguridad y defensa. El Shahed-136 y drones similares se han convertido en una parte importante de la evolución de las tácticas militares modernas y presentan desafíos adicionales en el campo de batalla.

Un porcentaje considerable de las pérdidas en las fuerzas rusas se ha atribuido a los misiles antiaéreos suministrados por diferentes naciones entre las que se encuentra España, además de los sistemas antiaéreos que han derribado aeronaves en el conflicto.

Dado lo complicado que resulta detectar estos sistemas de defensa antimisiles, las tropas rusas han decidido emplear drones como señuelos, con la única finalidad de exponer y determinar las ubicaciones de las fuerzas ucranianas. Su tarea consiste en generar la percepción de que se trataba de aeronaves de combate o drones de espionaje rusos reales.

El gobierno de Ucrania ha anunciado el envío al frente de casi 2000 drones Autel EVO MAX que funcionan mediante inteligencia artificial. Tiene la capacidad de evaluar entornos complejos y crear rutas de vuelo en tres dimensiones en tiempo real, lo que le permite evitar obstáculos de manera eficaz. Además, está equipado con sensores avanzados que posibilitan el vuelo en áreas donde la señal GPS no está disponible. Destaca también por contar con un telémetro láser que le permite marcar objetivos con gran precisión en el mapa, simplificando así la ejecución de misiones de seguimiento e identificación de la manera más precisa y sencilla posible. Se trata de los sistemas más innovadores usados hasta la fecha en el conflicto (drone, 2023).

Por otro lado es interesante analizar los diferentes métodos y sistemas usados por ambos bandos a la hora de neutralizar drones. Nos centraremos en los diferentes métodos de inhibición usados dejando de lado los diferentes métodos de defensa activa.



Es importante señalar que el conflicto en Ucrania ha sido un campo de prueba para el desarrollo y la implementación de sistemas de inhibición de drones, ya que la amenaza de los drones como ha sido explicado anteriormente, ha sido significativa en la guerra. El uso de estos sistemas refleja la importancia de las contramedidas de drones en la seguridad y la defensa moderna.

Los sistemas antidrones más usados han sido el KVSG-6, con un alcance de 2,5 a 3 kilómetros, peso de seis kilogramos y baterías de media hora. Interfiere con señales de video, control remoto, GPS y GLONASS⁵ y el sistema EDM4S, enfocado en la neutralización de drones pequeños y medianos, con un alcance de 5 km, diseñado para uso militar y operación individual en entornos al aire libre.

Los sistemas inhibidores van evolucionando cada vez más, aunque actualmente estén siendo utilizados más sistemas de protección activa, poco a poco se van implementando nuevos sistemas de inhibición que sin duda tendrán un papel importante en el desarrollo del conflicto.

El Ejército de Tierra español se encuentra plenamente consciente de esta amenaza y ha dedicado un considerable tiempo a evaluar la estrategia más adecuada para hacerle frente. La Dirección de Adquisiciones del Mando de Apoyo Logístico del Ejército ha estado investigando las posibles soluciones técnicas disponibles en el mercado para contrarrestar esta amenaza. Además, se ha esforzado por determinar la magnitud de esta necesidad, tanto en lo que respecta a la protección de instalaciones permanentes como a la de unidades en movimiento, tanto en territorio nacional como en zonas de operaciones (Valle, 2016).

A pesar de la conciencia de la amenaza dron en las Fuerzas Armadas españolas, aún no cuentan con un sistema anti dron específico, ya que el CERVUS III, un sistema de inhibición que utiliza modelos de inteligencia artificial y *machine learning* que permite reducir la necesidad de intervención humana y mejora de manera significativa la precisión y eficiencia en la operación, se encuentra actualmente en pruebas. Sin embargo, se ha participado en seminarios que han ayudado a evaluar las capacidades necesarias para una defensa eficaz. La adquisición de un sistema anti dron quedará resuelta una vez se tome una decisión y se invierta el capital necesario en una de las soluciones actualmente en estudio (Defensa, 2023).

⁵ GLONASS: Es un sistema de navegación ruso basado en satélites que funciona junto con el GPS para proporcionar información de posición a los dispositivos compatibles.



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 PROBLEMAS ACTUALES DEL CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E

Los carros de combate se enfrentan a varios desafíos en los conflictos modernos. La urbanización de los conflictos limita su capacidad de movimiento y los hace vulnerables a armas antitanque de corto alcance. Las temperaturas extremas, tanto el calor como el frío, pueden afectar negativamente el rendimiento de los carros de combate, desde el motor hasta los sistemas electrónicos.

La falta de sistemas de protección efectivos y la necesidad de armamento versátil son desafíos adicionales que pueden limitar su efectividad en el campo de batalla. Además, los avances en tecnología pueden hacer que los sistemas de adquisición de objetivos se vuelvan obsoletos, lo que dificulta la identificación y el seguimiento de objetivos modernos.

Pero es un hecho que el conflicto de Ucrania y en concreto el uso de drones está poniendo de manifiesto muchas vulnerabilidades en maniobras tácticas tanto de unidades ligeras como mecanizadas y acorazadas. Debido a esto, está surgiendo una carrera armamentística tanto en el uso de estos vehículos no tripulados como en sus contramedidas. En cuanto al empleo de sistemas antidrones, existen diferentes métodos por un lado los APS (Active Protection System), es decir, sistemas de defensa activa, que pueden dividirse en medidas para ocultar el vehículo (*softkill*) o medidas que destruyen directamente la amenaza mediante el uso de diferentes tipos de munición (*hardkill*). Por otro lado existen métodos de inhibición de drones ya explicados anteriormente, que actúan mediante la interferencia de señales. Desde el punto de vista táctico la inhibición supone el método más apropiado principalmente porque dificulta que el enemigo determine la posición.

Los conflictos modernos a menudo han evolucionado hacia escenarios de baja intensidad y mayor duración en lugar de enfrentamientos tradicionales. En este contexto, los drones ofrecen tres ventajas significativas: reducen la necesidad de despliegue en el terreno, permitiendo la sostenibilidad en conflictos prolongados, generan una sensación de certeza en el adversario de que no puede escapar de ataques de alta precisión, lo que influye en su comportamiento, y son asequibles en términos de producción y operación, lo que hace viable una respuesta militar sostenida en el tiempo. Esta transformación está revolucionando la teoría de la disuasión en conflictos modernos (Villar, 2023).

En la ilustración 4, se pueden comprobar el resultado del cuestionario realizado en la que se indicó cual era la principal amenaza actualmente para las unidades acorazadas.

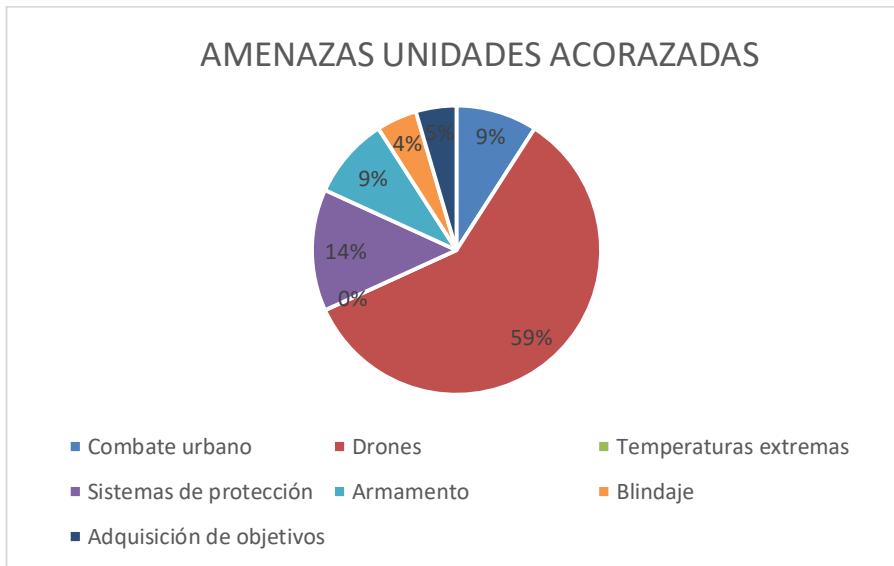


Ilustración 4. Resultados del cuestionario sobre principales amenazas de las unidades acorazadas.
Fuente: Elaboración propia

Tras estos datos, se pone de manifiesto la importancia de la amenaza de los drones actualmente, ya que de los veintidós encuestados, más de la mitad admitieron que los drones en la principal amenaza a la que se enfrentan las unidades acorazadas.

Por otro lado es interesante destacar la forma en la que los drones pueden afectar a los carros de combate Leopard 2E durante su empleo táctico ya que el dron, es un instrumento militar particularmente efectivo de la estrategia militar, gracias a sus capacidades únicas para emplear simultáneamente reconocimiento generalizado y ataques aéreos agresivos.

