



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio de la adaptación
de la plataforma Mistral en
las unidades acorazadas

CAC José Luis Varo Esteban

Director académico: D. Daniel Casanova Ortega

Director militar: Cap. D. Saulo Vázquez Capitán

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2022

Agradecimientos

Me gustaría agradecer la ayuda que he recibido para la realización de este trabajo al Cap. Saulo Vázquez Capitán y al profesor D. Daniel Casanova Ortega por su consejo, implicación y directrices a lo largo del proyecto.

También agradecer a la batería Mistral del Grupo de Artillería de Campaña XII de la brigada "Guadarrama" XII el poder integrarme en la unidad y conocer más sobre el uso del sistema de armas Mistral y su uso táctico. También a Manuel Felipe Sánchez-Miranda de la empresa Santa Bárbara por hacer un hueco en su agenda y brindarme información sobre los vehículos que desarrollan. Por último, al Cap. Álvaro Arriagada Chapela por su ayuda en el estudio del TOA.

RESUMEN

Tras la explotación del espacio aéreo como nueva dimensión del combate, se creó la Defensa Aérea. A la vez de esta evolución, se encuentran los medios sobre cadenas, vehículos que a lo largo del siglo XX han sido uno de los protagonistas en los conflictos durante ese tiempo. En la actualidad es necesario que estos medios dispongan de protección contra la amenaza aérea.

Por ello, el Sistema de armas Mistral, integrado en las brigadas, en este caso la “Guadarrama” XII con medios cadena, deben acompañar a las unidades de combate para protegerlas contra esta nueva amenaza.

Sin embargo, este acompañamiento es dificultado por el transporte de este sistema de armas en medios ruedas, los cuales tienen problemas por los terrenos irregulares, como pueden ser terrenos blandos, donde los medios cadenas tienen más ventajas. Por esta razón, el objetivo principal de este trabajo ha sido buscar una nueva implementación de la plataforma Mistral en otro vehículo capaz de cumplir esta misión sin dificultades.

El procedimiento ha sido un análisis del actual vehículo del Ejército de Tierra, el URO VAMTAC, y posteriormente realizar un estudio de mercado para buscar nuevas alternativas. Encontrados vehículos capaces de cumplir el acompañamiento se comparan según unos criterios, siendo el más importante el de movilidad, mediante el método AHP, dando como resultado el SIDAM 25.

Con estos resultados, se ha procedido con un análisis *Make or Buy* para ver si es mejor comprar el vehículo antes citado o adaptar uno en dotación en el Ejército de Tierra. Tras consultar a expertos, los mandos de la batería Mistral de la Brigada, se decidió adaptar. Posteriormente, se estudiaron los vehículos que posee el Ejército, dando como resultado de ese análisis, el TOA M-113, vehículo de cadenas que serviría para esa implementación de la plataforma Mistral.

Como conclusiones del proyecto se ha sacado que es necesario adaptar la plataforma, las ventajas que supone adaptar un vehículo del ET, y que ese medio debe ser el citado anteriormente, el TOA M-113, por todas lo que puede ofrecer frente a las demás opciones.

PALABRAS CLAVE

Sistema de armas Mistral, acompañamiento de unidades, cadenas e implementación

ABSTRACT

After the exploitation of airspace as a new dimension of combat, Air Defense was created. Parallel to this evolution are the chain media, vehicles that throughout the 20th century have been one of the protagonists of conflicts during that time. At present it is necessary that these means have protection against the air threat.

For this reason, the Mistral Weapons System, integrated into the brigades, in this case the "Guadarrama" XII with armor vehicles, must accompany the combat units to cover this new dimension.

However, this accompaniment is made difficult by the transport of this weapon system on vehicles of wheels, which have problems due to the uneven terrain that the chains move. Therefore, the main objective of this work has been to seek a new implementation of the Mistral platform in another vehicle capable of fulfilling this mission without difficulties.

The procedure has been an analysis of the current Army vehicle, the URO VAMTAC, and subsequently a market study to search for new alternatives. The vehicles found capable of complying with the accompaniment are compared according to some criteria, the most important being mobility, using the AHP method, resulting in the SIDAM 25.

With these results, a Make or Buy analysis has been carried out to see if it is better to buy the vehicle or adapt one provided by the Army. After consulting the experts, the commanders of the Mistral Brigade battery, it was decided to adapt. Subsequently, the vehicles owned by the Army were studied, resulting in that analysis, the TOA M-113, an armor vehicle that would serve for this implementation of the Mistral platform.

As conclusions of the project, it has been extracted that it is necessary to adapt the platform, the advantages of adapting an ET vehicle, and that this means must be the one mentioned above, the TOA M-113, for all that it can offer compared to the other options.

