



## Trabajo Fin de Grado

Sistemas de Defensa Aérea del nuevo Vehículo  
8x8

Autor

CAC D. Gonzalo Echevarría Moreno

Director/es

Director académico: Dra. Rosa María Tejedor Bielsa

Director militar: Capitán Don Fernando de Meer Méndez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2018



## RESUMEN

Las amenazas que afectan a las Unidades de Infantería son heterogéneas, y los avances tecnológicos han provocado la evolución de las tradicionales (como los carros de combate) y la aparición de nuevas. Por esta razón, tanto los procedimientos empleados por los soldados, como los materiales que posee en dotación el Ejército de Tierra deben tratar de mantenerse en constante actualización, con la finalidad de disminuir los riesgos a los que se ven expuestos.

Del conjunto de desafíos a los que se enfrenta una Unidad de Infantería, uno de los que representa un mayor reto es la defensa aérea. Durante los últimos años, la aparición del combate asimétrico practicado por insurgencias de países como Afganistán o Irak han provocado que amenazas tradicionales como los helicópteros o los aviones, empleadas por ejércitos convencionales, hayan pasado a un segundo plano. Así, han adquirido un especial protagonismo los Vehículos Aéreos no Tripulados, comúnmente conocidos como drones. Estos dispositivos han permitido a las fuerzas irregulares causar daños a las Unidades convencionales sin la necesidad de un enfrentamiento directo.

El desafío que esto supone se intensifica con la tendencia a dar protagonismo en los combates a las pequeñas Unidades, que habitualmente operan lejos de apoyos proporcionados por otras entidades, debiendo afrontar los retos que se le presenten únicamente con sus propios medios.

Por ello, el Ejército de Tierra debe buscar actualizar su material en este aspecto. En concreto, el nuevo Vehículo de Combate sobre Ruedas 8x8 Piranha V es una plataforma adecuada para la integración de sistemas de defensa antiaérea que acompañen a las Unidades de Infantería en sus misiones y les protejan de estos peligros.

Para hallar una solución apropiada, se realizó un estudio analizando el índice de riesgo de los diversos medios aéreos, las características del Piranha V, y un estado del arte de medios de defensa aérea vigentes en el mercado. Respaldado por una matriz de decisión, y sobre la base de unos requisitos establecidos, se tomó una decisión.

Así, se alcanzó el objetivo de proponer una configuración del Vehículo de Combate sobre Ruedas 8x8 Piranha V con capacidad de defensa aérea. Esta solución, ya llevada a cabo en otros ejércitos como el de Estados Unidos, reduce la probabilidad y el impacto de un posible ataque con medios aéreos sobre una Unidad de Infantería, cuando se encuentre combatiendo en situaciones aisladas, lejos de apoyos de escalones superiores. Ello garantiza la seguridad de los militares desplegados, y por extensión, la de España.

Palabras clave: Infantería, vehículo aéreo no tripulado (UAV), defensa antiaérea, vehículo de combate sobre ruedas (VCR).

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## ***ABSTRACT***

The threats that affect the Infantry Units are heterogeneous, and the technological advances have caused the evolution of the traditional ones (like main battle tanks) and the emergence of new ones. For this reason, both the procedures used by soldiers and the materials that the Army has in their hands should try to keep themselves constantly updated, in order to reduce the risks to which they are exposed.

Of the set of challenges which an Infantry Unit faces, one of the most concerning is air defense. In recent years, the emergence of asymmetric combat practiced by insurgencies in countries such as Afghanistan or Iraq have led to traditional threats such as helicopters or aircraft, used by conventional armies, to decrease their protagonism. Thus, Unmanned Aerial Vehicles, commonly known as drones, have acquired a special prominence. These devices have allowed irregular forces to cause damage to conventional Units without the need for direct confrontation.

The challenge that this entails is intensified by the tendency to give prominence in the battles to small Units, which usually operate far from the support provided by other entities, having to face the challenges that come only with their own means.

Therefore, the Army must seek to update its material in this regard. In particular, the new 8x8 Piranha V Combat Vehicle on Wheels is a suitable platform for the integration of anti-aircraft defense systems that accompany the Infantry Units in their missions and protect them from these dangers.

In order to find an appropriate solution, a study was carried out analyzing the risk index of the diverse aerial means, the characteristics of the Piranha V, and a state of the art of air defense means currently in the market. Backed up by a decision matrix, and based on established requirements, a decision was made.

Thus, the objective of proposing a configuration of the Combat Vehicle on Wheels 8x8 Piranha V with air defense capability was achieved. This solution, already carried out in other armies like the one of the United States, reduces the probability and the impact of a possible attack with aerial means on an Infantry Unit, when it is fighting in isolated situations, far from supports of other units. This guarantees the security of the soldiers deployed, and by extension, that of Spain.

Key words: Infantry, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), antiaircraft defensa, wheels combat vehicle.

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## AGRADECIMIENTOS

*Quisiera expresar mis agradecimientos...*

*...a mis dos tutores, el Capitán Don Fernando de Meer Méndez, y a la Profesora Doña Rosa María Tejedor Bielsa, por apoyarme en la realización de este trabajo.*

*...a los Oficiales, Suboficiales y Tropa de la 1<sup>a</sup> Compañía de la X<sup>a</sup> Bandera de La Legión, por acogerme durante mi periodo de Prácticas Externas y mostrarme los valores recogidos en El Credo Legionario en mi primer contacto con una Unidad puntera.*

*...a todo el personal de la Academia General Militar, que ha contribuido en mi formación como Soldado de España, enseñándome todo lo que se y convirtiéndome en el futuro Oficial que soy ahora.*

*...y por último, a mis padres y a mi abuelo, por inculcarme la pasión por la vida castrense y proporcionarme los valores necesarios para escoger el mejor estilo de vida: el militar.*

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Actores principales del Programa VCR 8x8 Piranha V .....	10
Figura 2. Demostradores del VCR 8x8.....	11
Figura 3. Puntuación obtenida de cada requisito tras evaluación.....	15
Figura 4. Configuraciones del vehículo 8x8 Stryker .....	16
Figura 5. Plataforma Boeing .....	19
Figura 6. Sistema Saab sobre dos vehículos .....	20
Figura 7. A la izquierda, vehículo cadena con sistema BIHO. A la derecha, con sistema Hybrid BIHO .....	21
Figura 8. Sistema AUDS .....	23
Figura 9. Incidentes con UAV en Mali .....	I
Figura 10. Cuadropótero con granada de mortero anclada.....	I
Figura 11. UAV con IED en el interior.....	II
Figura 12. Imagen de SIVA .....	I
Figura 13. Imagen del PASI.....	II
Figura 14. Configuraciones del RIwP .....	I
Figura 15. Armamento integrable en el RIwP .....	I
Figura 16. Partes del misil Stinger .....	I
Figura 17. Lanzador portátil del misil RBS 70 NG sobre trípode .....	II
Figura 18. Modo de funcionamiento del sistema de guiado por láser .....	I

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación UAV según criterio OTAN.....	5
Tabla 2. Matriz Impacto vs Probabilidad de las amenazas aéreas para la Infantería Ligero-Protegida.....	8
Tabla 3. Resumen de la clasificación de los riesgos identificados .....	8
Tabla 4. Armamento de los demostradores del VCR 8x8.....	11
Tabla 5. Relación entre Demostradores y Proyectos Tecnológicos .....	12
Tabla 6. Listado de requisitos considerados para la propuesta de configuración .....	14
Tabla 7. Características de la plataforma de Leonardo DRS .....	18
Tabla 8. Características de la plataforma de Boeing .....	19
Tabla 9. Características de la plataforma de Saab .....	20
Tabla 10. Características del BIHO “Flying Tiger” air defense system .....	21
Tabla 11. Comparación entre características de los misiles .....	22
Tabla 12. Ponderación de los requisitos para sistemas y plataformas .....	25
Tabla 13. Puntuaciones de las plataformas y sistemas sobre la base de los requisitos .....	26
Tabla 14. Evaluación de misiles en base a sus características .....	26
Tabla 15. Análisis DAFO de la decisión tomada .....	27
Tabla 16. Características del SIVA .....	I
Tabla 17. Características del PASI .....	II
Tabla 18. Número de veces que cada requisito ha aparecido en cada posición .....	I
Tabla 19. Baremos empleados para evaluar las plataformas .....	I
Tabla 20.. Baremos empleados para evaluar los misiles.....	III
Tabla 21. Tabla de riesgos de amenazas aéreas para Unidades de Infantería .....	I

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## LISTA DE ABREVIATURAS

- **AUSA:** *Association of the United States Army* (Asociación del Ejército de los Estados Unidos)
- **BI:** Batallón de Infantería
- **BMR:** Blindado Medio sobre Ruedas
- **CFT:** *Cross-Functional Team* (Equipo Trans-Funcional)
- **DAFO:** Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
- **ET:** Ejército de Tierra
- **FAS:** Fuerzas Armadas
- **GPS:** *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamiento Global)
- **HALE:** *High Altitude Long Endurance* (Alta Altitud Larga Duración)
- **IED:** *Improvised Explosive Device* (Artefacto Explosivo Improvisado)
- **MALE:** *Medium Altitude Long Endurance* (Media Altitud Larga Duración)
- **MALE:** Mando de Apoyo Logístico del Ejército
- **OAV:** Observador Avanzado
- **PC:** Puesto de Mando
- **PPT:** Pliego de Prescripciones Técnicas
- **PT:** Proyecto Tecnológico
- **QFD:** *Quality Function Display* (Demostrador de Función de Calidad)
- **RINT:** Regimiento de Inteligencia
- **RIPwP:** *Reprogramable Integrated-weapons System* (Sistema de Armas-Integrado Reprogramable)
- **RWS:** *Remote Weapon System* (Sistema de Armas Remoto)
- **TO:** Teatro de Operaciones
- **TTP:** Tácticas, Técnicas y Procedimientos
- **UAV:** *Unmanned Aerial Vehicle* (Vehículo Aéreo no Tripulado)
- **VCI:** Vehículo de Combate de Infantería
- **VCOAV:** Vehículo de Combate del OAV
- **VCZ:** Vehículo de Combate de Zapadores
- **VEC:** Vehículo de Exploración de Caballería

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## ÍNDICE

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABLAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA .....	1
1.2. PASOS A SEGUIR.....	2
2. METODOLOGÍA.....	3
3. ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS AÉREAS .....	5
3.1. UAV.....	5
3.2. AERONAVES TRIPULADAS Y MISILES TÁCTICOS .....	7
3.3. ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS .....	7
4. ANÁLISIS DEL VCR 8X8.....	9
4.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROGRAMA VCR 8X8 PIRANHA V .....	9
4.2. DEMOSTRADORES PRINCIPALES .....	10
4.3. ARMAMENTO .....	11
4.4. PROYECTOS TECNOLÓGICOS.....	12
5. REQUISITOS .....	14
6. BÚSQUEDA DE MEDIOS Y PROPUESTA.....	16
6.1. SOLUCIONES DE OTROS EJÉRCITOS.....	16
6.2. ANÁLISIS DE MEDIOS ACTUALES .....	17
6.2.1. PLATAFORMAS Y SISTEMAS .....	18
6.2.2. MISILES .....	22
6.2.3. MEDIOS ALTERNATIVOS.....	23
6.3. EVALUACIÓN DE LOS MEDIOS.....	25
6.4. DECISIÓN .....	27
7. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	29
8. LÍNEAS FUTURAS .....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXOS .....	I

CAC Gonzalo Echevarría Moreno  
SISTEMAS DE DEFENSA AÉREA DEL NUEVO VEHÍCULO 8X8

---

ANEXO A: EMPLEO DE UAVS POR PARTE DE INSURGENCIAS .....	I
ANEXO B: UAVS DE DOTACIÓN EN EL ET ESPAÑOL.....	I
ANEXO C: PROFUNDIZACIÓN DEL RIwP .....	I
ANEXO D: VERSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL STINGER .....	I
ANEXO E: VERSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL RBS 70 NG .....	I
ANEXO F: GRÁFICAS DE RESULTADOS DE LOS REQUISITOS .....	I
ANEXO G: BAREMOS PARA EVALUACIÓN DE SISTEMAS Y PLATAFORMAS Y MISILES .....	I
ANEXO H: IRON DOME .....	I
ANEXO I: SISTEMAS DE GUIADO.....	I
ANEXO J: TABLA DE RIESGOS .....	I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. PROBLEMA

La llegada del siglo XXI ha traído un salto en los avances tecnológicos. Este hecho no solo se ha reflejado en la sociedad civil, sino también en el ámbito de defensa. De hecho, en ocasiones, la tecnología desarrollada en o para defensa se ha transferido al entorno civil, como puede ser el Internet o los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) [1], [2]. De este modo, las Tácticas, Técnicas y Procedimientos (TTP) de los ejércitos actuales deben buscar constantemente mantenerse actualizadas, así como su equipo, armamento y vehículos.

Uno de los avances más destacables es la aparición de los Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV). Comúnmente conocidos como drones, son aparatos aéreos de variable tamaño, controlados a distancia por un operador, y que pueden incorporar elementos como cámaras de fotografía e incluso misiles. Suponen una nueva amenaza para las Unidades desplegadas en misiones, pues se está empezando a frecuentar su empleo por parte de insurgencias como las de Mali o Irak. También ejércitos convencionales de países como Rusia hacen uso de ellos (España tiene dos en dotación, ver ANEXO B), especialmente en zonas de conflicto como Ucrania y Letonia. La presencia de las amenazas aéreas por excelencia (helicópteros y aeronaves) es menos probable en estos lugares, por lo que estos ingenios son un riesgo a tener en cuenta.

Utilizando estos sistemas, el enemigo puede recopilar información o incluso realizar un ataque sobre convoyes o sobre bases situadas en los Teatros de Operaciones (TO). Mientras que las bases suelen estar dotadas de medios antiaéreos estáticos permanentes para prevenir cualquier acción de este tipo, la tendencia a ampliar las distancias en los combates deja a las Unidades en convoy fuera del alcance de los medios estacionarios aliados. Por ello, y según el Teniente Coronel Jim Leary, retirado del Ejército de Tierra estadounidense, es necesario dotar de capacidad de defensa aérea a las Unidades móviles, mediante una plataforma vehicular móvil y resistente que no suponga un impedimento en el movimiento de la Unidad a la que proporciona protección [3].

Uno de estos vehículos es el nuevo Vehículo de Combate sobre Ruedas (VCR) 8x8 ‘Piranha’ V, adquirido por el Ejército de Tierra (ET) español, y pendiente de recibir. Pese a lo avanzado de la tecnología que contiene, ninguna de las diferentes configuraciones que contempla el programa del vehículo tienen como misión garantizar la defensa aérea de la unidad frente a los medios mencionados. Por ello, la amenaza aérea, ya sea la ocasionada por UAV o aeronaves tripuladas, sigue sin mitigarse.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es proponer una configuración del VCR 8x8 óptima para la defensa frente a medios aéreos de las unidades de Infantería.

La Dirección de Investigación y Análisis DIVA-CD-017 es una Publicación Militar del Ejército de Tierra (ET) titulada ‘Defensa Aérea en los Batallones de Infantería’ [4], y en su texto recoge los siguientes hitos requeridos para los materiales de los Batallones de Infantería (BI):

- “Estudio de la posibilidad de dotar a los futuros sistemas de armas del BI de capacidad para intervenir en la lucha Antiaérea (AA).”

- “Contar con medios o sistemas de armas que puedan desarrollar una lucha eficaz contra los helicópteros y los UAV.”

La doctrina recoge la importancia de dotar a la Infantería de esta capacidad de defenderse de elementos aéreos con sus propios medios, pero, además, el Ejército de Tierra de los Estados Unidos ya ha propuesto una configuración de su vehículo 8x8 adaptada a la defensa antiaérea. Si se dotase de esta capacidad a las Unidades, se reduciría el riesgo de que el enemigo emplease estos medios contra despliegues y convoyes, incrementando la seguridad de los soldados.

## 1.2. PASOS A SEGUIR

Para alcanzar el objetivo, el trabajo se ha realizado según la siguiente secuencia:

- Establecer la amenaza aérea más peligrosa para una Unidad de Infantería Ligero-Protegida.
- Analizar el VCR 8x8 y sus diferentes configuraciones actuales
- Establecer los requisitos básicos que deberá tener la propuesta.
- Hallar y analizar vehículos similares y medios actuales de defensa antiaérea móviles.
- Proponer una configuración que cumpla los requisitos establecidos.