- 1. Detección y localización:** los drones equipados con sensores avanzados, como cámaras y radares, pueden detectar la presencia de carros de combate Leopard 2E desde el aire. Esto permite a las fuerzas enemigas conocer su ubicación y movimientos tácticos, lo que les brinda una ventaja estratégica al planificar ataques.
- 2. Ataques aéreos:** los drones armados pueden llevar a cabo ataques directos contra los carros de combate Leopard 2E, usando misiles u otro armamento preciso, pueden apuntar a puntos vulnerables en el vehículo, como las aberturas de ventilación o las partes más delgadas de la armadura, infligiendo daños y disminuyendo la capacidad del tanque para operar.
- 3. Reconocimiento:** los drones de reconocimiento pueden proporcionar información detallada sobre la ubicación y el número de carros de combate, lo que facilita la planificación de ataques por parte del enemigo.
- 4. Interferencia Electrónica:** algunos drones pueden llevar a cabo operaciones de interferencia electrónica, como la inhibición de las comunicaciones o la interferencia con los sistemas de adquisición de objetivos de los Leopard 2E, lo que reduce su eficacia en el campo de batalla.
- 5. Desgaste Psicológico:** la constante presencia de drones enemigos puede tener un efecto psicológico en las tripulaciones de los carros de combate, creando un entorno de estrés constante que puede afectar su rendimiento y toma de decisiones.

4.2 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE UN SISTEMA ANTIDRON PARA EL CARRO DE COMBATE

Sin duda alguna el ejército español y más concretamente las unidades acorazadas se



encuentran ante una nueva demanda estratégica a la hora de neutralizar las amenazas de los drones. Como se explicó en apartados anteriores nos centraremos en métodos de inhibición de la señal, dejando de lado la defensa activa. Durante este apartado trataremos de analizar las características más relevantes que podemos obtener de un sistema anti dron a la hora de acoplarse al carro de combate Leopard 2E.

La información suministrada a continuación fue fruto de entrevistas con mandos pertenecientes al Batallón Flandes, que con su instrucción y experiencia dieron las directrices para su desarrollo.

En primer lugar, nos centraremos en los sistemas de detección:

Dificultades con el entorno: esta característica es una limitación clara de los sistemas de detección por sonido y por vídeo. En primer lugar los factores climatológicos sitúan al método por radar en el más apropiado ya que trabajan pese a cualquier adversidad climatológica (lluvia, niebla, nieve...). Por otro lado, actualmente la mayoría de conflictos se llevan a cabo en ambientes urbanos, incluso en la guerra de Ucrania donde se ha vuelto de alguna forma al combate convencional, lo cual limita a los detectores de sonido ya que multiplican su número de detecciones. En combate la cantidad de sonidos provocados por detonaciones son cuantiosas lo que hace que el sistema de detección por sonido no sea una buena opción para su uso en carros de combate.

Tamaño: sin duda alguna es el factor más limitante a la hora de introducir un sistema inhibidor en un carro de combate. El problema principal radica en que el Leopard 2E no pierda características tácticas y que el uso de un inhibidor no condicione su empleo en situaciones de combate. Los sistemas de detección se pueden clasificar en fijos o móviles, los primeros tienen un tamaño superior a los segundos y al mismo tiempo un alcance muy superior. Para el objeto de estudio, el Leopard 2E, se deberá encontrar un equilibrio entre tamaño y alcance sin que el carro de combate pierda capacidades en sus movimientos tácticos.

Precisión: otro aspecto fundamental es la precisión. Es importante tener en cuenta que ningún sistema de detección de drones es completamente infalible, y la precisión puede verse afectada por diversos factores, como la tecnología del dron, su tamaño, la velocidad de vuelo y las condiciones ambientales. De los sistemas explicados anteriormente, todos ellos tienen ciertas limitaciones. En la detección mediante radar, puede variar según la potencia y la frecuencia del radar, así como la capacidad de distinguir entre objetos no deseados y drones.

En la detección por sonido, puede depender de la distancia entre el sistema y el dron, así como de la capacidad para diferenciar el sonido de los drones de otros ruidos ambientales. En la llevada a cabo mediante cámaras, estos sistemas pueden verse afectados por condiciones climáticas, como la niebla o la lluvia, y también por la distancia entre la cámara y el dron. Por otro lado, la detección de drones por radiofrecuencia puede verse afectada por varios factores, incluyendo la potencia de la señal del dron, la interferencia de RF en el entorno y la distancia entre el sistema de detección y el dron. Finalmente en cuanto a los sistemas de detección de drones basados en inteligencia artificial, si no se dispone de un conjunto de datos de entrenamiento diverso y representativo que incluya diversas condiciones y escenarios, la precisión del sistema de detección puede verse comprometida, pueden tener dificultades para detectar drones nuevos o modificados que no estén presentes en su conjunto de datos de entrenamiento.

En resumen, los sistemas de detección de drones más precisos tienden a ser aquellos que combinan varias tecnologías de detección en lugar de depender de una sola. Por ejemplo, la integración de radares, sensores de radiofrecuencia, visión por cámaras y sistemas basados en inteligencia artificial puede aumentar la precisión al aprovechar las fortalezas de cada tecnología y compensar sus debilidades.

Sin embargo, desde el punto de vista de aplicación en un supuesto táctico en carros de



combate Leopard 2E, es prácticamente imposible llevar a cabo una combinación de sistemas por lo que las opciones más realistas serán mediante radar, aunque como se explicó anteriormente tenga limitaciones en artefactos pequeños y que vuelen a baja altura. Existen radares con mejoras tecnológicas que se superponen a esta limitación, o radiofrecuencia ya que la inteligencia artificial es una novedad en el mercado que aún nos deja demasiadas incógnitas.

Alcance: la distancia a la cual seamos capaces de detectar la amenaza es otro de los problemas a los que nos enfrentamos. Los sistemas de detección de drones varían en alcance según la tecnología y el diseño específicos. El alcance de detección puede estar influenciado por factores como el tamaño del dron, la altitud de vuelo, las condiciones ambientales y la tecnología utilizada. Los movimientos tácticos de los carros de combate suelen ser de muchos kilómetros, abarcando para ello grandes espacios de terreno por lo que se intentará obtener un sistema de detección con el máximo alcance posible.

Mantenimiento: en la unidades de carros de combate el mantenimiento es uno de los aspectos que más tiempo requiere, debido a que el Leopard 2E es un sistema de armas muy complejo. Debido a esto se buscara un sistema de detección en el que el mantenimiento sea lo más simplificado posible.

Uso: anteriormente se especificaron las funciones de los diferentes puestos tácticos en el Leopard 2E. Existen sistemas de detección tanto automáticos como manuales y sin duda alguna que el sistema sea automático facilitará su uso ya que no será necesario atribuirle dicha tarea a ningún puesto táctico.

Por otro lado también es importante analizar los sistemas de identificación:

Uso: como se indicó anteriormente en los sistemas de detección, para el caso de la identificación también se tratará de implicar a la mínima cantidad de operadores posibles, durante los movimientos tácticos toda la tripulación tiene una gran cantidad de tareas asignadas por lo que se tratará de automatizar dicha identificación.

Multiidentificación: actualmente en el conflicto de Ucrania, se están llevando a cabo numerosos ataques con enjambres de drones. Debido a esto, es un aspecto fundamental que el sistema de identificación sea capaz de detectar varios drones a la vez.

Procesamiento: la rapidez con la que se lleve a cabo el procesamiento de la información y la identificación es la clave del éxito para neutralizar la amenaza.

Precisión de la identificación / discriminación de aves: la precisión de la identificación es otro gran aspecto a tener en cuenta ya que, al igual que en la detección, se deberá reducir al mínimo la cantidad de falsas alarmas.

Finalmente, analizamos los diferentes sistemas de neutralización:

Eficacia: el *jamming* puede ser eficaz contra drones que dependen de la comunicación por radiofrecuencia para su control. Sin embargo, algunos drones avanzados pueden estar diseñados para resistir la interferencia de señales y pueden mantener su vuelo o regresar al punto de origen. El *spoofing* puede ser efectivo contra drones que no cuentan con medidas de seguridad avanzadas para detectar señales falsas. Sin embargo, algunos drones pueden estar equipados con sistemas de autenticación y seguridad que dificultan la suplantación de señales.

Alcance: la potencia de la señal de *jamming* es un factor crítico. Cuanto mayor sea la potencia de la señal, mayor será el alcance efectivo para interferir con la comunicación del dron. Las condiciones ambientales, como obstáculos físicos, interferencia electromagnética y terreno circundante, pueden afectar el alcance del *jamming*. El alcance del *spoofing* depende de la capacidad del sistema para emitir señales falsas que imiten la señal de control legítima del dron. Cuanto más convincente sea la suplantación, mayor será el alcance efectivo.



En conclusión, el alcance efectivo de *jamming* y *spoofing* puede variar significativamente según las condiciones y las características específicas del dron en cuestión.

Uso: existen inhibidores manuales de drones como pistolas de interferencia de radiofrecuencia, estas armas tienen un diseño similar al de una pistola y emiten señales de interferencia con el propósito de bloquear o desviar drones no autorizados. Los operadores apuntan y disparan el dispositivo hacia el dron. También existen dispositivos portátiles de bloqueo de señales que pueden interferir con las señales de control de drones cuando son apuntados directamente al dron. A menudo, estos dispositivos se presentan también en forma de pistola o rifle. Este tipo de sistemas supone una gran limitación a la hora de integrarlos en carros de combate, ya que implica la necesidad de atribuirle dicha tarea a algún miembro de la tripulación, además de significar una instrucción mayor para el miembro de la tripulación al que se le encargue el cometido.

Por otro lado, existen inhibidores de drones automáticos, estos sistemas utilizan sensores, como radares, cámaras, y sistemas de identificación para detectar y luego neutralizar automáticamente los drones enemigos. Pueden utilizar técnicas de *jamming*, *spoofing* o incluso sistemas láser para desactivar drones. Sin duda alguna los sistemas de inhibición automáticos son una mejor opción de cara al uso en combate.