KEYWORDS

Mistral weapons system, accompaniment of units, tracks and implementation



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	xi
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	6
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE	6
2.2. METODOLOGÍA	7
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)	8
3.1 MOVILIDAD TÁCTICA.....	8
3.2 SISTEMA MISTRAL	8
3.3 URO VAMTAC.....	11
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	13
4.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS AL VEHÍCULO URO VAMTAC	13
4.1.1 VBL MISTRAL	13
4.1.2 SIDAM 25	14
4.1.3 HAFEET ADV	14
4.1.4 URO VAMTAC ST5.....	15
4.2 RADAR CHART DE COMPARACIÓN ENTRE LAS ALTERNATIVAS	16
4.3 ANÁLISIS MEDIANTE MÉTODO AHP	17
4.3.1 Elección de criterios	17
4.3.2 Elaboración de encuestas a expertos	17
4.3.3 Evaluación de los criterios y alternativas.....	19
4.4 ANÁLISIS MAKE OR BUY	22
4.5 VEHÍCULOS DEL EJÉRCITO DE TIERRA	22



4.5.1 TOA M-113	23
4.5.2 M-577	23
4.5.3 PM-120 M113A2	24
4.5.4 PIZARRO	25
4.5.5 LEOPARDO 2E	26
4.6 ELECCIÓN DE VEHÍCULO DEL EJÉRCITO DE TIERRA.....	27
4.7 ANÁLISIS DE RIESGOS	27
5. CONCLUSIONES.....	31
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
7. ANEXOS	35
7.1 ANEXO A	35
7.2 ANEXO B.....	39
7.3 ANEXO C.....	40
7.4 ANEXO D	40



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la Defensa Antiaérea por parte de la Artillería Antiaérea	2
Figura 2. 8x8 Dragón	3
Figura 3. Organigrama Brigada “Guadarrama XII”	4
Figura 4. Sistema Mistral Configuración MANPADS	10
Figura 5. Sistema Mistral Configuración ALAMO	10
Figura 6. Organigrama batería Mistral	11
Figura 7. URO VAMTAC	11
Figura 8. VBL MISTRAL	13
Figura 9. SIDAM 25	14
Figura 10. HAFEET ADV	15
Figura 11. VAMTAC St5	16
Figura 12. Radar Chart comparación vehículos.	16
Figura 13. Matriz de comparación por pares-criterios	18
Figura 14. Matriz de comparación criterio “Arma secundaria”	18
Figura 15. Matriz de comparación criterio “Puesto de Tiro Doble”	18
Figura 16. Matriz de comparación criterio “Automático”	19
Figura 17. Matriz de comparación criterio “Movilidad”	19
Figura 18. Matriz de comparación por pares-criterios desarrollada	20
Figura 19. Matriz de comparación criterio “Puesto de Tiro doble” desarrollada	20
Figura 20. Matriz de comparación criterio “Movilidad” desarrollada	20
Figura 21. Matriz de comparación criterio “Automático” desarrollada	21
Figura 22. Matriz de comparación criterio “Arma secundaria” desarrollada	21
Figura 23. Diagrama de mejor alternativa para cada criterio	21
Figura 24. Matriz de comparación alternativas-criterios	22
Figura 25. M-113	23
Figura 26. M-577	24
Figura 27. PM-120 M113A2	24
Figura 28. Pizarro	25
Figura 29. Leopardo 2E	27
Figura 30. Descripción, categoría, causa e impacto de un riesgo	28
Figura 31. Probabilidad, clase y efectos de un riesgo	28
Figura 32. Análisis completo de un riesgo	28
Figura 33. Matriz de análisis de riesgos	29
Figura 34. Pregunta 1 Encuesta	35
Figura 35. Pregunta 2 Encuesta	35
Figura 36. Pregunta 4 Encuesta	36
Figura 37. Pregunta 3 Encuesta	36
Figura 38. Pregunta 5 Encuesta	37
Figura 39. Pregunta 6 Encuesta	37
Figura 40. Escala de Saaty	38
Figura 41. Tabla tipo comparación de criterios.	38
Figura 42. Ejemplo comparación criterio-alternativas	39
Figura 43. Pregunta 7 Encuesta	39
Figura 44. Pregunta 8 Encuesta	40

ESTUDIO DE LA ADAPTACIÓN DE
LA PLATAFORMA MISTRAL EN
LAS UNIDADES ACORAZADAS

José Luis Varo Esteban





INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Sistema de armas Mistral	9
Tabla 2. Características URO VAMTAC	11
Tabla 3. Diagrama DAFO URO VAMTAC	12
Tabla 4. Características VBL MISTRAL	13
Tabla 5. Características SIDAM 25	14
Tabla 6. Características HAFEET ADV	15
Tabla 7. Características VAMTAC St5	16
Tabla 8. Características M-113	23
Tabla 9. Características M-577	24
Tabla 10. Características Pizarro	26
Tabla 11. Características Leopardo 2E	27
Tabla 12. Análisis de riesgos	41