## 2. METODOLOGÍA

Con la finalidad de alcanzar el objetivo, se utilizaron una serie de herramientas que permitieron facilitar la investigación y hallar una solución lo más acertada posible.

En primer lugar, para determinar la amenaza aérea más probable para una Unidad de Infantería Ligero-Protegida, se realizó una recolección de información procedente de noticias y Publicaciones Militares del ET para identificar los diversos medios a evaluar, además de una entrevista con personal cualificado. Una vez hecho esto, y con los datos recogidos, se llevó a cabo un análisis cualitativo de riesgos de estos medios, reflejado en una matriz de Impacto vs Probabilidad, para priorizarlos en función de su peligrosidad.

Posteriormente, el análisis del VCR 8x8 se sustenta en la información extraída del Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT) del programa y de la visita a la fábrica de General Dynamics, en Alcalá de Guadaira, lugar donde se ensamblan los vehículos.

A continuación, se procedió a determinar qué era exactamente lo que necesitaba la nueva configuración. Esto es, en qué requisitos debía centrarse. Para ello, en la propuesta se planteó la posibilidad de obtener este resultado mediante un *Quality Function Display* (QFD). Sin embargo, tras recabar la información, se determinó que plantear un QFD no sería relevante pues no se está comparando el VCR 8x8 con otros medios, ni se pretende mejorar un aspecto del vehículo, sino proponerlo. Por ello, los requisitos se obtuvieron en consenso con personal cualificado, y su priorización se hizo sobre la base de una encuesta realizada en la Unidad, que permitió determinar cuáles son los más importantes.

Tras determinar qué era exactamente lo que se pretendía conseguir con la nueva configuración, se llevó a cabo una búsqueda de posibles medios y/o armamento que cumpliesen los requisitos. Esto se hizo estudiando vehículos similares al VCR 8x8, o medios aislados que pudieran ser integrados en un vehículo. Con toda esta información, se realizó una evaluación numérica de los medios en base a los requisitos obtenidos en el apartado correspondiente, con la finalidad de hacer la decisión lo más empírica posible y adecuada a las necesidades operativas reales de las Unidades. Una vez tomada la decisión, se realizó un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), para evaluar las capacidades de la configuración obtenida.

Aunque lo idóneo era, como se planteó en la propuesta, tener en cuenta el aspecto económico, la realidad es que determinar el coste real de un proceso adquisitivo de estas dimensiones es complejo. Esto se debe a que no solo hay que tener en cuenta el precio del material, sino su implementación en el VCR, su traslado desde fábrica o su proceso de pruebas. Es por eso por lo que el coste no se tuvo en cuenta ni en los requisitos, ni en la toma de decisión, únicamente se emplearon las capacidades técnicas para ello.

-Página intencionadamente dejada en blanco-

### 3. ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS AÉREAS

A continuación, se presenta el estudio de los diferentes medios aéreos que pueden implicar una seria amenaza en operaciones y, posteriormente, se realizará un análisis de riesgos para establecer cuál es la amenaza más probable a la que puede enfrentarse un VCR 8x8.

#### 3.1. UAV

Los UAV suponen un desafío para la seguridad de los soldados del ET. Estos nuevos medios están cada vez más presentes en los diversos TO en los que se encuentran las Fuerzas Armadas (FAS) españolas, tanto en aquellos en los que se lleva a cabo un combate convencional (Letonia), como en los que se caracterizan por una guerra híbrida y asimétrica (Mali).

Con la finalidad de unificar criterios, la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) realizó una clasificación estándar de los UAV para facilitar el entendimiento entre miembros de ejércitos de los distintos países que componen la Organización. El criterio principal de discriminación es el peso del aparato. Dicha clasificación se refleja en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación UAV según criterio OTAN [44].

CLASIFICACIÓN UAV OTAN				
Clase (MTOW)	Categoría	Empleo	Altitud de operación AGL	Radio de Misión
CLASE I ≤ 150 Kg	MICRO < 2 Kg	Táctico, (Sección)	Hasta 200 pies	5 Km (LOS)
	MINI 2-20 Kg	Táctico (Compañía)	Hasta 1.000 pies	25 Km (LOS)
	LIGEROS > 20 Kg	Táctico (Batallón)	Hasta 1.200 pies	50 Km (LOS)
CLASE II ≤ 600 Kg	TACTICO	Táctico (Brigada)	Hasta 10.000 pies	200 Km (LOS)
CLASE III ≥ 600 Kg	MALE (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional	Hasta 45.000 pies	Sin Límite (BLOS)
	HALE (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	Hasta 65.000 pies	Sin Límite (BLOS)
	Combate	Estratégico	Hasta 65.000 pies	Sin límite (BLOS)

- **Clase I:** son los de menor tamaño, limitando su peso a 150 kg. De esta categoría nacen tres subcategorías.

- **Micro y Mini:** con un peso inferior a 2 kg, y hasta 20 kg, respectivamente, son empleados a bajo nivel táctico con misiones de reconocimiento principalmente. Aunque operan a baja cota, su reducido tamaño, facilidad de empleo y capacidad de ser transportados por un individuo los convierten en elementos muy útiles para apoyar al Mando en la toma de decisiones instantáneas, permitiendo obtener información actualizada del enemigo o el terreno. Aunque el ET no los tiene de dotación oficialmente en los Batallones de Infantería, es habitual encontrarlos en las Compañías de estos. También son los más frecuentemente utilizados por las insurgencias [5], pues su coste no es elevado y son de fácil accesibilidad, especialmente los “cuadrópteros”, denominados así porque emplean cuatro hélices para su funcionamiento. Una de las limitaciones de estos medios es que su actuación se puede ver afectada por condiciones meteorológicas adversas, especialmente en ocasiones de fuerte viento o lluvia. La forma de abatirlos varía, pero predomina el uso de ametralladoras antiaéreas o distorsionadores de frecuencia, que interrumpen la conexión entre el aparato y el operador en tierra.
- **Ligero:** de hasta 150 kg. Requieren mayor control y son más costosos que los Micro y Mini, pero las cualidades de vuelo mejoran, al igual que la resistencia frente a condiciones atmosféricas. La forma de abatirlos precisa frecuentemente del uso de cañones antiaéreos con alta cadencia de tiro, o incluso de misiles de baja cota.
- **Clase II:** hace referencia a todos los que se encuentran entre los 150 y los 600 kg. Su uso requiere personal e instalaciones preparadas, y es necesario una pista o catapulta tanto para el despegue como para el aterrizaje. Trabajan a cotas de hasta 10000 pies y el alcance de empleo es de hasta 200 km, por lo que pueden incrementar su tamaño para integrar sistemas de observación más avanzados. No hay datos respecto al uso por parte de insurgencias, pero son habituales en los ejércitos convencionales. Son necesarios misiles de baja cota para poder destruirlos.
- **Clase III:** son aparatos con un peso superior a 600 kg. Tiene tres subcategorías: *Medium Altitude Long Endurance* (MALE); *High Altitude Long Endurance* (HALE) y UAV de combate. Sus cualidades de vuelo impiden abatirlos con misiles de baja cota (cuya cota suele rondar los 5 km). Requieren una gran especialización del personal que los pilota, así como instalaciones y medios de lanzamiento y aterrizaje específicos. Sus misiones suelen tener fines de alto nivel estratégico y pueden acoplar armamento como misiles.

Lo óptimo sería hallar una solución con posibilidad de abatir UAV Clase I y II, ya que es lo que interesa a nivel táctico, es decir, a un nivel en el que los medios usados para abatir la amenaza sean los propios. Los Clase III demandan armamento más específico.

Actualmente, el Regimiento de Inteligencia (RINT) nº1 del ET, con sede en Valencia, ha identificado tres modos de empleo de los UAV usados por la insurgencia [6]. Estos son:

- Reconocimiento: el enemigo emplea el UAV para la toma de imágenes y adquisición de información en cuanto a despliegues propios, instalaciones o bases. Es el modo de empleo más frecuente, y supone un riesgo para los convoyes en TO porque, recabando

información sobre las actividades, rutas, o TTP del ET, el enemigo puede adelantarse y, por ejemplo, colocar un Artefacto Explosivo Improvisado (IED) en un itinerario preestablecido. No es aconsejable permitir al enemigo observar la rutina de la Unidad, y, de esta manera, pueden hacerlo sin exponerse a riesgos directos.

- Ataque directo: si se habla de un ataque utilizando UAV Clase III armados con misiles, todavía no se han registrado ataques de esta índole, pues son medios de un elevado coste que requieren sistemas de control avanzados. No obstante, un modo de ataque ideado por la insurgencia, especialmente por el autodenominado Estado Islámico, es utilizar un UAV de pequeñas dimensiones (Mini o Micro), y acoplar un explosivo, por ejemplo, una granada de mortero, lanzándolo sobre Unidades o bases [7]. Los efectos de este procedimiento varían, pero se han registrado imágenes de la destrucción de un Humvee iraquí usando este sistema, lo cual implica que la peligrosidad que supondría para los VCR es alta.
- IED trampa (*booby trap*): este modo de empleo es cada vez más frecuente y podemos encontrarlo en escenarios como Irak o Mali [8]. Consiste en introducir dentro del UAV un artefacto explosivo, y dejarlo en la superficie terrestre para que sea encontrado por las fuerzas desplegadas en la zona, haciendo creer que se trata de un UAV de reconocimiento caído. Al recuperarse para extraer la información que pueda tener en su interior, se detona la carga que lleva, hiriendo al personal cercano. Aunque quizás no implique un riesgo directo para los VCR, sí lo supone para el personal que pueda desplegarse a pie en un convoy o en una patrulla por una población.

### 3.2. AERONAVES TRIPULADAS Y MISILES TÁCTICOS

Los riesgos aéreos para un Batallón de Infantería incluyen además de los UAV a las aeronaves tripuladas (helicópteros y aviones) y misiles tácticos [4]. A pesar del creciente protagonismo que están cobrando los UAV, es importante destacar el hecho de que los medios aéreos más peligrosos para una Unidad de Infantería son las mencionadas aeronaves tripuladas.

Pese a todo, la probabilidad de que uno de estos medios aéreos opere contra una Unidad de Infantería es muy baja. Por doctrina suelen tener como objetivos otros elementos de mayor rendimiento como Carros de Combate o Unidades de Artillería, basándose en la característica de ‘Rentabilidad del Objetivo’ y el principio de empleo de ‘Actuación sobre un Objetivo Idóneo’ que rigen su forma de operar [9]. Esto, sumado a la inexistente dotación de estos medios por parte del enemigo en los TO de combate asimétrico, disminuye la amenaza que suponen. Del mismo modo ocurre con los misiles tácticos.

### 3.3. ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS

Con la finalidad de determinar qué amenazas aéreas suponen un mayor riesgo para las Unidades de Infantería Ligero-Protegida del ET español, los diversos medios mencionados se van a plasmar en una Matriz Impacto vs Probabilidad (ver Tabla 2) [10]. Esta herramienta evalúa las diversas amenazas en dos aspectos. Por un lado, el daño o la gravedad de las

consecuencias que puede tener su actuación (Impacto), y por otro, la posibilidad que tiene de ocurrir dicha actuación por parte de la amenaza (Probabilidad). Una vez situadas dentro de la matriz, las amenazas más críticas son aquellas que tienen tanto un Impacto como una Probabilidad en nivel medio-alto (ver Tabla 3). Con ello se pretende valorar de una manera empírica las amenazas, para tratar de actuar sobre aquellas que sean más críticas. La tabla de riesgos completa se puede ver en el ANEXO J.

Tabla 2. Matriz Impacto vs Probabilidad de las amenazas aéreas para la Infantería Ligero-Protegida (elaboración propia).

PROBABILIDAD	3(ALTO)	0	1	0
	2(MEDIO)	0	0	2
	1(BAJO)	0	0	2
	L(BAJO)	M(MEDIO)	H(ALTO)	
				IMPACTO

Tabla 3. Resumen de la clasificación de los riesgos identificados (elaboración propia).

3M	UAVs CON MISIÓN DE INFORMACIÓN
2H	UAVs TRAMPA
2H	UAVs DE ATAQUE
1H	AERONAVES TRIPULADAS
1H	MISILES TÁCTICOS

Así, se deduce que el empleo de UAV, en todo su espectro, supone un riesgo medio-alto. La solución a ello es la creación de un vehículo que implemente medios de detección y armamento antiaéreo (ametralladora, cañones y misiles según Clase de UAV) y/o avanzado (distorsionador de frecuencia, láser de alta energía).

Por otro lado, los resultados del riesgo que implican aeronaves tripuladas y misiles tácticos inicialmente no son tan críticos como los de UAV, debido a que la probabilidad de empleo en los conflictos actuales es escasa. No obstante, las tensiones entre Rusia y los países occidentales y el distanciamiento entre Estados Unidos y Europa auguran, según expertos [11], un panorama estratégico con alto riesgo de conflictos entre potencias mundiales con ejércitos convencionales altamente adiestrados y dotados de material pionero. Aunque el peligro actual sea escaso, el ET debe estar preparado e instruido para cualquier situación dentro del espectro del conflicto, especialmente debido a la elevada vida útil de los materiales bélicos. Así, si los VCR 8x8 están pensados para durar treinta años en dotación, estos deben responder de una manera eficaz a cualquier desafío que pueda ocurrir en ese espacio de tiempo. Por ello, se debe tratar de hallar una solución que tenga en cuenta estos medios, la cual reside fundamentalmente en la inclusión de medios de detección y misiles de baja cota.

Tomando estas medidas, se reduciría tanto el impacto como la probabilidad. El primero porque la posibilidad de abatir las amenazas impide el éxito de su propósito, y la segunda porque dotar de estos medios a las Unidades genera un efecto de disuasión que disminuye la probabilidad de uso.

## 4. ANÁLISIS DEL VCR 8X8

En este apartado se presentan las características esenciales del VCR 8x8. Toda la información fue extraída del PPT del Programa VCR 8x8, del Teniente Coronel D. Fernando Pasquin Agero, de la Oficina del Programa, y de la información facilitada durante la visita realizada a las instalaciones de Santa Bárbara, en Alcalá de Guadaira, Sevilla, donde se ensamblan estos vehículos.

### 4.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROGRAMA VCR 8X8 PIRANHA V

España ha adquirido recientemente y se encuentra en proceso de recibir el nuevo VCR 8x8 sobre la base de la barcaza Piranha V [12]. Este vehículo, fabricado por una Unión Temporal de Empresas (UTE) formada por Indra, SAPA y Santa Bárbara Sistemas, liderada por esta última, supone un salto tecnológico para el ET y potencia la capacidad de combate y protección de su Infantería Ligero-Protegida. Con un presupuesto del programa de 3836 millones de euros (1587,5 de euros millones para adquisición y 2248,5 millones de euros para mantenimiento y modernización) [13], [14], es una inversión necesaria para relevar a los obsoletos Blindados Medios sobre Ruedas (BMR), en actual dotación en las Unidades Ligero-Protegidas.

El programa de este vehículo, a pesar de llevar varios años en proceso, se encuentra todavía en una fase embrionaria. Actualmente, como se profundizará más adelante, el programa propone lo que llama “demostradores”, en concreto cinco. Estos demostradores son diferentes configuraciones del vehículo enfocadas cada una a una capacidad o misión específica. No obstante, todavía no han sido aprobados por el Ministerio de Defensa, por lo que sus características técnicas, armamento y demás elementos son susceptibles de ser modificados. Cuando sean aprobados, se construirán los primeros prototipos y, posteriormente, se comenzará con la fabricación en serie, produciendo un total de trece configuraciones diferentes, pero todas ellas basadas en los demostradores iniciales. Se espera que para septiembre de 2020 se hayan recibido los primeros 348 vehículos y posteriormente se llegue a un total de 1000 [12]. El análisis del sistema se realizó teniendo en cuenta la situación actual del programa, es decir, analizando los cinco demostradores.

