



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Estudio comparativo de sistemas anti-drones  
para dotar al Leopard 2E

Comparative study of anti-drone systems for  
equipping the Leopard 2E

Autor

Alberto López Sagarra

Director/es

Director Académico: Dr. D. Daniel Casanova Ortega

Director Militar: Cap. D. Ignacio Navarro García-Gutierrez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2022



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera mostrar mi completa gratitud a la dedicación y servicio prestado por parte del Regimiento Acorazado “Castilla” nº16, en particular a todos los integrantes de la 3ª Compañía del Batallón Acorazado, destacando la información facilitada de manos del Capitán De Meer, del Teniente Gordillo y del Teniente García de Polavieja.

A continuación, me gustaría agradecer la implicación y atención del Capitán Navarro, jefe de la S3 del batallón y director militar del presente trabajo, así como al Dr. Daniel Casanova el cual me ha guiado con destacada devoción en el desarrollo del proyecto.

Para finalizar, mencionar la ayuda brindada por todos aquellos que estuvieron a mi lado en el transcurso de mi joven carrera, en especial a mi familia, los cuales me han servido de motor para alcanzar mi objetivo.



## RESUMEN

En la última década se ha desarrollado un gran avance tecnológico en la industria armamentística, produciéndose modernos sistemas de armas, como lo son los vehículos aéreos no tripulados. Esto ha supuesto la aparición de nuevas amenazas para el carro de combate, que han de ser mitigadas. Aunque el carro de combate Leopard 2E presenta unas increíbles oportunidades de modernización, su elevado peso y tamaño suponen una limitación a tener en cuenta para buscar la manera más eficiente de mejorarlo. Dicha situación ha llevado al desarrollo de un sistema de protección contra drones que cumpla con los requisitos demandados para el Leopard 2E.

En este proyecto se incluye el análisis, estudio de mercado y posterior adquisición del sistema anti-drones más conveniente para dotar al Leopard 2E y satisfacer los intereses del Ejército de Tierra. De esta forma, se conseguirá modernizar y mejorar este vehículo para apostar por su despliegue en los conflictos venideros.

Para realizar este trabajo se ha empleado la herramienta *Project Management Body of Knowledge* para organizar y distribuir las etapas del proceso de adquisición en una línea temporal, desde la selección del sistema a contratar hasta su correcta integración en las unidades acorazadas.

En primer lugar, se ha analizado la situación actual del carro de combate, así como las necesidades que el vehículo blindado demanda para obtener una idea clara de las características que ha de poseer el sistema anti-drones a adquirir. Tras este estudio, se ha realizado una planificación de la calidad, con los posibles riesgos que se podrían producir y con su respectivo plan de contingencias. A continuación, se ha llevado a cabo el estudio de mercado, comparando tanto a los fabricantes como sus productos, obteniendo como resultado más idóneo al sistema anti-drones DroneSentry-X fabricado por la empresa australiana DroneShield, habiendo demostrado ser el sistema más capaz y eficiente en función de nuestros requerimientos para dotar al Leopard 2E. El proyecto se completa con una estimación de los costes de la adquisición junto a la gestión del mantenimiento del sistema.

## Palabras clave

Sistema anti-drones, Leopard 2E, Vehículo aéreo no tripulado y protección.



## ABSTRACT

In the last decade, a great technological advance has been developed in the arms industry, producing modern weapon systems, such as unmanned aerial vehicles. This has led to the emergence of new threats to the tank, which must be mitigated. Although the Leopard 2E Main Battle Tank (MBT) presents incredible opportunities for modernization, its high weight and size are a limitation to be taken into account in order to find the most efficient way to improve it. This situation has led to the development of a drone protection system that meets the requirements demanded for the Leopard 2E.

This project involves the analysis, market study and subsequent acquisition of the most suitable anti-drone system for equipping the Leopard 2E and satisfy the interests of the Spanish Army. The objective is to modernize and improve this vehicle in order to bet on its deployment in future conflicts.

To carry out this work, the method Project Management Body of Knowledge has been used to organize and distribute the stages of the acquisition process in a timeline, from the selection of the system to be procured to its correct integration in the armored units.

First of all, the current situation of the main battle tank has been analyzed, as well as the needs that the armored vehicle demands in order to obtain a clear idea of the characteristics that the anti-drone system to be acquired must have. After this study, a quality planning has been carried out, with the possible risks that could occur and their respective contingency plan. Then, a market study has been carried out, comparing both manufacturers and their products, obtaining as the most suitable result the DroneSentry-X anti-drone system manufactured by the Australian company DroneShield, having proved to be the most capable and efficient system according to our requirements to equip the Leopard 2E. The project is completed with an estimate of the acquisition costs together with the management of the system maintenance.

## KEYWORDS

Anti-dron system, Leopard 2E, Unmanned Aerial Vehicle and protection.



## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>II</b>
<b>PALABRAS CLAVE .....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>III</b>
<b>KEYWORDS .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>2</b>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE .....	2
2.2 METODOLOGÍA .....	2
2.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA .....	6
<b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
3.1 ANTECEDENTES .....	7
3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ANTI-DRONES.....	8
3.3 CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E .....	10
<b>4. ANÁLISIS PREVIO AL PROCESO DE ADQUISICIÓN .....</b>	<b>12</b>
4.1 ANÁLISIS DE LOS STAKEHOLDERS.....	12
4.2 ANÁLISIS DEL CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E.....	14
4.2.1 <i>Necesidad de actualizar el MBT a las necesidades del conflicto.....</i>	<i>14</i>
4.2.2 <i>Necesidad de incluir la satisfacción de la tripulación .....</i>	<i>16</i>
4.2.3 <i>Necesidad de estudiar las oportunidades del Leopard 2E .....</i>	<i>17</i>
4.3 NECESIDADES DEL SISTEMA ANTI-DRONES REQUERIDO.....	20
<b>5. PROCESO DE ADQUISICIÓN: PLANIFICACIÓN DEL TIEMPO .....</b>	<b>21</b>
5.1 CRONOGRAMA DEL PROYECTO.....	21
5.2 PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS.....	22
5.3 PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD .....	22
5.3.1 <i>Aprobación de las necesidades del sistema anti-drones.....</i>	<i>22</i>
5.3.2 <i>Aprobación del desarrollo del proceso de adquisición.....</i>	<i>23</i>
5.4 ANÁLISIS DE RIESGOS .....	24
<b>6. PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA ADQUISICIÓN: ELECCIÓN Y ANÁLISIS.....</b>	<b>26</b>
6.1 ESTUDIO DE MERCADO.....	26
6.2 ESTUDIO COMPARATIVO Y DECISIÓN .....	28
6.3 SISTEMA ANTI-DRONES “DRONESENTRY-X” .....	29
6.4 ESTIMACIÓN DE COSTES .....	30
6.5 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	31



<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>35</b>
9.1	ANEXO A. FICHA TÉCNICA DEL CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E .....	35
9.2	ANEXO B. MODELO DE ENCUESTAS Y ENTREVISTAS REALIZADO AL PERSONAL DEL RAC 16 .....	36
9.3	ANEXO C. ESTRUCTURA DE DESGLOSE DEL TRABAJO .....	42
9.4	ANEXO D. DIAGRAMA DE GANTT .....	43
9.5	ANEXO E. RISK ASSEMENT- MEASURE LIST .....	44
9.6	ANEXO F. RESTO DE SISTEMAS ANTI-DRONES ESTUDIADOS .....	45
9.7	ANEXO G. RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE EMPRESAS FABRICANTES .....	46
9.8	ANEXO H. FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DRONESENTRY-X .....	47



## ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA DE LAS HERRAMIENTAS PMBOK EMPLEADAS EN EL PROYECTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	5
ILUSTRACIÓN 2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ANTI-DRONES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	8
ILUSTRACIÓN 3. FOTOGRAFÍA DEL CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E. FUENTE: EJÉRCITO DE TIERRA. ....	11
ILUSTRACIÓN 4. MATRIZ INTERÉS-INFLUENCIA DE LOS STAKEHOLDERS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	13
ILUSTRACIÓN 5. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. PROGRAMA: VENNGAGE. ....	15
16	
ILUSTRACIÓN 6. MODELO DE KANO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	16
18	
ILUSTRACIÓN 7. ANÁLISIS DE LAS DEBILIDADES, AMENAZAS, FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES DEL CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS TANTO EXTERNO COMO INTERNO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	18
ILUSTRACIÓN 8. CRONOGRAMA DE LA REPARTICIÓN DE LAS FASES DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN CON SUS PAQUETES DE TRABAJO INCLUIDOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	22
ILUSTRACIÓN 9. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	23
24	
ILUSTRACIÓN 10. MATRIZ DE IMPACTO Y PROBABILIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	24
ILUSTRACIÓN 11. RADAR CHART DE EVALUACIÓN DEL FABRICANTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. PROGRAMA: VISUAL PARADIGM.....	27
ILUSTRACIÓN 12. SISTEMA DRONESENTRY-X SOBRE VEHÍCULO MILITAR. FUENTE: DRONESHIELD.COM29	
ILUSTRACIÓN 13. PERSONAL DE LA TRIPULACIÓN REALIZANDO TAREAS SIMPLES DE MANTENIMIENTO. FUENTE: DRONESHIELD.COM.....	31
ILUSTRACIÓN 14. FICHA TÉCNICA DEL CARRO DE COMBATE LEOPARDO 2E. FUENTE: PERFILES IDS: PRESENTE Y FUTURO DE LOS MEDIOS ACORAZADOS ESPAÑOLES. PÁG. 25. ....	35
ILUSTRACIÓN 15. RESULTADOS DE LA ENCUESTA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	37
ILUSTRACIÓN 16. RESULTADOS DE LA ENCUESTA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	39
ILUSTRACIÓN 17. RESULTADOS DE LA ENCUESTA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	40
ILUSTRACIÓN 18. RESULTADOS DE LA ENCUESTA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	41
ILUSTRACIÓN 19. EDT DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DEL SISTEMA ANTI-DRONES PARA DOTAR AL LEOPARDO 2E FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	42
ILUSTRACIÓN 20. DIAGRAMA DE GANTT. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. PROGRAMA: PROJECTLIBRE .....	43
ILUSTRACIÓN 21. LISTADO DE RIESGOS Y MEDIDAS ADOPTADAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	44
ILUSTRACIÓN 22. TABLA DONDE SE RECOGE EL RESTO DE LOS SISTEMAS ANTI-DRONES ESTUDIADOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	45
ILUSTRACIÓN 23. RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE EMPRESAS PARA EL RADAR CHART. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	46
ILUSTRACIÓN 24. FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA ANTI-DRONES DRONESENTRY-X. FUENTE: DRONESHIELD.COM.....	47



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TABLA DE PERSONAL ENTREVISTADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	5
TABLA 2. SISTEMAS ANTI-DRONES SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. .....	26
TABLA 3. MATRIZ PONDERADA DE EVALUACIÓN PARA DECIDIR EL SISTEMA ANTI-DRONES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	28





## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMFE	Análisis Modal de Fallos y Efectos
BICC	Batallón de Infantería Acorazada
CNI	Centro Nacional de Inteligencia
DAFO	Debilidades, Fortalezas, Amenazas y Oportunidades
DGAM	Dirección General de Adquisiciones de Armamento y Material
EDT	Estructura de Desglose de Trabajos
ERA	Armadura Reactiva Explosiva, del inglés, <i>Explosive Reactive Armour</i>
FFAA	Fuerzas Armadas
FFG	Flensburger Fahrzeugbau Gesellschaft
FS	Terminar para Empezar, en inglés, <i>Finish to Start</i>
GNSS	Sistemas Global de Navegación por Satélite, del inglés, <i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	Sistema de Posicionamiento Global, del inglés, <i>Global Positioning System</i>
IED	Artefacto explosivo improvisado, del inglés, <i>Improvised Explosive Device</i>
ISM	Industriales, Científicas y Médicas, del inglés, <i>Industrial, Scientific and Medical</i>
MBS	Sistema de Gestión de Batalla, del inglés, <i>Battlefield Management System</i>
MBT	Carro de Combate, del inglés, <i>Main Battle Tank</i>
MINISDEF	Ministerio de Defensa
NPR	Número Prioritario de Riesgo
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PMBOK	Cuerpo de Conocimiento de Gestión de Proyectos, del inglés, <i>Project Management Body of Knowledge</i>
RAC	Regimiento Acorazado
RPAS	Sistemas de Aeronaves Pilotadas por Control Remoto, del inglés, <i>Remotely Piloted Aircraft System</i>
RRHH	Recursos Humanos
SEDEF	Secretaría de Estado de Defensa
SS	Empezar para Empezar, del inglés, <i>Start to Start</i>
UAV	Vehículo Aéreo no Tripulado, del inglés, <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UHF	Ultra Altas Frecuencias, del inglés, <i>Ultra High Frequency</i>
UTE	Unión Temporal de Empresas



# 1. INTRODUCCIÓN

Esta memoria recopila los resultados obtenidos del Trabajo de Fin de Grado (TFG) bajo el título “Estudio comparativo de sistemas anti-drones para dotar al Leopard 2E” el cual se ha realizado en el Batallón de Infantería de Carros de Combate (BICC) nº16 ubicado en Badajoz y que tiene como objetivo el estudio y adquisición del sistema anti-drones más idóneo para el Leopard 2E.

Inicialmente, el carro de combate Leopard 2E aparece en España durante la primera década de este siglo para sustituir al ya obsoleto AMX-30E, el cual era su predecesor. En ese momento el Leopard 2E era considerado uno de los blindados más modernos a nivel internacional, no obstante, a la par que la tecnología aumenta y la forma de combatir sufre modificaciones (A. S. Cuevas, 2019), el carro de combate precisa de algunas modernizaciones para seguir manteniendo esa consideración, por ello, a lo largo de este proyecto se presenta una posible mejora.

Con motivo de arrojar un poco de luz al tema y contextualizarlo debidamente, se comenzará explicando qué es un dron de combate. De acuerdo con la definición de *Oxford Languages* se extrae que es: “*Un pequeño vehículo aéreo no tripulado, UAV, utilizado en el ámbito militar para un reconocimiento táctico, vigilancia del campo de batalla o guerra electrónica*”. Por tanto, un sistema anti-dron será aquel sistema de armas que mediante ondas de choque, impulsos electromagnéticos o interferencias en el control remoto del dron podrá neutralizar la amenaza causada por este.

El origen de esta memoria surge de la necesidad más que demostrada (Mateos, 2010) de otorgar al carro de combate español, el Leopard 2E, de un sistema capaz de repeler los ataques de los drones, una nueva amenaza creada por el avance tecnológico de la última década. A modo de ejemplarizar estas palabras, en este trabajo se mencionará el actual conflicto simétrico que está teniendo lugar en Ucrania-Rusia en el momento que el autor del trabajo está escribiendo estas palabras. En dicho conflicto se puede apreciar como los formidables carros de combate están siendo eliminados por minúsculos sistemas de armas como lo son los drones (Beatriz Calvo, 2022), debido a esto y con el objetivo de modernizar el Leopard 2E aparece la necesidad de dotar de un sistema anti-drones que encaje a la perfección con las necesidades que se demandan.

Debido a que esta necesidad es conocida por todas las industrias armamentísticas, existe un amplio mercado de sistemas anti-drones, cada uno con unas prestaciones distintas, lo que provocará realizar un amplio estudio de mercado para conseguir dotar al Leopard 2E de un sistema anti-drones acorde a sus necesidades.

Finalmente, a modo de estructurar este trabajo, para realizar ese estudio de mercado, primero se tiene que estudiar las necesidades y oportunidades de mejora del carro de combate Leopard 2E para tener una idea clara de qué tipo de sistema anti-drones hay que adquirir. Una vez realizado esto, junto al estudio de mercado se planteará el proceso de adquisición del proyecto, con su respectiva planificación de este y con su debida gestión de la calidad y análisis de posibles riesgos que pudieran aparecer en el mismo.



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 Objetivos y alcance

Este trabajo nace de la necesidad de proteger a los carros de combate de la amenaza que provocan los drones (Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2018). Más concretamente, se propone mejorar la protección del carro de combate Leopard 2E con un sistema anti-drones con el fin de otorgar al vehículo de unas defensas acordes a las necesidades de los conflictos actuales y del futuro (A. S. Cuevas, 2019). Con ello, el objetivo principal del trabajo es estudiar, analizar y contribuir en el desarrollo de un sistema de defensa anti-drones para mejorar la capacidad de protección del carro de combate Leopard 2E.

Para abordar el objetivo principal se proponen los siguientes sub-objetivos:

- 1) Realizar un análisis de mercado de los diferentes sistemas anti-drones.
- 2) Analizar los puntos fuertes y débiles de nuestro carro de combate Leopard 2E en cuanto a la protección se refiere.
- 3) Realizar un análisis de las vulnerabilidades y prestaciones de los sistemas anti-drones del mercado actual.
- 4) Estudiar las principales opciones del mercado para poder decantarnos por una.
- 5) Desarrollar el proceso de integración del sistema anti-drones en el carro de combate Leopard 2E.

En cuanto al alcance del trabajo, una vez realizado el análisis de las necesidades del vehículo, se llevará a cabo la planificación de la adquisición del sistema de protección y plan de gestión, con sus debidos subapartados. Queda fuera del alcance del trabajo el control de la adquisición, la supervisión del proyecto y las fases de ejecución.

### 2.2 Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado la metodología *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) (PMI, 2017), un recurso utilizado para la dirección de proyectos que resulta efectivo en cualquier ámbito de aplicación. El PMBOK consta de 5 etapas:

- 1) Inicio y lanzamiento: Sirve para definir en qué consistirá el proyecto y en donde se expone la necesidad de realizar el trabajo. También se trata a los interesados (stakeholders) y, por otro lado, se realizará el previo análisis del carro de combate Leopard 2E y de los sistemas anti-drones.
- 2) Planificación: La finalidad de esta metodología es que los grupos de trabajo tengan una dirección a seguir para obtener los resultados esperados. Se tratan aspectos como: Recursos Humanos (RRHH), financieros y materiales; en donde se detallan acciones para prevenir la aparición de escenarios negativos y la manera de actuar para que el proyecto se termine en el tiempo estipulado y ateniéndose al presupuesto fijado. Engloba los apartados de planificación inicial del proceso de adquisición, planificación del tiempo, de recursos humanos y de la calidad.