4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXTRAIDA EN LOS CUESTIONARIOS

Finalmente se llevará a cabo un estudio de las características más importantes de cada fase del proceso a través de unos cuestionarios a personal con experiencia en carros, destinados en el Batalón Flandes. Los cuestionarios fueron respondidos por un total de veintidós personas, tanto oficiales como suboficiales y tropas todos ellos con más de dos años de antigüedad en unidades acorazadas.

La ilustración 5 muestra que, al evaluar un sistema de detección, la precisión es el aspecto más valorado 27%. A continuación, se considera importante el tamaño 23% y el alcance 18%, así como el uso del sistema 18%. Otro aspecto relevante es la capacidad del sistema para funcionar en diferentes entornos 9%. Por último, el mantenimiento es el factor menos valorado 5%. Estos son los criterios clave considerados al seleccionar un sistema de detección de drones.

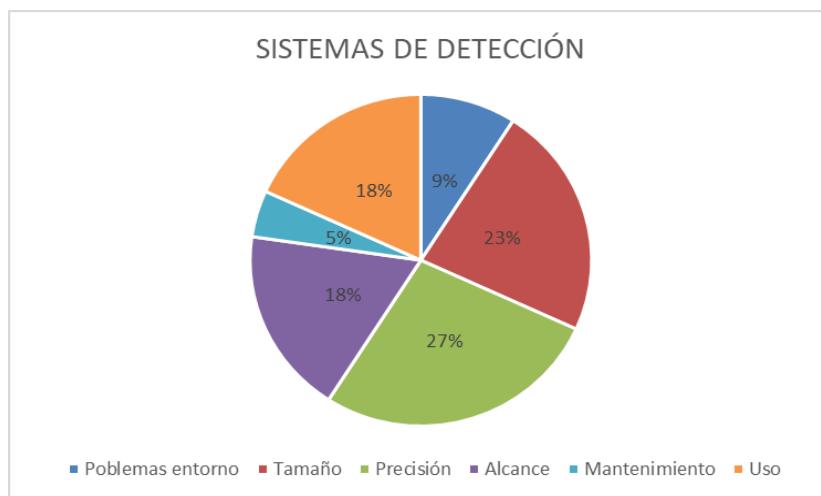


Ilustración 5. Gráfico resultado del cuestionario sobre las características de los sistemas de detección. Fuente: Elaboración propia

Como conclusión extraemos que, pese a que el tamaño es algo muy importante de cara a



su implantación en el Leopard 2E, es el alcance a lo que los encuestados dan mayor importancia ya que la clave es evitar que los drones enemigos se acerquen lo suficiente como para realizar ataques o reconocimiento no deseados. Finalmente el mantenimiento es el aspecto a tener menos en cuenta ya que lo principal es el empleo del inhibidor en combate siendo su mantenimiento algo secundario.

La ilustración 6 muestra que en el cuestionario realizado sobre los sistemas de identificación de drones, la precisión es la característica más valorada, con un 38%, seguida de cerca por la velocidad de procesamiento, que representa el 33%. La multi identificación es relevante en un 19%, mientras que el aspecto de "uso" ocupa el último lugar en las prioridades con un 10%.

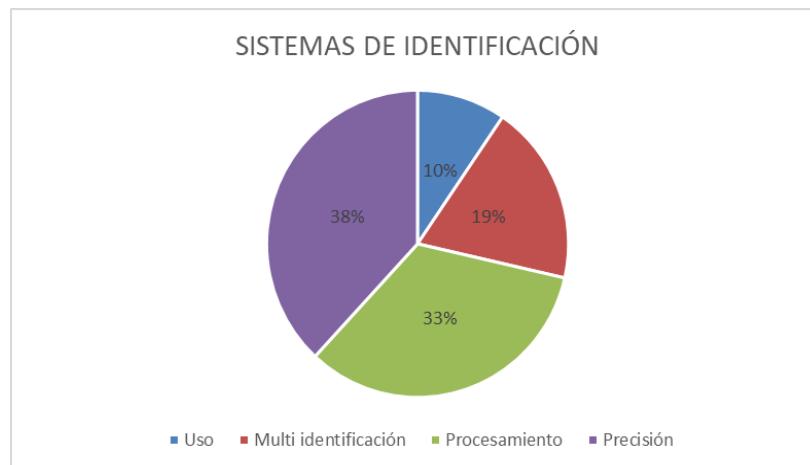


Ilustración 6. Gráfico resultado del cuestionario sobre características de los sistemas de identificación. Fuente: Elaboración propia

La precisión en la identificación de drones es esencial para garantizar una respuesta adecuada y la adaptabilidad a diversas situaciones, lo que contribuye a la seguridad y la efectividad durante los despliegues de unidades acorazadas. La multi identificación sin duda es otro aspecto fundamental para resolver amenazas de enjambres de drones, método ya utilizado en conflictos actuales. La multi identificación evita la necesidad de depender de sistemas y operadores separados para cada dron individual. Esto ahorra tiempo y recursos al permitir una respuesta coordinada y centralizada.

Los datos presentados en la ilustración 7 resaltan la importancia de la eficacia como el factor principal, ya que obtiene un sólido 43% de preferencia por parte de los encuestados. Esto subraya la necesidad de que cualquier sistema de neutralización de drones sea altamente eficiente y capaz de lidiar efectivamente con las amenazas aéreas no tripuladas.

El alcance se erige como un segundo factor relevante en este cuestionario, con un 33% de valoración. Esto significa que la distancia a la que un sistema puede neutralizar un dron también es un aspecto crítico, ya que una mayor distancia de acción amplía la capacidad de protección de una unidad o área específica.

Finalmente, aunque algo menos prioritario que la eficacia y el alcance, el uso aún tiene un considerable 24% de preferencia. Esto resalta la importancia de la facilidad en su funcionamiento y la accesibilidad de estos sistemas para los operadores, lo que facilita su implementación y maximiza su utilidad en situaciones reales.

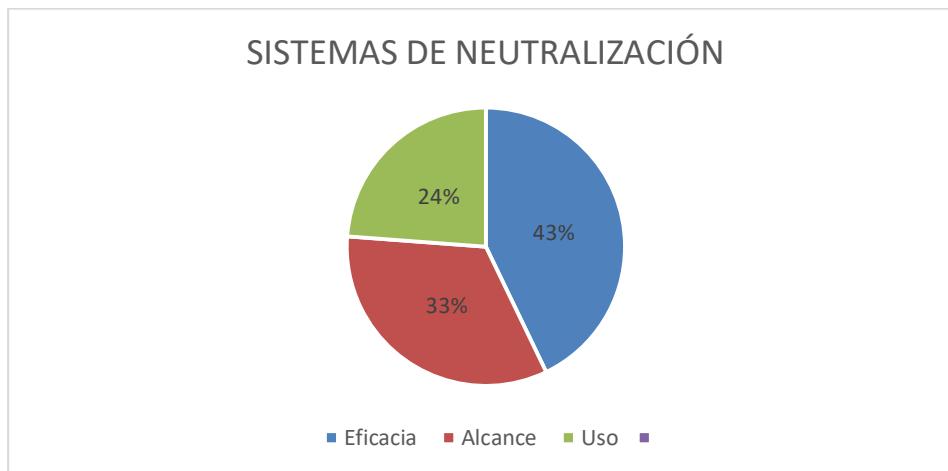


Ilustración 7. Gráfico resultado del cuestionario sobre características de sistemas de neutralización. Fuente: Elaboración propia

Tras el análisis de estas gráficas, se puede llegar a la conclusión de que en todas las fases del proceso de inhibición lo que más se valora es la precisión seguida del alcance y la facilidad durante su uso. Dichas valoraciones están decantadas claramente por su utilización en unidades acorazadas. La precisión es algo fundamental para cualquier tipo de sistema de inhibición ya que es la clave del éxito, el alcance también es algo primordial de cara al despliegue de unidades acorazadas y que la amenaza se acerque lo mínimo posible a las fuerzas propias y finalmente el uso es algo que también es de extrema importancia en estos sistemas debido a que cuanto mayor sea la dificultad de uso, más problemas habrá en la neutralización y no conseguiremos alcanzar el objetivo de eliminar la amenaza.

Por otro lado, también se analizara la información extraída a partir de los cuestionarios abiertos realizadas a ocho mandos destinados en el Batallón Flandes.

Todos los encuestados asumen que el reto de eliminar la amenaza de drones es muy importante actualmente en lo que al ámbito militar se refiere, el problema fundamental es que el nivel de conocimientos e instrucción en sistemas de inhibición es bajo. Pese a esto, la mayoría de los encuestados piensan que el *jamming* es el sistema de neutralización más apropiado para el uso en carros de combate, el nivel bajo de conocimientos respecto a los métodos de inhibición es un problema al que se enfrentan la mayoría de unidades hoy en día, ya sean ligeras, acorazadas o mecanizadas.

Por otro lado, se les planteó a través de la pregunta 3 de los cuestionarios abiertos del Anexo I, que indicaran los factores que consideraran más importantes al evaluar la eficacia de un sistema de inhibición de drones en un contexto táctico con Leopard 2E. La característica más remarcada fue la distancia a la que es efectivo, por delante de la capacidad de respuesta y la facilidad en su uso. La distancia efectiva es claramente un aspecto fundamental a tener en cuenta ya que es muy común actualmente el uso de drones kamikaze, es decir, aquellos que impactan directamente con el blanco, lo que hace que la distancia efectiva sea clave para neutralizar estos drones a tiempo. Que nuestro sistema sea solvente y rápido a la hora de dar una respuesta a la amenaza supone la diferencia entre terminar con la amenaza o ser destruidos, aspecto que también han tenido muy en cuenta los encuestados.