La unidad elegida para realizar las pruebas de los demostradores a partir de julio de 2019, y la primera en recibir los vehículos, es la Brigada “Rey Alfonso XIII” II de la Legión, concretamente el 3er Tercio, con sede en Viator, Almería. Las instalaciones operativas e infraestructuras logísticas del acuartelamiento en el que se encuentra facilitarán las pruebas de los demostradores, para poder garantizar que se lleva a cabo un profundo estudio del medio y corregir los aspectos necesarios antes de comenzar la producción en serie. Se pretende que la Brigada de la Legión se convierta de esta manera en la denominada Brigada Experimental 2035, una Unidad plenamente formada y equipada para afrontar los futuros retos de la seguridad y defensa de España.

La duración del proceso adquisitivo depende en gran medida de la adecuada coordinación, sinergia y eficacia de los tres pilares del programa (ver Figura 1).

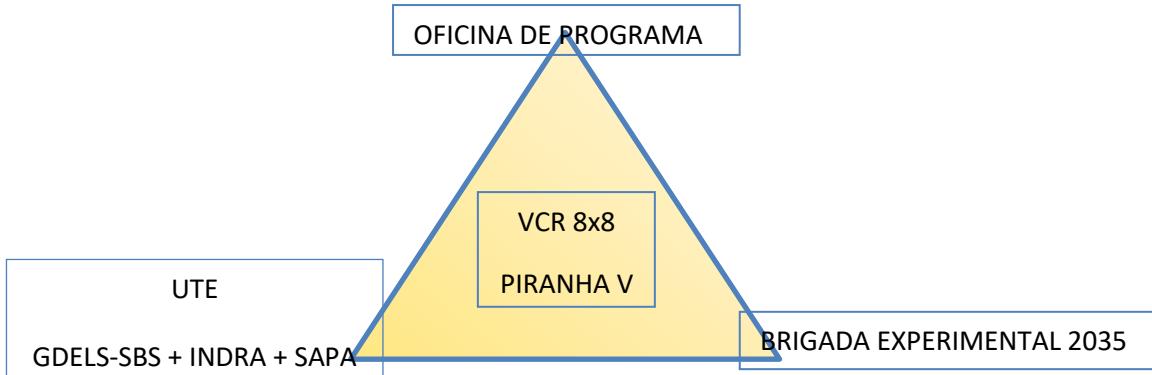


Figura 1. Actores principales del Programa VCR 8x8 Piranha V (elaboración propia).

Hay que tener en cuenta que el proceso de compra se inició en 2007 [15]. Desde entonces, las TTP enemigas han evolucionado, por lo que, a pesar de lo novedoso del proyecto, se deben analizar las posibles vías de mejora, con la finalidad de adaptarse en los años próximos a las necesidades de los militares desplegados en TO.

#### 4.2. DEMOSTRADORES PRINCIPALES

**D1: Vehículo de Combate de Infantería (VCI).** Su misión es la más fundamental, trasladar a un pelotón de ocho combatientes en su interior, además de a los dos tripulantes, y usarlo en las misiones tipo de una unidad de Infantería.

**D2: VCI de Puesto de Mando (PC) de Compañía.** Similar al D1 en cuanto a equipamiento y armamento, a excepción de que en su interior solo alberga sitio para dos tripulantes y tres combatientes. Su misión consiste en controlar el despliegue de una Unidad tipo Compañía, por lo que los medios de Mando y Control están orientados a ello.

**D3: Vehículo de Combate del Observador Avanzado (VCOAV), PC de Batallón.** Integra sistemas muy avanzados de observación, que permiten al Observador Avanzado (OAV) realizar coordinación y corrección de fuegos. Además, los sistemas de Mando y Control permiten coordinar una maniobra de nivel Batallón.

**D4: Vehículo de Exploración de Caballería (VEC), PC de Sección.** Su misión principal es el reconocimiento avanzado, cometido tipo dado normalmente a la Caballería.

**D5: Vehículo de Combate de Zapadores (VCZ).** Integran complementos contra IED con la misión de limpiar y asegurar rutas en TO [16].

Como se puede apreciar, en principio no existe ningún demostrador que tenga como misión garantizar la seguridad del entorno aéreo (ver Figura 2).



Figura 2. Demostradores del VCR 8x8 [13].

#### 4.3. ARMAMENTO

A continuación, se va a profundizar más en las capacidades ofensivas. Cada uno de los demostradores viene equipado con un armamento diferente (ver Tabla 4) [14], [16]:

Tabla 4. Armamento de los demostradores del VCR 8x8 (elaboración propia).

Demostrador	Armamento
D1	Torre de empleo remoto UT30Mk2 (30 mm) y un lanzador de misiles Spike (arma contracarro).
D2	Torre de empleo remoto Samson Mk2 (30 mm) y un lanzador de misiles Spike.
D3	Torre de empleo remoto Guardian 2.0 (12,70 mm)
D4	Torre tripulada OTO-Melara HITFIST (30 mm)
D5	Torre de empleo remoto Mini Samson (12,70 mm).

El hecho de que los demostradores tengan cada uno un armamento diferente no implica que vaya a ser así en el momento de comenzar la producción en serie. Únicamente está así, en este momento, porque la UTE pretende ofrecer una amplia variedad de torres para que sea el Ministerio de Defensa el que decida cuál implementar definitivamente en el vehículo. No obstante, las capacidades de empleo de todas ellas son bastante similares y no son útiles para

abatir objetivos aéreos, pues no están diseñadas para eso. Por esta razón, sería interesante buscar armamento cuya misión principal sea derribar medios aéreos, especialmente de pequeñas dimensiones, ya sean o armamento antiaéreo convencional, o medios más ambiciosos de nueva generación como láseres o inhibidores.

#### 4.4. PROYECTOS TECNOLÓGICOS

Para cada uno de estos demostradores, el PPT del programa establece unos requisitos técnicos determinados para garantizar el correcto cumplimiento de la misión. Esos requisitos se recogen en cinco Proyectos Tecnológicos (PT), existiendo un sexto denominado PTO que hace referencia a la integración de todos ellos en los distintos demostradores [17]. La Tabla 5 resume cuáles deben ir asociados a los diversos demostradores.

Tabla 5. Relación entre Demostradores y Proyectos Tecnológicos [17].

DEMOSTRADORES	PROYECTOS TECNOLÓGICOS				
	PT1 INCREMENTO DE SEGURIDAD	PT2 CONCIENCIA SITUACIONAL	PT3 VCOAV	PT4 CIS E INTEGRACIÓN	PT5 GMP
D1	X	X		X	X
D2	X	X		X	X
D3	X	X	X	X	X
D4	X	X		X	X
D5	X				X

No es objeto de estudio analizar cada uno de estos PT y sus requisitos específicos, pues su aportación no sería notoria para alcanzar el objetivo del trabajo. Sin embargo, sí es preciso recalcar los requisitos que exige el PPT en cuanto a temas de defensa frente a elementos aéreos. Además, analizar los requisitos de los PT 1, 2 y 3 proporcionará una idea del alcance actual que tiene el programa en cuanto a defensa aérea, y determinar si es suficiente o no. Un aspecto interesante a evaluar es el rango de visión vertical que poseen los diferentes medios de observación del vehículo. Por ejemplo, si tiene un rango de 50º en vertical, solo va a poder emplearse ese medio para vigilar el espacio comprendido entre la línea del horizonte y 50º de ángulo hacia la vertical. Lo óptimo sería acercarse lo máximo posible a los 90º, para no tener ningún punto muerto en el sector aéreo, creando una burbuja de seguridad completa en torno al vehículo.

##### **PT1 - Incremento de Seguridad**

Este PT incorpora numerosos elementos de protección tanto activa como pasiva, desde blindajes adicionales, hasta implementos contra-IED, estos últimos integrados únicamente en el D5, referente al VCZ. De todos los subsistemas que incluye, el único que podría guardar algo de relación con el tema tratado sería el Subsistema de Detección de Disparos. En resumen, lo

que permite este subsistema es dotar al vehículo de la capacidad de hallar el origen de fuego de una amenaza. Aunque inicialmente podría ser un elemento de interés contra medios aéreos, uno de los requisitos que incorpora es el siguiente:

‘El subsistema de detección de disparos tendrá una cobertura de 360º en horizontal, y en 40º en vertical.’ [17, p. 60]

Con un rango en vertical de 40º no se puede cubrir una burbuja de seguridad, por lo que este subsistema no proporciona un elemento de defensa activa contra amenazas aéreas.

### **PT2 – Conciencia Situacional**

El PT2 tiene como objetivo dotar al vehículo y su tripulación de una elevada capacidad de observación para facilitar el guiado de este y conocer el entorno, tanto en ambiente diurno como en nocturno. Integra cámaras térmicas, cámaras de televisión y una visión panorámica de 360º. En cuanto a las exigencias de campo de visión de dichas cámaras, el PPT redacta lo siguiente:

‘El ángulo de visión vertical del sistema térmico no será inferior a 55º’ [17, p. 71].

‘El ángulo total de visión vertical del sistema TV (diurno) será de al menos 65º’ [17, p. 71]

Aunque en este caso los ángulos de visión vertical sí que cubren un amplio sector aéreo, la capacidad de detección es meramente visual. Dado que las aeronaves, tanto tripuladas como no, operan a grandes distancias y alturas, con estos requisitos no se garantiza la correcta detección de estos medios.

### **PT3 – VCOAV**

Este PT tiene como misión principal facilitar la vigilancia del campo de batalla y la acción del OAV en cuanto a adquisición de objetivos, transmisión de datos a las unidades productoras de fuego y correcciones del tiro. A pesar de los diversos elementos que integra para ello, ninguno hace referencia a la vigilancia del espacio aéreo, pues no es misión del OAV, cuya acción va dirigida a la superficie terrestre. Sería de interés encontrar un conjunto de sistemas enfocado a cumplir misiones similares en el entorno aéreo del vehículo.

Los otros dos PT, titulados ‘Integración de Sistemas Electrónicos, Comunicaciones e Información’, y ‘Grupo Motopropulsor’, no son de interés para este trabajo.

El análisis del VCR 8x8 muestra la incapacidad del vehículo para hacer frente a una amenaza aérea, tanto como para detectarla como para abatirla. Todos los demostradores y armamento están diseñados para determinadas misiones, pero todas ellas a nivel superficie. Igual ocurre con los PT, pues en el listado de requisitos de cada uno no se encuentra nada que haga referencia a la seguridad frente a medios aéreos, conciencia situacional del entorno aéreo, ni medios de observación aéreos como pueden ser radares. Por tanto, las Unidades de Infantería Ligero-Protegida que empleen el VCR 8x8 se encuentran indefensas en este aspecto, a pesar de los avances tecnológicos que se incluyen en el programa.

## 5. REQUISITOS

Para determinar la prioridad de los requisitos en una configuración antiaérea del VCR 8x8, se ha llevado a cabo una encuesta entre personal susceptible de trabajar en este vehículo. El personal seleccionado ha sido principalmente aquel cuyo empleo hace posible que se encuentre en situaciones de conflicto como las mencionadas en la Introducción. Esto es, militares de la Escala de Oficiales (Capitanes y Tenientes) y de Suboficiales (Sargentos y Sargentos Primero) que se encuentran en las Compañías de la X Bandera 'Millán Astray', del 4 Tercio 'Alejandro Farnesio' perteneciente a la Brigada 'Rey Alfonso XIII' II de la Legión. Las características que rigen los conflictos actuales provocan que estos mandos, junto a su tropa, sean los que se vayan a ver envueltos en situaciones de peligro, a grandes distancias de la seguridad proporcionada por bases o Unidades del escalón superior. Por ello deberán afrontar cualquier reto que se les presente empleando únicamente los medios de los que disponen.

Se solicitó a los encuestados que ordenasen de mayor a menor prioridad una serie de cualidades. Estas cualidades se determinaron en consenso con el Teniente Coronel Fernando Pasquin Agero, de la Oficina de Programa del VCR 8x8, que las declaró como las más relevantes a tener en cuenta para la evaluación (ver Tabla 6).

Tabla 6. Listado de requisitos considerados para la propuesta de configuración (elaboración propia).

REQUISITOS	
A	Capacidad de detección
B	Munición abundante
C	Armamento secundario para autoprotección
D	Facilidad de empleo
E	Tiempo de respuesta rápido entre detección y destrucción
F	Capacidad de abatir UAV
G	Capacidad de abatir helicópteros y aviones
H	Armamento letal/no letal para capturar UAV
I	Capacidad de transmitir información y designar objetivos al escalón superior
J	Movilidad adaptada al resto de vehículos
K	Protección

Posteriormente, se recogieron en una tabla todos los datos, indicando el número de veces que había salido cada aspecto en cada posición (ver ANEXO F). Finalmente, tras una ponderación, se han ordenado los requisitos del más importante al menos en función de la puntuación obtenida (ver Figura 3).



Figura 3. Puntuación obtenida de cada requisito tras evaluación (elaboración propia).

A la vista de los resultados, se deduce que, para los encuestados, los cuatro requisitos clave son la capacidad de abatir UAV, capacidad de abatir helicópteros y aviones, la capacidad de detección y el tiempo de respuesta corto. Para ello, se deberá elegir un sistema y armamento capaz de hacer frente a aeronaves tripuladas y no tripuladas con rapidez, y de mantener permanentemente vigilado el campo de batalla.

Otros atributos que se deben considerar en la toma de decisión son la movilidad y protección del sistema, junto con la posibilidad de incorporar armamento variado con misiones de autoprotección o de neutralización de UAV sin necesidad de destruirlos.

Finalmente, propiedades como la facilidad de empleo, munición abundante y capacidad de transmitir información al escalón superior son evaluadas como las menos importantes. En el caso de la última, se debe a que las amplias distancias que caracterizan los TO actuales pueden implicar que no se cuente con el apoyo directo de otras Unidades.

## 6. BÚSQUEDA DE MEDIOS Y PROPUESTA

En este apartado se presenta el estudio del estado del arte de medios similares al VCR 8x8 y de medios de defensa antiaérea, que permita comparar las opciones existentes. Este apartado es el paso previo a la toma de decisión sobre la base de los requisitos presentados en el apartado anterior, alcanzando así la solución más adecuada que cubra las necesidades del ET.

### 6.1. SOLUCIONES DE OTROS EJÉRCITOS

Existen vehículos de otros ejércitos y proyectos muy similares al VCR 8x8 adquirido por el ET, lo que apoya la decisión tomada de incluir este tipo de vehículos en la dotación militar. De hecho, el Ministerio de Defensa explica que este nuevo tipo de vehículos aportarán una “alta movilidad táctica, un elevado nivel de protección, capacidad de proyección y un alto nivel de letalidad.” [15]

Hay numerosos ejemplos de vehículos análogos, como el belga MOWAG Piranha IIIC 8x8, el ASLAV australiano y el Freccia italiano. Uno de los VCR en uso más avanzados es el americano Stryker 8x8 [16]. Se trata de una derivación del MOWAG Piranha III, cuyo fabricante es General Dynamics. Sus características técnicas y su capacidad de ser desplegado en TO le han hecho merecedor de reconocimientos en combate. Sin embargo, como todo, han sido necesarias varias actualizaciones tecnológicas para hacer frente a las amenazas a las que se ha visto expuesto. El caso más destacable es la incorporación de un sistema en ‘V’ que otorga mayor resistencia contra los efectos de IED, tan usados por la insurgencia en Afganistán, Irak o Mali.

Tiene una alta polivalencia, con diez configuraciones diferentes (ver Figura 4).