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AAA	Artillería Antiaérea
IED	Artefacto explosivo improvisado (del inglés, Improvised Explosive Device)
BCG	Batallón de Cuartel General
BZAP	Batallón de Zapadores
Bía	Batería
BMR	Blindado Medio sobre Ruedas
CIO/ CPL	Centro de Información y Operaciones/ Centro de Personal y Logística
COAAAS-L	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Ligero
COAAAS-M	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Medio
FDC	Centro Director de Fuegos (del inglés, Fire Director Center)
DAA	Defensa Antiaérea
ET	Ejército de Tierra
EA	Ejército del Aire
FAS	Fuerzas Armadas
GACA	Grupo de Artillería de Campaña
GL	Grupo Logístico
JEME	Jefe de Estado Mayor del Ejército
JPON	Jefe de Pelotón
PT	Puesto de Tiro
RI	Regimiento de Infantería
TI	Terminal Inteligente
TIPOT	Terminal Inteligente para Puesto de Observación y Tiro
TOA	Transporte Oruga Mecanizado
UCE	Unidad de Control de Empeños

ESTUDIO DE LA ADAPTACIÓN DE
LA PLATAFORMA MISTRAL EN
LAS UNIDADES ACORAZADAS

José Luis Varo Esteban





1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo XX, y sobre todo del siglo XXI, se ha producido un gran avance en las nuevas tecnologías, en muchas ocasiones debido a los distintos conflictos bélicos y las nuevas formas de combate.

En este ámbito, los espacios bélicos tradicionales, el terrestre y el marítimo, se han visto aumentados por otro espacio: el aéreo. Desde principios del siglo XX, los aeroplanos surcaron el cielo, dando a entender que existía una nueva dimensión en el combate. Durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), el incremento de aviación hizo que los distintos bandos necesitasen sistemas de armas contra la nueva amenaza aérea. La creación de este nuevo concepto de defensa se vio incrementado durante la Guerra Fría (1945-1991) con la proliferación de armas nucleares y los misiles balísticos. En la actualidad, se está explotando esta nueva dimensión, ejemplificado por el conflicto de Nagorno Karabaj de 2020 entre Armenia y Azerbaiyán, donde el ejército azerí usó los drones para atacar los puestos armenios, siendo estos incapaces de combatir dicha amenaza por la falta de medios antiaéreos. Por este motivo, se creó el concepto de Defensa Aérea, la cual va siendo actualizada debido a los nuevos avances tecnológicos.

España asigna esta misión al Ejército del Aire, sin embargo, tanto como el Ejército de Tierra y la Armada deben aportar unidades para este nuevo tipo de combate. En este ámbito, el Ejército de Tierra aporta la Defensa antiaérea, materializado en la Artillería Antiaérea mediante sus lanzadores/ cañones, sensores y mando y control.

La clasificación de la artillería antiaérea se realiza en función del alcance y del techo, como se puede ver en la Figura 1¹, tenemos sistemas de armas que alcanzan hasta los 70 km y un techo de 25 km. Destacar que se pueden englobar en dos tipos:

- Sistemas para medias y grandes alturas (SAM, del inglés *Surface to Air Missile*)
- Sistemas de baja o muy baja cota (SHORAD, del inglés *Short Range Air Defence*, y V-SHORAD, del inglés *Very Short Air Defence*)

Dentro de este último apartado se encuentra el sistema de armas Mistral, en el cual se centra este proyecto, y pertenece a la categoría de sistema de baja o muy baja cota. Este misil es usado principalmente para combatir helicópteros y aeronaves de ala fija que se encuentren dentro de ese techo de altura. Está integrado en unidades propias de Artillería Antiaérea y en una batería de cada grupo de artillería de campaña de una brigada, destacando en este caso la Batería Mistral del Grupo de Artillería de Campaña XII.

En el apartado táctico, este sistema de armas es usado en las brigadas para defensa de un punto vital, como puede ser el Cuartel General o el acompañamiento de las unidades de maniobra para brindarles protección en el espacio aéreo.

¹ Imagen obtenida en Revista Memorial de Artillería. Nº 171. Junio 2015.