- 3) Ejecución: En esta etapa el dispositivo anti-drones se ha integrado en las unidades. Aquí se exponen las responsabilidades y a quién se tiene que dirigir cada departamento en momentos donde aparezcan obstáculos que paralizan el flujo.
- 4) Supervisión y control: Esta etapa se presenta simultáneamente con la anterior, donde se detalla la manera de actuar ante un problema. Se elabora una estrategia de contingencia para solventar dichos casos. La idea es anticiparse a las malas noticias.
- 5) Cierre de proceso: El cierre surge cuando se presentan los informes con los resultados de la integración del sistema anti-drones. Además, se presenta una evaluación de cómo ha sabido responder cada departamento durante todo el transcurso del proyecto.

No obstante, en este proyecto no se abordarán todas las etapas de esta metodología. Únicamente, se tratará la primera etapa: el inicio y lanzamiento, y su sucesora: la planificación. Las etapas de ejecución del proyecto, supervisión, control y cierre del proceso no se abordan ya que están previstas que sucedan durante 2023 y 2024.

Centrándonos en las herramientas utilizadas, en la etapa de inicio y lanzamiento se hará uso de:

- Matriz interés-influencia: Se busca analizar los Stakeholders involucrados en el proyecto, cabe diferenciar en qué entidad o grupo tiene interés en la implementación del sistema anti-drones y quién tiene poder para decidirlo.

Además, en esta misma etapa, con el objetivo de interpretar y analizar los datos obtenidos por parte del personal experto entrevistado para determinar el tipo de sistema anti-drones que requiere el carro de combate Leopard 2E, se utilizará:

- Diagrama causa-efecto: El cual ayudará a identificar los factores más relevantes que suponen un inconveniente (causas) en el carro de combate Leopard 2E, con el posterior propósito de obtener los efectos que provocan estas causas y así obtener una ayuda para determinar qué tipo de sistema anti-drones necesita el Leopard 2E para suplir los inconvenientes que presenta.
- Modelo de Kano: Aportará cuales son las necesidades esperadas del sistema de protección, así como las emocionantes (consideradas como un extra) y las básicas. Estos requerimientos proporcionarán una idea muy aproximada de las características que ha de tener el sistema anti-drones que se proponga para adquirir.
- Matriz de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (de sus siglas, DAFO): Se expondrán las características del Leopard 2E, tanto sus virtudes como sus defectos, lo cual nos dará el resultado de lo que hace falta mejorar en concreto.

A continuación, en la etapa de planificación, se llevará a cabo la planificación inicial de la adquisición, para ello se empleará:

- Estructura de Desglose de Trabajos (EDT): Se utiliza para exponer todas las tareas e hitos necesarios para completar el proyecto en tiempo y con éxito.
- Diagrama de Gantt: Proporcionará una visualización global de la programación del proyecto, de sus tareas con fechas de inicio y de finalización. En él se expone qué tareas



pueden empezar simultáneamente a otras y en cuales habrá que esperar a que se complete la anterior para comenzar la siguiente, de este modo se optimiza el tiempo del proceso.

- Cronograma: Tabla donde viene desglosado de manera visual todas las etapas y fases del proceso, señalando el tiempo que abarca cada una de ellas.

En la misma etapa de planificación, pero ya en el apartado del plan de calidad, se empleará, gracias a los resultados obtenidos:

- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE): Se utilizará para identificar y adelantar la aparición de fallos o riesgos que podrían surgir durante el proceso del proyecto.
- Risk Assessment – Measure List: Una vez se tengan los riesgos identificados con la herramienta anterior, se realiza una lista de medidas a adoptar para mitigarlos, en función de la gravedad de cada uno de los riesgos señalados.

Para finalizar, en el plan de Gestión de la Adquisición, se usarán:

- Radar Chart: Diagrama muy representativo donde se valoran de manera objetiva distintos datos de interés. En este estudio se empleará para comparar las distintas empresas fabricantes de sistemas anti-drones y poder obtener una valoración global de cada una de ellas.
- Matriz ponderada de decisión: Tabla que se usa para discernir entre distintas opciones en función de unos criterios, los cuales cada uno tiene un valor atribuido en función de la relevancia que se le otorgue a cada criterio. Se utilizará para elaborar el estudio de mercado y encontrar el sistema anti-drones más polivalente e idóneo según nuestros intereses.
- Estimación de costes: Una vez seleccionado el sistema anti-drones y obtenido el valor de cada uno de ellos, se realiza un cálculo financiero para deducir el presupuesto que abarcaría dotar a 219 carros de combate (Mateos, 2010) con dicho sistema de protección.

En la **Ilustración 1** pueden verse las distintas etapas, así como las herramientas empleadas en cada una de ellas.

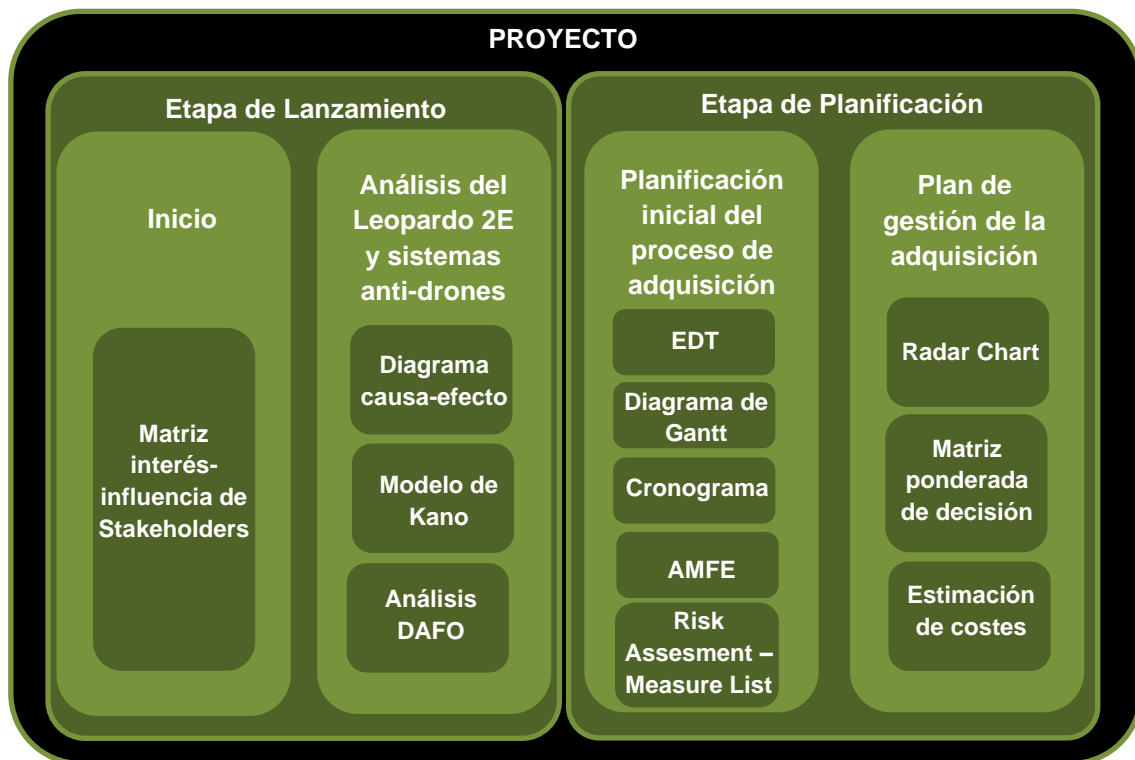


Ilustración 1. Diagrama de las herramientas PMBOK empleadas en el proyecto. Fuente: elaboración propia.

Para la realización de este trabajo y con el objetivo de extraer información al respecto del tema, se han realizado entrevistas tanto a oficiales como suboficiales, así como personal de tropa destinado en el Regimiento Acorazado (RAC) 16 “CASTILLA”, lugar donde he realizado las prácticas externas, en la **Tabla 1** se detalla la cantidad de personal que ha sido entrevistado. Del mismo modo, se ha empleado la intranet e internet para recopilar diversos manuales y datos de interés para la realización del proyecto.

ESCALA	CANTIDAD DE PERSONAL
Oficiales	6
Suboficiales	15
Tropa	36

Tabla 1. Tabla de personal entrevistado. Fuente: elaboración propia.



## 2.3 Estructura de la memoria

Este proyecto da comienzo con la introducción, la cual presenta el tema a tratar en esta memoria y justifica la necesidad de adquirir un sistema anti-drones. En cuanto al cuerpo del trabajo, este está constituido de dos grandes etapas: **Lanzamiento y planificación**. En la primera, se abordarán dos partes, que son:

- Inicio: Se presentan a los stakeholders, para determinar qué entidad o grupo tiene interés y/o influencia para poder adquirir el sistema y aportar conocimientos para obtener el sistema más idóneo para el carro de combate Leopard 2E
- Análisis del Leopard 2E y sistemas anti-drones: Una vez detallado cómo es el blindado y cómo se clasifican los distintos sistemas anti-drones del mercado actual, se realiza un estudio, con la ayuda de varias herramientas, para obtener las carencias, oportunidades, satisfacciones y necesidades que el carro de combate requiere para ser cumplidas con el sistema de protección a adquirir.

Una vez concluida esta etapa de estudio y búsqueda de las características necesarias, continúa con la segunda etapa, la de planificación. Se divide en dos partes:

- Planificación inicial del proceso de adquisición: donde se realiza la organización del tiempo, la gestión de la calidad del proceso y un análisis de riesgos con sus correspondientes medidas a modo de plan de contingencias para tratar de mitigar los riesgos detectados en el previo estudio de la calidad del proceso.
- Plan de gestión de la adquisición: en esta sub-etapa se lleva a cabo el análisis y evaluación de los sistemas anti-drones con sus respectivos fabricantes para decidir el sistema anti-drones más eficiente en función de nuestros intereses. Una vez decidido el sistema de protección, este apartado termina con una estimación de costes para determinar la inversión que tendría que efectuar el Ministerio de Defensa (MINISDEF) y su correspondiente gestión del mantenimiento para solventar los desperfectos/fallos que con el uso pudieran producirse.

Finalmente, y a modo de broche final, este proyecto concluirá con la conclusión, donde se pretende dar una valoración global, remarcando la importancia de adquirir el sistema anti-drones adecuado.



### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

El origen de la idea de los drones surge en 1898 a manos del gran físico e ingeniero, Nikola Tesla (Bernie Carlson, 2018), que patentó la idea de la creación de un tipo de artefacto no tripulado, dirigido sin ningún tipo de cable y que “sobrevolase las ciudades” con un propósito disuasorio, además de poder servir como mensajeros. No obstante, fue en tiempos más modernos cuando el iraquí Abraham Karem, desarrolló la tecnología UAV (del inglés, *Unmanned Aerial Vehicle*) y consiguió así que los drones se convirtieran en una necesidad militar (Richard Whittle, 2013). Fue en la guerra de los Balcanes donde se vio por primera vez el desempeño del MQ-1 Predator (Anon., 2011), una aeronave no tripulada con autonomía de vuelo y con una función de vigilancia. Sin embargo, la figura del dron cuadricóptero viene fundada por la empresa 3D Robotics en 2009 (VÁZQUEZ, 2019). La industria armamentística no tardó en hacer uso de ella para emplearlos en conflictos armados, siendo su principal empleo el de videovigilancia y el de vector de granadas antitanques, aprovechando su pequeño tamaño y su difícil detección al ser un vehículo aéreo.

En contra medida del desarrollo de los UAVs, surgen los sistemas anti-drones, de la necesidad de ser capaces de garantizar una defensa ante dicha amenaza. Estos sistemas se pueden encontrar tanto en el ámbito civil como en el militar, desde un aeropuerto comercial o un edificio institucional a un acuartelamiento militar o en menor escala, un carro de combate. En definitiva, lo que se pretende es poseer un sistema de armas capaz de garantizar la soberanía del espacio aéreo próximo y evitar que este sea vulnerado.

En los últimos años, hemos sido testigos del incremento de incidentes (Efe, 2020) provocados a manos de los drones. Este peligro viene dado de la creciente gama de sistemas que emplean drones, ya sea en el ámbito militar o en el civil. El uso ilícito de los drones ha provocado que estos supongan un riesgo para la seguridad y más si cabe, gozan de una alta disponibilidad. Son una amenaza real y bastante económica, empleados para realizar infiltraciones y para causar daño de manera rápida y sigilosa. No obstante, existen sistemas anti-drones, cuya misión son la de detectar, alertar, registrar y seguir las acciones causadas por los drones. Estos sistemas reducen de manera deliberada el riesgo de incurrir en pérdidas y proporciona una ayuda más que necesaria para tomar acciones contra dicha amenaza.

Del mismo modo que la tecnología empleada para la fabricación de drones no deja de avanzar y mejorar, el progreso de la tecnología anti-dron hace que la detección e interdicción se vuelva aún más eficiente y elegante, mejorando el rango con el que son detectados. No es complicado intuir que los sistemas anti-drones más avanzados son los que se basan en sistemas láser, puesto que proporcionan una mayor flexibilidad, velocidad, precisión y un coste razonable.

Con todo ello, las principales potencias mundiales (Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2008) han comenzado a invertir en sistemas anti-drones con el propósito de proteger a la tripulación de los vehículos pesados, proporcionando una defensa extra al blindaje. Así mismo, los carros de combate (MBT, *Main Battle Tank*) han evolucionado, y, por ende, sus sistemas de armas, con la problemática de que al añadirle nuevas mejoras incrementará un ya elevado peso, por ello, la industria armamentística tiene como tarea diseñar un sistema anti-dron ligero y eficiente.





### 3.2 Clasificación de los sistemas anti-drones

Los diseñadores y fabricantes de sistemas anti-drones han clasificado estos sistemas en 3 grandes grupos, ateniéndose a las fases del proceso que este sistema emplea para conseguir abatir la amenaza, (Horizon 2020, Work Programme 2016-2017) ,se clasifican según:

- La manera en la que el sistema de protección contra drones es capaz de divisar un dron en las proximidades. Se denomina **detección**.
- La manera en la que el sistema diferencia un dron de otro objeto volador, por ejemplo, un ave. Esto es la **identificación**.
- La manera en la que el sistema de protección anti-drones elimina la amenaza una vez detectado e identificado el dron hostil. Se trata de la **neutralización**.

En la **ilustración 2** se detallan los tres grandes bloques en los que se clasifican los sistemas anti-drones (Birch, G.C., Griffin, J.C. and Erdman, 2015). A continuación, se desglosa cada uno de dichos bloques.



Ilustración 2. Clasificación de los sistemas anti-drones. Fuente: elaboración propia



La detección se entiende como la forma de proporcionar una alerta por una intromisión del espacio aéreo que se encontraba bajo vigilancia. Dependiendo del tipo de sensor empleado, se obtendrá una clase de información, así como tamaño, velocidad, posición angular y distancia respecto al sensor. Dentro de esta categoría, se puede encontrar los siguientes subtipos:

- 1) Tecnología Radar. Es el más eficaz (Mitre, 2015) debido a que es capaz de trabajar durante todo el día, la noche y bajo cualquier circunstancia meteorológica. Otra ventaja que presenta es que es capaz de detectar UAVs silenciosos, ya que no se basa en la emisión de ondas o sonidos por parte de la amenaza aérea. Presentan una gran capacidad de radio de alcance y permiten obtener su posición en las tres dimensiones. Como inconveniente, son un reto para estos sistemas los drones que vuelan lento, bajo y, además, presentan un pequeño tamaño.
- 2) Detección acústica. Este subtipo es óptimo para emplearlo en entornos abiertos o en zonas aisladas. No obstante, no es del todo eficaz para ser utilizado en zonas urbanas, debido a la presencia excesiva de ruido que supondría un elevado número de falsas alertas.
- 3) Detección espectral por radiofrecuencia. Detecta las ondas intercambiadas entre el UAV y el control remoto con el que es operado mediante una vigilancia espectral. Las comunicaciones más empleadas son las de WiFi, UHF (del inglés, *Ultra high frequency*), vía satélite y las bandas de frecuencia de 2,4GHz, 5GHz y la de 5,8GHz. Aunque el inconveniente que presenta es que son muchos aparatos trabajan en estas bandas de frecuencia, lo que supone un plus más de dificultad tener que detectar qué señal proviene de un RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*).
- 4) Detección con cámara. Puede ser multiespectral, infrarroja o de visión normal. El propósito de esta tecnología es ser capaz de detectar el dron hostil con la máxima antelación posible, es decir, cuanto más lejos se encuentre en el momento de ser avistado, mejor. Por lo tanto, la cámara ha de tener una gran resolución con un alto número de píxeles para facilitar la detección.
- 5) Sistemas combinados. No es más que la cooperación de varios sistemas de detección, con el objetivo de ser más precisos y rápidos. Es una manera de cubrir las desventajas de cada sistema a condición de aumentar los costes de inversión, el peso, el tamaño del equipo y los requerimientos computacionales del sistema.

La identificación consiste en la capacidad que presenta el sistema para discriminar la presencia y amenaza provocada por un UAV frente a otro objeto, vehículo o animal (como las aves) que no son de interés después de haber sido detectados en la fase previa. En este caso, se dispone de dos métodos de identificación:

- 1) Identificación con cámaras. La identificación con esta técnica viene dada por cámaras de infrarrojos, de espectro visible y actualmente por las hiperspectrales. Lo que facilita la tarea al operador para identificar con una imagen la supuesta amenaza previamente detectada.
- 2) Identificación mediante firma microdoppler. Es una técnica que permite diferenciar UAVs que vuelan bajo, lento y de pequeño tamaño de cualquier ave que vuele por la zona restringida. Todo ello mediante la firma doppler que genera la rotación de las aspas del dron que son recogidas por un radar e interpretadas por un operador.