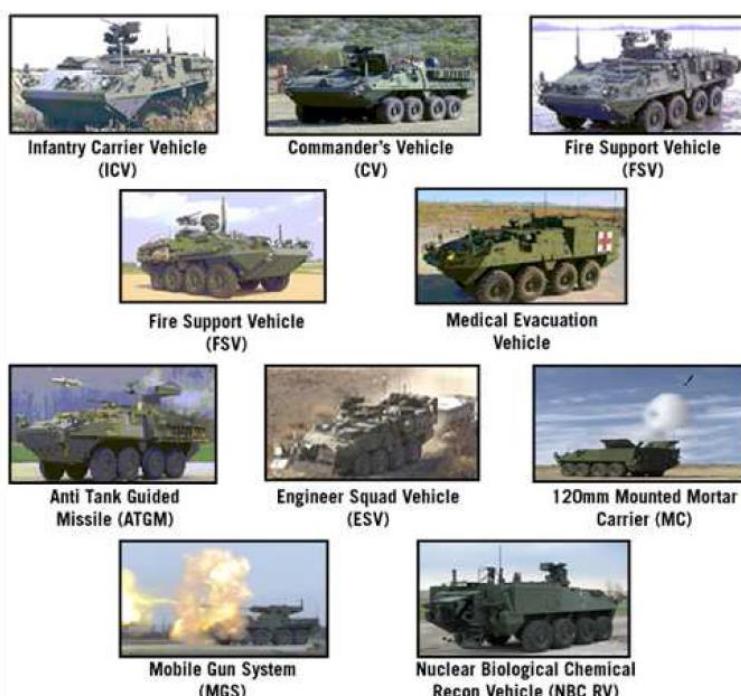


Figura 4. Configuraciones del vehículo 8x8 Stryker [45].

A pesar de todo, inicialmente no poseía ningún tipo de configuración cuya misión principal fuese garantizar la defensa aérea del despliegue propio. Hasta ahora siempre habían dado por sentada la superioridad aérea de su despliegue y por ello no lo habían contemplado. La utilización de UAV, especialmente en Europa en lugares como Ucrania o Letonia por parte del Ejército ruso, ha obligado a un nuevo planteamiento [18]. De hecho, este se ha destacado como una de las seis prioridades de modernización, para la cual se ha creado un Equipo Trans-Funcional (CFT por sus siglas en inglés), encargado de la adquisición de nuevos materiales que contribuyan a mejorar las capacidades a corto-medio plazo [19]. Como ya hicieron con la amenaza IED, han sabido identificar el problema y afrontarlo, y el resultado ha sido la creación de una configuración del Stryker con capacidad antiaérea.

Para diseñar esta nueva versión, tuvo lugar en octubre de 2017 la Asociación del Ejército de Estados Unidos (AUSA) 2017, una conferencia y exhibición en Washington D.C. En ella, numerosas empresas presentaron sus propuestas de cómo corregir el problema [20]. Finalmente, el Ejército Americano tomó la decisión de montar la plataforma de Leonardo DRS sobre el Stryker, buscando llenar el vacío de la burbuja de seguridad de sus unidades.

## 6.2. ANÁLISIS DE MEDIOS ACTUALES

El concurso presentado por el ejército americano en septiembre de 2017 es una buena fuente para conocer el estado del arte de sistemas de defensa aérea con capacidad de movilidad táctica [20]. En él, tuvieron lugar numerosas demostraciones de diversos medios, los cuales se van a analizar a continuación.

Una demostración similar tuvo lugar en Reino Unido, concretamente en Londres. Denominada DSEI, fue una conferencia de defensa en la que varias empresas ofrecieron sus activos con el objetivo de encontrar una solución al mismo problema que el de AUSA 2017. Junto a Raytheon, el protagonista de la conferencia fue la aportación de la empresa Saab, la cual será estudiada. Aunque hubo notables participaciones, como expresó James Tinsley, un analista de Avascent: “DSEI se trata menos sobre nuevos productos y más sobre adaptaciones. Este es un buen acercamiento para desplegar rápidamente capacidades y reducir la inversión cuando los presupuestos (de Investigación y Desarrollo) se han destinado a otras actividades, pero las soluciones lo más probable es que sean subóptimas para el rol”. [21]

### 6.2.1. PLATAFORMAS Y SISTEMAS

#### ➤ PLATAFORMA LEONARDO DRS

En junio de 2018, se reveló que la plataforma que emplearían los estadounidenses para su versión antiaérea Stryker sería la de la empresa Leonardo DRS, en cooperación con Moog Inc [22]. De esta coalición surgió la Plataforma Reconfigurable de Armas Integradas (RlwP, por sus siglas en inglés). Uno de los puntos fuertes de este sistema es su versatilidad a la hora de combinar distinto armamento. Alberga un total de ocho variantes en cuanto a su composición, con posibilidad de integrar un extenso listado de armamento diferente (ver ANEXO C) [23]. Esto lo convierte en una plataforma única con un gran potencial, útil para diferentes misiones en función de la amenaza a la que se enfrente la unidad.

Tabla 7. Características de la plataforma de Leonardo DRS (elaboración propia).

CAPACIDADES	MEDIDA
<b>MISIL</b>	Stinger
<b>ARMAMENTO SECUNDARIO</b>	Cañón de 30 mm M230LF y ametralladora 7,62 mm
<b>NÚMERO DE MISILES</b>	Variable según misil (de 1 a 6)
<b>CAPACIDAD DE DETECCIÓN</b>	18 km [24], pero orientada también a elementos terrestres [25]
<b>DETECCIÓN EN CUALQUIER CONDICIÓN</b>	Sí
<b>TORRE AUTOMATIZADA</b>	Sí
<b>MOVILIDAD</b>	No probada
<b>POSIBILIDAD DE IMPLEMENTAR OTRÓ ARMAMENTO</b>	Alta, gran variedad
<b>ARMAMENTO AVANZADO EN EL FUTURO</b>	Láseres
<b>EFFECTIVIDAD PROBADA</b>	No, aunque garantizada por empresa fabricante

A partir de este sistema de armas podrían crearse vehículos con distintas misiones, cubriendo todas las necesidades de una Unidad. Unificar la plataforma tendría ventajas logísticas y de instrucción, permitiendo la interoperabilidad entre todos los elementos de un despliegue.

Pese a ello, es difícil determinar la actuación que tendrá al emplearse en operaciones. El hecho de combinar en un mismo medio armamento con distintas misiones puede dificultar la adquisición y detección de los objetivos a batir. Asignar a un mismo vehículo (y a una misma tripulación) un sector de vigilancia tan amplio puede derivar en un detrimento de la probabilidad de éxito, sobre la base de la dificultad de reacción por parte del soldado, además de dificultar la instrucción diaria. Además, su funcionamiento solo se ha probado sobre vehículos ligeros, por lo que no está demostrada la eficacia del sistema sobre otra plataforma.

➤ **PLATAFORMA BOEING [26]**

Esta es una de las principales propuestas presentadas en AUSA 2017, y la que parecía que iba a ser la elegida por el Ejército estadounidense, antes de la aparición del RIwP. La plataforma diseñada por la empresa Boeing (ver Figura 5) es una torre remota con lanzadores de misiles y una ametralladora 12,70 mm. Aunque esto es una ventaja, no integrar armamento intermedio entre misiles y ametralladora podría dificultar el derribo de ciertas clases de UAV.

Tabla 8. Características de la plataforma de Boeing (elaboración propia).

CAPACIDADES	MEDIDA
<b>MISIL</b>	Stinger y Longbow Hellfire
<b>ARMAMENTO SECUNDARIO</b>	Ametralladora 12,70 mm [27]
<b>NÚMERO DE MISILES</b>	8 (4 de cada)
<b>CAPACIDAD DE DETECCIÓN</b>	18 km
<b>DETECCIÓN EN CUALQUIER CONDICIÓN</b>	Sí
<b>TORRE AUTOMATIZADA</b>	Sí
<b>MOVILIDAD</b>	Elevada, probada sobre vehículo 8x8 (Stryker)
<b>POSIBILIDAD DE IMPLEMENTAR OTRO ARMAMENTO</b>	Sí
<b>ARMAMENTO AVANZADO EN EL FUTURO</b>	Láseres [3]
<b>EFFECTIVIDAD PROBADA</b>	Sí



Figura 5. Plataforma Boeing [26].

Además, está dotada de un sensor orgánico que incluye sensores electroópticos e infrarrojos y láser designador de objetivos. De los dos tipos de misiles que integra, solo uno es antiaéreo (Stinger). El Longbow Hellfire es un misil contracarro. A pesar del incremento de capacidad de combate que supone, no contribuye a la defensa aérea, por lo que su efectividad en este campo podría verse disminuida.

Por último, es destacable que este sistema, montado sobre la plataforma del Stryker, realizó pruebas de detección y derribo de UAV en 2017 con éxito.

➤ **SAAB SHORAD [21]**

La solución de la empresa Saab se compone del radar *Giraffe 1X* unido al Sistema de Armas Remoto (RWS, por sus siglas en inglés) que dispara el misil RBS 70 NG. A priori, el conjunto se ha probado sobre vehículos ligeros. El radar *Giraffe 1X* tiene una alta capacidad de detección, tanto en distancia como en posibilidad de discernir multitud de amenazas, y puede operar tanto en estático como en movimiento [28]. El conjunto implementa un sistema de Mando y Control muy avanzado, con la configuración empleada por la OTAN.

Tabla 9. Características de la plataforma de Saab (elaboración propia).

CAPACIDADES	MEDIDA
<b>MISIL</b>	RBS 70 NG
<b>ARMAMENTO SECUNDARIO</b>	No
<b>NÚMERO DE MISILES</b>	3
<b>CAPACIDAD DE DETECCIÓN</b>	75 km, detecta hasta pequeños drones [28]
<b>DETECCIÓN EN CUALQUIER CONDICIÓN</b>	Sí
<b>TORRE AUTOMATIZADA</b>	Sí
<b>MOVILIDAD</b>	No probada sobre 8x8
<b>POSIBILIDAD DE IMPLEMENTAR OTRAS ARMAS</b>	No
<b>ARMAMENTO AVANZADO EN EL FUTURO</b>	No
<b>EFFECTIVIDAD PROBADA</b>	No

Una de las mayores debilidades del sistema es que está separado (ver Figura 6). En un vehículo se monta el radar *Giraffe 1X*, y en otro el RWS, lo cual incrementa problemas como movilidad, seguridad o logística. No obstante, esto también puede traer una serie de ventajas: mayor dificultad de ser identificado; apoyo mutuo en logística o posible futura interoperabilidad entre diversos vehículos de cada tipo.



Figura 6. Sistema Saab sobre dos vehículos [34].

➤ **HYBRID BIHO “FLYING TIGER” AIR DEFENSE SYSTEM**

La empresa surcoreana Hanwha fue otra de las cuatro principales que participaron en AUSA 2017 [21], presentando su *BIHO ‘Flying Tiger’ Air Defense System*. De este sistema existen dos diferentes variantes: BIHO y HYBRID BIHO (ver Figura 7) [29].

Tabla 10. Características del BIHO “*Flying Tiger*” air defense system (elaboración propia).

CAPACIDADES	MEDIDA
<b>MISIL</b>	Shingun
<b>ARMAMENTO SECUNDARIO</b>	Dos cañones gemelos antiaéreos de 30 mm
<b>NÚMERO DE MISILES</b>	4
<b>CAPACIDAD DE DETECCIÓN</b>	21 km
<b>DETECCIÓN EN CUALQUIER CONDICIÓN</b>	Sí
<b>TORRE AUTOMATIZADA</b>	Sí
<b>MOVILIDAD</b>	Alta, probado sobre vehículos cadenas
<b>POSIBILIDAD DE IMPLEMENTAR OTRO ARMAMENTO</b>	Desconocido
<b>ARMAMENTO AVANZADO EN EL FUTURO</b>	No
<b>EFFECTIVIDAD PROBADA</b>	Sí

BIHO es el medio antiaéreo autopropulsado que actualmente posee en dotación el ejército surcoreano para contribuir a reforzar su capacidad de actuación contra elementos aéreos de baja cota. Sobre una barcaza de cadenas, está dotado de dos cañones gemelos de 30 mm, con una alta cadencia de tiro de 1200 disparos por minuto, y un rango efectivo de 3 km. Este sistema posee un rastreador electrónico-óptico capaz de operar en cualquier climatología, ya sea en nocturno o diurno. Integra sistemas de corrección de tiro que garantizan su precisión, poseyendo un tiempo de respuesta inferior a 13 s.

La versión HYBRID le suma al sistema BIHO original un lanzador portable de misiles Shingun e incrementa el rango de detección hasta los 21 km, todo ello sin perder ni reducir otras facultades como la maniobrabilidad o velocidad.



Figura 7. A la izquierda, vehículo cadena con sistema BIHO. A la derecha, con sistema Hybrid BIHO [29].

Con esto, Hanwha ha conseguido crear una plataforma que permite abatir todo tipo de elementos aéreos de baja cota, adecuando el empleo del armamento a la amenaza encontrada. Ello implica una alta economía de medios que disminuye notablemente los costes de empleo.

### 6.2.2. MISILES

Una vez evaluadas las diversas plataformas de lanzamiento de misiles, se van a comparar las características de tres de los misiles más avanzados del mercado. En la Tabla 11 se recogen las características más relevantes de los tres candidatos.

Tabla 11. Comparación entre características de los misiles (elaboración propia).

MISILES CARACTERÍSTICAS \	STINGER FIM-92J [30]	MISTRAL 3 [31], [32], [33]	RBS 70 NG [34]
Empresa	<i>Raytheon Missile Systems</i>	MBDA	Saab
Año	1981 [30]	1988	2011
Alcance (m)	5500	6000	9000
Cota Máxima (m)	3800	3000	5000
Modo de Guiado (ver ANEXO I)	Microprocesador Reprogramable (ultravioleta e infrarrojo) [35]	Pasivo infrarrojo	Láser [36]
Correcciones en vuelo	Si	Si	Si
Dispara y Olvida	Si	Si	No [37]
Peso (por unidad en kg)	15,2	19	17
Calibre (mm)	70	90	106
Carga explosiva (kg)	3	3 (bolas de tungsteno)	1,6 (bolas de tungsteno)
Sistema de detonación	Por impacto, fusibles de proximidad o tiempo [38]	Por impacto, láser de proximidad o tiempo	Por impacto, fusibles de proximidad o tiempo
Países de empleo	29 [39]	27	19
Eficacia probada (neutralizaciones)	270 naves 2 UAV (en pruebas)		

Por una parte, el Stinger es un misil de gran reconocimiento mundial por su actuación en numerosos escenarios, como la guerra de Afganistán de 1988. Cuenta con diez versiones diferentes, fruto de la constante actualización del medio (ver ANEXO D).

El Mistral es un misil antiaéreo cuya ventaja sobre los demás es que ya se encuentra en dotación en el ET. Las ventajas de ello es que no haría falta comenzar de nuevo un proceso adquisitivo específico para el misil, ni instruir al personal en su empleo y mantenimiento. El ahorro en costes logísticos sería un importante factor a tener en cuenta.

Por último, el RBS 70 NG es también una de las versiones más actualizadas del modelo. Su empleo no ha sido tan extenso como el del Stinger o el Mistral, pero ha obtenido buenos resultados por parte de usuarios como el Ejército de Tierra de la República Checa [40]. El sistema de guiado por láser lo diferencia de la tecnología habitualmente usada en medios similares (ver ANEXO E).

### 6.2.3. MEDIOS ALTERNATIVOS

#### ➤ **MOBILE ANTI-UAD DEFENSE SYSTEM (AUDS)**

Se trata de un sistema creado por la empresa Orbital ATK en colaboración con el Ejército Norteamericano, y su característica principal es la dualidad de posibilidades para derribar un UAV [41]. Está compuesto por dos tipos de armamento, un distorsionador de radiofrecuencia y un cañón de 30 mm. Todo el conjunto ha sido montado sobre un Stryker a principios de 2018, y se llevaron a cabo pruebas de efectividad en el ejercicio *Maneuver Fires Integrated Experiment*, en Oklahoma, Estados Unidos [42].

Por una parte, el distorsionador de radiofrecuencia (ver Figura 8) está diseñado por la empresa Liteye. Su modo de empleo es similar al de un inhibidor. Tras detectar el UAV, el operador le apunta y ‘dispara’ como si se tratase de un arma convencional. Este acto provoca la ruptura del enlace entre el UAV y el sistema que lo controla de forma remota, provocando la caída del aparato. De esta manera, se puede eliminar la amenaza sin necesidad de realizar fuego sobre ella.



Figura 8. Sistema AUDS [46].

Por otra parte, el sistema incluye también un cañón de 30 mm *Bushmaster Chain*, para incluir una segunda opción contra elementos aéreos, en caso de fracaso del método electrónico.