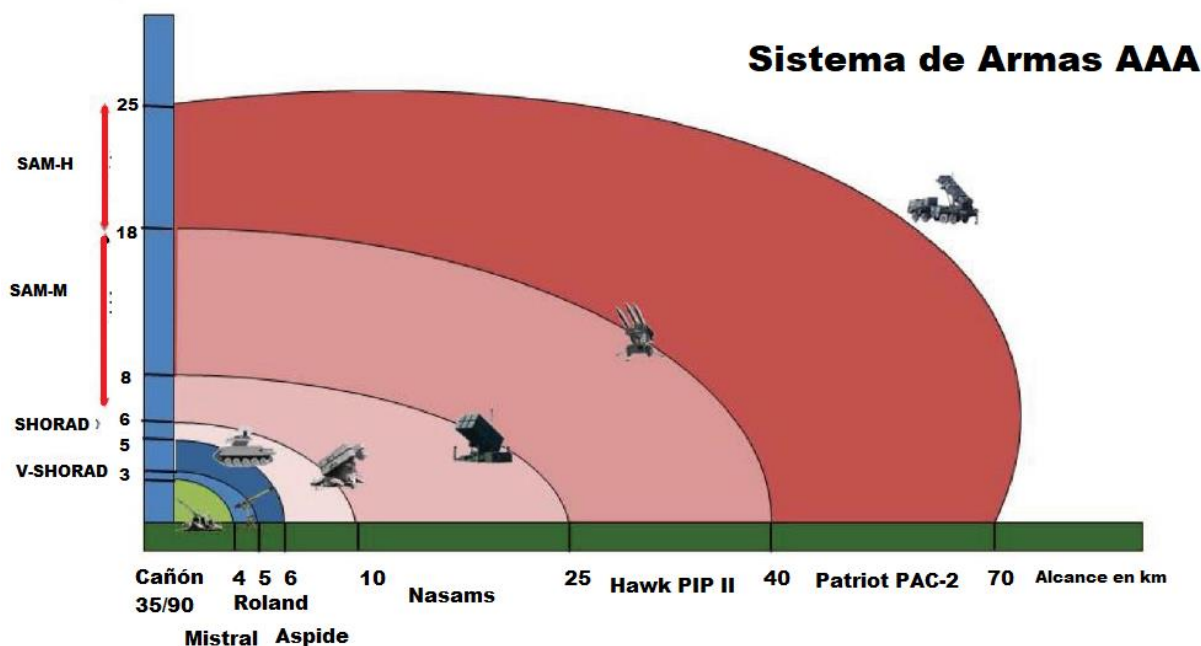


Figura 1. Esquema de la Defensa Antiaérea por parte de la Artillería Antiaérea

Al igual que se ha desarrollado una gran actividad en la tercera dimensión del combate con la Defensa Antiaérea, los medios terrestres también han evolucionado a la par que esta última. En este caso, se encuentra como ejemplo destacado los vehículos de cadenas.

Estos medios han sido integrados durante el siglo XX en las distintas Fuerzas Armadas. Después de la Segunda Guerra Mundial, a la luz de las lecciones aprendidas, el peso del combate recaería sobre los carros de combate acompañados por vehículos acorazados de transporte de Infantería y artillería autopropulsada sobre cadenas. Tras el fin del conflicto bélico anterior, estalló la Guerra Fría, donde se observó la competencia entre carros de Estados Unidos y la Unión Soviética. Un ejemplo claro, es la introducción de los vehículos de combate de infantería M-113 en las Fuerzas Armadas de Estados Unidos en los años 60, enfocados a la Guerra de Vietnam (1955-1975). [2]

Tras esto, y debido al enfrentamiento tecnológico y militar entre EE. UU y la Unión Soviética, los vehículos de cadenas fueron evolucionando a vehículos con gran movilidad y potencia de fuego. Sin embargo, los conflictos del mundo actual van cambiando y las Fuerzas Armadas deben adaptarse para combatir las nuevas amenazas. Por ello, centrándonos en el Ejército de Tierra, encontramos el proyecto de la Brigada 2035 [3], nueva visión de futuro, que establece como línea principal el vehículo de ruedas 8x8 (ver figura 2)². Como se aprecia, el blindado del futuro son mediante ruedas. En este escenario se encuentra el término de la movilidad estratégica.

Este término consiste en el despliegue de fuerzas a distancias continentales e intercontinentales, en este caso, las nuevas zonas de despliegue, tales como Líbano o Mali, hacen necesario esta movilidad, teniendo los vehículos rueda una margen de superioridad en cuanto a la huella logística para su despliegue. Actualmente el vehículo utilizado por el Ejército de Tierra es el Blindado Medio sobre Ruedas (BMR), actualmente obsoleto, y por tanto necesario de sustituir. Por esta razón, el Jefe de Estado Mayor del Ejército (JEME) decidió dar un gran impulso con este tipo de vehículos.

² Imagen obtenida en <https://www.larazon.es/espana/20210621/paxyiuus6bblxakkjnmvial34.html>



José Luis Varo Esteban

Los vehículos de ruedas son actualmente las líneas futuras de nuestro ejército. Además, encontramos inconvenientes en el uso de cadenas que hacen que no sean del todo necesarias en los conflictos actuales.

La velocidad es menor en los vehículos de cadenas en comparación con los de rueda, presentando un problema a priori en las operaciones.

En las zonas de operaciones actuales, los vehículos de cadenas, al moverse por población, causaron numerosos daños en las calles como señala el estudio de la empresa Rand Corporation en 2017 [4], además del poco sigilo que provocan

En el punto anterior hablábamos de la poca huella logística de los vehículos rueda, en este caso enfocado a combustible y facilidad de repuestos, por ejemplo, la dificultad en los carros con las barras de torsión o las propias cadenas.

Con estos datos, parece claro la decadencia del uso de las cadenas, pero analizando la situación económica del Ministerio de Defensa y los numerosos proyectos que actualmente lleva a cabo, como el dron MALE, el NH-90 o el helicóptero Tigre, se prevé que el proyecto de la Brigada 2035 tarde entre aproximadamente 15 años en llevarlo a cabo, además de no poseer la tecnología de protección y combate equivalente al vehículo de cadenas en 8x8.