La última clasificación se basa en la manera en la que se produce la neutralización de la amenaza, dependiendo del vehículo, objeto o personal. En esta categoría, coexisten dos subclases: las basadas en interferencias y las basadas en la anulación física, las primeras son:

- 1) Jamming. El modo en el que funciona esta tecnología es el de interferir la comunicación remota establecida entre el operador y el UAV con el fin de inhibirlo. No obstante, hay que tener en consideración que la respuesta del dron ante este ataque puede causar daños colaterales si este cae sin control y más si cabe, si lleva consigo cargas explosivas. Aunque la reacción más esperada es la de que descienda gradualmente hasta colisionar contra el suelo.
- 2) GPS spoofing. Consiste en engañar al propio sistema GPS integrado en el RPAS para que este crea que se encuentra en otro lugar al que realmente está. Es una tecnología que se encuentra en la fase de perfeccionamiento y por ello, actualmente, hay pocos sistemas comerciales en el mercado.
- 3) Hackeando las comunicaciones WiFi. Con la técnica de hackeo informático se pueden vulnerar las comunicaciones entre el operador y el dron. No obstante, si el sistema de encriptación es muy complejo o si dichas comunicaciones son con otra vía o ancho de banda distinto al del propio sistema anti-dron, este podría resultar ineficaz.

Por otro lado, están las medidas de neutralización basadas en la anulación física, donde se encuentra:

- 1) Láser. Con el desarrollo de la tecnología se ha conseguido un sistema que lanza un láser al dron para derribarlo con un alcance máximo de hasta un kilómetro. Para ello se necesita de un sistema avanzado de detección como radares, sensores o miras telescópicas que gocen de una precisa visibilidad, lo cual hace que aparte de ser un sistema bastante pesado, aumente su precio de manera significativa. Como inconveniente, aparte de los ya mencionados, se tiene que vulnera el protocolo IV de la Convención de Ginebra<sup>1</sup> que limita el empleo de armas láser.
- 2) Red. En este caso el cargador tendría la capacidad de lanzar con un sistema transportable una red que alcanza al RPAS, incapacitándolo o derribándolo, el cual descendería con la ayuda de un paracaídas para evitar daños en su colisión contra el suelo.

### 3.3 Carro de Combate Leopard 2E

El carro de combate Leopard 2E es el principal blindado con el que cuenta actualmente el Ejército español. Es una versión de su homólogo alemán el Leopard 2A6, en donde el español

---

<sup>1</sup> Aprobado el 12 de agosto de 1949 por la Conferencia Diplomática para Elaborar Convenios Internacionales destinados a proteger a las víctimas de la guerra, celebrada en Ginebra del 12 de abril al 12 de agosto de 1949. Entrada en vigor: 21 de octubre de 1950.



cuenta con un mayor blindaje en la parte frontal. El contrato firmado con Santa Bárbara Sistemas por la adquisición de 219 carros de combate Leopard 2E, tuvo lugar en diciembre de 1998, sin embargo, no se empezó a recibir las primeras unidades hasta 1999, terminando el proceso de adquisición en 2009. En cuanto a sus sistemas de armas, el Leopard 2E dispone de 2 ametralladoras de 7,62mm, una coaxial y la otra antiaérea, además de su principal arma, el cañón Rheinmetall de 120mm, con un alcance efectivo de 4000m. Por otro lado, cuenta con un sistema de protección pasiva compuesto por un blindaje de acero reforzado, aparte de una Armadura Reactiva Explosiva (ERA, del inglés, *Explosive Reactive Armour*). El pesado carro de combate se mueve gracias a los 1500 Cv de su motor diésel. Se detallan más especificaciones técnicas en el **Anexo A**.

Con la adquisición del carro de combate Leopard 2E (Jefatura de Asuntos Económicos del Mando de Apoyo Logístico, 2020), España entró en el ranking de las naciones con los blindados mejor valorados a nivel internacional. No obstante, a raíz del avance tecnológico, el actual Leopard 2E se ha quedado atrás con la aparición de nuevas modernizaciones en cuanto a la detección, sistemas de defensa y elementos de tiro se refiere. Por otro lado, esto abre una gran ventana de oportunidades para mejorar el carro de combate y alcanzar nuevamente ese reconocimiento mundial.

Como el carro de combate Leopard 2E viene de la versión alemana, este está diseñado para ser empleado a los escenarios y climas de Europa Central. Debido a esto, nuestro modelo no está pensado para ser empleado en climas muy cálidos, como lo son al sur de Europa, ni tampoco al este, donde el terreno es muy llano, lo que hace posible un tiro a una gran distancia.

En cuanto a las 4 personas que componen la tripulación del vehículo blindado, encontramos:

- Jefe de vehículo: Encargado de todos los sistemas de mando y control, así como dirigir la maniobra del carro de combate.
- Conductor: Encargado de manejar el blindado.
- Tirador: Encargado de observar, apuntar y efectuar el tiro del cañón de 120 mm.
- Cargador: Encargado de municionar los proyectiles en el cañón para posibilitar su disparo. Tiene acceso a la ametralladora coaxial y a la antiaérea.



Ilustración 3. Fotografía del carro de combate Leopard 2E. Fuente: Ejército de Tierra.



## 4. ANÁLISIS PREVIO AL PROCESO DE ADQUISICIÓN

Dentro de la etapa de lanzamiento, se encuentra el inicio del proyecto. Para comenzar, se detallarán los stakeholders del proyecto y, a continuación, debido a un cambio en el conflicto, junto a un elevado avance tecnológico que ha hecho posible la aparición de los drones, se detallará la modernización necesaria en el carro de combate Leopard 2E para combatir dicha amenaza. Esta modernización es necesaria debido a los recientes cambios en el conflicto junto a un elevado empleo de los drones. Por lo tanto, en este capítulo se llevará a cabo una serie de análisis, con la ayuda de varias herramientas, para obtener la información necesaria para adquirir el sistema anti-drones que mejor se adapte a las necesidades del carro de combate.

### 4.1 Análisis de los Stakeholders

A continuación, se detallan los involucrados (stakeholders) en el proyecto, que son las organizaciones y personas que están de alguna manera implicados, guardando alguna capacidad de influir en la toma de decisiones o que muestran interés en la adquisición de este sistema anti-drones. Por tanto, dependiendo del desempeño en la ejecución, sus intereses pueden ser modificados negativa o positivamente. Los stakeholders de este proyecto quedan representados en la **Ilustración 4**, que son:

- 1) Empresas destinadas al desarrollo armamentístico, donde nos apoyaremos para realizar la inversión del sistema anti-dron.
- 2) La gestión de adquisiciones vendrá dada por la Dirección General de Adquisiciones de Armamento y Material (DGAM), adscrito a la Secretaría de Estado de Defensa (SEDEF).
- 3) Unidades acorazadas que presenten en su estructura orgánica el Leopard 2E.
- 4) Personal que compone la tripulación del vehículo blindado.
- 5) Principales aliados de España, así como los miembros de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN).
- 6) Potencias, instituciones u organizaciones rivales: fuerzas que intenten comprometer los intereses nacionales o de nuestros aliados.

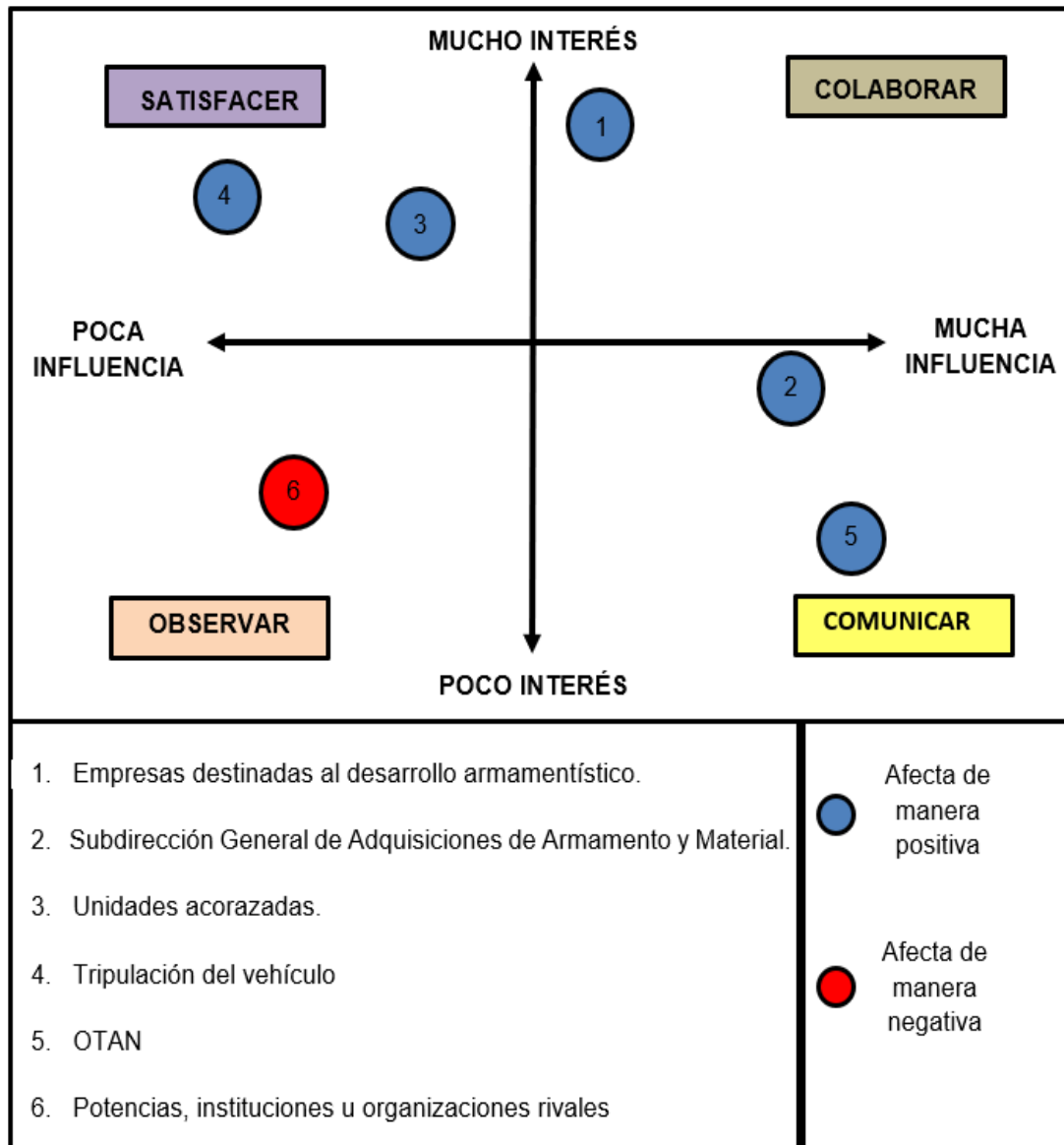


Ilustración 4. Matriz interés-influencia de los Stakeholders. Fuente: elaboración propia.

A la hora de establecer la posición de cada stakeholder hay que tener en cuenta su poder sobre el proyecto y su interés sobre él. Es por ello por lo que se emplea esta herramienta, para esclarecer qué stakeholders son los más importantes y así, tomar la estrategia más oportuna de acuerdo con la situación de las Fuerzas Armadas (FFAA). Se pueden diferenciar 2 grupos, los que afectan de manera positiva y los que afectan de manera negativa. En los primeros, se tienen los que poseen mucho interés, pero poca influencia (Unidades acorazadas y tripulantes del carro) y, por otro lado, de forma inversa, los que tienen poco interés en el programa, pero, al contrario, tienen mucha influencia, aquí se estaría hablando de organizaciones como la OTAN y la Subdirección General de Adquisiciones de Armamento y Material. No obstante, en el segundo grupo se tienen las potencias, instituciones u organizaciones rivales que presentan además de poco interés, poca influencia en el sistema.





## 4.2 Análisis del Carro de Combate Leopard 2E

En este apartado se realizará un estudio, fruto de las encuestas, presentes en el **Anexo B**, realizadas al personal experto de la 3ª Compañía del Batallón de Infantería Acorazada del RAC 16, para extraer todas las necesidades que presenta el Leopard 2E, para identificar los requerimientos que ha de poseer el sistema anti-drones a adquirir.

### 4.2.1 Necesidad de actualizar el MBT a las necesidades del conflicto.

Sin duda alguna, el conflicto armado es algo que no deja de cambiar con el paso del tiempo, influenciado por nuevas tecnologías y el ambiente sociopolítico. Es por ello por lo que, desde el inicio de la última década, se ha acuñado el término de “conflicto híbrido” descrito por el Coronel McCuen (McCuen, 2008), oficial del US Army, de la siguiente manera: *“Las guerras híbridas son una combinación de guerra simétrica y asimétrica en las que las fuerzas que intervienen conducen operaciones militares convencionales contra fuerzas militares y objetivos enemigos y simultáneamente intentan lograr el control de la población local en la zona de combate dándoles seguridad y estabilidad (operaciones de estabilidad)”*. No obstante, de este reciente concepto surgen varios defensores, en su mayoría australianos, británicos y estadounidenses, pero todos acaban coincidiendo en la idea de un fenómeno que mezcla el conflicto armado, con la presencia de sus medios y procedimientos, ya sea de forma convencional u otro de forma irregular, así como insurgencia, terrorismo o, en otros casos, donde la población civil mantiene un importante papel.

En cuanto a la modernización del conflicto actual, el denominado conflicto híbrido, cabe destacar la aparición de las amenazas provenientes por dispositivos pilotados a control remoto, tipo dron, muy eficaz en terreno abierto y más si cabe en un entorno urbanizado, donde su detección e identificación es aún más complicado. Por otro lado, se tiene que mencionar que adquirir un dron está al alcance de todo combatiente que quiera emplearlo como arma, aparte de su fácil e intuitivo manejo, esto hace que se deba priorizar la adquisición de un sistema para cubrir esta amenaza.

Este nuevo cambio trae consigo una serie de modificaciones que afectan, en este caso particular, al carro de combate. En un ambiente de combate tradicional, su principal amenaza es la aviación y los helicópteros, por otro lado, también son peligrosos los misiles, los fuegos directos de la artillería y las minas diseñadas para destruir carros. Por lo tanto, los expertos en esta área, mediante unas encuestas realizadas (Ver **Anexo B – Encuesta 1**), han ayudado a identificar las causas por las que el carro de combate presenta una serie de vulnerabilidades ya conocidas y representadas en el diagrama causa-efecto de la **ilustración 5**.

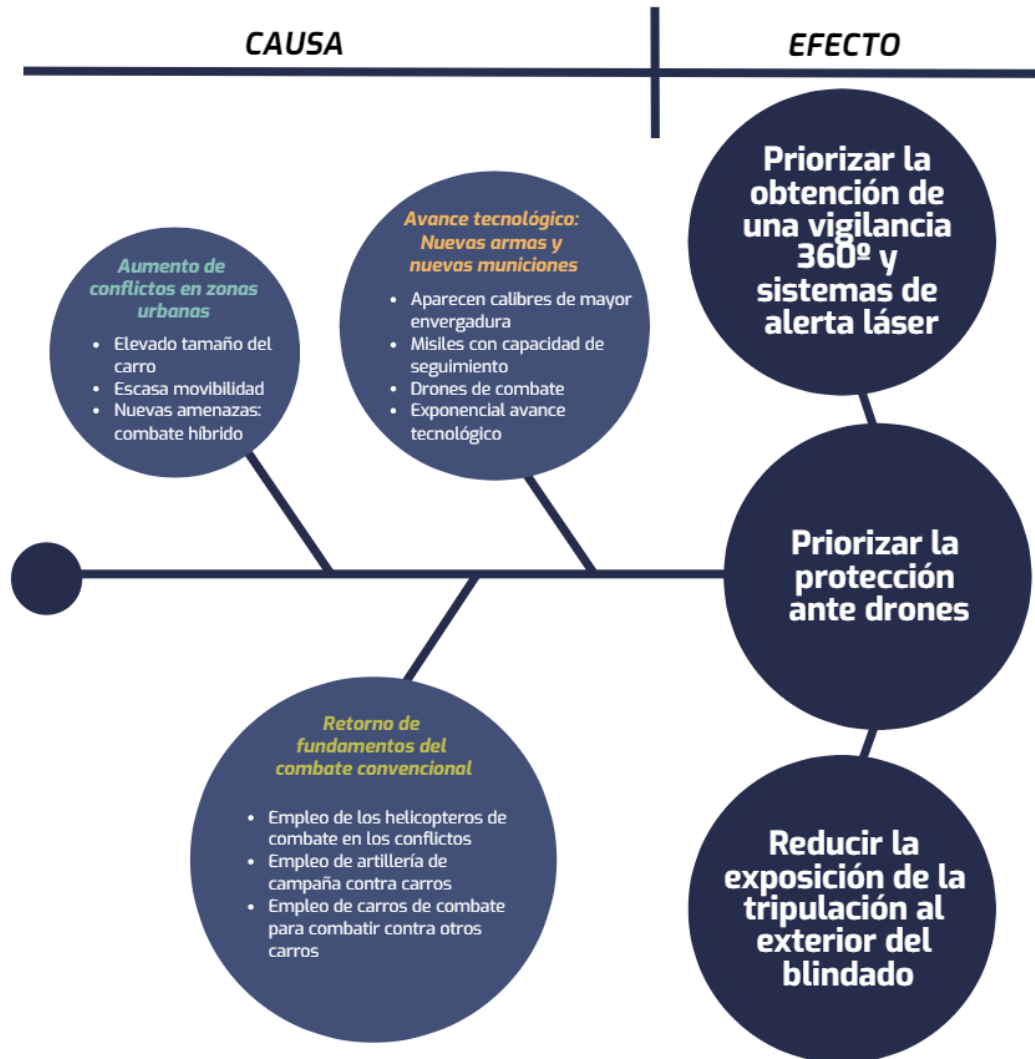


Ilustración 5. Diagrama Causa-Efecto. Fuente: elaboración propia. Programa: Venngage.

El **diagrama Causa-Efecto** es una herramienta muy eficaz que ayuda a descubrir qué tipo de modernización precisa, en este caso, el carro de combate. Para ello, hay que señalar las causas (vulnerabilidades del carro de combate) que los expertos nos han mostrado en las encuestas (Ver **Anexo B** - Encuesta 1), que quedan englobadas de la siguiente manera:

- Causa 1. Aumento de conflictos en zonas urbanas. Compuesta por una serie de inconvenientes técnicos que producen un problema en este tipo de escenarios que son cada vez más frecuentes.
- Causa 2. Avance tecnológico: Nuevas armas y municiones. Abarcan una serie de nuevas amenazas, producidas gracias al proceso de investigación y desarrollo.
- Causa 3. Retorno de fundamentos del combate convencional. Permanecen las amenazas de los carros de combate que existían hace décadas, en el combate convencional. (Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2020)





Estas causas provocan unas consecuencias, que son los denominados efectos y estos, a su vez, nos dictan el camino que hay que seguir para corregir los problemas detectados (causas) en forma de mejoras al Leopard 2E.