Finalmente el uso es otro tema a destacar, principalmente referente a la autonomía, ya que es vital para los mandos del Batallón Flandes que estos sistemas trabajen de forma autónoma sin la necesidad de un operador, siendo unánimes en la respuesta a esta cuestión. Sin duda los rifles anti drones tienen grande inconvenientes de cara a su uso en carros de combate.

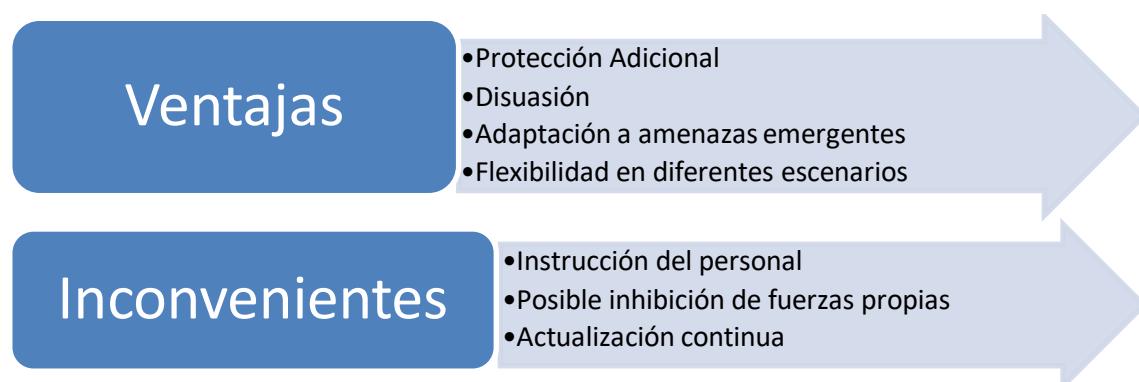


En primer lugar, que la detección sea llevada a cabo por el propio operador, que si se encuentra en una posición de escasa visibilidad le impedirá dicha detección por lo que se trata de una limitación crucial.

Por otro lado, se deberá instruir y especializar a los operadores, que ya no podrán cumplimentar su misión de la misma manera que lo hacían antes, por lo que se les designará más tareas tácticas, lo que puede ocasionar que no cumpla alguna de ellas con exactitud. También se debe tener en cuenta las dimensiones y peso de estos rifles, que lastran bastante durante los despliegues en los casos de tratarse de unidades ligeras, como el espacio que ocupan en carros de combate que ya de por sí está bastante limitado. Por último, la gran limitación de estos sistemas se da frente a los enjambres de drones, ya que es imposible una multi identificación.

También se les cuestionó sobre medidas adicionales para defender el carro frente a ataques de drones, (pregunta 7 del cuestionario con preguntas abiertas del Anexo I), las respuestas fueron múltiples, desde un buen reconocimiento previo de la zona antes de mandar una unidad acorazada a primera línea, hasta el uso de jaulas antidrones, que ya están siendo usadas en el conflicto de Ucrania. Otra opción que se proporcionó fue llevar agregadas unidades anti-dron específicas, que trabajen a retaguardia pero que se encarguen ellas de todo ese trabajo, mientras que el carro se encarga del resto de amenazas (helicópteros, carros, blindados...). Otro aspecto que se comentó fue el de mejorar el blindaje del carro.

Las cuestiones 8 y 9 hacían referencia a las ventajas e inconvenientes de implementar un sistema inhibidor en el Leopard 2E.



Finalmente se les cuestionó sobre cuál sería la evolución de las tecnologías de inhibición en el futuro y que transmitieran alguna sugerencia para mejorar la efectividad y la seguridad de los métodos de inhibición de drones en el carro de combate Leopard 2E.

Se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Mayor alcance y precisión: las futuras tecnologías de inhibición deben enfocarse en aumentar el alcance efectivo para neutralizar drones, especialmente aquellos de largo alcance y alta altitud. Además, mejorar la precisión de la detección y neutralización es crucial para minimizar daños colaterales.
- Invertir en investigación y desarrollo constante es fundamental. Esto permitirá mantenerse al tanto de las últimas tendencias en tecnologías de drones y desarrollar sistemas de inhibición avanzados.
- La inteligencia artificial desempeñará un papel crucial en la detección, identificación y neutralización de drones hostiles, mejorando la precisión y la eficiencia de los sistemas de



inhibición.

- La cooperación entre naciones y la creación de estándares internacionales para tecnologías de inhibición pueden mejorar la interoperabilidad y la eficacia en operaciones conjuntas.
- La implementación de sistemas de inhibición de drones en el carro de combate debe ser flexible y permitir su adaptación a las cambiantes tácticas y amenazas del campo de batalla.
- Proporcionar una formación especializada a la tripulación del Leopard 2E sobre la identificación de amenazas con drones y el uso adecuado de sistemas de inhibición.
- Reducción de interferencias: para garantizar la seguridad de las comunicaciones militares, los sistemas de inhibición deben ser más precisos en su capacidad de dirigir la interferencia solo hacia el dron objetivo y no afectar las comunicaciones amigas.

4.4 OPCIONES TÁCTICAS DE LOS SISTEMAS INHIBIDORES EN CARROS DE COMBATE

Existen diferentes métodos para llevar a cabo la inhibición de sistemas no tripulados durante una maniobra táctica de un carro de combate Leopard 2E.

La información proporcionada en este apartado también se basa en entrevistas realizadas a mandos del Batallón Flandes, cuya experiencia y orientación fueron fundamentales en el desarrollo de este trabajo.

En primer lugar está la opción del uso de un sistema inhibidor fijo que forme un paraguas de protección que involucre toda la zona de operaciones, se podría llevar a cabo, posicionando el sistema inhibidor en una zona segura pudiendo ser incluso la base, dependiendo de la situación táctica, estos sistemas suelen ser bastante sofisticados, con una gran eficacia y alcance. Por otro lado los despliegues de carros de combate suelen involucrar zonas amplias de terreno, lo que puede llegar a ocasionar que durante la maniobra, los vehículos se pueda salir de la zona de seguridad, por lo que si bien estos sistemas son muy eficaces para su empleo en bases de operaciones o en otro tipo de infraestructura, quizás las limitaciones superen a las ventajas de cara al uso táctico del Leopard 2E.

Existe también la posibilidad de que el sistema inhibidor se encuentre acoplado a cada vehículo, deberán ser sistemas móviles, dichos sistemas inhibidores tendrán unos sistemas de detección, identificación y neutralización, por lo general, de menor alcance que uno fijo pero suficiente para crear un área de seguridad alrededor del carro. Este método requiere una gran carga económica aspecto que puede ser limitante, también tiene inconvenientes como los mencionados anteriormente respecto al uso, ya que se tratará de involucrar al mínimo personal posible durante todo el proceso de inhibición, siendo preferible automatizar todos estos procesos.

Otro aspecto negativo es el tamaño de los sistemas optando en este caso por los elementos de menor tamaño sin renunciar a un alcance y precisión suficientes para dar seguridad al carro de combate.

Pero sin duda también tiene ventajas, ya que si cada vehículo lleva un sistema inhibidor, proporciona una cobertura más completa en el área desplegada, lo que reduce las brechas en la defensa y mejora la protección contra amenazas de drones desde diferentes direcciones. En caso de que un sistema falle debido a problemas técnicos o daños, otros sistemas pueden asumir la defensa, evitando una interrupción en la protección contra drones. Al contar con sistemas inhibidores en varios vehículos, se facilita la coordinación entre las unidades y se pueden abordar múltiples amenazas de drones de manera simultánea.



Esto evita la saturación de un solo sistema frente a un ataque enjambre de drones.

En resumen, acoplar un sistema inhibidor de drones a cada vehículo durante un despliegue de carros de combate mejora significativamente la efectividad y la seguridad en la protección contra amenazas de drones.

Proporciona una cobertura integral, redundancia y la capacidad de defenderse contra múltiples amenazas de manera simultánea, lo que es esencial en entornos militares donde las amenazas son dinámicas y cambiantes.

Por otro lado, se puede optar porque únicamente lleve el sistema inhibidor un único carro de combate durante los despliegues, esto supondría un ahorro económico pero a la vez una pérdida de capacidades tácticas, ya que el caso de fallo en dicho sistema, la unidad entera quedaría a merced de un ataque de cualquier dron. La coordinación entre las unidades y vehículos es esencial para garantizar una defensa efectiva contra amenazas de drones.

Si solo un vehículo tiene un sistema inhibidor, se requiere una comunicación y coordinación efectiva para asegurarse de que todas las amenazas sean atendidas, lo que puede ser un desafío logístico y operativo. También, la presencia de un sistema inhibidor en un solo carro de combate puede ser detectada por el enemigo. Esto podría llevar a que los drones sean dirigidos lejos del área donde está presente el sistema inhibidor y se utilicen para observar las acciones de las fuerzas amigas. En último lugar, en caso de sufrir un ataque de enjambre de drones, un solo sistema inhibidor puede resultar insuficiente. Los enjambres de drones pueden incluir múltiples amenazas simultáneas, y un solo carro no podrá hacer frente a todas ellas de manera efectiva.