Figura 2. 8x8 Dragón

Actualmente el Ejército de Tierra se compone de brigadas que usan medios de ruedas y cadenas, dependiendo de las misiones encomendadas a estas. Estas grandes unidades cuentan con elementos de combate y de apoyo a este. Sin embargo, en este contexto de continuo cambio y de nuevos avances tecnológicos, aunque se cuente con medios que apoyen al combate, es necesaria la integración de los medios antiaéreos. Una vez analizado que la Defensa Aérea cuenta, entre otros, el Sistema de armas Mistral y que los medios terrestres cuentan con vehículos de cadenas, es importante analizar la Brigada “Guadarrama” XII.

La Brigada “Guadarrama XII” (ver Figura 3) es una unidad acorazada-mecanizada compuesta por tres regimientos de infantería, un grupo de caballería, un batallón de zapadores, un batallón de cuartel general, grupo logístico y un grupo de artillería de campaña.[6] Los medios de dicha unidad son los siguientes:

- Regimiento de infantería mecanizada “Asturias” n.º 31 (RI 31): TOA M-113 y el Vehículos de Combate de Infantería (VCI) Pizarro
- Regimiento de infantería acorazada “Alcázar de Toledo” n.º 61 (RAC 61): carros de combate Leopard 2E



- Regimiento de infantería protegida “Barcelona” nº63 (RI 63): vehículos URO VAMTAC. Esta es una unidad ligera debido a su antiguo carácter de montaña.
- Grupo de caballería acorazada “Villaviciosa” XII: vehículos de exploración de caballería.
- Batallón de Zapadores XII (BZ XII): mismos vehículos que infantería, pero adaptados a sus respectivas funciones.
- Grupo de Artillería de Campaña autopropulsada XII (GACA XII), con ATP M109-A5E, Light Gun y dentro de este, una batería con el sistema de armas Mistral.
- Batallón de Cuartel General (BCG XII).
- Grupo Logístico (GL XII).

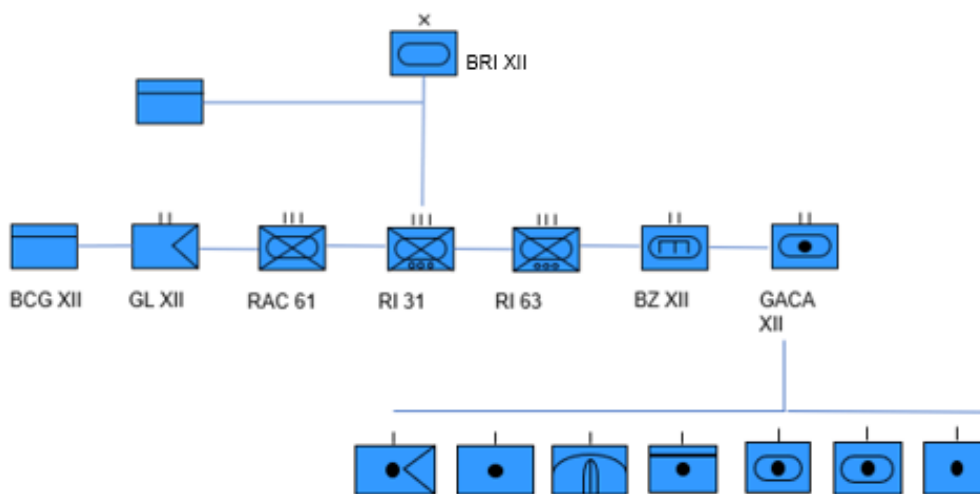


Figura 3. Organigrama Brigada “Guadarrama XII”. Fuente: elaboración propia

Casi todos los vehículos de las unidades de maniobras, excepto el Vehículo de exploración de Caballería (VEC) y los URO VAMTAC del regimiento de infantería “Barcelona”, son medios de cadenas, lo cual les permite una gran movilidad por zonas irregulares del terreno. Como se ha observado en maniobras y ejercicios, los vehículos que portan el sistema de armas Mistral, el URO VAMTAC, sigue con dificultad por esta clase de terrenos al resto de unidades, cumpliendo con dificultad sus misiones asignadas, a su vez, para el movimiento de unidades se necesita rapidez para evitar que el enemigo pueda localizar con facilidad las unidades, por ello se ha observado que es necesario que los Puestos de Tiro sean operativos para realizar fuego en la menor cantidad de tiempo posible.

Así pues, este trabajo está motivado por la problemática encontrada en la Brigada “Guadarrama” XII, ya que sus vehículos que portan la Defensa Aérea tienen dificultades para realizar sus misiones asignadas.

Por ello se tratará en este proyecto las siguientes partes:

- En el capítulo 2 se muestra los objetivos y el alcance que se quiere conseguir con este proyecto, destacando el acompañamiento de unidades, automatismo, protección mediante un arma secundaria y por último el aumento de capacidad para disparar más misiles.
- En el punto 3, se mostrará los antecedentes y el estado del arte, en este caso, el estudio del actual vehículo que porta el PT Mistral, analizando sus ventajas y desventajas, posteriormente las diferencias de vehículos ruedas y cadenas, junto al concepto de acompañamiento de unidades acorazadas/ mecanizadas.
- En el punto 4, se realizará el estudio y análisis de los distintos vehículos de cadenas que se podrían adaptar a la plataforma mistral, junto un análisis de riesgos y una herramienta AHP
- Por último, se mostrarán las conclusiones del proyecto y unas líneas futuras para otros proyectos del mismo ámbito, además de la bibliografía utilizada y los anexos de las herramientas usadas para analizar la información del proyecto.