Gracias al diagrama anterior, el autor del trabajo ha determinado los efectos/necesidades que debería incorporar el sistema anti-drones a adquirir, que son:

- Priorizar la obtención de una vigilancia 360º y sistemas de alerta láser.
- Priorizar la protección ante los drones.
- Reducir la exposición de la tripulación al exterior del blindado.

#### 4.2.2 Necesidad de incluir la satisfacción de la tripulación

Es muy importante contar con la opinión y valoración del personal de la tripulación del carro de combate, ya que serán estas personas las encargadas de manipular sobre el terreno el nuevo sistema anti-drones. En consecuencia, se seguirán analizando todas las características que debe tener este sistema de protección. De esta manera, se ha decidido emplear un **Modelo de Kano**, para analizar los requisitos donde las Fuerzas Armadas estarían conformes para su adquisición, teniendo en cuenta las necesidades y particularidades que ha de poseer. El diagrama se muestra en la **Ilustración 6**.

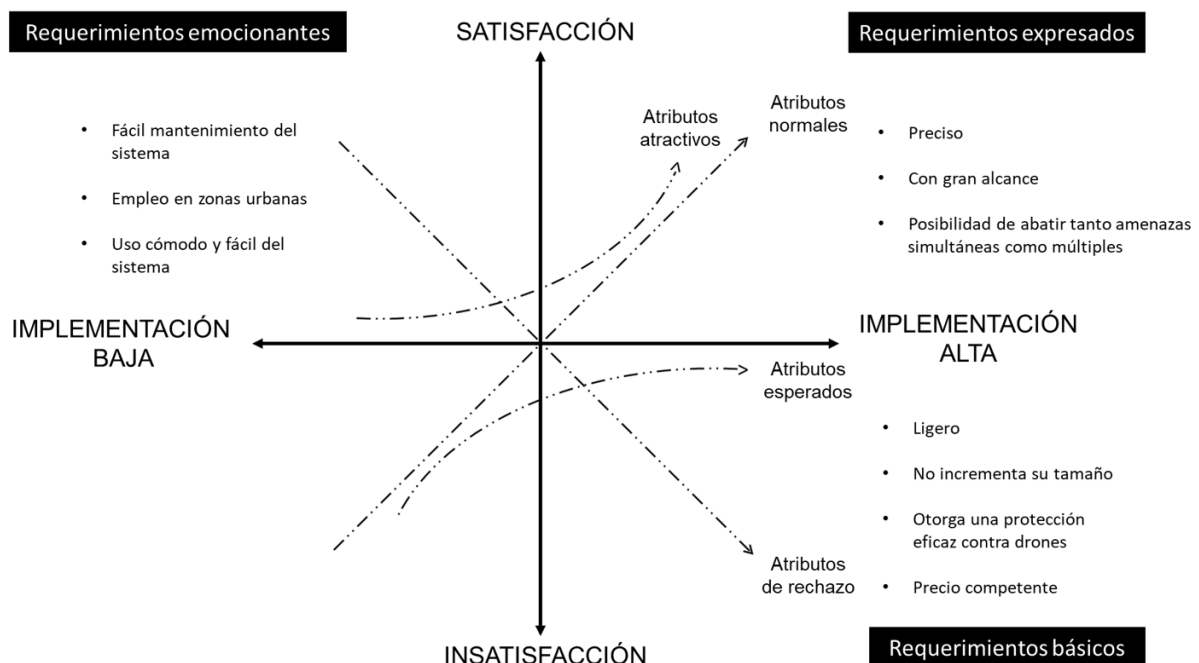


Ilustración 6. Modelo de Kano. Fuente: elaboración propia.

Para comenzar, según lo analizado e interpretado por los expertos, en este caso por el personal de tropa y suboficiales del Regimiento Acorazado Castilla nº16, se ha obtenido en las encuestas (Ver **Anexo B** – Encuesta 2), que los requerimientos o las necesidades básicas que se esperan de un sistema anti-drones es que no incremente ni peso ni el tamaño de manera considerable del carro de combate, que la protección sea real, eficaz y todo ello bajo un precio



que sea competente. Estas necesidades serían las consideradas como imprescindibles y han de ser cumplimentadas con obligatoriedad para no conllevar una insatisfacción con el producto. Por otro lado, se obtienen los requerimientos expresos, que son los que provocarían una gran satisfacción, un extra, tales como: que el sistema sea preciso a la vez que posea un gran alcance para abatir las amenazas ya sean tanto múltiples como simultáneas, es decir, un RPAS aislado o un enjambre de drones<sup>2</sup> que se aproximan al carro. Estas características nos ayudarán a elegir y comparar entre un sistema u otro para decantarnos por el que sea más satisfactorio. Para finalizar con el análisis, se extrae de él los requerimientos emocionantes, que son aquellos que el personal no espera que se cumpla, aunque de ser así estarían muy satisfechos con la adquisición, estos son: que sea un sistema cómodo a la par que fácil, esto ayudará que el sistema se implemente en las unidades de manera sencilla. Que sea capaz de desempeñar sus funciones en todo tipo de circunstancias, como en las zonas urbanas, que la amenaza puede aparecer de manera inesperada y muy próxima. No obstante, también sería una necesidad emocionante cuyo mantenimiento sea fácil para que el sistema perdure con el tiempo.

#### 4.2.3 Necesidad de estudiar las oportunidades del Leopard 2E

Para complementar el diagrama causa-efecto se realiza un estudio que proporcionará las oportunidades de mejora que ofrece el carro de combate Leopard 2E.

Es así como en el contexto actual, con una forma de conflicto totalmente distinta a cuando se originó el primer carro de combate y donde el desarrollo científico y tecnológico están a la orden del día, surge la imperiosa necesidad de dotar al Leopard 2E con un sistema capaz de repeler las hostilidades causadas por los drones militares.

Por lo tanto, la mejor forma de estudiar las virtudes y los inconvenientes del carro de combate será mediante un **Análisis de sus Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades** (también denominado análisis DAFO). El cual está representado en la **ilustración 7**.

---

<sup>2</sup> Se denomina “enjambre de drones” cuando en una determinada situación son varios drones los que participan, lo que complica la tarea de neutralización.



Ilustración 7. Análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del carro de combate Leopard 2E a través de un análisis tanto externo como interno. Fuente: elaboración propia.

La información representada en la **Ilustración 7** se ha extraído de un análisis interno del propio Ejército, mediante encuestas (Ver **Anexo B** – Encuesta 3) al personal cualificado con el curso de capacitación de medios acorazados. Para comenzar, se expondrán sus debilidades, que muestran el aspecto negativo del carro de combate: Se tiene un alto coste de producción y mantenimiento, que debido a la situación economía de nuestro país es un factor determinante a tener en cuenta, no obstante, es un precio similar al que otros países aliados hacen frente con sus respectivos homólogos. Ateniéndose a su operatividad en combate urbano, el Leopard 2E no cumple con las expectativas, debido a sus grandes dimensiones y peso que dificultan así su maniobrabilidad. El combate urbano gana cada vez más peso en los conflictos actuales y disponer de las ventajas que proporciona un carro de combate en esos entornos, sería clave.

En cuanto a la torre, que es el componente móvil que se halla encima de la barcaza, se tiene una debilidad muy importante, al ser totalmente eléctrica ante la presencia del más mínimo fallo electrónico queda totalmente inoperativa<sup>3</sup>, una problemática que el resto de las potencias ha solventado con una modalidad de torre electrohidráulica. Para finalizar, el cañón es más largo

<sup>3</sup> Cuando un vehículo queda inoperativo, por razones de seguridad se debe enviar al escalón (taller) de la unidad para su reparación.



que el resto de los carros del mercado, dando un plus de alcance al precio de menor movilidad, siendo este fácil de hincar en el suelo en una depresión.

Analizando las amenazas externas, se ha obtenido que la principal preocupación es la que viene por el aire, es decir: helicópteros, aviación y los drones de ataque, que están adquiriendo mucha relevancia en los conflictos más actuales (C. Galán, 2018). También, añadir el uso de fuegos de artillería y de otros carros de combate, objetivo natural del blindado.

El análisis DAFO nos proporciona a su vez los aspectos positivos, en un contexto interno se tienen sus fortalezas, que son tales como: su potencia de fuego y alcance, algo que le otorga sus 6,6 metros de cañón y sus 120 milímetros de calibre. También dispone de una amplia gama de sistemas de visión, así como sus cámaras térmicas y sus periscopios<sup>4</sup>. En cuanto a la ejecución del tiro dispone de dos modos, en estabilización y en observación, modalidades que ayudan en la precisión del tiro dependiendo del empleo táctico. Por último, una característica fundamental es su renovado sistema BMS<sup>5</sup> (Sistema de Gestión de Batalla, del inglés, *Battlefield Management System*), que facilita la tarea de mando y control durante la operación (Mateos, 2010). Todas estas fortalezas hacen del Leopard 2E un sistema bastante completo, competitivo y en vísperas de ser modernizado antes que sustituido.

Para finalizar este análisis, hay que observarlo desde una perspectiva externa dentro de sus aspectos positivos, lo que nos llevará a las oportunidades de mejora que tiene, estas son: la posibilidad de disponer de otros tipos de municiones para ser empleados con mayor rigurosidad en función del tipo de vehículo objetivo, la incorporación de sistemas de protección activa y pasiva que nos brindarían de un mayor blindaje ante lanzagranadas, minas, artefactos explosivos improvisados (IED, acrónimo de su denominación inglesa, *Improvised Explosive Device*). Otra oportunidad que ofrece es la de mejorar sus capacidades C<sup>(4)</sup>ISTAR<sup>6</sup>, que nos proporcionarán una mayor operatividad en los conflictos venideros (González, M. García Guindo and G. Martínez-Valera, 2015). Por último y como motivo del presente trabajo, la mayor de las oportunidades de mejora y más si cabe dentro de lo observado en los conflictos más recientes, es la incorporación de un sistema anti-drones para hacer frente a la amenaza de los drones de combate y su eficacia constatada en la Guerra de Rusia-Ucrania (Beatriz Calvo, 2022).

---

<sup>4</sup> Herramienta de la que dispone el blindado para observar el exterior estando dentro del mismo y gozar así de su protección.

<sup>5</sup> El mando de la unidad correspondiente tiene en una sola pantalla una visión única y completa de lo que ocurre en el campo de batalla, permitiendo compartir información que recogen los sensores de todas las plataformas involucradas (los propios carros, UAV, vehículos, etc.)

<sup>6</sup> Acrónimo en inglés empleado para hacer referencia a las funciones militares: C(4) (*Command, Control, Communication y Computers*), I (*Intelligence*), S (*Surveillance*), T (*Target*), A (*Acquisition*), R (*Reconnaissance*)



### 4.3 Necesidades del sistema anti-drones requerido

Una vez realizado el estudio del carro de combate, gracias a las tres herramientas empleadas para analizar la información recopilada de las encuestas (Ver **Anexo B**) realizadas al personal, se ha obtenido una serie conjunta de requerimientos que sería necesario que el sistema que se proponga para adquirir cumpliera para satisfacer las necesidades de las FFAA. Por lo tanto, se busca un sistema anti-drones que cumpla con las siguientes necesidades/requerimientos que ha sintetizado el autor del trabajo:

- Si el sistema es de tipo fusil, ha de ser muy ligero, ya que no puede suponer una gran carga para el personal que lo emplee. Por otro lado, coge fuerza un sistema que sea fijo y automático, dentro de unos parámetros considerables de peso y tamaño, que a su vez otorgaría una increíble seguridad a la tripulación del vehículo al no tener que asomarse fuera del blindado para neutralizar al dron con un fusil anti-drones tipo “jamming”.
- Dentro del marco del conflicto híbrido, donde los escenarios urbanizados cogen mucha importancia, la necesidad de disponer de un sistema de protección contra drones que sea eficaz y que aporte una vigilancia 360º es muy necesario para su modernización.
- En las encuestas, el personal ha destacado que poseer un sistema que sea preciso, con gran alcance y, sobre todo, con una capacidad de actuación en un amplio abanico de bandas de frecuencia, permitiría que el sistema sea capaz de abatir tanto amenazas simultáneas como múltiples.
- En menor medida, que el sistema anti-drones sea de fácil mantenimiento y de un uso muy sencillo provocará una gran satisfacción por parte de la tripulación, aunque no se espera que el producto disponga de estas características.

En definitiva, fijándonos en la clasificación de los sistemas anti-drones detallada en el **Apartado 3.2**, podemos concluir el estudio del producto afirmando que el sistema más óptimo para los intereses del Ejército de Tierra es aquel que:

- Detecta al dron mediante *Tecnología Radar*.
- Identifica la amenaza con la ayuda de la *Firma Microdoppler*.
- Neutraliza el sistema mediante el *Hackeo/Jamming de las comunicaciones UAV – Control Remoto*.

Con estas especificaciones ya se dispone de la información necesaria para realizar una primera criba de entre todos los sistemas de protección contra drones existentes en el mercado, más adelante habrá que comparar las características de unos y otros para obtener un producto de la calidad esperada.



## 5. PROCESO DE ADQUISICIÓN: Planificación del tiempo

Una vez acabada la etapa anterior, toca dar comienzo a la etapa de planificación, en donde se llevará a cabo la planificación del proceso de adquisición de un sistema anti-drones, para ello se empezará con una planificación temporal del proceso con el fin de optimizar la gestión del proyecto. De la misma manera, se detallará un plan de recursos humanos implicados en el proceso y la respectiva gestión de la calidad del sistema. Este apartado finalizará con un análisis de los posibles riesgos que podrían aparecer y la manera de mitigarlos.

### 5.1 Cronograma del proyecto

Para este proyecto, la planificación del proceso de adquisición dio comienzo el 5 de septiembre de 2022 y tiene como fecha final el 31 de mayo de 2024, con una duración no superior a 21 meses, de ese modo viene marcado en la EDT y en el diagrama de Gantt (Ver **Anexo C y D**).

El proceso de adquisición se divide en las siguientes fases, ordenadas en orden cronológico: lanzamiento del proyecto, el plan de adquisición, la ejecución, el control y el cierre de la adquisición. En la **ilustración 8** se observa la distribución del tiempo para realizar el proyecto, donde se incluye la fase de ejecución, control y cierre del proyecto, las cuales no se tratarán en esta memoria debido a que para su correcto análisis tendría que llevarse a cabo durante 2023/24 que es cuando se producen estas etapas. No obstante, durante la fase de ejecución de la adquisición se instalará en las unidades el sistema anti-drones y luego se realizarán sus caracterizadas fases de prueba técnica, así como de rendimiento. Para concluir, una vez probado el sistema se procederá a integrarlo en el resto de carros de combate para su debida instrucción.

Para más detalle, se ha empleado un diagrama de Gantt (Ver **Anexo D**) para la correcta gestión del tiempo, donde quedan reflejados los hitos del trabajo, donde cubren todo el tiempo que dure el proceso de adquisición. Además, se muestran las dos modalidades de relaciones lógicas (Centro Universitario de Defensa: Oficina de Proyectos, 2021) que mantienen entre ellos los hitos del trabajo. La primera es la relación “Terminar para Empezar” (conocido en inglés como: *Finish to Start*, FS), lo que quiere decir que, para empezar con la siguiente tarea primero ha de finalizar la anterior. La segunda es la de “Empezar para Empezar” (en inglés, *Start to Start*, SS) viene a detallar que las tareas se pueden hacer de forma paralela, al empezar una, dará comienzo la siguiente. Por ello, surge la necesidad del diagrama de Gantt, para perfeccionar el empleo del tiempo y observar cuando se pueden llevar a cabo tareas paralela o secuencialmente.



2022				2023		
SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Lanzamiento del Proyecto	Estudio del Leopardo 2E y de los sistemas anti-drones			Planificación Inicial		Planificación de la Gestión
Planificación de la Adquisición						

2023						
ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT
Planificación de la Gestión		Instalación del sistema anti-drones			Fase de prueba del sistema	
Planificación de la Adquisición		Ejecución de la Adquisición				

2023		2024				
NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Fase de prueba de rendimiento del sistema		Fase de integración				Control y Cierre de la Adquisición
Ejecución de la Adquisición						

Ilustración 8. Cronograma de la repartición de las fases del proceso de adquisición con sus paquetes de trabajo incluidos. Fuente: elaboración propia.

## 5.2 Planificación y organización de los recursos humanos

Es fundamental que aparte de adquirir el sistema de defensa pertinente, se especifique una planificación de los recursos humanos (RRHH) para su posterior instrucción y adiestramiento de cara a sacarle el mejor rendimiento al nuevo producto, donde se contempla la adquisición de conocimientos y la formación específica para su doctrina. Vendrá de la mano de un curso necesario que certifique así su utilización, con una duración de un mes, distribuido en distintas fases.

El puesto táctico para el que va dirigido este curso es al cargador de la tripulación, el cual tendrá como cometido añadido el correcto empleo y mantenimiento del nuevo sistema anti-drones. El cargador comenzará el curso durante el mes de agosto de 2023, haciéndolo coincidir con el último mes de la fase de instalación, para dar comienzo a la fase de prueba con un personal cualificado y preparado para su funcionamiento. (ver de nuevo la **ilustración 8**)

## 5.3 Planificación de la calidad

Este apartado se dividirá en dos partes, por un lado, se tendrá la aprobación de las necesidades del sistema anti-drones y terminará con la debida aprobación del desarrollo que genera la adquisición del producto.

### 5.3.1 Aprobación de las necesidades del sistema anti-drones

Se comenzará con la identificación de las necesidades que deberá tener el producto a adquirir para lograr una mayor eficacia, a la hora de jerarquizar y enfocar las acciones en las materias que puedan ser más críticas. Por otro lado, hay que darle prioridad a los efectos encontrados en el Diagrama Causa-Efecto (ver **ilustración 5**) para adquirir el sistema anti-



drones. La DGAM se encargará de aprobar los requisitos durante la planificación inicial que data del 1 enero hasta el 13 de febrero de 2023. El sistema por adquirir ha de poseer los tres pilares esenciales estipulados por el personal experto<sup>7</sup> que son: peso, alcance y rango de frecuencias. En definitiva, las características que deben cumplirse principalmente son esas, pero también hay que tener en cuenta las extraídas en los anteriores análisis del Modelo de Kano (ver **ilustración 6**) y de la Matriz de DAFO (ver **ilustración 7**).