La combinación de elementos tanto letales como no-letales posibilita trabajar en un amplio espectro, obteniendo diferentes resultados en función de la necesidad del usuario. Sin embargo, la tecnología de guerra electrónica contra-UAV puede resultar ineficaz con el paso del tiempo. El director de la división de desarrollo de negocios de Orbital ATK, Coronel Robert Menti, afirma que “A medida que evolucione la amenaza UAV, la única manera que habrá para derrotarlo será [...] un cañón o un misil. [...] La guerra electrónica finalmente dejará de funcionar porque no habrá nada que interferir, pues serán autónomos.”. Esto implica un inconveniente que obstaculiza la futura eficacia de esta tecnología.

Además, el hecho de no incluir misiles impide abatir amenazas de mayor dimensión como UAV Clase II o helicópteros, que, a pesar de no ser tan frecuentes en los campos de batalla actuales, siguen siendo un desafío a tener en cuenta.

#### ❖ LÁSERES DE ALTA ENERGÍA

El director del Future Warfare Center del Mando de Defensa de Espacio y Misil del Ejército Americano, Richard DeFatta, afirmó en una entrevista que la tecnología que desarrolla armas láseres de alta intensidad está acercándose a su objetivo [18].

Este año por primera vez los estadounidenses integraron un láser de 60 kW en un vehículo, buscando crear un Demostrador de un Vehículo Táctico con un Láser de 100 kW. DeFatta afirma que la capacidad de maniobra del vehículo y el aumento de la potencia del láser permitirán interceptar UAV con un alto nivel de efectividad, al reducirse el tiempo necesario apuntando sobre el objetivo.

No obstante, este programa tiene todavía un largo camino por recorrer antes de que pueda ser empleado. En primer lugar, los inconvenientes que pueden provocar situaciones meteorológicas adversas como la lluvia o la niebla no han sido todavía determinados. Por otro lado, sería necesario cualificar a soldados en el empleo de estos medios, aumentando la dificultad de implementación del sistema a la instrucción.

Los láseres de alta energía son una tecnología prometedora que revolucionarán los mercados en años venideros. Sin embargo, hoy en día, implementarlos en un sistema no garantiza el cumplimiento de la misión.

### 6.3. EVALUACIÓN DE LOS MEDIOS

La toma de decisión se realizó utilizando una ponderación numérica de los requisitos establecidos, para evaluar cada medio en base a ellos [43]. Por un lado, se compararon las plataformas y sistemas, y por otro los misiles. Los medios avanzados no se tuvieron en cuenta, pues el estudio reveló que la tecnología no está todavía lo suficientemente desarrollada, o su eficacia es dudosa.

**Plataforma y sistemas.** En primer lugar, se llevó a cabo una ponderación del valor que tiene cada requisito en función de la puntuación obtenida. De los requisitos se retiraron la capacidad de abatir UAV y la de abatir helicópteros, pues es una cualidad más relacionada con los misiles que con la plataforma. Los resultados de esa ponderación se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Ponderación de los requisitos para sistemas y plataformas (elaboración propia).

PONDERACIÓN DE LOS REQUISITOS PARA SISTEMAS Y PLATAFORMAS	Puntuación obtenida	Porcentaje
Capacidad de detección	111	18,6
Tiempo de respuesta rápido entre detección y destrucción	102	17,1
Movilidad adaptada al resto de vehículos	78	13,1
Armamento letal/ no letal para capturar UAVs	70	11,7
Protección	60	10,1
Armamento secundario para autoprotección	54	9,1
Munición abundante	52	8,7
Facilidad de empleo	44	7,4
Capacidad de transmitir información y designar objetivos al escalón superior	25	4,2
Suma	596	100

Tras ello, se delimitaron los baremos a utilizar para cada requisito, otorgando una puntuación específica para cada uno determinada en consenso con personal de la Unidad para reducir el componente subjetivo del proceso (ver ANEXO G). En estos baremos, se unificaron los requisitos de movilidad y protección, dado que ambas capacidades van unidas a la posibilidad de integrarlo sobre vehículos ligeros o sobre otros de mayor nivel como cadenas o ligero-protectoras. Los resultados de la evaluación inicial y de la evaluación tras incluir la ponderación se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Puntuaciones de las plataformas y sistemas sobre la base de los requisitos (elaboración propia).

Requisitos	RlwP	Boeing	Saab	Hybrid BIHO	RlwP	Boeing	Saab	Hybrid BIHO
<b>Capacidad de detección</b>	5	5	10	8	93,1	93,1	186,2	149,0
<b>Tiempo de respuesta</b>	5	5	5	5	85,6	85,6	85,6	85,6
<b>Movilidad/Protección</b>	8	8	5	8	185,2	185,2	115,8	185,2
<b>Letal/no letal</b>	5	5	0	0	58,7	58,7	0,0	0,0
<b>Armamento Secundario</b>	5	5	0	10	45,3	45,3	0,0	90,6
<b>Munición (nº de misiles)</b>	5	6	3	5	43,6	52,3	26,2	43,6
<b>Facilidad de empleo</b>	5	5	5	5	36,9	36,9	36,9	36,9
<b>Capacidad de transmitir información</b>	5	5	7	5	21,0	21,0	29,4	21,0
<b>Suma Total</b>	43	44	35	46	569,5	578,2	480,0	611,9

El que obtuvo mayor puntuación fue el sistema Hybrid BIHO, por lo que es el candidato más adecuado para incluirlo en la configuración. A pesar de no destacar en todos los aspectos, la implementación de armamento secundario orientado a la defensa antiaérea otorga un margen de ventaja al sistema que lo convierte en idóneo para la configuración.

**Misiles.** Utilizando el mismo procedimiento se evaluaron los misiles en estudio. En este caso, los requisitos a evaluar fueron la capacidad de abatir UAV, helicópteros y aviones. Como ambos obtuvieron una puntuación tan similar en la evaluación de requisitos, no se consideró necesario hacer una ponderación, sino simplemente se evaluó la capacidad de destrucción en base a sus características (ver Tabla 11). Los baremos empleados pueden consultarse en el ANEXO G. La Tabla 14 recoge las puntuaciones obtenidas de cada misil.

Tabla 14. Evaluación de misiles en base a sus características (elaboración propia).

Requisitos	STINGER	MISTRAL	RBS 70 NG
<b>Sistema de guiado</b>	10	10	5
<b>Carga explosiva (kg)</b>	7	7	5
<b>Detonación por proximidad</b>	5	5	5
<b>Alcance (m)</b>	5	5	7
<b>Cota (m)</b>	7	7	7
<b>Dispara y Olvida</b>	5	5	0
<b>Eficacia probada</b>	8	8	3
<b>Peso (kg)</b>	5	1	3
<b>Países de empleo</b>	5	3	1
<b>Suma Total</b>	57	51	36

El misil con mayor puntuación es el Stinger FIM-92J, que fue el elegido. Aunque no dista del segundo, la ligereza del sistema y especialmente el gran reconocimiento internacional que posee han favorecido su elección. El RBS 70 NG se queda atrás debido a su ausencia de ‘Dispara y olvida’ y a su sistema de guiado por láser (ver ANEXO I).

#### 6.4. DECISIÓN

El resultado es que lo óptimo sería combinar la plataforma Hybrid BIHO con el misil Stinger FIM-92J. En la Tabla 15 se refleja el análisis DAFO [43] elaborado, donde se representan las cualidades de la solución hallada.

Tabla 15. Análisis DAFO de la decisión tomada (elaboración propia).

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No tiene armamento para protegerse de amenazas terrestres.</li> <li>- No es posible capturar el aparato aéreo mediante armamento no letal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad de compatibilizar con el VCR 8x8.</li> <li>- Que se conviertan en objetivo de alto valor para el enemigo.</li> <li>- Que se desarrolle tecnología no letal y no se pueda implementar</li> <li>- Complicación táctica y logística</li> </ul>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versatilidad de armamento</li> <li>- Buenos sistemas de detección y rastreo</li> <li>- Misil con capacidades adecuadas para destruir diversos tipos de medios.</li> <li>- Eficacia probada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad de emplearlo en diversos TO con cualquier nivel de amenaza.</li> <li>- Vender la configuración</li> <li>- Colaborar con empresas civiles para implementar otros sistemas más avanzados</li> <li>- Integrarla en otras plataformas para apoyar el avance de unidades mecanizadas o de montaña.</li> </ul>

**Fortalezas:** el hecho de combinar armamento antiaéreo de fuego directo, cuya cadencia de tiro es muy elevada, con lanzadores de misiles proporciona diversas soluciones para derribar una amenaza concreta, ya sea un UAV o una aeronave tripulada. Además, la capacidad de detección que posee, a pesar de no ser la más avanzada, es apta para poder detectar amenazas con suficiente antelación para realizar el seguimiento y el derribo antes de suponer un riesgo para las Unidades. Por su parte, el misil Stinger no es de los que alcanza mayor cota o distancia. Sin embargo, su recientemente integrada versión FIM-92J, con detonación por proximidad y sistema de guiado por Microprocesador Reprogramable lo han hecho más efectivo en la destrucción de múltiples medios y resistente frente a contramedidas. Por último, un factor clave es la garantía de efectividad que tienen ambos medios. Han sido empleados en situaciones reales confirmadas, tanto en pruebas como en multitud de combates (especialmente el misil), demostrando su eficacia. Así se reduce la duración del proceso de pruebas y el riesgo de adquirir un medio ineficaz, pudiendo distribuir el conjunto a las Unidades a la mayor brevedad posible con certeza de éxito.

**Debilidades:** las debilidades que afectan a la configuración obtenida son sobre todo en base a su armamento. Al no tener armamento secundario de protección inmediata, necesita integrarse dentro de un despliegue propio para garantizar su protección. Más alarmante es la ausencia de armamento no letal. Aunque se deba a una cuestión de falta de desarrollo de la tecnología, lo idóneo sería incluir este tipo de elementos que permitan capturar UAV para extraer información de estos.

**Amenazas:** la incompatibilidad entre la plataforma y el misil, entre el conjunto y la barcaza Piranha V, o entre el conjunto y posible armamento avanzado entraña una amenaza para la configuración difícilmente solucionable sin modificar el sistema. Además, es probable que se convirtiese en un objetivo de alto rendimiento para el enemigo, pues este sería el único de la Unidad capaz de afrontar una amenaza aérea. A esto se le suma la posible complicación logística y táctica que implicaría llevar un medio con esta misión para el Mando, desconocida porque todavía no hay nada similar implementado en Infantería.

**Oportunidades:** en cuanto a las oportunidades, se podría desplegar el vehículo en cualquier TO, ya fuese de combate convencional o de asimétrico. También podría venderse la configuración escogida a otros ejércitos si resulta eficaz en situaciones de combate. Además, el ET podría colaborar con empresas civiles para perfeccionar el producto, favoreciendo la industria bélica. Finalmente, podría implementarse el conjunto sobre otras plataformas, como vehículos cadenas o de montaña, para ampliar su ámbito de actuación.

## 7. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tras realizar todo el trabajo, se ha logrado cumplir el objetivo del mismo, es decir, proponer una configuración del nuevo 8x8 con capacidad de defensa aérea.

Inicialmente, el análisis de las amenazas aéreas reveló lo ya anticipado en la Introducción, que es que los UAV estaban adquiriendo una importancia en el panorama bélico que requiere soluciones específicas para hacerles frente. Aun así, no se debe olvidar el peso que tienen las aeronaves tripuladas en la capacidad de combate y maniobra de los ejércitos convencionales. Aunque ahora mismo los conflictos principales son de índole asimétrico, no se puede crear una configuración antiaérea que no esté preparada para neutralizar estos medios en caso de que ocurra un conflicto a mayor escala entre potencias.

En segundo lugar, el análisis del VCR 8x8 Piranha V demostró que el vehículo es un sistema que incorpora tecnología muy avanzada en cuanto a observación, movilidad, protección y potencia de fuego, cuya diversidad de configuraciones garantiza el cumplimiento de las misiones específicas de cada usuario al que van destinadas. Pese a ello, la ausencia de armamento, requisitos en los Proyectos Tecnológicos y demostradores orientados a cubrir el espacio aéreo manifiesta el vacío que existe en este sector en los despliegues de las Unidades, especialmente en las ocasiones en las que las amplias distancias entre la Unidad y los apoyos proporcionados por los superiores dificultan su respaldo. Por ello, se deduce que lo óptimo es dotar a las Unidades de Infantería de la capacidad de afrontar estas situaciones con sus propios medios.

Una vez identificada esta necesidad, se han determinado las características que debe reunir la solución. El resultado ha sido un conjunto de requisitos, ordenados por relevancia en función de la opinión de miembros de la Unidad encuestados, que servirían de base para llevar a cabo el siguiente paso. Lo más valorado como era de esperar era la posibilidad de abatir todo tipo de aeronaves, tanto tripuladas como no tripuladas. Este hecho refleja el cambio de mentalidad que está atravesando el ET, en consonancia con la Introducción, revelando la importancia que están adquiriendo los UAV, llegando a un nivel de peligrosidad similar al de helicópteros y aviones.

Finalmente, la recopilación de información, unida a los criterios de comparación adquiridos en el apartado de requisitos, ha permitido un análisis profundo de los distintos medios estudiados, tanto plataformas y sistemas como misiles. Las tablas de ponderaciones y la evaluación empírica han facilitado la toma de decisión final, enfocándola desde un punto de vista objetivo y relacionado con los requisitos. Por lo tanto, se ha logrado cumplir el objetivo del trabajo, que es proponer una configuración del nuevo VCR 8x8 Piranha V con capacidad de defensa aérea.

## 8. LÍNEAS FUTURAS

El presente proyecto tiene varias vías que permitirían profundizar en la cuestión. La principal de ellas es el aspecto económico. Como se ha mencionado anteriormente, realizar un estudio económico requeriría información no disponible o clasificada, pues no solo importa el precio unitario por plataforma y misil, sino otros aspectos logísticos como piezas de mantenimiento, coste de traslado o modificaciones para permitir la acoplabilidad del sistema al vehículo. La mayoría de ellos se reflejan en los contratos de adquisición. Además, los presupuestos de los programas adquisitivos son aprobados por el Ministerio de Defensa, por lo que en función del presupuesto disponible, se podría tomar una decisión u otra. Pese a todo, no deja de ser un factor clave no contemplado en el estudio, y que podría provocar la variación de la decisión tomada si se contemplase la adquisición del medio. Por ejemplo, si se hubiese tenido en cuenta el factor económico, el misil Mistral se habría visto beneficiado en la evaluación, pues el hecho de estar ya en dotación en las FAS españolas reduciría en gran medida el impacto logístico y de adiestramiento de la nueva configuración.

Otra posible línea futura es la implementación de armamento no letal o más avanzado como los láseres de alta energía. Como se ha analizado, esta tecnología no está todavía completamente desarrollada, por lo que no se ha elegido como óptima para la configuración. Haberlo hecho entrañaría la opción de que no diese los resultados esperados y la inversión no hubiese sido la adecuada. Aun así, una vez desarrollados, su implementación sería digna de ser estudiada, pues implican métodos alternativos para derribar UAV e incluso capturarlos en el caso de los distorsionadores de frecuencia. Uno de los inconvenientes de este armamento sería la necesidad constante de mantenerlo actualizado, pues es un campo que está en evolución, tanto el aspecto ofensivo como el defensivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Europa Press, «Los diez inventos que los militares han convertido en cotidianos para los ciudadanos,» *Europa Press*, 15 Agosto 2017.
- [2] «Pocket-lint,» 02 Febrero 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.pocket-lint.com/gadgets/news/143526-27-military-technologies-that-changed-civilian-life>. [Último acceso: 25 Octubre 2018].
- [3] «*Breaking Defense*,» 15 Abril 2017. [En línea]. Disponible: <https://breakingdefense.com/2017/04/boeing-upgrades-air-defense-vs-russians-avenger-shorad/>. [Último acceso: 02 Octubre 2018].
- [4] MADOC, DIVA-CD-017 "Defensa Aérea en los Batallones de Infantería", 2017.
- [5] B. Watson, «*Defense One*,» 12 Enero 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.defenseone.com/technology/2017/01/drones-isis/134542/>. [Último acceso: 20 Octubre 2018].
- [6] d. R. 1. Subteniente D. Jose Miguel Miñano Vera, Interviewee, [Entrevista]. 24 Septiembre 2018.
- [7] L. Lagneau, «*Zone Militaire*,» 01 Marzo 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.opex360.com/2017/03/01/attaque-terroriste-avec-drone-ne-pourra-pas-toujours-etre-empechee/>. [Último acceso: 15 Octubre 2018].
- [8] *The Guardian*, «*Isis booby-trapped drone kills troops in Iraq, officials say*,» *The Guardian*, 12 Octubre 2016.
- [9] MADOC, OR4-702 "Empleo de Unidades de Helicópteros de Ataque", 2011.
- [10] Centro Universitario de la Defensa, «Gestión de Riesgos,» 2017.
- [11] F. Sahagún, Panorama Estratégico, 2017.
- [12] p. a. M. Coronel Jesús Marco Vila, Interviewee, [Entrevista]. 16 Octubre 2018.
- [13] E. Villarejo, «ABC Blogs,» 28 Febrero 2018. [En línea]. Disponible: [abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/public/post/ejercito-tecnologia-8x8-23457.asp/](http://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/public/post/ejercito-tecnologia-8x8-23457.asp/). [Último acceso: 02 Septiembre 2018].
- [14] J. M. N. García, «Defensa,» 17 Mayo 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.defensa.com/espana/n-21-mayo-presentara-uno-demonstradores-programa-vcr-8x8>. [Último acceso: 02 Septiembre 2018].