Finalmente se realizó un cuestionario a mandos destinados en el Batallón Flandes, sobre cuál era la mejor opción de las anteriormente expuestas. De los ocho encuestados, cuatro de ellos determinaron que la mejor opción era un sistema inhibidor para cada carro, dos indicaron que únicamente era necesario un dispositivo y por último los otros dos determinaron que la solución óptima es un sistema fijo que abarcara todo el teatro de operaciones.

Podemos extraer como conclusión que el sistema más apropiado para el uso en combate de un sistema inhibidor acoplado a un Leopard 2E es que cada vehículo lleve su propio sistema antídron. Pese a que este método es el más costoso, de cara al empleo en combate lo que más se valora es la seguridad y la eficacia, aspecto que queda garantizado con el sistema elegido por los encuestados.

4.5 SISTEMAS ACTUALES EN EL MERCADO

En este apartado, nos centraremos en analizar los sistemas de inhibición más actualizados que podemos encontrar en el mercado, llevando a cabo una selección de diferentes sistemas explicando sus características principales. En dicha selección se tendrá en cuenta la adaptación de sus funcionalidades al carro de combate Leopard 2E.

En primer lugar vamos a estudiar dos sistemas de detección/identificación a los que posteriormente podremos acoplarles un sistema de neutralización.

En muchas ocasiones los sistemas combinan detección e identificación en un mismo dispositivo. La combinación de estas funciones en un solo sistema proporciona una respuesta más completa y efectiva ante las amenazas de drones.

• AARTOS DDS X3

El sistema AARTOS DDS X3 es una solución portátil y discreta para la detección e identificación de drones y dispositivos de interferencia. Se caracteriza por su ligereza y una batería con una duración de 1,5 horas, lo que lo hace altamente móvil y versátil. Su operación es



rápida y sencilla, estando listo para su uso en solo 30 segundos.

Este sistema se basa en la antena IsoLOG 3D Mobile y el detector de radiofrecuencia XFR V5 PRO, diseñado para capturar señales de transmisión, incluso las de corta duración, en una amplia banda de frecuencia de 20 GHz en tan solo 20 milisegundos. La antena IsoLOG 3D Mobile es versátil y fácil de usar, compatible con analizadores de espectro de diversos fabricantes y no requiere software adicional ni alimentación externa, lo que la convierte en una herramienta efectiva y conveniente para la detección y análisis de señales de drones y dispositivos de interferencia. (Radiansa, 2023)



Ilustración 8. XFR V5 PRO y Antena IsoLOG 3D mobile. Fuente: [Radiansa](#)

• AARTOS DDS X5

El sistema de detección AARTOS DDS X5 se adapta a configuraciones fijas, móviles o vehiculares y se compone de un analizador y antenas IsoLOG 3D 80 o 160. El analizador, V5 XFR o V5 Rugged Rack, es resistente y puede ser operado de forma remota. Las antenas IsoLOG 3D ofrecen una amplia cobertura de frecuencia y una precisión excepcional en el seguimiento de señales. La 3D 80 tiene 8 sectores y la 3D 160 tiene 16 sectores. Ambas son adaptables y pueden montarse en vehículos. Este sistema es eficaz en la detección e identificación de drones y permite la monitorización de espectros de banda ancha en tiempo real.

A los dos sistemas de detección/identificación explicados anteriormente se les puede añadir sistemas jammers que se encarguen de neutralizar la señal de los drones detectados.

• PORTABLE JAMMER

El Portable Jammer de AARONIA es una solución de interferencia que cubre un alcance de hasta 2,5 kilómetros y opera en cinco bandas de frecuencia. Ofrece una potencia total de salida de 120 W y cuenta con una batería que permite un tiempo de funcionamiento de 1,5 horas.

Viene con antenas direccional y omnidireccional, y se destaca por la capacidad de ajustar la potencia de salida para las frecuencias de 433 MHz, GPS y 2,4 GHz de forma continua, con una capacidad de hasta 50 dB. (AARTOS, 2018)



Ilustración 9. Portable Jammer. Fuente: [AARONIA](#)



• SECTOR UAV

El Sector UAV de AARONIA tiene un alcance de interferencia de hasta 2,5 kilómetros, opera en cinco bandas de frecuencia y ofrece una potencia de salida total de 120 W para neutralizar drones. Su batería permite 1,5 horas de funcionamiento, y se incluyen antenas direccional y omnidireccional. La potencia de salida se ajusta sin transiciones para frecuencias de 433 MHz, GPS y 2,4 GHz, con una capacidad de hasta 50 dB. (AARTOS, 2018)

Pero estos sistemas tienen inconvenientes al combinar sistemas de detección/identificación y neutralización de forma independiente, alguno de estos son:

- Al utilizar sistemas independientes, se añade complejidad a la logística y la operación. Cada sistema debe ser instalado y mantenido por separado, lo que requiere más tiempo y recursos.
- Los sistemas de detección y neutralización pueden interferir entre sí si no se coordinan adecuadamente. Por ejemplo, la neutralización podría afectar negativamente a los sistemas de detección, lo que resultaría en una disminución de la capacidad de vigilancia.
- Cada sistema suele tener su propio hardware y equipo, lo que aumenta el tamaño y el peso del conjunto. Esto puede ser un problema, especialmente en vehículos militares como carros de combate, donde el espacio y la capacidad de carga son limitados.

En resumen, aunque combinar sistemas de detección/identificación y neutralización de forma independiente puede proporcionar capacidades específicas, también conlleva desafíos relacionados con la complejidad y la coordinación.

A continuación se explican diferentes sistemas de inhibición que incluyen la detección, identificación y neutralización en un mismo dispositivo.

• DRONESTRY-X

El DroneSentry-X es un sistema de detección y neutralización de drones que se puede montar en vehículos y ofrece protección en 360 grados contra amenazas de drones.

Detecta y neutraliza drones en movimiento, sin depender de tácticas ciberneticas. Este sistema es versátil, duradero y cumple con estándares militares, lo que lo convierte en una solución efectiva y rentable contra amenazas de múltiples drones, incluyendo enjambres (DroneShield, 2023).

• DRONESTRY-X MK2

El DroneSentry-X Mk2 es un sistema de detección y perturbación de drones versátil y adaptable. Puede montarse en vehículos, plataformas móviles, embarcaciones y sitios fijos, ofreciendo detección y neutralización de drones en un solo sistema. La interfaz basada en web permite un control preciso, y se actualiza continuamente con tecnología de IA/ML para adaptarse a las amenazas cambiantes. Ofrece una cobertura de 360 grados y es resistente a condiciones adversas. Es una solución rentable en comparación con otras alternativas móviles y de sitio fijo (DroneShield, 2023).



Ilustración 10. Dronesentry-X-MK2. Fuente: [Droneshield](#)

- **DEDRONE TACTICAL**

El sistema antidron Dedrone Tactical ofrece flexibilidad con capacidades modulares de detección y neutralización de drones. Se compone de un modelo básico y uno avanzado. El básico detecta y neutraliza drones utilizando radiofrecuencia en un solo mástil, con sensores resistentes y capacidad de guerra electrónica. Sin embargo, su tamaño limita su uso en carros de combate. El modelo avanzado agrega un segundo mástil con radar y cámaras para detectar drones sin radiofrecuencia y proporcionar confirmación visual de amenazas. Aunque mejora las capacidades, también enfrenta desafíos de adaptación a carros de combate debido a su tamaño (Dedrone, 20223).

- **AUDS**

El sistema AUDS es una solución completa de detección y neutralización de drones. Utiliza un radar micro-Doppler para detectar drones, un sistema de infrarrojos y una cámara de luz diurna para seguirlos con precisión. Una vez identificado, utiliza un inhibidor de radiofrecuencia para neutralizar el dron. Es resistente y cumple con estándares militares, funciona en diversas condiciones y tiene una interfaz fácil de usar. Puede detectar, seguir, identificar y neutralizar un dron en unos 15 segundos y tiene un rango de acción de hasta 10 km.

Es efectivo contra ataques en enjambre de drones, interrumpiendo los enlaces de mando y control de los drones (talk, 2017).



Ilustración 11. Sistema AUDS. Fuente: [Observatorio.cisde](#)

- **CERVUS III**

El sistema CERVUS III utiliza inteligencia artificial para fusionar información de radares, cámaras, antenas de radiofrecuencia e inhibidores. Puede tomar medidas de inhibición, perturbación o derribo de drones.

La torreta Guardian 2.0 se encarga del derribo utilizando un lanzagranadas. El sistema de inhibición, detecta objetos en movimiento en tierra y aire, con cámaras y radar que tienen un alcance de hasta 10 km. Para contrarrestar amenazas de enjambre de drones, despliega una antena unidireccional.



Sin embargo, tiene la limitación de requerir un vehículo adicional, ser observable y tener un alcance limitado para tratarse de un sistema fijo (González, 2023).



Ilustración 12. CERVUS III. Fuente: [Defensa](#)

Finalmente se expicará uno de los sistemas más actuales de rifles antidrones, sistemas con una apariencia de fusil que inhiben la señal de drones mediante el uso de un operador.

- **UAV-D04JAI**

El UAV-D04JAI es un dispositivo de interferencia de drones que se destaca por su capacidad de interferencia precisa a media distancia, cubriendo varias centenas de metros con un amplio ángulo de dirección de la antena. Puede interferir en las principales bandas de frecuencia utilizadas por los vehículos aéreos no tripulados y permite ajustar la potencia transmitida para cada banda de frecuencia. Es liviano, compacto y fácil de usar, con una separación entre el cuerpo principal y la antena que facilita su transporte y operación por una sola persona (Prego, 2022).