### 5.3.2 Aprobación del desarrollo del proceso de adquisición

El propósito de esta fase es analizar el desarrollo para verificar que se cumplen los estándares fijados de calidad. Nuevamente, la DGAM será la responsable de analizar y aprobar el desarrollo de la adquisición durante el 1 de febrero de 2023 hasta el 28 del mismo mes. Se ha decidido aplicar un **Análisis Modal de Fallos y Efectos** (AMFE) para el debido estudio del desarrollo, incluyendo los riesgos más comunes de este tipo de proyectos (Centro Universitario de Defensa, 2021/22). Queda representado en la **ilustración 9**.

ID	RIESGO A ANALIZAR	GRAVEDAD DEL EFECTO	PROBABILIDAD DE APARICIÓN	PROBABILIDAD DE DETECCIÓN	NPR
1	Anulación de la adquisición	8	2	6	96
2	Retraso en la instalación del sistema	5	4	5	100
3	Quiebra de la empresa	9	2	4	72
4	Problemas técnicos en la integración del sistema	6	4	5	120
5	Fugas de información	9	3	7	189
6	Renegociación de los costes de mantenimiento	7	3	6	126
7	Renegociación del precio del sistema	7	3	7	147
8	Retraso en los cursos de instrucción	3	9	2	54
9	Falta de información del sistema	7	5	5	175
10	Limitación del horario de trabajo	4	5	3	60

*Ilustración 9. Análisis Modal de Fallos y Efectos. Fuente: elaboración propia.*

Con la ayuda de esta herramienta se tienen señalados los posibles fallos que surjan durante todo el proceso de adquisición, con su probabilidad de aparición y su probabilidad de detección, que es aquella que nos permite darnos cuenta de que un determinado fallo está sucediendo. En

<sup>7</sup> Se considera personal experto a aquella persona que tiene el curso de capacitación de medios acorazados y posee una antigüedad igual o superior a 5 años de servicio.





la anterior **ilustración 9** se muestra al final el NPR<sup>8</sup>, que es el Número Prioritario de Riesgo, dado por el producto de la gravedad del riesgo por las probabilidades de aparición y detección. Este valor nos dicta que riesgo es el más importante y, por ende, el que más afectaría al proceso. Los valores representados en la tabla surgen del consenso del personal con alta experiencia y gestión de adquisiciones del RAC 16. Por otro lado, cabe remarcar la gravedad que podría suponer una fuga de información por parte de la empresa y la falta de información del sistema anti-drones, así como el resto de los riesgos relacionados con el tema financiero como retrasos, anulaciones y renegociaciones, que son los riesgos que han producido un valor NPR más elevado. Posteriormente, en el próximo apartado, se detallarán las medidas que contrarrestarán estos efectos.

## 5.4 Análisis de riesgos

Una vez señalados los posibles riesgos en el apartado anterior, se procederá a analizarlos para establecer un plan de contingencia, así, en caso de aparición de uno de ellos, tener la posibilidad de mitigar sus efectos en materia de calidad, coste, alcance y tiempo.

Para un correcto análisis de riesgos, la mejor forma de actuar es elaborando un *Risk Assesment- Measure List* (en español, Listado de Riesgo y Medidas adoptadas) (Centro Universitario de Defensa, 2021/22), puesto que identifica los posibles riesgos y detalla cómo reducir su aparición (Ver **Anexo E**). Del análisis se obtiene la matriz de impacto y probabilidad, esto es utilizado para detectar los riesgos que hay que priorizar según la gravedad de sus efectos y de la probabilidad que haya de que aparezca

### MATRIZ DE IMPACTO Y PROBABILIDAD

PROBABILIDAD	3	2	0	0
	2	0	1	2
	1	0	2	3
	Bajo	Medio	Alto	
IMPACTO				

### ESTADÍSTICAS

TIPO DE RIESGO	CANTIDAD DE RIESGOS
ALTO (rojo)	0
Medio-Alto (naranja)	2
Medio (amarillo)	8
Bajo (verde)	0
Total	10

Ilustración 10. Matriz de impacto y probabilidad. Fuente: elaboración propia.

<sup>8</sup> El NPR se obtiene de multiplicar los valores correspondientes de: "Gravedad de efecto" por "Probabilidad de Aparición" y por "Probabilidad de Detección"



En la **ilustración 10** se muestra la matriz de impacto y probabilidad en donde se detalla los riesgos calificados en función de su probabilidad de aparición y la gravedad de su impacto. En la tabla de la derecha “ESTADÍSTICAS” no existe ningún riesgo alto. No obstante, de los posibles 10 riesgos que se han contabilizado antes (Ver **ilustración 9**) se dividen en: Riesgo Medio-Alto (2) y en Riesgo Medio (8). Por otro lado, no se contabiliza ningún Riesgo Bajo.

Analizando los Riesgos Medio-Altos, se obtiene que las “Fugas de información” y “La falta de información del Sistema Anti-drones” son los de mayor gravedad. Por tanto, se ha decidido implementar unas medidas para tratar de mitigar sus posibles efectos. Por ello, el Centro Nacional de Inteligencia (CNI) se hará responsable de controlar y vigilar a la empresa distribuidora del sistema de protección como del proceso de adquisición para evitar que se produzcan fugas sensibles. Por otro lado, se impondrán sanciones a la empresa si llegase a la situación de sesgar la información del propio sistema anti-drones. Con la ayuda de estas medidas se logrará disminuir la gravedad de estos riesgos, pasando a ser dos de tipo medio.

Del mismo modo se han diseñado una serie de medidas para minorizar los efectos de los Riesgos Medios, los cuales son sobre aspectos técnicos, de gestión o de desarrollo. Las soluciones tomadas son:

- Fijar el contrato de adquisición para evitar sobrecostes.
- Mejorar la planificación de la impartición de los cursos para la utilización del sistema anti-drones
- Si la empresa se retrasa en el envío o no proporciona toda la información necesaria acerca de su sistema de protección, le ocasionará un paquete de sanciones.
- En el caso de las renegociaciones, se fijará un porcentaje máximo de incremento del precio tanto para el producto en si como en el mantenimiento. Siempre que sea por una causa justificada.
- Por último, para evitar que la compañía entre en quiebra y perder tanto tiempo como dinero, se poseerá un seguro para cubrir esa pérdida de dinero.

Con este paquete de medidas se consigue menguar esos Riesgos Medios (6) en unos de tipo bajo. En definitiva, tras las medidas de contingencia adoptadas, se tendrá seis Riesgos Bajos y cuatro Medios. Todo esto queda fielmente detallado en el **Anexo F**.



## 6. PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA ADQUISICIÓN: ELECCIÓN Y ANÁLISIS

En este capítulo se tratará el plan de gestión de la adquisición del sistema anti-drones, a través de un estudio de mercado y la elección del sistema para dotar al Leopardo 2E. A continuación, se realizará una estimación de costes y se tendrá en cuenta la correspondiente gestión del mantenimiento del producto.

### 6.1 Estudio de mercado

Existen numerosas empresas que fabriquen sistemas anti-drones. Este estudio se ha enfocado tanto en analizar al fabricante como a su producto. Debido a que muchos sistemas son similares, pues buscan cubrir y ofrecer las mismas prestaciones, se ha realizado una criba donde todos aquellos productos que sean originarios de un país no alineado o que no comparta los intereses del nuestro, sean descartados del estudio, para evitar así una fuga sensible de información. Se han identificado un total de 14 sistemas anti-drones, representados en el **Anexo F**. No obstante, se ha decidido realizar un estudio más exhaustivo de los 6 sistemas que más se ajustan a las necesidades requeridas para su adquisición, según lo visto en el apartado 4.3, donde uno será el elegido. En la **Tabla 2** se pueden apreciar los seleccionados para el análisis. Es por ello por lo que nos centraremos en 6 sistemas anti-drones candidatos para la selección. (Ver **Tabla 2**)

SISTEMA ANTI-DRONES	FABRICANTE	PAÍS ORIGEN	DESCRIPCIÓN
DRONEENTRY-X	DRONESHIELD	AUSTRALIA	Un inhibidor vehicular de multiples frecuencias, capaz de derribar un enjambre de drones
SKYWALL AUTO	OPENWORDS	REINO UNIDO	Un cañón automático con cámaras de seguimiento que captura al dron con una red
UAV-D04JAI JAMMER	HIKVISION	CHINA	Rifle que interfiere la señal RPA-control remoto, dejándolo inhabilitado
DRONEGUN MKIII	DRONESHIELD	AUSTRALIA	Pistola que intercepta la señal remota, trabaja con varias frecuencias, muy ligera y rápida de usar
DRONE JAMMER "ANTIDRON KVS-G-6"	KVERTUS TECHNOLOGY	UCRANIA	Tipo rifle, de uso manual, neutraliza al dron interceptando sus comunicaciones hasta hacerlo descender controladamente
ITHPP "DRONE SNIPER"	ITHPP ALCEN	FRANCIA	Dispositivo acoplado al fusil, interrumpe la señal de comunicación y lo hace descender

Tabla 2. Sistemas anti-drones seleccionados para el estudio. Fuente: elaboración propia.



Los productos seleccionados proceden de fabricantes de países miembros de la OTAN o aliados, salvo el sistema fabricado por la empresa HIKVISION, que procede de China, pero teniendo en cuenta que ese producto está en dotación tanto en el Cuerpo Nacional de Policía como en la Guardia Civil (José garcía, 2019) (para combatir las amenazas que pueden producir los drones durante visitas gubernamentales o en situaciones donde se produzcan aglomeraciones enormes de gente) se ha decidido incluirlo en la lista de candidatos. Muchos de estos sistemas están probados en combate y han dado resultados bastantes positivos, cabe destacar la integración del sistema anti-drones ucraniano, el cual sirve de fiel referencia para observar su desempeño en los conflictos.

Para proceder con un estudio con mayor profundidad, se ha decidido analizar las empresas proveedoras del producto. Para el estudio se les ha otorgado una puntuación del 0 al 5 en distintas áreas, para mostrar una visión superficial del desempeño e implicación del fabricante en cada una de ellas (Ver **ilustración 11**). Se observará su papel en materia de: gestión de calidad, gestión de costes, organización, tecnología del producto, datos financieros, seguridad y medioambiente y responsabilidad social. Para puntuar cada área se ha extraído información propia de sus páginas webs oficiales y según sus datos. Con motivo de hacerlo de la manera más objetiva posible se ha elaborado una rúbrica, la cual se puede encontrar en el **Anexo G**, los valores proporcionados cuentan con el consenso de los oficiales de la 3ªCía del Batallón de Infantería Acorazada.

## Evaluación del Fabricante

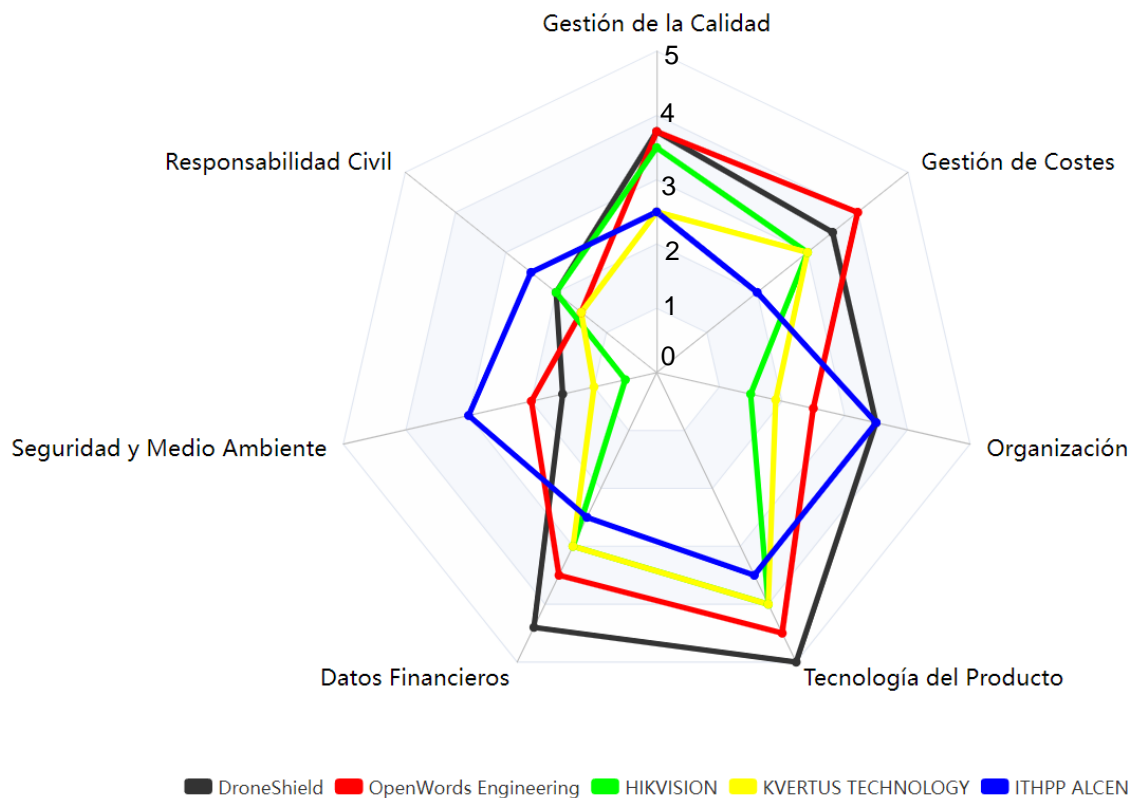


Ilustración 11. Radar Chart de evaluación del fabricante. Fuente: elaboración propia. Programa: Visual Paradigm.



Una vez recopilados los datos de cada empresa implicada en el estudio, se aprecia el alto nivel tecnológico de todas las empresas, así como su gestión de la calidad de sus productos como en la gestión de costes. No obstante, cabe mencionar su baja implicación con la responsabilidad civil, la seguridad y el medio ambiente, salvo la empresa francesa ITHPP ALCEN, la cual trabaja más por un entorno sostenible, limpio y seguro. Como resultado del análisis se extrae que la empresa de origen australiano DroneShield es la que más puntos ha conseguido obtener (23,7 pts.), según el Radar Chart de la **ilustración 11**, destacando por encima de sus competidores en las áreas de tecnología del producto (5 pts.) como en sus datos financieros (4,5 pts.) siendo una de las empresas líder del mercado de defensa contra drones. En las áreas de gestión de costes y organización consigue una puntuación de 3,5 pts y en la gestión de la calidad puntúa 3,7 pts. Sus estadísticas se ven perjudicadas con sus valoraciones en seguridad y medio ambiente y en la responsabilidad civil (1,5 y 2 pts, respectivamente). Todos estos valores se han conseguido al seguir la rúbrica de criterios del **Anexo G** a raíz de la información extraída de sus páginas webs<sup>9</sup>.

## 6.2 Estudio comparativo y decisión

Una vez analizado a las empresas fabricantes del sistema, se va a evaluar cada uno de los sistemas anti-drones seleccionados. Se ha optado por usar una matriz pondera de decisión para obtener el sistema mejor valorado, ver **Tabla 3**. En dicha tabla, figuran los 6 sistemas de protección seleccionados en la **Tabla 2**. Para valorar cada sistema se ha tenido en cuenta el análisis realizado en el **Capítulo 4**, siendo puntuados desde el valor 1 al 6 unos determinados criterios fijados por el buen juicio de los expertos del Regimiento Acorazado “Castilla” nº16 a través de unas encuestas (Ver **Anexo B** – Encuesta 4), basándose también en las características técnicas de los productos recogidas desde sus webs oficiales. El resultado final de la valoración procede de la suma de todos los criterios multiplicados por su correspondiente ponderación.

	CRITERIO	PESO	PROTECCIÓN	ALCANCE	ABATIR AMENAZAS MÚLTIPLES	FACILIDAD DE EMPLEO	VARIEDAD DE FRECUENCIAS OPERADAS	AUTONOMÍA	
	Ponderación del criterio (1-6)	4	5	4	4	1	6	3	Valoración
SISTEMAS CANDIDATOS	DRONESENTRY-X	5	5	5	4	4	6	5	129
	SKYWALL AUTO	5	4	2	3	4	3	5	97
	UAV-D04JAI JAMMER	3	5	4	2	5	4	4	114
	DRONEGUN MKIII	6	3	4	2	5	6	4	116
	DRONE JAMMER "ANTIDRON KVS6-6"	3	4	5	3	5	5	2	105
	ITHPP "DRONE SNIPER"	6	3	3	2	5	4	4	100
VALORES DE CADA CRITERIO (1-5)									

Tabla 3. Matriz ponderada de evaluación para decidir el sistema anti-drones. Fuente: elaboración propia.

<sup>9</sup> Sitio web de DroneShield: <https://www.dronesshield.com/>

Sitio web de OpenWords Engineering: <https://openworksenengineering.com/>

Sitio web de HIKVISION: <https://www.hikvision.com/en/>

Sitio web de Kvertus Technology: <https://www.kvertus.com/>

Sitio Web de ITHPP ALCEN: <https://www.ithpp-alcen.com/>



Como se observa en la **Tabla 3**, el sistema anti-drones mejor valorado es el **DroneSentry-X** de fabricación australiana, país afín a los intereses de nuestro país. Es el sistema más polivalente del resto de candidatos, destaca la amplitud de bandas de frecuencia en donde opera, característica crucial para ser capaz de detectar a los RPAS hostiles, sino se detectan, no se pueden neutralizar. Al ser un elemento que iría incorporado al Leopard 2E, su peso de 26kg es totalmente despreciable, en la tabla hay sistemas que son de tipo pistola, en donde un peso de 7kg es bastante notorio para que el operador lo porte durante el tiempo que dure la neutralización del UAV. El producto de DroneShield al poseer una vigilancia 360° y una capacidad de incapacitación automática, permite incapacitar múltiples drones a la vez, mientras tanto la tripulación puede estar realizando otras tareas. Es importante comentar que la empresa proveedora del sistema es la mejor valorada en términos económicos, cualitativos y financieros siendo la adquisición de su producto como la mejor opción de todas las posibles.