Tras esta introducción, y analizando los problemas que posee dicha Brigada respecto a la Defensa Aérea, el proyecto estudiará la forma de mejorar dicha movilidad y acompañamiento a las unidades de maniobra.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

Los objetivos, los cuales se esperan conseguir con la ejecución de las actividades que integran un trabajo, entidad o empresa, son los resultados que se buscan. El alcance del proyecto consiste en definir los puntos a alcanzar para adecuar el proyecto a los recursos disponibles [7]. El proyecto que a continuación se desarrolla tiene como objetivo estudiar la viabilidad de la adaptación de la plataforma mistral en las unidades acorazadas, en este caso, un vehículo haga que se satisfagan lo siguientes objetivos:

- Incrementar su movilidad en la protección de la fuerza para realizar un adecuado acompañamiento de las unidades acorazadas, ya que como se ha visto en el apartado anterior, la batería Mistral cumple con dificultades sus misiones asignadas. Por lo tanto, la Brigada “Guadarrama” XII tiene vulnerabilidad en lo referente a los ataques aéreos, y siendo el objetivo principal de este proyecto.
- Aumentar la capacidad de los Puestos de Tiro, disponiendo de más misiles para que el puesto sea más operativo a la hora de realizar un disparo. También relacionado con esto, la posibilidad de portar más misiles en el vehículo, como se puede apreciar en los URO VAMTAC del Ejército del Aire con puestos dobles.
- Estudiar la reducción del personal como objetivo secundario, debido a que en la actualidad se tiende a sistemas automáticos para la protección de las distintas tripulaciones.

De estos tres objetivos el principal es el primero, incrementar la movilidad, ya que es el principal problema que se ha observado que a priori necesita resolverse. Los otros dos objetivos son secundarios, siendo el segundo, aumentar la capacidad del Puesto de Tiro, más importante que el último.

El alcance del proyecto se basa en el estudio del vehículo que cumpla los objetivos antes comentados, evaluándose con distintas herramientas, llegando a la solución mediante el análisis del mercado actual de defensa y los medios propios del Ejército de Tierra (ET). A parte de lo anterior citado, un objetivo implícito son los requisitos económicos que pueden surgir dentro de la política de adquisiciones de materiales del Ejército de Tierra.

Dentro del alcance del proyecto encontramos los Stakeholders,[6] es decir, empresas o personas que participan o tienen intereses en este proyecto. Podemos encontrar los siguientes:

- Gobierno de España: principal inversor en el proyecto
- Ministerio de Defensa de España: principal gestor del proyecto, buscando cumplir las necesidades y requisitos de las FAS
- Gobierno de Francia: el sistema Mistral es de fabricación francesa, buscando inversión en otros países
- Dirección General de Armamento y Material (DGAM): órgano encargado de la adquisición de dicho material para que cumpla los requisitos impuestos
- Fuerzas Armadas (FAS) de España: Tanto el ET, el Ejército del Aire o la Armada, ya que son los futuros usuarios de este material, sobre todo enfocado al ET.
- MBDA: Empresa francesa desarrolladora del Sistema Mistral.



2.2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este proyecto para la recopilación y tratamiento de la información consta tanto de métodos cualitativos como de cuantitativos.

En los métodos cualitativos encontramos entrevistas con expertos sobre distintos vehículos del Ejército de Tierra y al personal de la Batería Mistral del Grupo de Artillería de Campaña XII además de observación directa del uso de la plataforma Mistral. En cuanto a los métodos cuantitativos, destaca el uso del análisis DAFO para los distintos vehículos, encuestas entre el personal de Batería Mistral del Grupo de Artillería de Campaña XII, comparativa de los vehículos según sus características o el análisis *Make or Buy*.

Con estas herramientas citadas trataremos de llegar a unas conclusiones que nos permitan argumentar una posible solución y cumplir los objetivos marcados anteriormente.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

Una vez visto que el objetivo principal del trabajo es el incremento de la movilidad de la batería (abreviado bía.) Mistral del Grupo de Artillería de Campaña XII (GACA XII), Por ello, en este apartado se va a analizar el término de movilidad táctica, ya que esta trata sobre el acompañamiento de unidades de maniobra por parte de las unidades de apoyo al combate, luego una definición del Sistema de armas Mistral, misil que se estudia a lo largo del proyecto, y, por último, un apartado sobre el URO VAMTAC, vehículo en dotación en el Ejército de Tierra (ET) que actualmente porta dicho sistema de armas.

3.1 MOVILIDAD TÁCTICA

Este término [7] está centrado en la actuación de una fuerza que está en contacto directo con el enemigo. La movilidad fuera de las carreteras es necesaria para ser capaz de evadir al enemigo, explotar avenidas de aproximación o maniobrar. Esto requiere una agilidad para responder con flexibilidad a los cambios que puedan surgir en el combate.