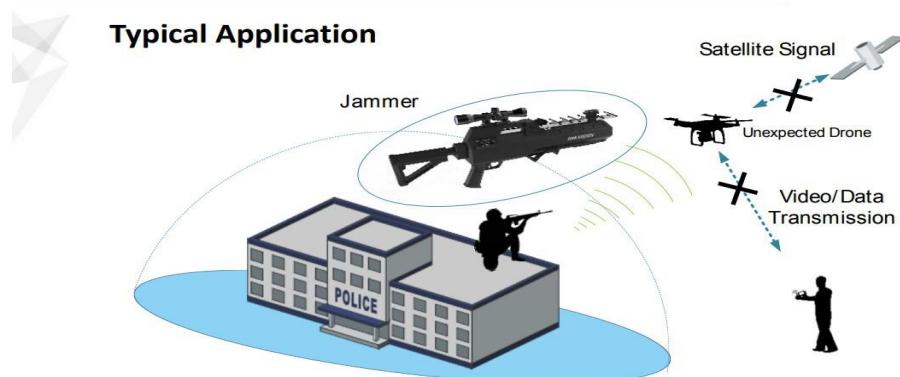


Ilustración 13. Proceso de inhibición de un fusil jammer. Fuente: [Xataka](#)

4.6 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS Y ANÁLISIS.

A continuación se expondrán unas tablas comparativas de los sistemas expuestos anteriormente, se llevarán a cabo tres tablas correspondientes a las 3 etapas del proceso de



inhibición de un dron: detección, identificación y neutralización.

En primer lugar, analizaremos los diferentes sistemas de detección de los dispositivos estudiados anteriormente, en la Tabla (3) se refleja la comparación de dichos sistemas. La mayoría de los sistemas parece enfrentar dificultades medias o bajas con el entorno en el que operan. Esto sugiere que están diseñados para funcionar de manera efectiva en diversas condiciones y entornos, lo que es importante para su versatilidad.

La mayoría de los sistemas tienen una precisión alta en la detección y seguimiento de drones no deseados. Los sistemas "AUDS" y "CERVUS III" requieren un nivel alto de mantenimiento. Esto puede ser un factor importante a considerar en términos de costos y disponibilidad operativa. Los carros de combate generalmente tienen limitaciones de espacio, por lo que los sistemas más pequeños, como DRONESTRY-X y DRONESTRY-X MK2, pueden ser más adecuados para su integración en estos vehículos.

Sistemas	Dificultades con entorno (alta, media, baja)	Tamaño (pequeño, medio, grande)	Precisión (alta, media, baja)	Alcance (alto, medio, bajo)	Mantenimiento (alto, medio, bajo)	Uso (autónomo, dependiente)
AARTOS DDS X3	Media	Medio	Media	Medio	Medio	Autónomo
AARTOS DS X5	Baja	Medio	Alta	Medio	Medio	Autónomo
DRONESTRY-X	Baja	Pequeño	Alta	Medio	Bajo	Autónomo
DRONESTRY-X MK2	Baja	Pequeño	Alta	Alto	Bajo	Autónomo
DEDRONE TACTICAL	Baja	Grande	Alta	Medio	Medio	Dependiente
AUDS	Baja	Grande	Alta	Alto	Alto	Dependiente
CERVUS III	Baja	Grande	Alta	Alto	Alto	Dependiente
UAV-DO4JAI	Media	Medio	Media	Bajo	Medio	Dependiente

Tabla 2. Tabla resultado de la comparación de sistemas de detección. Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar se analizarán las características referentes a la identificación, como refleja la Tabla 4, la mayoría de los sistemas en la tabla son autónomos, lo que significa que pueden operar de manera independiente sin un control externo. Esto es beneficioso en situaciones de combate en los que la tripulación del carro de combate, está cumpliendo sus funciones específicas.

La mayoría de los sistemas evaluados son capaces de identificar múltiples objetivos, lo que es esencial en escenarios en los que hay varios drones en el área.

El UAV-DO4JAI es el único sistema en la tabla que es dependiente, no tiene capacidad de identificación múltiple, tiene un procesamiento lento y una precisión baja. Esto puede indicar que es menos adecuado para situaciones en las que se necesite una respuesta rápida y precisa ante drones no deseados.



En resumen, la mayoría de los sistemas presentan características deseables, como autonomía, capacidad de identificar múltiples drones, procesamiento rápido y alta precisión en la identificación. Estas son características críticas en entornos de combate donde la eficiencia y la seguridad son fundamentales.

Sistemas	Uso (autónomo, dependiente)	Multi- identificación (sí/no)	Procesamiento (lento, medio, rápido)	Precisión (alta, media, baja)
AARTOS DDS X3	Autónomo	No	Medio	Media
AARTOS DDS X5	Autónomo	No	Rápido	Media
DRONESTR Y-X	Autónomo	Sí	Rápido	Alta
DRONESTR Y-X-MK2	Autónomo	Sí	Rápido	Alta
DEDRONE TACTICAL	Autónomo	Sí	Medio	Media
AUDS	Dependiente	Sí	Rápido	Alta
CERVUS III	Dependiente	Sí	Rápido	Alta
UAV-DO4JAI	Dependiente	No	Lento	Baja

Tabla 3. Tabla resultado de la comparación de sistemas de identificación. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se contrastarán las características de los sistemas de neutralización de los sistemas seleccionados, reflejados en la Tabla (5). La mayoría de los sistemas en la tabla muestran una eficacia alta en sus respectivas aplicaciones, esto es fundamental en la detección y neutralización de drones no deseados, ya que garantiza una respuesta efectiva.

Los sistemas con un alcance alto, como "SECTOR UAV" y "DRONESTRY-X-MK2," son capaces de neutralizar amenazas a mayor distancia, lo que puede ser ventajoso en términos de respuesta temprana. La mayoría de los sistemas de neutralización tienen una alta eficacia y un alcance adecuado para abordar las amenazas de drones. La autonomía es común en la mayoría de estos sistemas, lo que les permite funcionar de manera independiente en situaciones críticas.

Sistemas	Eficacia (alta, media ,baja)	Alcance (alto, medio,bajo)	Uso (autónomo, dependiente)
PORTABLE JAMMER	Media	Bajo	Autónomo
SECTOR UAV	Alta	Alto	Autónomo
DRONESTRY-X	Alta	Medio	Autónomo
DRONESTRY-X-MK2	Alta	Alto	Autónomo
DEDRONE TACTICAL	Alta	Medio	Dependiente
AUDS	Alta	Alto	Dependiente
CERVUS III	Alta	Alto	Dependiente

Tabla 4. Tabla resultado de la comparación de sistemas de neutralización. Fuente: Elaboración propia



5. CONCLUSIONES

Una vez llevado a cabo el estudio sobre diferentes sistemas de inhibición de drones, la comparación de sus características de detección, identificación y neutralización mediante una serie de tablas y todo el análisis realizado durante el desarrollo de esta memoria, es hora de seleccionar el mejor sistema de inhibición para su uso en un carro de combate Leopard 2E.

Tras el análisis, se puede llegar a la conclusión de que el sistema óptimo para su empleo en carros de combate Leopard 2E es el Dronesentry-X-MK2. A continuación se detallarán los motivos de dicha elección.

El Dronesentry-X-MK2, es un sistema que engloba: detección, identificación y neutralización en un único sistema completamente autónomo que apenas requiere mantenimiento. Su tamaño de 634mmx634mmx232mm no ofrece problemas para su instalación en el Leopard 2E.

Este sistema está fabricado para cumplir con estándares de durabilidad militares, con resistencia a impactos, condiciones climáticas adversas y exposición a radiación ultravioleta.

En cuanto a la detección no tiene dificultades con el entorno, la precisión es alta, un alcance alto de hasta tres kilómetros. El sistema posee una interfaz de usuario basada en la web que facilita la visualización de análisis en tiempo real de la detección local, junto con la superposición de mapas. Las actualizaciones periódicas del motor de detección basado en inteligencia artificial garantizan que el sistema sea efectivo en entornos que evolucionan constantemente.

Tiene una identificación de objetivos de rumbo direccional con una cobertura hemisférica completa con una precisión y procesamiento altos. Permite la multi identificación siendo altamente eficaz contra enjambre de drones.

Su neutralización mediante *jamming* que realiza un análisis automático de rangos de frecuencia, es altamente eficaz en un radio de un kilómetro.

En resumen el DroneSentry-X Mk2 destaca por su versatilidad, capacidad de integración de funciones, durabilidad y eficacia en la detección y neutralización de drones, lo que lo convierte en una opción sobresaliente como sistema de inhibición de drones para el carro de combate Leopard 2E desde una perspectiva presente y futura.

Esta memoria ha logrado alcanzar el objetivo principal de investigar, analizar y aportar al desarrollo de un sistema de defensa contra drones que cumple con las necesidades y requisitos identificados en el proceso de análisis.

Los drones han ganado importancia crucial en los conflictos actuales, ofreciendo ventajas estratégicas notables. A pesar de ello, el ejército español muestra carencias en la adopción de estas tecnologías, lo que podría dejarlo en desventaja frente a otros actores militares más avanzados. La actualización de capacidades dron sería fundamental para fortalecer la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta del ejército español en escenarios de seguridad contemporáneos.