### 6.3 Sistema anti-drones “DroneSentry-X”

El sistema DroneSentry-X es un dispositivo automático de detección y desactivación que cubre los 360° y es compatible con todo tipo de vehículos. Para otorgar dicho rango de protección, utiliza unos sensores integrados que sirven para detectar e incapacitar el movimiento del RPAS indistintamente del peso o velocidad de este, es tan versátil que es indiferente que el vehículo este detenido o en desplazamiento.

Por otro lado, el sistema ofrece a los operadores un extraordinario conocimiento de la situación a tiempo real y una vez detectada la amenaza es capaz de interrumpir sus comunicaciones remotas al instante. El operador, que en nuestro caso en particular es el cargador de la tripulación, tiene acceso a estas herramientas desde un panel de control digital, donde se cuenta con un mapa en vivo de la actividad local del dron. Cuenta con la posibilidad de configurar sus capacidades de desactivación, para que neutralice de forma automática o bajo previa verificación del operador (manual). El DroneSentry-X (ver **Ilustración 12**) no necesita una adquisición de conocimientos elevados, en cuanto a protocolos o tácticas se refiere, para su utilización. El software es bastante intuitivo, facilitando así su empleo.



Ilustración 12.  
Sistema  
DroneSentry-X  
sobre vehículo  
militar. Fuente:  
DroneShield.com



En cuanto a sus ventajas, el sistema ofrece una protección en todo el perímetro del vehículo que proporciona la defensa de múltiples amenazas de drones (enjambres). Su rango de frecuencia es muy amplio, trabaja en una amplia gama de bandas Industriales, Científicas y Médicas (ISM<sup>10</sup>, de su acrónimo en inglés), así como las del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS<sup>11</sup>, del inglés). Cuenta con un sistema sencillo de instalación y con un diseño robusto para satisfacer los estándares militares de durabilidad, resistente a los golpes, la intemperie y la exposición a los rayos UV. Se puede encontrar la ficha técnica oficial del producto en el **Anexo H**.

## 6.4 Estimación de costes

Es fundamental conocer los costes que supondrían la contratación de este dispositivo de defensa, para ello se ha establecido contacto con Red McClintock, el director de la compañía DroneShield, el cual mencionó que el producto solo estaba disponible para gobiernos y para las fuerzas armadas. No obstante, se consiguió llegar a un acuerdo por el cual cada sistema DroneSentry-x tiene un valor de 200.000\$, con gastos de envío incluidos.

La instalación no sería un gasto añadido pues de ello se encarga el personal del escalón<sup>12</sup> de las unidades, el sistema anti-drones goza de una fácil instalación no conllevando ninguna modificación al carro de combate Leopard 2E.

El alcance de este proyecto era dotar a todos los carros de combate Leopard 2E del Ejército Español (219 unidades) de este sistema anti-drones, realizando el cálculo del presupuesto, se obtiene:

- Precio unitario del sistema DroneSentry-x: 200.000\$
- Cantidad de Leopard 2E en el ET: 219 unidades

$$219 \times 200.000 = 43.800.000\$$$

Este sería el presupuesto necesario para recibir todos los sistemas en el Puerto de Algeciras, principal puerto logístico de España. A partir de ahí ya se haría cargo el propio sistema logístico del Ejército para su respectiva distribución a las unidades.

Por otro lado, cabe mencionar que la empresa australiana DroneShield cumple con los requerimientos fijados por la OTAN para ser proveedor de artículos militares a sus países

---

<sup>10</sup> Bandas ISM: son bandas de radio reservadas internacionalmente para el uso de energía de radiofrecuencia para fines industriales, científicos y médicos distintos de las telecomunicaciones.

<sup>11</sup> Bandas GNSS: navegación por satélite. Fueron diseñados para determinar las coordenadas geográficas de un objeto

<sup>12</sup> Escalón: es el taller de las unidades, donde se reparan e instalan nuevas piezas a los vehículos militares.





miembro, siendo su principal cliente Estados Unidos, quien ha adquirido numerosos sistemas anti-drones para sus vehículos y buques<sup>13</sup> (llevándose a cabo en su buque M80 Stiletto)

## 6.5 Gestión del mantenimiento

El mantenimiento del sistema anti-drones que estará incorporado a la torre del carro de combate Leopard 2E irá vinculado a la UTE (Unión Temporal de Empresas) compuesta por las empresas Flensburger Fahrzeugbau Gesellschaft (FFG) y por Comercial Hernando Moreno (Cohemo), las cuales tienen numerosos contratos<sup>14</sup> con el MINISDEF por el Leopard 2E, siendo estas compañías las responsables de la torre del vehículo (Jefatura de Asuntos Económicos del Mando de Apoyo Logístico, 2020). Será el personal de la tripulación del blindado (ver **ilustración 13**) quien se encargue de un mantenimiento rutinario, de limpieza y comprobación del sistema. Las pequeñas reparaciones que pudiera contraer el DroneSentry-X se realizarán en el escalón de la unidad. Cuando se produzcan daños severos del sistema, así como reformas del programa informático será derivado a la UTE para su posterior reparación.



*Ilustración 13. Personal de la tripulación realizando tareas simples de mantenimiento. Fuente: DroneShield.com*

---

<sup>13</sup> Se realizó un estudio de caso en el buque estadounidense M80 Stiletto. Fuente: <https://www.droneshield.com/us-navy-case-study>

<sup>14</sup> Noticia de renovación de contrato con Cohemo y FFG para el mantenimiento del Leopard 2E: <https://galaxiamilitar.es/el-ejercito-de-tierra-espanol-extiende-el-contrato-de-mantenimiento-con-la-ute-para-sus-leopard-2-mbt/>





## 7. CONCLUSIONES

Tras la elaboración del proyecto se extrae que la planificación de la adquisición del sistema de protección anti-drones conllevaría una cantidad de tiempo considerable, aparte de la cantidad de capital a desembolsar. No obstante, observando las oportunidades que proporcionará este sistema, junto con una mayor participación del Ejército de Tierra en los conflictos venideros, la adquisición de esta mejora está más que justificada, siendo el personal de la tripulación y los vehículos en sí, los máximos beneficiados al poseer un nivel de protección muy alejado del actual. Por lo que también afectaría gratamente en su moral y en su participación en las futuras misiones internacionales.

El sistema anti-drones que se ha decidido integrar es el DroneSentry-X, de manos de la empresa australiana DroneShield. El cual hará que el carro de combate Leopard 2E sea considerado uno de los blindados más modernos gracias a su amplio desarrollo tecnológico que ha conseguido incrementar su protección al conseguir suplir una de las mayores amenazas a las que se disponen este tipo de vehículos: los drones.

Dentro del marco del conflicto híbrido, este sistema de protección anti-drones le brindará las defensas oportunas para poder ser desplegado con gran virtud en las zonas de combate actual, incrementándose de este modo la participación de los carros de combate en los teatros de operaciones en los que nuestras FFAA están sumergidas.

Esta memoria ha conseguido el objetivo principal de estudiar, analizar y contribuir al desarrollo de un sistema de defensa anti-drones que cumple con las necesidades/requerimientos que han sido señaladas en el proceso de análisis, apostando así por la modernización del carro de combate y optando a una calidad de instrucción aun mayor que repercutirá positivamente en la satisfacción del personal al contar con un desarrollo tecnológico digno de la época en la que vivimos.

Para finalizar, en el momento en el que se realiza el presente trabajo, está teniendo lugar un conflicto armado que repercute a la UE, tanto a nivel poblacional como económico, el conflicto Ucrania-Rusia. Donde se ha apreciado que los carros de combate que no poseían un sistema anti-drones han sido destruidos fácilmente. Nunca se sabe con precisión ni cuándo ni dónde se llevará a cabo el siguiente conflicto armado, pero lo que sí se sabe con exactitud es que la misión de las Fuerzas Armadas es la de proteger la nación y de estar en total disposición de defender sus intereses, por ello, mejorar nuestro principal sistema de armas, el Leopard 2E, es de vital importancia.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2008. *Diva-iv-045. Seguimiento*, s.l.: s.n.

A. S. Cuevas, 2019. *La amenaza híbrida: la guerra imprevisible*, s.l.: Glob. Aff. Strateg. Stud. Univ. Navarra.

Anon., 2011. *WikiDat*. [En línea] Available at: <https://es.wikidat.com/info/mq-1-predator>

Beatriz Calvo, 2022. Los drones, pieza clave en la guerra: el poder de estas aeronaves en el conflicto entre Ucrania y Rusia. *Cope*, 16 Marzo.

Bernie Carlson, 2018. *Nikola Tesla's Third Greatest Invention: The First Drone*, s.l.: Forbes.

Birch, G.C., Griffin, J.C. and Erdman, 2015. *UAS Detection, Classification and Neutralization*, s.l.: Sandia Report.

C. Galán, 2018. "Amenazas híbridas: nuevas herramientas para viejas aspiraciones. p. 23.

Centro Universitario de Defensa: Oficina de Proyectos, 2021. *Tema 4 Gestión del tiempo*. s.l.:s.n.

Centro Universitario de Defensa, 2021/22. *Tema 5: Gestión de Riesgos*. s.l.:Oficina de Proyectos.

Efe, 2020. *El Periodico*. [En línea] Available at: <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20200407/los-incidentes-con-drones-en-aeropuertos-se-multiplican-por-cuatro-en-cinco-anos-7920503> [Último acceso: 7 Abril 2020].

Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2018. *Didom IV-22. Entorno Operativo Terrestre Futuro 2035*, s.l.: s.n.

Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2020. *Recopilatorio Estudios Temáticos de Tecnología de Materiales ETTM 2019*, s.l.: s.n.

González, M. García Guindo and G. Martínez-Valera, 2015. La guerra híbrida: nociones preliminares y su repercusión en el planeamiento de los países y organizaciones occidentales. *IEEE.es*, p. 36.

Horizon 2020, Work Programme 2016-2017. *Secure societies - Protecting freedom and security of Europe and its citizens*, s.l.: s.n.

Jefatura de Asuntos Económicos del Mando de Apoyo Logístico, 2020. *Anuncio de formalización de contrato Proceso de Licitación Apertura de Ofertas Económicas*, s.l.: s.n.

José garcía, 2019. *Xataka*. [En línea] Available at: <https://www.xataka.com/seguridad/arma-antidrones-que-policia-usa-partidos-futbol-1-200-metros-alcance-capaz-cortar-transmision-video> [Último acceso: 26 Octubre 2022].

Mateos, F. F., 2010. Presente y futuro de los medios acorazados españoles. *InfoDefensa*.



McCuen, C., 2008. *Military Review*, s.l.: s.n.

Mitre, 2015. *Mitre*. [En línea] Available at: <https://www.mitre.org/news/press-releases/mitre-names-c-uas-challenge-winners> [Último acceso: 26 10 2022].

PMI, 2017. *Guía PMBOK*. Sexta ed. s.l.:s.n.

Richard Whittle, 2013. *The Man Who Invented the Predator*, s.l.: Smithsonian Magazine.

VÁZQUEZ, R. A., 2019. El mexicano que puso los drones al alcance de todos. *El País*, 16 Septiembre.



## 9. ANEXOS

### 9.1 Anexo A. Ficha Técnica del Carro de Combate Leopard 2E

Carro de Combate Leopard 2E / Leopard 2A4	
■ TRIPULACIÓN:	4
■ PESO (ton):	62,5 / 55,2
■ LONGITUD (m):	10,97 / 9,67
■ ANCHURA (m):	3,75
■ ALTURA (m):	3
■ ARMAMENTO PRINCIPAL:	Cañón Rheinmetall de 120 (44 / 55) mm y ánima lisa
■ ARMAMENTO SECUNDARIO:	Dos ametralladoras MG 3 de 7,62 mm, una coaxial y otra en el techo de la torre, manejada por el cargador
■ LANZA-ARTIFICIOS:	2x8 Wegmann de 76 mm
■ MUNICIÓN TRANSPORTADA:	42 disparos de cañón y 4750 de ametralladora
■ ANGULO DE TIRO DEL CAÑÓN:	De -9° a +20°
■ DIRECCIÓN DE TIRO:	Automática con calculadora, telémetro láser, sistema de estabilización y diversos sensores (inclinación del eje de muñones, dirección y velocidad del blanco, meteorológico...)
■ SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE LA TORRE:	Eléctrico / Electro-hidráulico y manual de emergencia
■ EQUIPOS DE VISIÓN:	Visores independientes y estabilizados en los dos ejes para el tirador y el jefe de carro, con sendas cámaras térmicas de segunda generación El del jefe con capacidad "hunter killer"
■ EQUIPOS DE VISIÓN (CONDUCTOR):	Tres periscopios diurnos y un IL PCN-160 En proceso de adquisición una cámara térmica de la firma Indra para conducción nocturna y todo-tiempo
■ MOTOR:	MTU 12V 873 Ka 501, diesel de 12 cilindros y 1500 cv
■ TRANSMISIÓN:	Automática Renk HSWL 354, hidromecánica con 4/V y 2/R
■ POTENCIA ESPECÍFICA (cv/ton):	24
■ TREN DE RODAJE:	7 ruedas de rodaje, 4 rodillos de apoyo, rueda motriz posterior y tensora delantera, en cada lateral
■ SUSPENSIÓN:	Barras de torsión, amortiguadores rotatorios y muelles tope hidráulicos
■ PRESIÓN ESPECÍFICA (kg/cm2):	0,96 / 0,83
■ SISTEMA ELÉCTRICO (v):	24
■ BATERÍA:	6 x 12 v
■ VELOCIDAD MÁXIMA (km/h):	70 / 72
■ AUTONOMÍA (km):	340 / 550 (todo terreno / carretera)
■ PENDIENTE (%):	60
■ PERALTE (%):	30
■ OBSTÁCULO VERTICAL (m):	1,1
■ CRUCE DE ZANJAS (m):	3
■ VADEO (m):	1,20 / 2,35 / 4 (sin preparación / con preparación / con snorkel)
■ DESARROLLO:	En sus diferentes versiones, el Leopard 2 presta servicios en Alemania, Austria, Brasil, Chile, Dinamarca, España, Finlandia, Grecia, Holanda, Noruega, Polonia, Singapur, Suecia, Suiza y Turquía.
■ VERSIONES:	Carro de zapadores Kodiak, Vehículo Lanzapuentes Leguan, carro escuela y vehículo de recuperación Büffel.
■ OBSERVACIONES:	Se han estudiado modelos dotados con cañón de 140 mm, capacidad para lanzar misiles LAHAT, con equipo de defensa activa MUSS, especial para operaciones de paz (PSO), etc El Leopard integra sistemas de defensa NBQR, anti-explusiones y contra-incendios, calefacción, navegador, gestión del campo de batalla Lince, unidad de potencia auxiliar (UPA), transmisiones de salto de frecuencia tipo PR4G, vadeo profundo, cámara de TV trasera para el conductor, etc.
■ PRINCIPALES EMPRESAS PARTICIPANTES	General Dynamics – Santa Bárbara Sistemas (contratista principal), Krauss Maffei Wegmann, Rheinmetall Defence, Indra, SAPA, Electroop SA, Navantia, Renk, Amper, y Tecnobit.

Ilustración 14. Ficha técnica del carro de combate Leopard 2E. Fuente: Perfiles IDS: Presente y futuro de los medios acorazados españoles. Pág. 25.



## 9.2 Anexo B. Modelo de Encuestas y Entrevistas Realizado al personal del RAC 16

### ENCUESTA 1:

- **Posibles causas por las que el carro de combate presenta una serie de vulnerabilidades en cualquier ámbito.**
- Indique con un valor del 1 al 5, siendo 1 muy poco y 5 mucho, las siguientes posibles causas:
  - 1) Movilidad del Leopard 2E:
  - 2) Velocidad adecuada:
  - 3) Inconveniente con el tamaño y peso:
  - 4) Se adapta bien a los escenarios urbanos:
  - 5) Se adapta bien a los escenarios abiertos:
  - 6) Autonomía del vehículo, comparándolo con sus homólogos:
- Bajo qué tipo de sistema de armas, presenta el carro una amenaza.
  - 7) Amenaza de Drones:
  - 8) Amenaza de vehículos de alta movilidad:
  - 9) Amenaza de la artillería enemiga:
  - 10) Amenaza de minas anti-carros:
  - 11) Amenaza de otro carro:
  - 12) Amenaza de helicópteros y aviación:
  - 13) Amenaza de misiles con capacidad de seguimiento:
  - 14) Amenaza de unidades ligeras:
  - 15) Amenaza de proyectiles de gran calibre:
  - 16) Amenaza por morteros:
  - 17) Amenaza por lanzagranadas:

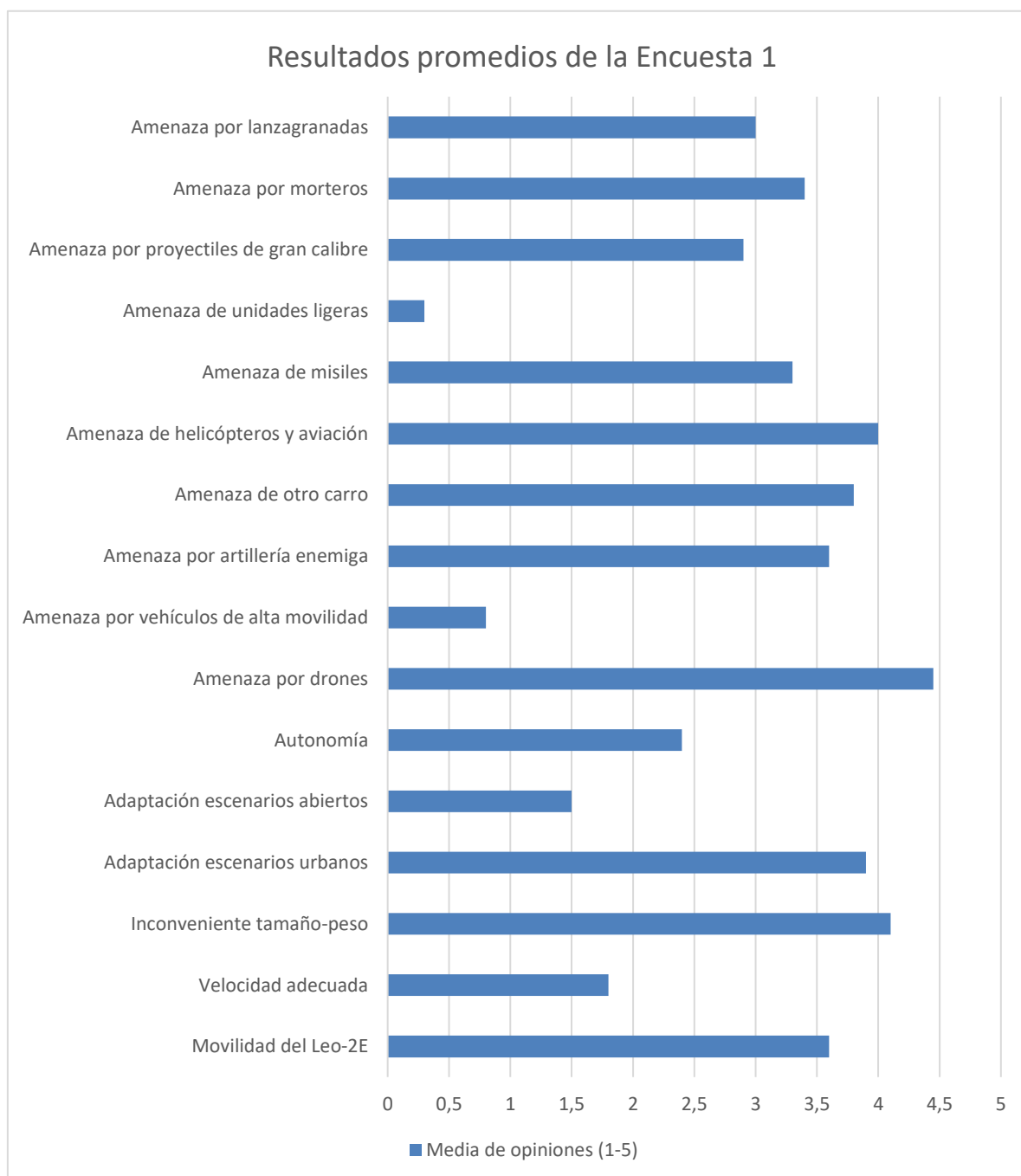


Ilustración 15. Resultados de la Encuesta 1. Fuente: Elaboración propia



## ENCUESTA 2:

- A continuación, se llevará a cabo una encuesta para estudiar el nivel de satisfacción con distintas características que puede presentar un sistema anti-drones.