- [15] F. Cancio, «El futuro blindado 8x8 del Ejército que «jubilará» al BMR,» *La Razón*, 01 Abril 2018.
- [16] P. d. I. instalaciones, Interviewee, *Visita a fábrica de General Dynamics*. [Entrevista]. 27 Agosto 2018.
- [17] Dirección General de Armamento y Material, «Pliego de Prescripciones Técnicas del VCR 8x8,» 2015.
- [18] G. Sheftick, «*US Army webpage*,» US Army, 01 Marzo 2018. [En línea]. Disponible: [https://www.army.mil/article/201365/army\\_prioritizes\\_mobile\\_system\\_to\\_counter\\_drones](https://www.army.mil/article/201365/army_prioritizes_mobile_system_to_counter_drones). [Último acceso: 25 Septiembre 2018].
- [19] G. Sheftick, «*US Army webpage*,» US Army, 22 Marzo 2018. [En línea]. Disponible: [https://www.army.mil/article/202597/maneuver\\_shorad\\_to\\_test\\_new\\_modernization\\_method](https://www.army.mil/article/202597/maneuver_shorad_to_test_new_modernization_method). [Último acceso: 25 Septiembre 2018].
- [20] J. Judson, «*Defense News*,» 01 Marzo 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.defensenews.com/land/2018/03/01/interim-short-range-air-defense-solution-will-be-stryker-based/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2018].
- [21] J. Judson, «*Defense News*,» 15 Septiembre 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/dsei/2017/09/15/from-flying-tiger-to-iron-dome-a-shorad-renaissance-is-underway/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2018].
- [22] Leonardo DRS, «*Leonardo DRS webpage*,» 28 Junio 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.leonardodrs.com/news-and-events/press-releases/leonardo-drs-down-selected-to-provide-us-army-with-im-shorad-prototypes/>. [Último acceso: 02 Octubre 2018].
- [23] Leonardo DRS, «*Reconfigurable Integrated-weapons Platform, Future Warfighter Needs Available Today*,» 2018.
- [24] Moog Inc., «*Reconfigurable Integrated-weapons Platform, Future Warfighter Needs Available Today*,» 2018.
- [25] Leonardo DRS, «*ENHANCED TARGET ACQUISITION THROUGH ADVANCED TECHNOLOGY*,» 2017.
- [26] Army Recognition, «*Army Recognition*,» 11 Octubre 2017. [En línea]. Disponible: [https://www.armyrecognition.com/ausa\\_2017\\_show\\_daily\\_news\\_tv\\_coverage\\_report/new\\_general\\_dynamics\\_stryker\\_msl\\_short-range\\_air\\_defense\\_vehicle.html](https://www.armyrecognition.com/ausa_2017_show_daily_news_tv_coverage_report/new_general_dynamics_stryker_msl_short-range_air_defense_vehicle.html). [Último acceso: 15 Septiembre 2018].
- [27] Boeing, «*Boeing webpage*,» 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.boeing.com/history/products/avenger-missile-launcher.page>. [Último

- acceso: 27 Septiembre 2018].
- [28] Saab, «*Saab webpage*,» 2018. [En línea]. Disponible: <https://saab.com/land/weapon-systems/ground-based-air-defence-missile-systems/mshorad/>. [Último acceso: 15 Octubre 2018].
- [29] Hanwha, «*Hanwha webpage*,» 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.hanwha-defensesystems.co.kr/eng/products/antiaircraft-artillery-complex.do>. [Último acceso: 16 Octubre 2018].
- [30] «*Defence*,» 02 Diciembre 2015. [En línea]. Disponible: <https://defence.pk/pdf/threads/fim-92-stinger-man-portable-air-defense-system.411483/>. [Último acceso: 12 Octubre 2018].
- [31] Ejército de Tierra, «*Página del Ejército de Tierra*,» [En línea]. Disponible: [http://www.ejercito.mde.es/materiales/artilleria\\_antiaerea/MISTRAL.html](http://www.ejercito.mde.es/materiales/artilleria_antiaerea/MISTRAL.html). [Último acceso: 25 Octubre 2018].
- [32] MBDA, «*Mistral Atlas RC*».
- [33] Army Technology, «*Army Technology*,» [En línea]. Disponible: <https://www.army-technology.com/projects/mistral-missile/>. [Último acceso: 22 Octubre 2018].
- [34] Saab, «*Saab webpage*,» [En línea]. Disponible: [https://saab.com/land/weapon-systems/ground-based-air-defence-missile-systems/rbs\\_70\\_ng/](https://saab.com/land/weapon-systems/ground-based-air-defence-missile-systems/rbs_70_ng/). [Último acceso: 23 Octubre 2018].
- [35] US Marine Corps, «*Stinger Weapon System*,» de *Low Altitude Air Defense (LAAD) Gunner's Handbook*, 2011, p. 21.
- [36] Army Technlogy, «*Army Technology*,» [En línea]. Disponible: <https://www.army-technology.com/projects/rbs-70-ng-very-short-range-air-defence-vshorad-system/>. [Último acceso: 23 Octubre 2018].
- [37] Defence, «*Defence*,» 01 Marzo 2017. [En línea]. Disponible: <https://defence.pk/pdf/threads/rbs-70-man-portable-air-defense-missile-system.480855/>. [Último acceso: 23 Octubre 2018].
- [38] Galaxia Militar, «*Galaxia Militar*,» 09 Junio 2017. [En línea]. Disponible: <http://galaxiamilitar.es/el-ejercito-de-estados-unidos-y-la-compania-raytheon-demuestran-la-capacidad-del-misil-stinger-contra-uas/>. [Último acceso: 15 Octubre 2018].
- [39] Military Factory, «*Military Factory*,» [En línea]. Disponible: [https://www.militaryfactory.com/smallarms/detail.asp?smallarms\\_id=30#media](https://www.militaryfactory.com/smallarms/detail.asp?smallarms_id=30#media). [Último

acceso: 15 Octubre 2018].

- [40] Saab, «*RBS 70 NG Transforming the Battlefield*,» 2011.
- [41] US Army, «*US Army webpage*,» 18 Diciembre 2017. [En línea]. Disponible: [https://www.army.mil/article/198368/auds\\_links\\_electronic\\_warfare\\_and\\_ammunition](https://www.army.mil/article/198368/auds_links_electronic_warfare_and_ammunition). [Último acceso: 02 Octubre 2018].
- [42] Northman Group, «*News Northman Group webpage*,» 17 Enero 2018. [En línea]. Disponible: <https://news.northropgrumman.com/news/releases/orbital-atk-demonstrates-counter-unmanned-aerial-systems-technologies>. [Último acceso: 02 Octubre 2018].
- [43] Centro Universitario de la Defensa, «*Gestión de Adquisiciones*,» 2017.
- [44] IDS, «*De los UAV a los RPAS*,» perfilesIDS, 2014.
- [45] E. Saumeth, «*General Dynamics "Stryker"*,» 2012.
- [46] Army Recognition, «*Army Recognition*,» 10 Octubre 2017. [En línea]. Disponible: [https://www.armyrecognition.com/ausa\\_2017\\_show\\_daily\\_news\\_tv\\_coverage\\_report/orbital\\_atk\\_unveils\\_its\\_stryker-based\\_counter-uas\\_system.html](https://www.armyrecognition.com/ausa_2017_show_daily_news_tv_coverage_report/orbital_atk_unveils_its_stryker-based_counter-uas_system.html). [Último acceso: 25 Octubre 2018].

## ANEXOS

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## ANEXO A: EMPLEO DE UAVS POR PARTE DE INSURGENCIAS

El empleo de UAVs por parte de fuerzas irregulares se está incrementando. La Figura 9 muestra los incidentes recogidos en la parte del territorio maliense correspondiente a las FAS españolas.

- El 050025JUN16, en KTC un UAV bastante grande no identificado estacionario varios segundos, a 50 m. de altitud y a 15 m. de OP-T.
- Durante el mes de ABR17 y primeros de MAY17, se tiene constancia de sobrevuelos realizados por UAV's sobre tropas de MINUSMA:
  - TESSALIT: 3 vuelos, siendo 2 de ellos en el arco nocturno.
  - KIDAL: 1 vuelo.
  - GAO: 1 vuelo.

Los UAV de KIDAL y GAO eran cuadricópteros (pequeños), mientras que el que sobrevoló TESSALIT tenía alas en delta y podría estar dotado con algún medio de observación nocturna, este UAV podría ser un X8 de UAV SYSTEMS INTERNATIONAL.

- El 221805MAY17, un UAV de color blanco con cuatro propulsores, sobrevoló la Base de MINUSMA en TESSALIT de sur a norte. La envergadura era de aproximadamente de 1 metro.
- Los días 14SEP17 y 21SEP17, un UAV no identificado sobrevoló la Base aérea FAMA, QRF MINUSMA aeropuerto de SEVARE y RHQ MINUSMA de MOPTI.
- El 29ENE18, dos UAVs no identificados sobrevolaron el campamento de MINUSMA/FAMA en GOUNDAM durante 30 minutos antes de dirigirse hacia TOMBUCTÚ

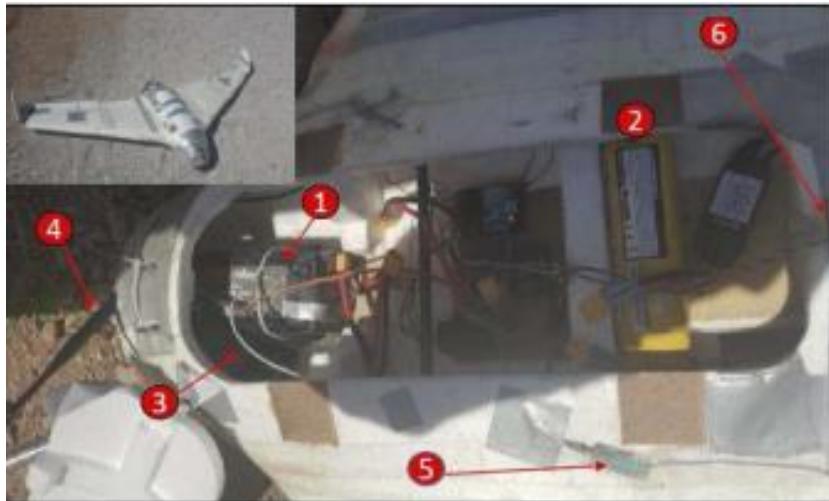
Figura 9. Incidentes con UAV en Mali [6].

Aunque lo más habitual es el empleo de pequeños UAV cuadricópteros (funcionan con cuatro hélices), se han identificado otros más avanzados cuyas características permiten hacer una vigilancia más precisa. La posibilidad de transportar objetos de estos aparatos implica que el peligro no solo puede ser por la observación, sino que se tiene constancia del uso de estos pequeños drones para acarrear granadas de mortero o similar, soltándolas sobre los objetivos (ver Figura 10).



Figura 10. Cuadróptero con granada de mortero anclada [6].

Como se ha explicado en el trabajo, también se han dado casos de empleo de UAV como IED, que consiste en introducir una carga explosiva dentro del artefacto para detonarla cuando se aproxime personal a recogerlo. Un ejemplo visual de este dispositivo es el de la Figura 11.



- 1) Explosivos camuflados como baterías
- 2) Batería real
- 3) Posible circuito interruptor
- 4) Posible cámara
- 5) Posible antena para detonación
- 6) Posible antena para control del UAV

Figura 11. UAV con IED en el interior [6].

## ANEXO B: UAVS DE DOTACIÓN EN EL ET ESPAÑOL

El ET tiene en dotación oficial dos UAV, cuyas misiones consisten en la obtención de información mediante la observación. A continuación, se muestran las características de ambos.

### Sistema Integrado de Vigilancia Aérea (SIVA)

Tabla 16. Características del SIVA [31].

FABRICACIÓN	Instituto nacional de técnicas aeroespaciales (España)
MISIÓN	Vigilancia general del campo de batalla, reconocimiento de zonas y rutas, adquisición y seguimiento de objetivos, evaluación de daños, ajuste y corrección del tiro
LONGITUD TOTAL	4.025 m
PESO VACÍO	235 Kg
CARGA ÚTIL	25 Kg
PESO MÁXIMO DE LANZAMIENTO	300 Kg
VELOCIDAD MÁXIMA	190 km/h
TECHO DE SERVICIO	13.000 Pies
ALCANCE	150 Kilómetros
AUTONOMÍA	7 Horas



Figura 12. Imagen de SIVA [31].

Se trata de un UAV Clase II según la clasificación OTAN según su peso máximo de lanzamiento (está entre 150 y 600kg) y su alcance (menor de 200km). Sin embargo, las características de su techo de servicio exceden las de los UAV Clase II, aunque no puede llegar a considerarse Clase III. Además de realizar misiones tipo de observación del terreno, tiene la capacidad de hacer correcciones de tiro y evaluaciones de daños. Es capaz de despegar en pista o desde un lanzador, y la recuperación se hace habitualmente en pista, aunque tiene la posibilidad de realizarse mediante paracaídas.

### Plataforma Aérea Sensorizada de Inteligencia (PASI)

Tabla 17. Características del PASI [31]

FABRICACIÓN	IAI (ISRAEL)
MISIÓN	ISTAR por observación aérea
LONGITUD TOTAL	5,85 m
PESO VACÍO	305 Kg
CARGA ÚTIL	100 Kg
PESO MÁXIMO DE LANZAMIENTO	427 Kg
VELOCIDAD MÁXIMA	170 Nudos
TECHO DE SERVICIO	19.000 Pies
ALCANCE EN DESPLAZAMIENTO	250 Kilómetros
AUTONOMÍA	12 Horas



Figura 13. Imagen del PASI [31].

De mayores dimensiones que el SIVA, el PASI está también clasificado dentro de los UAV Clase II, a pesar de que su techo de servicio casi duplica el límite para esta categoría. Su misión principal es la Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento (ISTAR). Está equipado con sensores electroópticos que se controlan y monitorizan desde una estación de control en tierra.

Aunque no están en dotación oficial en el ET, cada vez se está frecuentando más la adquisición de UAV mini o micro a nivel Compañía o Batallón para realizar misiones de observación. Su empleo proporciona al Mando información actualizada y veraz sobre el terreno o el enemigo, y son sencillos de transportar y manejar. El problema que hay es que, al tratarse de medios civiles, tienen bastante peor resistencia a condiciones climatológicas adversas, peor capacidad de observación, menor autonomía y distancia de vuelo, etc. Se prevé que en años venideros se dote de medios militares oficiales a las Compañías y Batallones para mejorar sus capacidades.

## ANEXO C: PROFUNDIZACIÓN DEL RIWP

El RIWP de la empresa Leonardo DRS se caracteriza primordialmente por la variedad de armamento que integra y que puede acoplar. Partiendo de dos tipos de plataforma base, a las que denomina cúpula normal y cúpula alta, surgen un total de ocho versiones diferentes, cada una con distintos elementos, mostradas en la Figura 14.