Con la realización de esta memoria y junto con la realización de las prácticas externas en el Regimiento Pavía nº4 se han podido obtener grandes conocimientos respecto al uso y funcionamiento del Leopard 2E así como de la situación actual de las unidades acorazadas y sus empleos tácticos, lo que sin duda ha servido de gran ayuda al autor de la memoria a conocer una parte fundamental del ejército de Tierra y que tendrá una gran trascendencia de cara a su futuro empleo de teniente.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARTOS, A., 2018. **Portable jammer, counter- measure solutions**. Disponible en: <https://www.radianza.com/datasheets/AARTOS-Backpack Jammer Datasheet.pdf>
- AARTOS, A., 2018. **Sector UAV jammer. Counter-measure solutions**. Disponible en: <https://www.radianza.com/datasheets/AARTOS-Sector Jammer Datasheet.pdf>
- Ajenjo, J. M., 2020. **Adquisición de un sistema de defensa activa para el Leopard 2E**. Trabajo final de grado. Universidad de Zaragoza.
- Artero, C. D. F. C., 2008. **Futuro de los carros de combate Leopard**. Monografía para la Escuela Superior de las Fuerzas Armadas. p.1-12
- Biurrun, A., 2022. **La Razón**. "Así son los Shahed-136, los drones kamikazes con los que Rusia está atacando a Ucrania" Disponible en : <https://www.larazon.es/tecnologia/20221010/p56dfscfcexo65cecvz46soy.html>
- Calderón, T.E.L., 2022. **Drones y seguridad nacional, un estudio multidimensional**. Un estudio para el Consejo Nacional de Seguridad Aeroespacial. p. 17-25
- CESEDEN, 2018. **Estado del arte de las tecnologías antidron**. Un estudio para el Observatorio tecnológico en Defensa y Seguridad. p. 3-16
- Dedrone, 2023. **Dedrone Tactical**. Disponible en : <https://www.dedrone.com/solutions/dedrone-tactical>
- Defensa, 2023. **Defensa.com**. Disponible en: <https://www.defensa.com/espagna/trc-presenta-sistema-anti-dron-marco-proyecto-cervus-iii>
- Díaz, J., 2022. **El Confidencial**. "El rifle ucraniano que ciega la artillería rusa" Disponible en: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2022-06-30/drones-rifle-interferencias-kvertus-kvsg-6_3452727/
- Drone, E. v. d., 2023. **El vuelo del drone**. Disponible en : <https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-autel/evo-max-4t/>
- DroneShield, 2023. **DroneSentry-X**. Disponible en : <https://www.droneshield.com/products/sentry-x>
- Droneshield, 2023. **Dronesentry-X-MK2**. Disponible en : <https://www.droneshield.com/products/dronesentry-x-mk2>
- Fernández., C. D. J. J. O., 2016. **La impronta acorazada española**. Num 941. *Ejercitos*, pp. 70-78.
- González, I., 2023. **El español**. "Así es el CERVUS III, la precisacúpula española que fulmina drones en segundos gracias a la IA" Disponible en : https://www.elespanol.com/omicrono/defensa-y-espacio/20230717/cervus-iii-precisa-cupula-espanola-fulmina-drones-segundos-gracias-ia/778172460_0.html
- Gonzalo, B., 2018. **Lucha antídron, un nuevo campo de batalla**. Num 160. *Tierra*, p. 7.
- MADOC, 2017. **Procedimiento de instrucción del CC Leopard 2E**. Manual de instrucción. p. 1-3 a 1-12
- Merlo, J., 2022. **Los años del impulso de medios y fuerzas 1940-1980**. Num extraordinario I. Revista de historia militar. p. 61-90
- Pascual, J. C. d. S., 2023. **Euronews**. "¿Cómo los drones están conquistando la batalla en la guerra de Ucrania?" Disponible en : <https://es.euronews.com/2023/06/05/como-los-drones->

están conquistando el campo de batalla en la guerra de Ucrania

Prego, C., 2022. **Xataka**. Disponible en: <https://www.xataka.com/otros/como-funciona-rifle-anti-drones-exitoso-ucrania-que-utiliza-policia-espanola>

Radiansa, 2023. **Radiansa Consulting**. Disponible en : <https://www.radiansa.com/es/seguridad/AARTOS-sistema-deteccion-drones.htm#V5XFR>

Rosas, P., 2023. **BBC News Mundo**. "Ataques con drones en Rusia: qué objetivos tienen y cómo se han convertido en una herramienta clave para Ucrania". Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/articles/c9ej4xr8n78o>

Rueda, F., 2022. **Integración de drones en una sección de infantería ligera. Trabajo final de grado**. Universidad de Zaragoza.

Sagarra, A., 2022. **Estudio comparativo de sistemas anti-drones para dotar al Leopard 2E**. Trabajo final de grado. Universidad de Zaragoza.

Talk, D., 2017. **El radar**. Disponible en: <https://www.elradar.es/sistema-anti-drone-auds/>

Touzery, D. R., 2022. **The political room**. Disponible en: <https://thepoliticalroom.com/anotaciones-sobre-el-conflicto-entre-rusia-y-ucrania/>

Valle, C. D. A. T., 2016. **Capacidades de las FAS para responder a la amenaza de drones**. Monografía del Departamento de Operaciones del CEMFAS.

Villar, Á. B. y. P. d., 2023. **Drones: el papel que están teniendo en la guerra moderna**. Revista General de Marina. Num 87. pp. 912-920.



7. ANEXOS

ANEXO I. CUESTIONARIOS

CUESTIONARIO CERRADO. PERSONAL BATALLÓN FLANDES.

1. ¿Cuál es la principal amenaza para las unidades acorazadas actualmente?

- a) Combate Urbano
- b) Drones
- c) Temperaturas extremas
- d) Sistemas de protección
- e) Armamento
- f) Blindaje
- g) Adquisición de objetivos

2. ¿Qué es lo que más valora de un sistema de detección de drones?

- a) Problemas con el entorno
- b) Tamaño
- c) Precisión
- d) Alcance
- e) Mantenimiento
- f) Uso

3. ¿Qué es lo que más valora de un sistema de identificación de drones?

- a) Uso
- b) Multi identificación
- c) Procesamiento
- d) Precisión

4. ¿Qué es lo que más valora de un sistema de neutralización de drones?

- a) Eficacia
- b) Alcance
- c) Uso



CUESTIONARIO CERRADO. MANDOS DEL BATALLÓN FLANDES.

1. ¿Cuál es la mejor opción táctica de cara al uso de un sistema inhibidor de drones en un carro de combate Leopard 2E?

- a) Un sistema fijo que cree un área de protección en la zona de operaciones.
- b) Un sistema inhibidor acoplado a un único carro de combate durante los despliegues.
- c) Que cada carro de combate lleve su propio inhibidor de drones.

CUESTIONARIO ABIERTO: MANDOS DEL BATALLÓN FLANDES.

1. ¿En qué medida considera que los drones representan una amenaza en el ámbito militar?

2. ¿Cuál es su nivel de conocimiento sobre los métodos de inhibición de drones utilizados en entornos militares?

3. ¿Está familiarizado con las tecnologías de interferencia de señales, como el jamming y el spoofing, para neutralizar drones no autorizados en aplicaciones militares?

4. ¿Cuál de los siguientes métodos de inhibición de drones considera más efectivo de cara a un empleo táctico con carros de combate? (a) Jamming, (b) Spoofing, (c) Dispositivos láser, (d) Otro (especificar).

5. ¿Qué factores considera más importantes al evaluar la eficacia de un sistema de inhibición de drones en un contexto táctico con Leopard 2E?

6. En caso de tener que implantar un sistema antídron mediante inhibidores, estaría dispuesto a darle tal función a alguien de su tripulación o debe ser completamente autónomo?

7. ¿Qué medidas de seguridad adicionales considera necesarias para proteger las operaciones militares con carros de combate contra amenazas de drones ?

8. ¿Ha tenido experiencia personal con el uso de tecnologías de inhibición de drones en el ámbito militar?

9. ¿Cuáles son las principales ventajas de utilizar sistemas de inhibición de drones en operaciones militares con carros de combate?



10. ¿Cuáles son los desafíos o limitaciones más significativos asociados con la inhibición de drones en entornos militares?
 11. ¿Cómo cree que la tecnología de inhibición de drones evolucionará en el futuro en el ámbito militar?
 12. ¿Tiene alguna recomendación o sugerencia para mejorar la efectividad y la seguridad de los métodos de inhibición de drones en el carro de combate LEOPARDO 2E?