Evalúe del 1 al 5, siendo 1 poca satisfacción y 5 mucha. Además, si es un *requerimiento emocionante*, es decir, representa solo una satisfacción personal pero no afecta a su implantación, ponga una **EM** en la respuesta. Si es un *requerimiento expresado*, es decir, el sistema ha de tener esas características para decantarse por ese sistema de protección, ponga **EX**. Por último, si es un *requerimiento básico*, es decir, o cumple con esa característica o se descarta automáticamente, ponga **BA**.

Ejemplo de respuesta: *Empleo en zonas urbanas: 5 EM.*

- 1) Fácil mantenimiento del sistema:
- 2) Empleo en zonas urbanas:
- 3) Uso cómodo y fácil del sistema:
- 4) Que sea preciso:
- 5) Que ofrezca una protección eficiente:
- 6) Que sea capaz de abatir tanto amenazas múltiples como simultáneas:
- 7) Que posea un gran alcance de actuación:
- 8) Que sea ligero:
- 9) Que no incremente el tamaño del carro:
- 10) Precio competente:

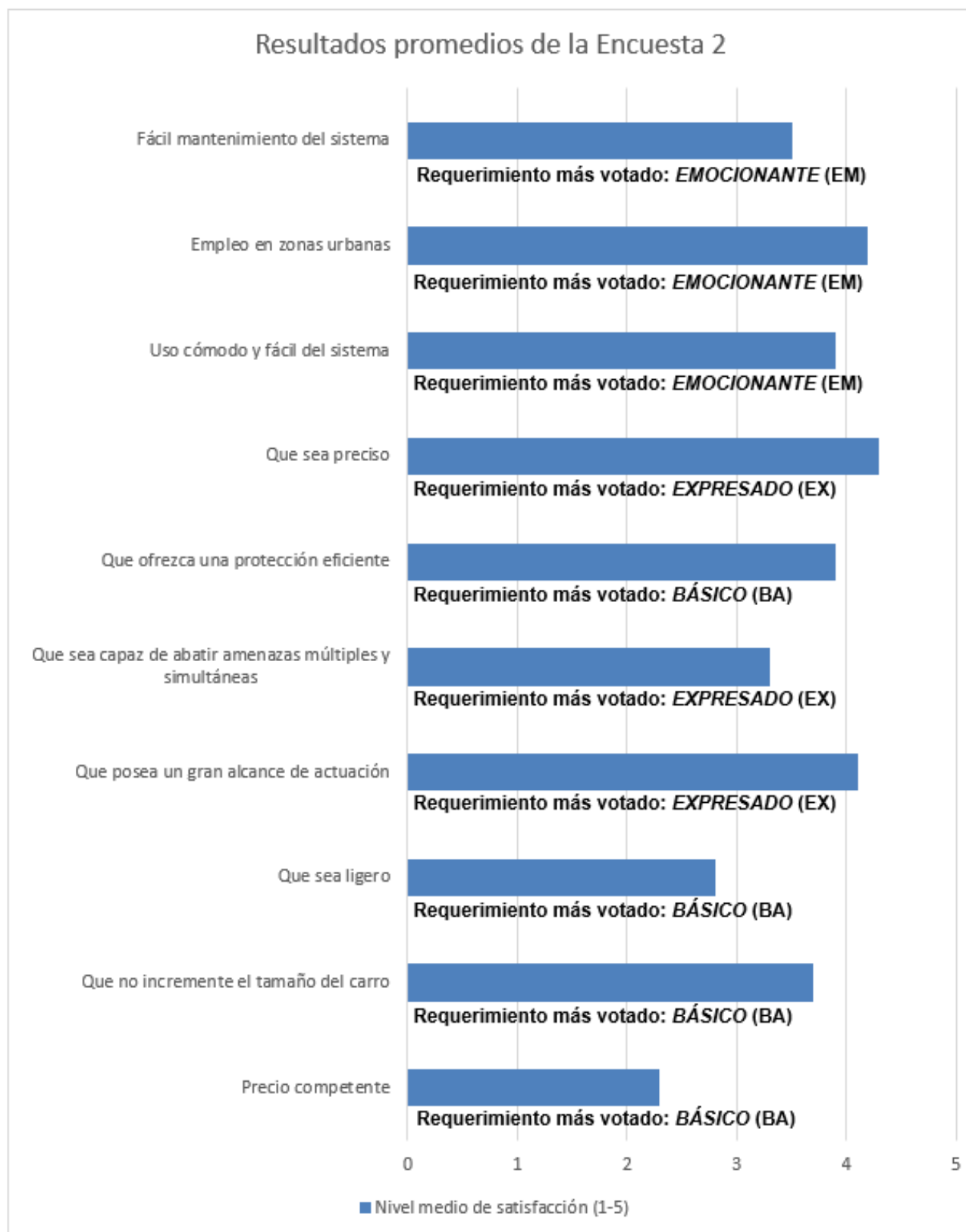


Ilustración 16. Resultados de la Encuesta 2. Fuente: Elaboración propia



**ENCUESTA 3:**

- Enumere cuatro debilidades, cuatro amenazas, cuatro fortalezas y cuatro oportunidades que ofrezca el carro de combate Leopard 2E
- Debilidades:
- Amenazas:
- Fortalezas:
- Oportunidades:

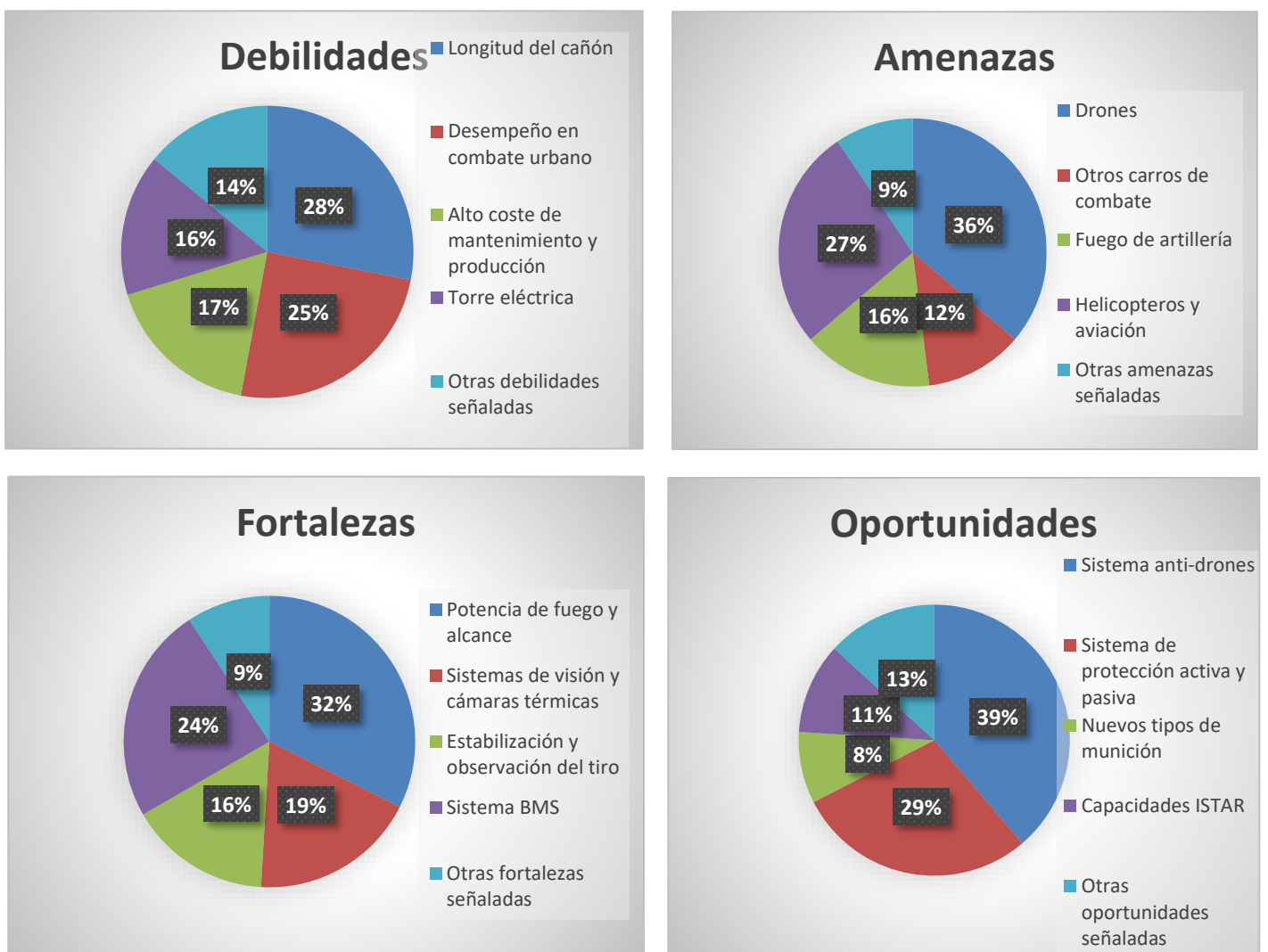
**Resultados de la Encuesta 3:**

Ilustración 17. Resultados de la Encuesta 3. Fuente: Elaboración propia



#### ENCUESTA 4:

- Para comparar distintos sistemas anti-drones entre ellos, se han escogido los criterios más relevantes por los fabricantes. De lo siguientes criterios, se pide que evalúe de manera rigurosa su relevancia, con valores del 1 al 6, siendo 1 poco importante y siendo 6 un criterio fundamental para su decisión.

-Peso:

- Protección

- Alcance:

- Abatir amenazas múltiples:

- Facilidad de empleo:

- Variedad de frecuencias en las que opera:

- Autonomía:

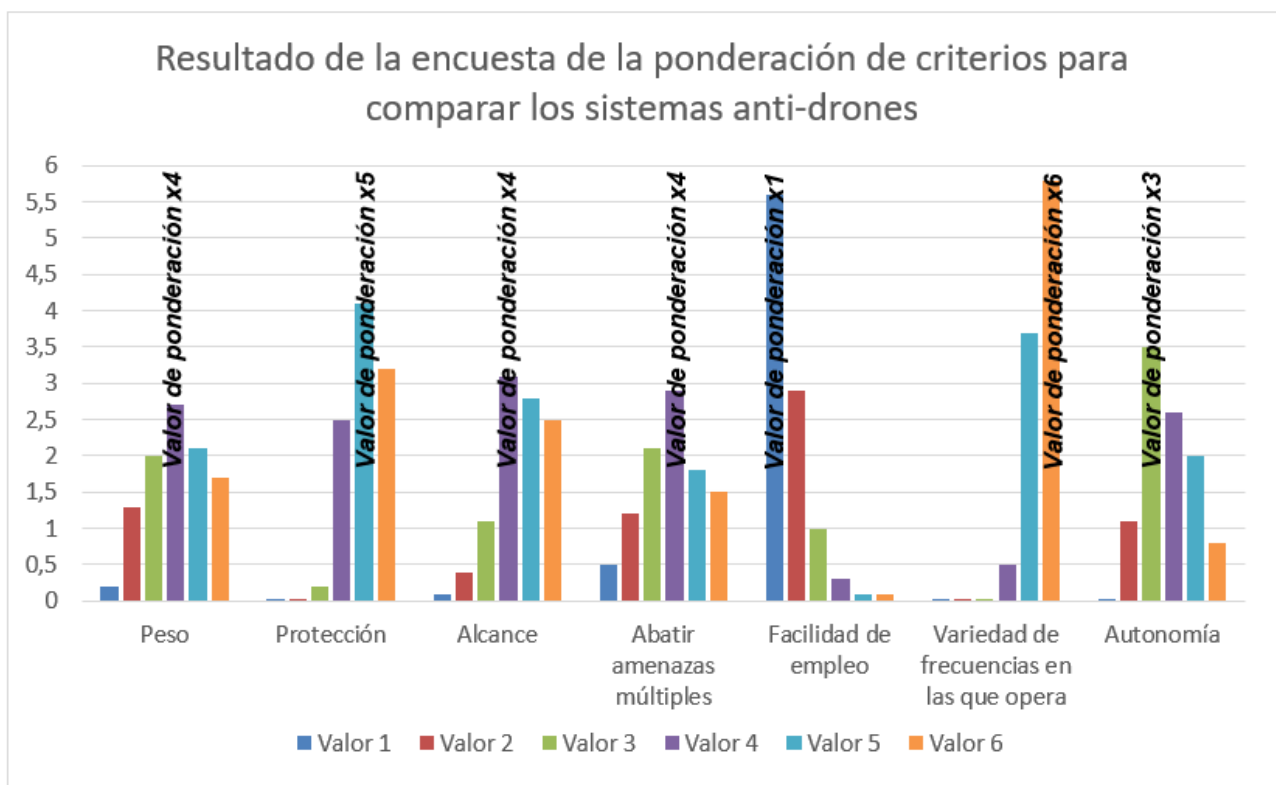


Ilustración 18. Resultados de la Encuesta 4. Fuente: Elaboración propia



### 9.3 Anexo C. Estructura de Desglose del Trabajo

Proyecto: Adquisición de un Sistema Anti-drones para dotar al Leopardo 2E			Responsable: Alberto López Sagarra			Fecha: 5/09/22 08:00		
Project Manager: Alberto López Sagarra			Responsable: Alberto López Sagarra					
ID	Nombre tarea	Descripción	Fecha de inicio	Fecha fin	Status	Documentos	Fecha de reunión	
1	Lanzamiento del proyecto		05/09/2022	05/09/2022	Cerrada			
1.1	Project Kick-off Meeting	Reunión de definición y autorización del proyecto	05/09/2022	05/09/2022	Cerrada		05/09/2022	
1.2	Generación de la agenda	Definición de hitos y fechas de relevancia	05/09/2022	05/09/2022	Cerrada	Acta de lanzamiento		
2	Estudio del Leopardo 2E y los Sistemas Anti-drones		06/09/2022	30/12/2022	En progreso			
2.1	Análisis del Leopardo 2E	Identificación de las necesidades en protección del Leopardo 2E	06/09/2022	15/12/2022	En progreso		30/12/2022	
2.2	Análisis de los Sistemas Anti-drones	Estudio de los diferentes Sistemas Anti-drones del mercado y sus características	06/09/2022	30/12/2022	En progreso			
2.3	Definición de las necesidades	Requisitos que debe cumplir el Sistema Anti-drones a adquirir	02/01/2023	06/01/2023	Abierta			
3	Planificación inicial del proceso de adquisición		02/01/2023	24/02/2023	Abierta			
3.1	Planificación temporal	Planificación de las fases en las que se ejecutará la adquisición	09/01/2023	13/02/2023	Abierta	Cronograma		
3.2	Planificación de los RRHH	Planificación de la instrucción de las tripulaciones para la integración del sistema	02/01/2023	24/02/2023	Abierta		24/02/2023	
3.3	Planificación de la calidad	Análisis de riesgos y requisitos	02/01/2023	24/02/2023	Abierta	AMFE		
3.4	Análisis de riesgos	Identificación de los riesgos del proyecto y plan de contingencia	02/01/2023	23/01/2023	Abierta	Risk Assessment-Measure List		
4	Plan de gestión de la adquisición		27/02/2023	05/06/2023	Abierta			
4.1	Estudio de mercado	Identificación de los Sistema Anti-drones del mercado y evaluación de proveedores	27/02/2023	29/03/2023	Abierta	Listado de proveedores	10/04/2023	
4.2	Elección del Sistema Anti-drones	Estudio de los Sistemas y toma de decisión	30/03/2023	10/04/2023	Abierta			
4.3	Proceso de obtención del MINISDEF	Establecer el proceso de adquisición según la legislación vigente	11/04/2023	24/04/2023	Abierta	Instrucción 67/2011- Instrucción 72/2012		
4.4	Gestión de costes	Estimación de costes de la adquisición del Sistema Anti-drones	25/04/2023	15/05/2023	Abierta	Partida presupuestaria destinada al Sistema	05/06/2023	
4.5	Gestión del mantenimiento	Establecer el tipo de mantenimiento que se le debe realizar al Sistema y quién lo hará	16/05/2023	05/06/2023	Abierta	Contrato de mantenimiento del Sistema		
5	Ejecución de la Adquisición		06/06/2023	15/04/2024	Abierta			
5.1	Instalación del Sistema Anti-drones	Instalación del Sistema Anti-drones en el vehículo de prueba	06/06/2023	28/08/2023	Abierta			
5.2	Fase de prueba del Sistema Anti-drones	Prueba técnica del Sistema realizada sobre un Único vehículo	29/08/2023	31/10/2023	Abierta	Encuesta	15/04/2024	
5.3	Fase de prueba del rendimiento	Prueba de rendimiento del Sistema sobre un Único vehículo	01/11/2023	29/12/2023	Abierta			
5.4	Fase de Integración	Instalación en el resto de vehículos de plantilla y empleo doctrinal del Sistema	01/01/2024	15/04/2024	Abierta			
Control de la Adquisición y Cierre del proyecto		Revisar la integración de los Sistemas y aplicar penalizaciones si procede	16/04/2024	30/05/2024	Abierta	Acta de cierre del proyecto	30/05/2024	

Ilustración 19. EDT del proceso de adquisición del Sistema Anti-drones para dotar al Leopardo 2E  
Fuente: elaboración propia.