En este medio, las unidades acorazadas/ mecanizadas llevan ventaja debido a su superior movilidad debido a que la presión en el suelo de las cadenas es menos que las de ruedas, adoptando una mayor velocidad en terrenos blandos. En el caso de la Brigada “Guadarrama” XII, encontramos unidades de maniobra acorazadas/ mecanizadas con vehículos Leopard 2E y VCI “Pizarro”. Dentro de la Brigada encontramos unidades de apoyo al combate tales como el Batallón de Zapadores XII (BZAP XII) o el GACA XII, responsables de dar apoyo en el avance de las unidades de combate. En el caso que implica a este proyecto, el GACA XII tiene como misión el apoyo de fuego y la protección a baja y muy baja cota del espacio aéreo.

El seguimiento de este tipo de unidades es en vehículos de cadenas excepto la bía. Mistral, portadora del sistema de armas que se estudia en el siguiente apartado, la cual posee vehículos de rueda, lo que dificulta ese seguimiento realizando con dificultades una protección efectiva de la fuerza a la cual acompañan. Mediante entrevistas a los mandos del GACA XII, maniobras y ejercicios en el campo de maniobras del Goloso, los Puestos de Tiro (PT) tenían problemas en el seguimiento de los vehículos cadenas por los caminos destinados a ellos, por lo tanto, en este caso es difícil cumplir con la movilidad táctica.

3.2 SISTEMA MISTRAL

El sistema de armas Mistral [9] es un sistema de armas de fabricación francesa por la empresa MBDA, tipo V- SHORAD (para baja y muy baja cota), siendo el Mistral 1 el adquirido por el ET, aunque actualmente los distintos ejércitos están adquiriendo el Mistral 3. Las características generales del misil las encontramos en la tabla 1.



José Luis Varo Esteban

Tabla 1. Características Sistema de armas Mistral³

Alcance	6 Km,
Techo	3 km,
Peso	13,5 kg
Peso cabeza explosiva	3 kg
Velocidad	2,5 Mach
Longitud	1,8 m
Puntería	360°
Tiempo de vuelo	14 s
Sistema de guiado:	Autoguiado directo pasivo (denominado dispara y olvida).

El funcionamiento del Sistema de armas Mistral consiste en una cabeza buscadora de infrarrojos con un giróscopo utilizado para el guiado y pilotaje. El misil se estabiliza por cuatro aletas de control con configuración Canard. Su motor es de crucero, es decir, contiene combustible sólido de una etapa, además de un motor de lanzamiento llamado booster, el cual proporciona la aceleración necesaria para alcanzar su velocidad de sustentación. [10]

Dentro de este tipo de unidades [9], según su transporte y uso, encontramos este sistema de armas en dos configuraciones:

- MANPADS (del inglés Man Portable Air Defence System): El sistema es transportado por un combatiente (*Ver Figura 4*)⁴
- ALAMO: El puesto de tiro se monta sobre un afuste, con 360° de giro, situado en el vehículo URO VAMTAC (*Ver Figura 5*). Este está sobre una plataforma que porta todos los sistemas electrónicos que conectan el PT a las radios de fonía y datos, y al Jefe del PT

Para nuestro proyecto utilizaremos esta última configuración, ya que se buscará adaptar su plataforma para unidades acorazadas. En esta configuración, la dotación se puede componer de 3 a 4 militares:

- Jefe del puesto de tiro
- 1 o 2 apuntadores/tiradores
- Conductor del vehículo

³ Datos obtenidos en http://www.ejercito.mde.es/materiales/artilleria_antiaerea/MISTRAL.html

⁴ Imagen obtenida en *Sistema Mistral sobre vehículo cadena*. Mateos Alexandre, J. 2019. Universidad de Zaragoza



Figura 4. Sistema Mistral Configuración MANPADS



Figura 5. Sistema Mistral Configuración ALAMO. Imagen obtenida en <https://www.defensa.com/galeria/los-vehiculos-de-la-bripac>

En el apartado táctico, este sistema de armas es usado para defensa de un punto vital o el acompañamiento de la fuerza. En este último apartado, procura la defensa antiaérea de las unidades de maniobra a las cuales acompaña de forma directa o indirecta, es decir, si depende del jefe de la fuerza o no. Se compone de una sección de lanzadores, con sus 12 PT según orgánica, y una sección de plana, la cual incluye el centro director de fuegos (FDC), un Centro de Información, operaciones, personal y logística (CIO/CPL) y el radar entre otros, en la Figura 6 ⁵puede verse un organigrama de la bía. Mistral genérico de una brigada. Este sistema, está integrado en un centro director de fuegos de un centro de operaciones de artillería antiaérea semiautomático (COAAAS), normalmente en un ligero, aunque hay posibilidad de encontrarlo en un medio, es decir, en el escalón superior. Este sistema se enlaza con el FDC del sistema COAAAS mediante el Terminal Inteligente (TI) configurado en modo de Terminal Inteligente para Puesto de Observación y Tiro (TIPOT). El TI, mediante sus funciones de enlace automático de datos, de gestión de trazas y de gestión de armas, permite al personal del puesto de tiro recibir información del espacio aéreo desde el FDC de COAAAS-L, COAAAS-M o del radar Raven. A parte de recibir del FDC órdenes de control de armas, puede informar del estado de los puestos de tiro y resultados de los empeños.