ANEXO II. LEOPARDO 2E

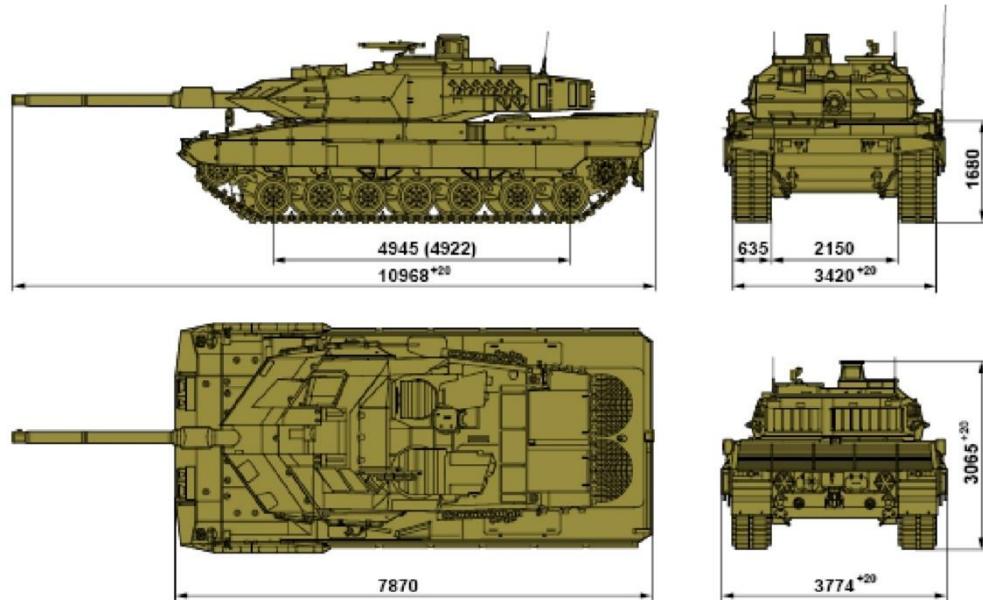


Ilustración 14. Dimensiones Leopard 2E. Fuente: Ministerio de Defensa

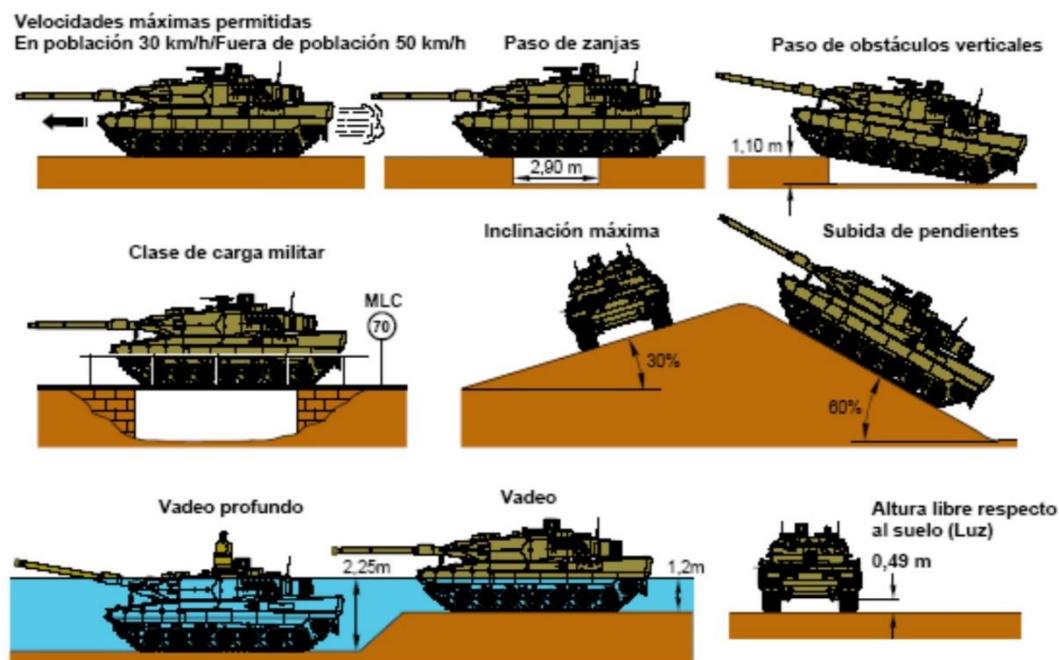


Ilustración 15. Características básicas Leopard 2E. Fuente: Ministerio de Defensa

1. ANÁLISIS DE LAS HABILIDADES DEL JEFE DE CARRO

- Misiones generales:**

- Ejercer el mando y control del carro.
- Dirección y control de la tripulación.

- Misiones específicas:**

- Indicar la dirección de marcha (órdenes al conductor).
- Seleccionar y adquirir objetivos.
- Dirigir el fuego del carro.
- Corregir el tiro.
- Mantener el enlace.
- Gestionar todo lo relativo al sistema de mando y control.

- Habilidades del puesto táctico**

- Controlar el funcionamiento de las transmisiones.
- Poner en funcionamiento el sistema de interfonía.
- Saber seleccionar/designar objetivos.
- Saber mover la torre (en nivel estabilización).
- Saber desconectar la corriente de torre mediante su pulsador.



- Saber adquirir objetivos.
- Controlar a la tripulación.
- Dirigir a la tripulación.
- Supervisar a la tripulación.
- Instruir a la tripulación

2. ANÁLISIS DE LAS HABILIDADES DEL TIRADOR

- **Misiones generales**

- Puesta en servicio de los sistemas de armas.
- Manejo de los elementos de la torre.

- **Misiones específicas**

- Manejo mecánico de los sistemas, escotillas, asientos, mandos manuales, escudos balísticos.
- Puesta en servicio de los siguientes sistemas:
 - Telescopio FERO Z-18 A6.
 - Periscopio EMES 15 A2.
 - Manejo unidad de control del tirador (UCT).
 - Manejo unidad de control de la dirección de tiro (UCDT).
 - Manejo caja de control de torre.
 - Manejo de los mandos eléctricos del tirador.
 - Manejo del mando eléctrico de emergencia.

- **Habilidades del puesto táctico**

- Identificar el disparador de emergencia y el selector de disparo.
- Identificar los interruptores de las palancas de apertura/cierre de los escudos balísticos
- Identificar el mando manual de emergencia del cañón.
- Identificar sistemas de tiro, control y seguridad del puesto de tirador, EMES, FERO, UCT, UCDT, cámara térmica, etc.
- Saber utilizar el mecanismo mecánico de movimiento de emergencia del cañón.
- Saber ajustar el asiento del tirador

3. ANÁLISIS DE LAS HABILIDADES DEL CONDUCTOR (CD)

- **Misiones generales:**

- Puesta en servicio y mantenimiento del CC Leopard 2E.
- Conocimiento y manejo elementos cámara de conducción.

- **Misiones específicas:**

- Conocimiento normas de seguridad.
- Manejo del panel del conductor.



- Prueba del sistema contraincendios.
 - Comprobaciones para la puesta en servicio.
 - Apertura escotilla del conductor.
 - Apertura escotilla de emergencia.
 - Grupo motopropulsor.
 - Manejo elementos de conducción nocturna (cámara térmica conductor).
 - Luces diurnas y nocturnas.
 - Funcionamiento en condiciones especiales.
 - Conocimiento y manejo del MNC.
 - Manejo de la UPA.
 - Realización de las pruebas de funcionamiento de frenos.
 - Identificar y leer el voltímetro.
 - Identificar y leer el indicador de posición de torre.
 - Identificar y leer el manómetro de estanqueidad de la escotilla conductor.
 - Identificar y leer el manómetro del sistema hidráulico de estanqueidad.
 - Identificar y emplear el desconectado de emergencia de torre.
 - Identificar y emplear el mando de la válvula de drenaje de la cámara de personal.
 - Identificar y emplear el monitor del sistema de visión marcha atrás.
 - Identificar y emplear la palanca de seguridad de la escotilla conductor
- Identificar y emplear la palanca de freno de aparcamiento.
 - Identificar y emplear la caja de sentido de marcha, botón de bloqueo.
 - Identificar y emplear la palanca de emergencia, de velocidades y arranca a tirón.
 - Identificar y verificar los extintores contraincendios.

- **Habilidades del puesto táctico**

- Conducción todo tipo de terrenos y en diferentes ambientes climáticos y visibilidad
- Conducción utilizando el MNC.
- Ocupación posiciones de tiro.
- Reacciones ante distintas amenazas.
- Embarque en góndolas y bateas

4. ANÁLISIS DE LAS HABILIDADES DEL CARGADOR (RC)

- **Misiones generales:**

- Puesta en servicio del carro.
- Manejo de los elementos de la torre.

- **Misiones específicas**

- Manejo y conocimiento de la ametralladora coaxial en los diferentes niveles de funcionamiento.
- Manejo y conocimiento de la ametralladora antiaérea.



- Manejo del cierre del cañón.
- Manejo de la santabárbara de torre y de varcaza.
- Manejo de la unidad de control del sistema antiexplosiones.
- Manejo de la unidad de presentación del RC (UPRC).
- Manejo del mecanismo de bloqueo de torre.
- Manejo del sistema de estanqueidad neumática de torre.
- Saber leer el manómetro de sobrepresión NBQ.
- Manejo del sistema de transmisiones del carro.
- Sistema de precalentamiento y calefacción.
- Manejo de la fuente de alimentación de corriente continua y sus elementos.
- Manejo de extintor portátil.

- **Habilidades del puesto táctico**

- Saber emplear el disparador manual de la ametralladora coaxial.
- Saber inmovilizar la torre.
- Saber comprobar el indicador del freno izquierdo del cañón.
- Saber situar y emplear la palanca de apertura de la salida de gases.
- Saber situar y emplear la palanca de maniobra del cierre.
- Saber situar y emplear la palanca de cierre manual de la recámara.
- Saber situar y emplear la Unidad de control del sistema anti explosiones.
- Saber identificar las marcas de posición de la torre.
- Saber identificar y emplear la unidad de presentación del RC (UPRC).
- Saber situar y emplear la palanca de apertura manual y eléctrica del compartimento de munición

Fuente: Manual carro de combate Leopardo 2E.