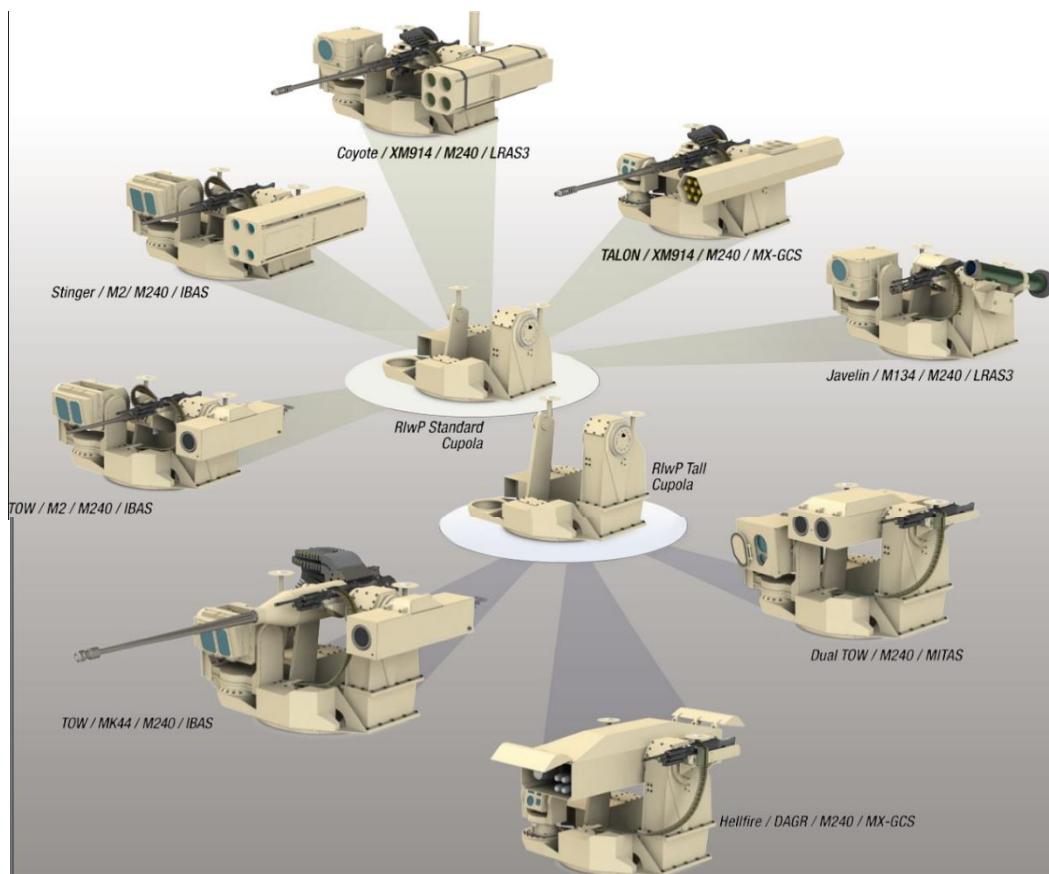


Figura 14. Configuraciones del RIWP [23].

Cada variante permite a la plataforma emplearse para una misión en particular, ampliando el abanico de medios a los que puede hacer frente. A este hecho se le suma la variedad de armamento que puede incorporar (ver Figura 15).

Missiles/Drones:	Direct Fire:	Non-Lethal:
Stinger	XM914	Smoke/Projectile Grenades
Javelin	M240	Acoustic
TOW	M2	Laser Dazzler
Hellfire	Mk19	
DAGR	M249	
Talon	M134	
LGRs	MK44/XM813	
Hydra 70	M242	
Coyote		

Figura 15. Armamento integrable en el RIWP [23].

Las armas de fuego directo varían ligeramente unas de otras. No obstante, los diversos misiles que admite pueden ser contra-carro como el TOW o antiaéreos como el Stinger. Esto dota a la plataforma de un amplio espectro de posibilidades partiendo de un mismo elemento común.

## ANEXO D: VERSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL STINGER

Se trata de uno de los misiles más tecnológicamente avanzados del mercado en la actualidad. Como la mayoría de los misiles, se compone de una sección de guiado, una de propulsión, la cola y la cabeza que integra la carga explosiva (ver Figura 16).

La sección de guiado tiene un rastreador, la batería y cuatro aletas que permiten la modificación de la trayectoria en vuelo, además de un sistema de control para monitorizar el misil. La sección que integra la carga explosiva posee un sistema que protege la carga de radiación electromagnética exterior y de condiciones climatológicas adversas, ampliando la seguridad y eficacia del misil en vuelo. Si la carga no explota, tiene un contador de autodestrucción que a los diecinueve segundos detona el misil, asegurando que, si fracasa, no sea capturado por personal no deseado o que pueda dañar otros elementos. La cola incrementa la maniobrabilidad del misil mediante cuatro aletas.

Por último, la sección de propulsión está dividida en dos partes. Por un lado, el motor de lanzamiento se encarga de eyectar el misil del tubo de lanzamiento. Tras nueve metros de recorrido, se inicia el motor de propulsión dual, que acelera el misil a la velocidad de vuelo necesaria para mantenerse en la trayectoria deseada. Tras ello, el misil entra en una fase de vuelo sostenido manteniendo constante la velocidad hasta que se consume el combustible. Cuando esto ocurre, el misil se mantiene en vuelo libre por inercia, permitiendo pequeñas correcciones del recorrido, hasta que impacta sobre el objetivo.

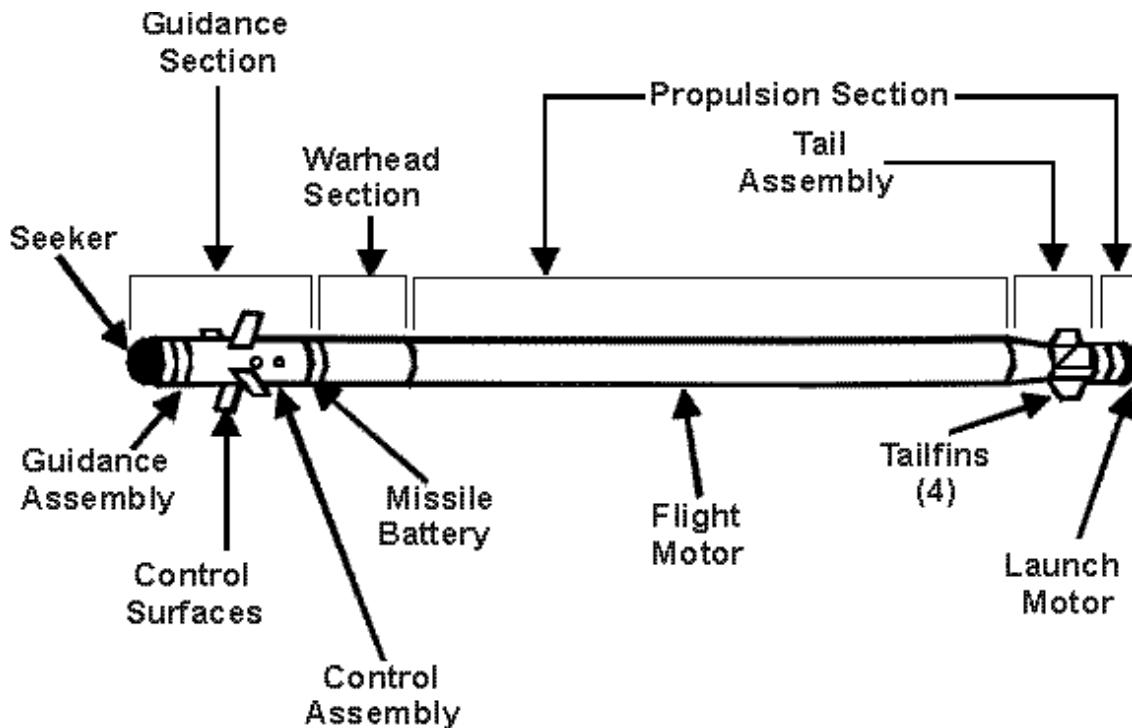


Figura 16. Partes del misil Stinger [35].

El sistema permite la modalidad dispara y olvida, permitiendo al lanzador olvidarse del guiado una vez disparado el misil. Además, implementa un Indicador Amigo-Enemigo, que emite una señal al objetivo localizado. Si la contestación por parte de la nave no es la correcta, el indicador señala que la aeronave es enemiga, reduciendo las posibilidades de fuego amigo.

El misil Stinger tiene varias configuraciones. Puede lanzarse por un único operador con su versión portable desde el hombro, y también se ha probado en plataformas sencillas sobre vehículos.

Desde su creación en 1981, ha sufrido actualizaciones necesarias para hacer frente a nuevos desafíos.

**FIM-92A:** misil original. Alcanzaba un techo de 3,5 km y 4 km de alcance. El sistema de guiado era mediante Infrarrojos.

**FIM-92B:** una versión mejorada del original. El rastreador por Infrarrojos se sustituye por uno que trabaja también en la franja del Ultravioleta, dotándolo de mayor resistencia frente a contramedidas. También mejora el alcance y techo de servicio.

**FIM-92C:** muy empleado por el Ejército de los Estados Unidos, optimiza la resiliencia frente a contramedidas e interferencias, potenciando los componentes digitales.

**FIM-92D:** mejora resistencia frente a interferencias.

**FIM-92E:** perfecciona la actitud en el vuelo, incrementando eficacia frente a drones y misiles.

**FIM-92F:** versión reformada del FIM-92E, actualmente en producción.

**FIM-92G:** versión renovada del FIM-92D.

**FIM-92H:** hace referencia a los misiles versión D que han sido actualizados a la versión E.

**FIM-92J:** es la versión escogida para el estudio. Sustituye componentes obsoletos para incrementar la vida útil del misil. Integra además el fusible de detonación por proximidad, lo cual lo hace altamente efectivo frente a UAV.

**AIM-92:** es una versión del misil aire-aire empleada por helicópteros.

En cuanto al sistema de guiado, comenzó siendo el común guiado por Infrarrojos. Sin embargo, la facilidad de derribar el misil mediante contramedidas o por condiciones naturales llevaron a actualizarlo a incluir también la banda del ultravioleta, duplicando la seguridad. Finalmente, el sistema se ha perfeccionado hasta proporcionarle el Microprocesador Reprogramable, con mayor resistencia frente a contramedidas electromagnéticas.

## ANEXO E: VERSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL RBS 70 NG

El RBS 70 NG es la versión de nueva generación del original RBS 70. Existen diferentes versiones que se han ido desarrollando desde su creación.

**RBS 70:** los estudios de desarrollo del RBS 70 comenzaron en la década de los 70, entrando en servicio en 1978. La primera versión poseía un alcance de 5 km y un techo de 2000 m.

**RBS 70 Mk.1:** la segunda generación se lanzó en 1982, que mejoró el alcance del arma.

**RBS 70 Mk.2:** introducido en 1990, perfeccionó el alcance y el poder de penetración.

**BOLIDE:** el cambio sustancial llegó con esta generación en 2003, en la cual se introdujeron parámetros digitales, como el Identificador Amigo-Enemigo y cámaras térmicas, entre otros elementos. Además, los láseres empleados en el sistema de guiado no requerían ya de componentes de refrigeración.

**RBS 70 NG:** es el elegido para el estudio, muy parecido al BOLIDE, pero integra sistemas de visión y detección de la amenaza más avanzados. Fue introducido en 2011.

El RBS 70 NG tiene capacidad de hacer frente a diferentes objetivos, como los de ala fija, rotatoria o drones, gracias a la inclusión de fusibles de detonación por proximidad. Puede ir sobre vehículo o ser operado en una versión portable que requiere de un equipo de tres operadores y un trípode desde el cual se realiza el lanzamiento.

Una de las cualidades del misil es su sistema de guiado. A diferencia de la mayoría de los misiles, que funcionan con rastreador por Infrarrojos, el RBS 70 NG funciona mediante guiado por láser. El lanzador emite un láser que sirve de guía para la trayectoria del misil. Esto impide la eficacia de contramedidas electromagnéticas o caloríficas, convirtiéndolo en un misil difícilmente abordable. Sin embargo, no tiene capacidad de trabajar en Dispara y Olvida. Es decir, el operador debe mantener el control del aparato hasta que el misil impacta contra el objetivo, realizando manualmente las correcciones en vuelo. Esto reduce la eficacia y precisión del medio.

El modo de propulsión es bastante similar al del Stinger. Un primer motor se encarga de sacar el misil del tubo de lanzamiento, mientras que el segundo lo dirige hacia el objetivo. Inicialmente solo alcanza una velocidad de 50 metros por segundo, pero cuando el segundo motor entra en acción, alcanza los 500 metros por segundo.

Una característica que también diferencia al RBS 70 NG de otros misiles es que posee una carga explosiva de carga hueca, típicamente empleada contra carros de combate con fuerte blindaje. La carga adopta una forma de 'U' recubierta por una película de cobre que, cuando impacta, se funde creando un proyectil con forma de dardo que aumenta los efectos sobre el objetivo. También incluye una capa exterior con bolas de tungsteno que, al detonar, son lanzadas a gran velocidad a modo de metralla. Esto, unido al acople del sistema de detonación por proximidad, incrementa la eficacia frente a UAV.



En cuanto al modo de lanzamiento, tiene posibilidad de ser lanzado desde una plataforma portable, aunque se aconseja el uso desde vehículo. Mientras que otros misiles como el Stinger y el Mistral pueden ser disparados por un único operador desde el hombro, el RBS 70 NG necesita del uso de un trípode específico (ver Figura 17), y tres operadores para su transporte y puesta en funcionamiento. Esto lo hace más vulnerable frente a ataques directos.

Figura 17. Lanzador portátil del misil RBS 70 NG sobre trípode [40].

## ANEXO F: GRÁFICAS DE RESULTADOS DE LOS REQUISITOS

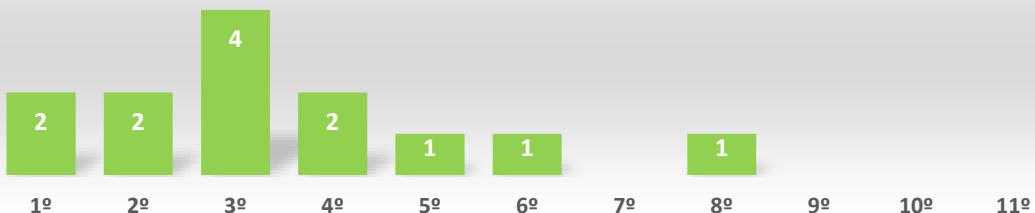
En la Tabla 18 se muestran los resultados de la encuestada realizada en la Unidad para determinar la prioridad de los requisitos formulados. El número de total de encuestados fue de trece personas, siendo de ellos uno Capitán, cinco Tenientes, dos Sargentos Primero y cinco Sargentos. De estos datos se extrajeron las puntuaciones y orden de importancia de cada elemento a estudiar.

Tabla 18. Número de veces que cada requisito ha aparecido en cada posición (elaboración propia).

NÚMERO DE VECES QUE CADA REQUISITO HA APARECIDO EN CADA POSICIÓN	Posición en cada encuesta										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Descripción											
Capacidad de detección	2	2	4	2	1	1			1		
Munición abundante		1		1	1	3		3	2	2	
Armamento secundario para autoprotección			1	1	2	1	3	2	1	2	
Facilidad de empleo				1	3	2	3	2	2	2	
Tiempo de respuesta rápido entre detección y destrucción	2		1	3	5	2					
Capacidad de abatir UAVs	5	5	3								
Capacidad de abatir helicópteros y aviones	4	6	2	1							
Armamento letal/ no letal para capturar UAVs			2	3	1	1	1	1	2	2	
Capacidad de transmitir información y designar objetivos al escalón superior								1	2	5	5
Movilidad adaptada al resto de vehículos			3	2	3	3	1	1			
Protección				2	2	2	4	2	1		

Las siguientes gráficas muestran la distribución de los valores del número de veces que ha quedado en cada posición el requisito en cuestión.