## 9.4 Anexo D. Diagrama de Gantt

	1	Nombre	Duración	Inicio	Terminado
	1	Project Kick-off meeting	1 day	5/09/22 8:00	5/09/22 17:00
	2	Generación de la Agenda	1 day	5/09/22 8:00	5/09/22 17:00
	3	Análisis del Leopard 2E	73 days	6/09/22 8:00	15/12/22 17:00
	4	Análisis de los sistema anti-drones	84 days	6/09/22 8:00	30/12/22 17:00
	5	Definición de necesidades	5 days	2/01/23 8:00	6/01/23 17:00
	6	Planificación temporal	26 days	9/01/23 8:00	13/02/23 17:00
	7	Planificación de los RRHH	40 days	2/01/23 8:00	24/02/23 17:00
	8	Planificación de la Calidad	40 days	2/01/23 8:00	24/02/23 17:00
	9	Análisis de Riesgos	16 days	2/01/23 8:00	23/01/23 17:00
	10	Estudio de Mercado	23 days	27/02/23 8:00	29/03/23 17:00
	11	Elección del Sistema Anti-drones	8 days	30/03/23 8:00	10/04/23 17:00
	12	Proceso de Obtención MINISDEF	10 days	11/04/23 8:00	24/04/23 17:00
	13	Gestión de Costes	15 days	25/04/23 8:00	15/05/23 17:00
	14	Gestión del Mantenimiento	15 days	16/05/23 8:00	5/06/23 17:00
	15	Instalación del Sistema Anti-drones	60 days	6/06/23 8:00	28/08/23 17:00
	16	Fase de Prueba del Sistema	46 days	29/08/23 8:00	31/10/23 17:00
	17	Fase de Prueba de Rendimiento	43 days	1/11/23 8:00	29/12/23 17:00
	18	Fase de Integración	76 days	1/01/24 8:00	15/04/24 17:00
	19	Control y Cierre	33 days	16/04/24 8:00	30/05/24 17:00

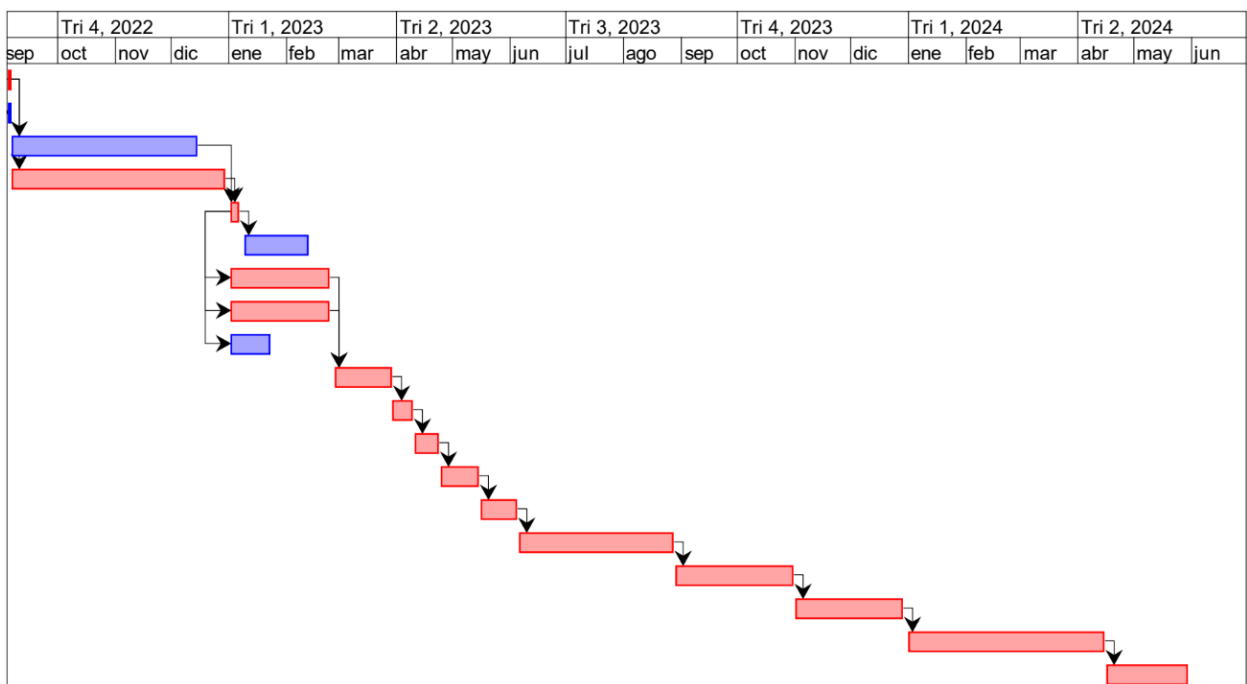


Ilustración 20. Diagrama de Gantt. Fuente: elaboración propia. Programa: ProjectLibre



## 9.5 Anexo E. Risk Assement- Measure List

Project Name:		Estudio comparativo de un Sistema Anti-drones para dotar al Leopardo 2E					Fecha de inicio:		01/10/2022				
Project Leader:		Alberto López Sagarra											
Evaluación de Riesgos													
ID	Descripción del riesgo	Categoría del riesgo	Razón del riesgo	Impacto (Bajo, Medio, Alto)	Probabilidad (1, 2, 3)	Tipo de riesgo	Efecto del Riesgo	Medidas	Tipo de riesgo después de las medidas adoptadas	Responsabilidad	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Status
1	Anulación de la adquisición	Desarrollo	Toma de decisión de anular la adquisición por falta de presupuesto	A	1	1A	Proyecto: pérdida del Sistema Anti-drones	Retirada de la partida presupuestaria destinada a la adquisición del Sistema	1M	DGAM	02/01/2023	19/01/2023	Abierto
2	Retraso en la instalación del sistema	Desarrollo	Retraso en la llegada del Sistema a las unidades y/o en su instalación	M	2	2M	Proyecto y coste: Aumento del coste de instalación y falta de actividad de las tripulaciones	Sanciones a la empresa por retraso de la instalación del Sistema	2B	DGAM	05/01/2023	19/01/2023	Abierto
3	Quebra de la empresa	Mercado	La empresa deja de prestar sus servicios por la quebra de su empresa	A	1	1A	Tiempo y coste: Pérdida de dinero y tiempo en adquirir el Sistema a otra empresa	Contratación de seguro de quiebra de la empresa	1B	DGAM	05/01/2023	14/01/2023	Abierto
4	Problemas técnicos en la integración del sistema	Técnico	Problemas que pueden presentar la plataforma a la hora de instalar e integrar el Sistema	M	1	1M	Proyecto y coste: Problemas técnicos en la integración del Sistema y los sobrecostes que ocasionan	Realizar un estudio previo de la plataforma para comprobar su compatibilidad con el Sistema Anti-drones	1B	DGAM	02/01/2023	14/01/2023	Abierto
5	Fugas de información	Desarrollo	Filtración de información confidencial y sensible sobre el Sistema y su funcionamiento	A	2	2A	Proyecto: Filtración de información confidencial y sensible sobre el Sistema y su funcionamiento	Vigilancia y control de la empresa vendedora y clasificación de la información del Sistema Anti-drones	1A	CNI	05/01/2023	19/01/2023	Abierto
6	Renegociación de los costes de mantenimiento	Mercado	La empresa decide renegociar los costes que supone el mantenimiento del Sistema	A	1	1A	Tiempo y coste: Pérdida de tiempo y posible sobrecoste	Limitación de renegociados, fijando un incremento del 15% sobre su precio fijado	1B	DGAM	07/01/2023	19/01/2023	Abierto
7	Renegociación del precio del Sistema	Mercado	La empresa intenta subir el precio del Sistema o introducir sobrecostes	M	1	1M	Tiempo y coste: Retraso temporal por la renegociación del precio del Sistema y el sobrecoste que pudiera ocasionar	Limitación de renegociados, fijando un incremento del 10% sobre su precio fijado	1B	DGAM	07/01/2023	13/01/2023	Abierto
8	Retraso en los cursos de instrucción	Gestión	Demora en el conocimiento impartido y sesiones no adaptadas al horario	B	3	3B	Proyecto y tiempo: Retraso en tiempo surgida de la falta de planificación de los cursos de instrucción	Realizar una planificación de los cursos de instrucción adaptada al nº de sesiones y duración de las mismas	1B	DGAM	07/01/2023	13/01/2023	Abierto
9	Falta de información del Sistema	Gestión	No tener conocimientos específicos sobre el Sistema para realizar los cursos de instrucción	A	2	2A	Proyecto: Carencias en la instrucción de las tripulaciones	Sanciones a la empresa por falta de información del Sistema Anti-drones	1M	DGAM	03/01/2023	19/01/2023	Abierto
10	Limitación del horario de trabajo	Gestión	Necesidad de adaptar los cursos a los horarios laborales y los planes de instrucción anuales	B	3	3B	Tiempo: Demora en tiempo por no poder disponer de todas las horas de trabajo previstas para la instrucción de las tripulaciones	Realizar una programación anual de instrucción que incluya los cursos del Sistema Anti-drones	1B	DGAM	02/01/2023	07/01/2023	Abierto

Ilustración 21.  
Listado de Riesgos y  
Medidas Adoptadas.  
Fuente: elaboración  
propia.



## 9.6 Anexo F. Resto de Sistemas Anti-drones estudiados

SISTEMA ANTI-DRONES	FABRICANTE	PAÍS ORIGEN	DESCRIPCIÓN
DRONEENTRY-X	DRONESHIELD	AUSTRALIA	Un inhibidor vehicular de multiples frecuencias, capaz de derribar un enjambre de drones
SKYWALL AUTO	OPENWORDS	REINO UNIDO	Un cañón automático con cámaras de seguimiento que captura al dron con una red
UAV-D04JAI JAMMER	HIKVISION	CHINA	Rifle que interfiere la señal RPA-control remoto, dejándolo inhabilitado
DRONEGUN MKIII	DRONESHIELD	AUSTRALIA	Pistola que intercepta la señal remota, trabaja con varias frecuencias, muy ligera y rápida de usar
DRONE JAMMER "ANTIDRON KMSG-6"	KVERTUS TECHNOLOGY	UCRANIA	Tipo rifle, de uso manual, neutraliza al dron interceptando sus comunicaciones hasta hacerlo descender controladamente
ITHPP "DRONE SNIPER"	ITHPP ALCEN	FRANCIA	Dispositivo acoplado al fusil, interrumpe la señal de comunicación y lo hace descender
SISTEMA AUDS	BLIGHTER SURVEILLANCE SYSTEMS	REINO UNIDO	Radar micro-doppler de escaneo electrónico que interpone una barrera impenetrable e invisible para el dron
A400 SERIES AIR SECURITY RADARS	BLIGHTER SURVEILLANCE SYSTEMS	REINO UNIDO	De tipo radar, interrumpe las comunicaciones entre el dron y su operador, ofrece una gran cobertura y es de gran tamaño
HANDLED UAV JAMMER	AARTOS AARONIA	ALEMANIA	Tipo rifle, de uso manual, neutraliza al dron interceptando sus comunicaciones hasta hacerlo descender controladamente
SECTOR UAV JAMMER	AARTOS AARONIA	ALEMANIA	Tipo jammer automático, de gran volumen, elimina la amenaza interceptando su control remoto
R&S ARDRONIS	ROHDE & SCHWARZ	ALEMANIA	Instalación radar, que detecta, identifica y neutraliza al dron cortando el control remoto de este
DEDRONE DEFENDER	DEDRONE	ESTADOS UNIDOS	De tipo rifle, rompen los enlaces de comunicación entre los pilotos y los drones no autorizados, lo que los hace efectivos contra enjambres de drones y drones singulares.
SENDES HD03	ASDT	ESPAÑA	Tipo rifle, ligero, fácil de usar, portátil que interrumpe las conexiones radio control del dron
DRONE HUNTER	IPB SYSTEMS SL	ESPAÑA	Tipo radar, de tamaño considerable, detecta, identifica y neutraliza al dron que trabaje en la misma frecuencia que el sistema

Ilustración 22. Tabla donde se recoge el resto de los sistemas anti-drones estudiados. Fuente: elaboración propia.



## 9.7 Anexo G. Rúbrica de Evaluación de empresas fabricantes

RÚBRICA DEL ESTUDIO DE PROVEEDORES DE SISTEMAS ANTI-DRONES							
	Gestión de la calidad	Gestión de costes	Organización	Tecnología del producto	Datos financieros	Seguridad y medio ambiente	Responsabilidad civil
0	Ofrece productos/servicios deficientes	Costes descontrolados	Alineamiento deficiente de estilo y técnicas	Productos obsoletos	Quiebra económica	Altos niveles de contaminación	No asume compromisos sociales
1	No asegura los estándares de calidad	Presenta desperdicios	Incumplimiento de lapsos de entrega	Productos de obsolescencia programada	Graves problemas financieros	Baja responsabilidad medioambiental	Ocasionalmente realiza obras sociales
2	Utiliza herramientas de control y monitorización de la calidad	No planifica los costes fijos	Se acumulan tareas pendientes	No puede competir tecnológicamente en el mercado	Leves problemas financieros	Medidas para disminuir la huella ecológica	Firme compromiso social
3	Gestiona procesos de calidad ágilmente	Controla costes	Misión, estilo, técnicas y hábitos integrados	Compite tecnológicamente en el mercado	Fondo de maniobra positivo	Implementa sistemas de gestión ambiental	Aportación económica a obras sociales
4	Empresa certificada según estándares de calidad	Gestiona los costes obteniendo un margen positivo	Compromiso con la misión y fuerte visión compartida	Destina fondos a I+D	Empresa solvente	Posee certificados de gestión ambiental	Crean conciencia social e impulsan valores éticos
5	Alta satisfacción en auditorías externas	Buena gestión con un amplio margen de beneficios	Organización controlada. Eficaz y eficiente	Alta inversión en I+D+i	Liderazgo económico	Realiza auditorías externas medioambientales	Gran compromiso económico y ético con las obras sociales

Ilustración 23. Rúbrica de evaluación de empresas para el Radar Chart. Fuente: elaboración propia.





## 9.8 Anexo H. Ficha Técnica del Sistema DroneSentry-X

### SPECIFICATIONS

Performance	
<b>Detection Range</b>	3km
<b>Disruption Range</b>	500m

Effective Frequencies	
<b>Bands</b>	2.4GHz ISM 5.8GHz ISM GNSS L1 & GNSS L2 (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, NAVIC, QZSS) (operator toggle)  Detects and disrupts UAS (e.g. drones) operating on consumer and commercial ISM frequencies

Alert Options	
<b>Outputs</b>	Audio and Visual alerts via Operator Control Module

Power	
<b>Input</b>	24VDC (optional 12VDC to 24VDC converter available) Utilizes auxiliary vehicle power supply

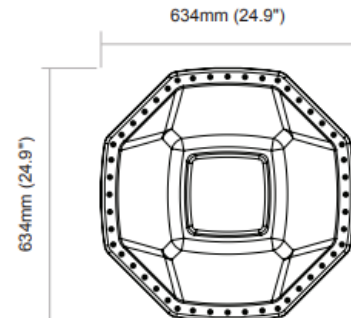
Device Communication	
<b>Connections</b>	Connects to supplied tablet or standard computer

Environment & Installation	
<b>Operating Temperature</b>	-20°C to +55°C ( -4°F to +131°F) External roof mounted pod tested to IP67
<b>Weight</b>	25.7kg (including sensor pod & brackets)
<b>Mounting Options</b>	Clamps to standard roof racks Tamper proof mounting options available Mast mounting available via Top Mounting System (TMS)
<b>Certifications</b>	MIL-STD-464: HERO, HERP, HERF IEC/AS 60529 Tested to IP67

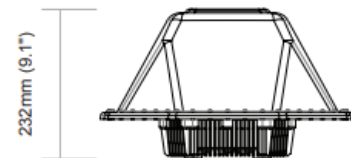
Colours	
<b>Options</b>	Desert Tan, White

Shipping & Warranty	
<b>Warrant</b>	12 months from date of shipment
<b>Packaging</b>	Ships in a rugged carry case
<b>HS Code</b>	8543.70.9090

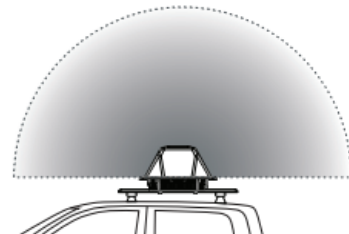
Contents	
<b>Carry Case Contents</b>	DroneSentry-X Device Rugged Control Tablet 15m Data Cable 15m Power Cable Power Supply 24V Mains Vehicle Power Supply Mounting Roof-Rack Bracket Plate Mounting Tablet Plate Square U-bolt Kit Long U-bolt Kit Quick Start Guide



TOP VIEW



SIDE VIEW



Hemispheric Coverage:  
Wide 360 degree direction with cardinal bearing

Ilustración 24. Ficha técnica del Sistema Anti-drones DroneSentry-X. Fuente: DroneShield.com