### A: Capacidad de detección



### B: Munición abundante



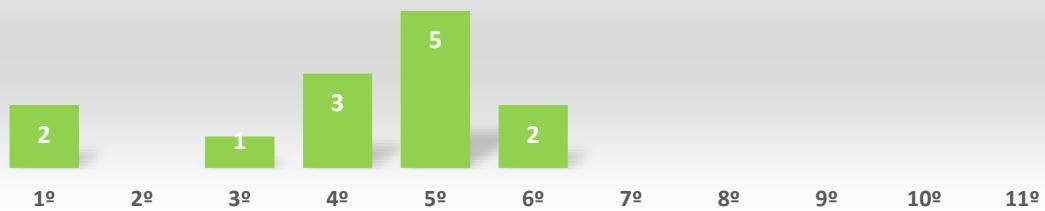
### C: Facilidad de empleo



### D: Armamento secundario



### E: Tiempo de respuesta



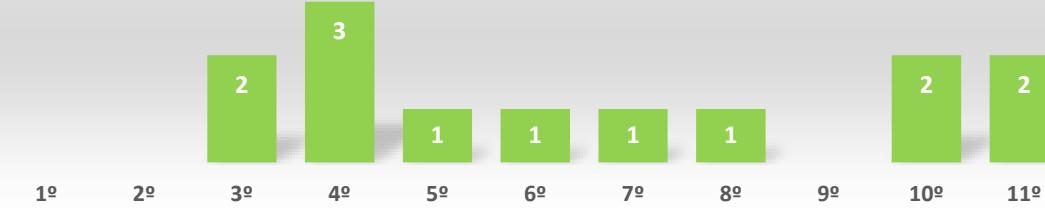
### F: Capacidad de abatir UAV



### G: Capacidad de abatir helicópteros y aviones



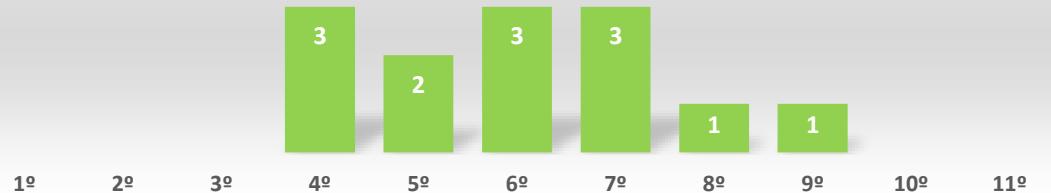
### H: Armamento letal/no letal



## I: Capacidad de transmitir información



## J: Movilidad



## K: Protección



## ANEXO G: BAREMOS PARA EVALUACIÓN DE SISTEMAS Y PLATAFORMAS Y MISILES

Los baremos empleados para la evaluación de los sistemas y plataformas son los de la Tabla 19. Se han determinado en consenso con personal de la Unidad en base a sus opiniones, con la finalidad de reducir al máximo el sesgo subjetivo del proceso de toma de decisión.

Tabla 19. Baremos empleados para evaluar las plataformas (elaboración propia).

Baremoto Plataformas				
Capacidad de detección	<15	[15,20)	[20,30]	>30
	1	5	8	10
Tiempo de respuesta	Alto	Medio	Bajo	
	1	5	10	
Movilidad/Protección	No	Probado sobre ligeros	Probado sobre ligero- protegido/cadena	
	0	5	8	
Letal/no letal	No	Posibilidad	Sí	
	0	5	10	
Armamento Secundario	No	Ametralladora	Cañón (contra superficie)	Cañones antiaéreos
	0	5	5	10
Munición (nº de misiles)	<2	[2,4)	[4,6]	>6
	1	3	5	6
Facilidad de empleo	Con simulador	Sin simulador		
	5	0		
Capacidad de transmitir información	No	Sí	Conectividad OTAN	
	0	5	7	

Para la capacidad de detección, se ha tenido en cuenta el alcance máximo al que puede discernir una aeronave. Se han escogido esos intervalos y puntuaciones porque no es necesario incluir un radar con un alcance excesivo si luego los misiles que se posean tienen de máximo 6km de alcance. Lo óptimo es un rango de entre 20 y 30km que permita alertar con suficiente tiempo como para prepararse para la amenaza.

El tiempo de respuesta se ha clasificado en alto, medio y bajo. Este depende de varios factores, por lo que las empresas no reflejan un número exacto. La única plataforma que lo garantiza en menos de 13s es el Hybrid BIHO.

La movilidad y la protección se han unificado en un mismo baremo (se han sumado sus ponderaciones) porque al final son aspectos que dependen de la plataforma vehicular sobre la que se monte el sistema. Como la barcaza se sabe que va a ser la del VCR 8x8 Piranha V, se tiene de antemano la información acerca de movilidad y protección. Por ello, en este apartado se han evaluado las pruebas que se hayan hecho sobre vehículos. Así, si el VCR 8x8 es un medio ligero-protegido, interesa que la plataforma se haya probado sobre medios similares, de tal forma que se incremente la probabilidad de adecuación a la barcaza. Se ha tenido en

cuenta para la evaluación la plataforma habitual sobre la que va montada, ya que, aunque muchas empresas afirman que su producto sí tiene capacidad de acoplarse a diferentes vehículos, no queda suficientemente demostrado.

En cuanto al requisito sobre armamento no letal, se ha valorado la posibilidad futura de incluir un arma de alta energía o similar. Resulta una característica de menor relevancia ya que, como se ha explicado, la tecnología no está suficientemente desarrollada.

El armamento secundario se ha dividido en cuatro posibilidades. Se ha valorado con mayor puntuación los medios que posean otro tipo de armamento, especialmente si su misión es la de abatir medios aéreos. Por ejemplo, el RIWP tiene un cañón de 30mm, pero su propósito es

tener capacidad de autodefenderse de amenazas terrestres. Aunque es un rasgo positivo y se ha valorado como tal, la idea de la nueva configuración del VCR 8x8 es integrarla dentro del despliegue propio, por lo que la seguridad frente a peligros terrestres la garantiza el resto de los vehículos, ya que su armamento y características están orientadas a ello. El Hybrid BIHO, por otra parte, ostenta dos cañones de 30mm antiaéreos, lo cual es beneficioso pues amplia el abanico de posibilidades para destruir una amenaza, y permite tener varias alternativas, adecuando el empleo de una u otra a la situación. Es por eso por lo que este hecho se ha valorado con esa puntuación.

El número de misiles se ha dividido en esos intervalos porque no es necesario incluir una plataforma con una gran cantidad de misiles. El nivel de riesgo al que están expuestas las Unidades es alto, pero no se contempla la posibilidad de que el número de amenazas aéreas sea tan elevado como para necesitar más de seis o siete misiles, pues los medios aéreos, tripulados y no tripulados, son un recurso crítico cuyo empleo se limita a situaciones clave. Por ello, como los helicópteros suelen operar en parejas, lo óptimo es incluir un número de misiles entre dos y seis, dado que la efectividad de estos es muy elevada y no se requerirían más.

En cuanto a la facilidad de empleo, dado que es una propiedad subjetiva y difícil de medir, se ha tenido en cuenta la existencia de un simulador. No resulta un aspecto diferenciador pues lo más habitual es que los sistemas de armas incluyan estos simuladores para permitir una instrucción diaria que de otra forma no se podría realizar debido a su alto coste.

Por último, la capacidad de transmitir información es también difícil de medir. Es un aspecto que depende en gran medida de la barcaza y de los Sistemas de Información y Comunicación con los que opere la Unidad. Se ha valorado si tienen la posibilidad de designar un objetivo, y se ha beneficiado al que incluye el sistema OTAN.

El baremo empleado para los misiles es el mostrado en la Tabla 20.

Tabla 20.. Baremos empleados para evaluar los misiles (elaboración propia).

Baremos Misiles				
<b>Sistema de guiado</b>		Láser	Infrarrojos	Microprocesador Reprogramable
		5	10	10
<b>Carga explosiva (kg)</b>		<1	[1,2]	[2,3]
		3	5	7
<b>Detonación por proximidad</b>		No	Sí	
		0	5	
<b>Alcance (m)</b>		<1000	[1000,4000)	[4000,7000]
		1	3	5
<b>Cota (m)</b>		<400	[400,3000)	[3000,14000)
		2	4	7
<b>Dispara y Olvida</b>		No	Sí	
		0	5	
<b>Eficacia probada</b>		Aeronaves Tripuladas		
		No	UAVs	Ambos
		0	3	4
<b>Peso (kg)</b>		Menor peso	Medio	Mayor peso
		5	3	1
<b>Países de empleo</b>		Menor número	Medio	Mayor número
		1	3	5

Los criterios de las cualidades de alcance y cota se han realizado en base a las características de vuelo de UAV y helicópteros. Por ejemplo, establecer un intervalo de hasta 3000 metros se ha hecho en base a la cota de vuelo de los UAV Clase II, y la de 14000 es el límite de los Clase III. Más de eso no se ha puntuado en exceso pues no es necesaria una cota tan alta.

En cuanto al resto de factores, el criterio seguido se ha basado en el consenso con el personal mencionado.

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## ANEXO H: IRON DOME

Esta fue otra de las cuatro principales propuestas sugeridas durante el AUSA 2017. Se trata de un sistema diseñado por la empresa Israelí Rafael, una de las más punteras en cuanto a tecnología militar y armamentística. La misión principal de este ingenio es la de derribar misiles enemigos dirigidos hacia las posiciones propias antes de que impacten, usando para ello el misil Tamir. Fue desplegado por primera vez en 2011 en Israel, único lugar donde se halla hoy en día, y se le atribuyen más de 1500 intercepciones reales, en los conflictos entre Israel y Hamas.

A pesar de que el objetivo para el que fue creado era el de interceptar misiles, desde 2011 el sistema se ha ido perfeccionando para incluir otras amenazas dentro de su rango de actuación, incluyendo UAV. Para ello, se ha implementado en los misiles Tamir sensores electroópticos y aletas estabilizadoras, junto con ojivas de detonación por proximidad. De hecho, en una entrevista a Ari Sarcher, perteneciente a la empresa Rafael, en el programa de televisión de defensa semanal Strictly Security de la cadena i24news, éste afirmó que las capacidades demostradas por Iron Dome hasta ahora “ni se acercan” al potencial total del sistema.

Cada batería Iron Dome se compone de tres o cuatro lanzadores, cada uno con capacidad de albergar veinte misiles interceptores Tamir (aunque pueden emplearse otros) y un radar multi-misión fabricado por Israel Aerospace Industries. La eficacia del medio es garantizada en condiciones meteorológicas adversas y ambiente nocturno, y puede defender hasta 96 kilómetros cuadrados.

Aunque el diseño es israelí, desde la primera demostración de fuerza de este sistema, Estados Unidos ha colaborado con el proyecto, aportando grandes cantidades de dinero debido a los intereses compartidos entre ambos países. El total invertido asciende a 929,309 millones de dólares desde 2011 hasta 2015. A cambio de esto, Rafael dio acceso a la empresa americana Raytheon a la tecnología, y su permiso para fabricar componentes en territorio nacional. Actualmente, Raytheon produce el 50% de los componentes de los misiles Tamir.

La razón por la que no se ha considerado esta opción en el estudio es porque es un medio estático hoy en día. Aunque pretenden montarlo sobre una plataforma, no se ha realizado aún.

-Página intencionadamente dejada en blanco-

## ANEXO I: SISTEMAS DE GUIADO

Existen diferentes formas mediante las que un misil puede ser guiado hasta el objetivo. La más básica y común entre los misiles es el guiado por Infrarrojos. Empleado por el Mistral y las versiones iniciales del Stinger, este sistema se caracteriza porque ‘engancha’ el blanco en base a su firma térmica, normalmente los gases de propulsión. Aunque en circunstancias normales es efectivo, puede verse afectado por condiciones meteorológicas adversas. Además, es fácil que, mediante contramedidas térmicas, muy extendidas entre los medios aéreos, consiga hacer cambiar la trayectoria del misil hacia otro objetivo.

Otro de los sistemas de guiado es el guiado por haz de láser. Empleado por el misil RBS 70 NG, su uso está poco extendido en la tecnología actual. Consiste en que el sistema de lanzamiento emite un haz cónico cuyo eje sirve de guía para el misil, recorriéndolo constantemente hasta impactar (ver Figura 18). El operador puede mover este haz para corregir la trayectoria en vuelo del misil. Lo más relevante del guiado por láser es que no le afectan contramedidas como interferencias electromagnéticas o térmicas que puedan derivar su trayectoria. Sin embargo, funciona de tal forma que hay que mantener el punto de mira fijo

sobre el objetivo, y si este mueve bruscamente, se pierde la conexión y el misil erra el blanco. Esto requiere de una extensa cualificación del personal, además de que prácticamente impide que se pueda realizar fuego desde una plataforma en movimiento. Ya existen contramedidas que, aunque menos frecuentes, van siendo cada vez más comunes en los medios aéreos. Consiste en un sistema que emite una alerta cuando el aparato está siendo apuntado por el láser, avisando de la amenaza, y

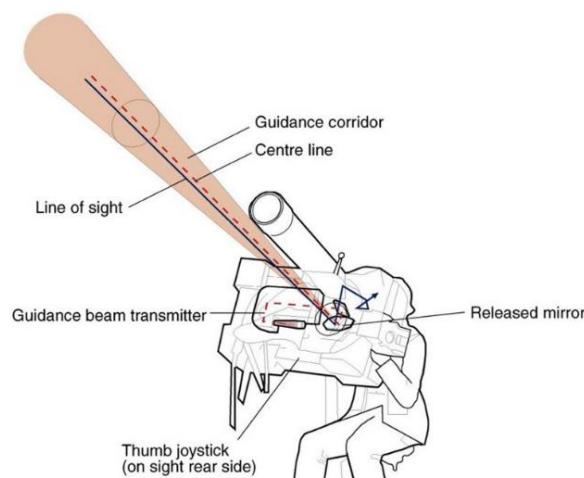


Figura 18. Modo de funcionamiento del sistema de guiado por láser [37].

permitiendo al piloto u operador de la aeronave realizar maniobras evasivas para esquivar el misil.

Por último, el sistema de guiado por Microprocesador Reprogramable mejora las capacidades del guiado por Infrarrojos, trabajando también en la banda del ultravioleta, que se guía por la radiación emitida por el aparato, haciéndolo más eficaz frente a contramedidas. Integra un microprocesador cuyo software puede modificarse sin necesidad de cambiar nada más, lo cual disminuye la posibilidad de verse afectado por contramedidas electromagnéticas.

-Página intencionadamente dejada en blanco-

ANEXO J: TABLA DE RIESGOS

Tabla 21. Tabla de riesgos de amenazas aéreas para Unidades de Infantería [10]

ANÁLISIS DE RIESGOS									
Título Proyecto:		Sistemas de Defensa Antiaérea del nuevo Vehículo 8x8							
Jefe de proyecto:		CAC Gonzalo Echevarría Moreno							
Evaluación de riesgos									
ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida	
1	Observación y recopilación de información por parte del enemigo	UAV Clase I/II de reconocimiento	M	3	3M	Posibilidad de observar la rutina o TTP de la Unidad, hallando posibles puntos débiles o formas de atacar	Implementación de medios de detección y armamento antiaéreo (ametralladora, cañones, misiles según Clase de UAV) o avanzado (distorsionador de frecuencia, láser de alta energía)	2L	
2	Ataque sobre convoy mediante suelta de proyectil desde UAV	UAV Clase I/II	H	2	2H	Destrucción de algún vehículo y/o bajas humanas (escasas)	Implementación de armamento directo (ametralladora, cañones, misiles según Clase de UAV) o avanzado (distorsionador de frecuencia, láser de alta energía)	1M	
3	Explosión de UAV señuelo integrado con un IED	IED en UAV	H	2	2H	Destrucción de algún vehículo y/o bajas humanas (escasas)	Adoptar un procedimiento de actuación de seguridad estándar a la hora de recuperar un UAV caído	1M	
4	Ataque sobre unidad propia en movimiento (no en base) con misiles o armamento similar	Aeronaves tripuladas (helicópteros y aviones)	H	1	1H	Destrucción de vehículos y/o bajas humanas a mayor escala	Implementación de medios de detección y armamento antiaéreo (misiles de baja cota)	1M	
5	Ataque con misiles tácticos desde plataformas terrestres/navales	Misiles tácticos	H	1	1H	Destrucción de vehículos y/o bajas humanas a mayor escala	Implementación de medios de detección y armamento antiaéreo (misiles de baja cota)	1M	