⁵ Imagen obtenida en *Estudio de la viabilidad de la implantación del sistema de artillería antiaérea Mistral sobre plataforma TOA M-113*. Arriagada Chapela, A. 2021. Escuela politécnica superior del Ejército

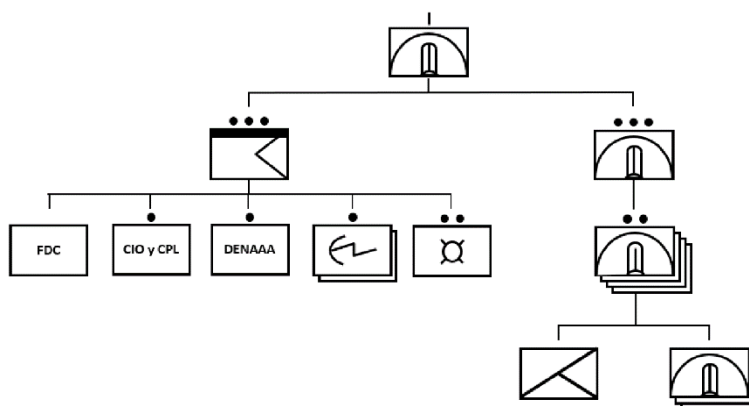


Figura 6. Organigramma batería Mistral

3.3 URO VAMTAC

El vehículo URO VAMTAC (ver Figura 7)⁶ de fabricación española, por la empresa UROVESA [11], lleva en dotación desde 1998, siendo utilizado en distintas funcionalidades como puede ser ambulancias, transporte de mercancías, comunicaciones, porta-shelter, porta-armas o mando y control entre otros. En la Tabla 2 encontramos las características de dicho vehículo. El ET actualmente tiene en dotación las siguientes variantes: I3 y S3, aunque se está adquiriendo la nueva versión ST5 desde hace 5 años y está en fase de pruebas. Posee gran movilidad táctica que le permite adaptarse a numerosos terrenos y sus distintas funcionalidades hacen de un vehículo muy versátil.[12]

Tabla 2. Características URO VAMTAC⁷

LONGITUD	4,845 m
ANCHO	2,175 m
ALTURA	1,9 m
PESO	3-8,5 t
MOTOR	188 Cv
VELOCIDAD	135 km/h
VADEO	0,7-0,8 m
PENDIENTE MÁXIMA	60%
AUTONOMÍA	600 km



Figura 7. URO VAMTAC

⁶ Imagen obtenida en <https://www.urovesa.com/en/applications/vamtac/military/porta-armas/sistemas-de-armas-control-remoto>

⁷ Datos obtenidos en https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Las_Palmas/raaa94/Organizacion/vehiculos/



A continuación, se va a realizar un análisis DAFO del actual vehículo que se encuentra en dotación en el ET el cual porta la plataforma Mistral. Primero se ha de explicar el procedimiento de esta configuración: al detenerse el vehículo, el personal encargado del PT despliega el afuste. Después de incorporar los elementos de puntería y el misil, posteriormente, el jefe de pieza dirige con su TI el PT. Con estas aclaraciones y gracias a los mandos de la bía. Mistral del GACA XII, en especial a los jefes de Puestos de Tiro y pelotón, viendo de primera mano su forma de actuar en ejercicios, se ha podido realizar el análisis DAFO.

Tabla 3. Diagrama DAFO URO VAMTAC⁸

DEBILIDADES	FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> ● Poca movilidad fuera de carreteras ● Tiempo de montaje del afuste ● Personal sin protección 	<ul style="list-style-type: none"> ● Poca huella logística ● Posibilidad de llevar más material
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ● No dispone de blindaje ● Ofrece una silueta mayor 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se puede desmontar el afuste ● Dispone de fuente de alimentación para otros sistemas ● Incorporación de un puesto doble de tiro

Como se puede apreciar, una de sus debilidades es uno de los objetivos del proyecto, incrementar la movilidad para acompañamiento de las unidades acorazadas, ya que por experiencia de los jefes de pelotón de los PT de tiro Mistral, tienen que buscar carreteras que estén lo más cerca posible de los ejes de progresión propios, decreciendo su capacidad de protección y acompañamiento a las fuerzas propias. Por esta razón, la necesidad de cambiar de vehículo para portar este sistema de armas. Otras debilidades que se le encuentran a este vehículo son el tiempo de montaje del PT y del afuste, además de que el personal no posee protección frente ataques. En el apartado amenazas se encuentra que no dispone de blindaje, a priori un problema para el vehículo sin contar que la bía. Mistral se encuentra en la retaguardia de las fuerzas, y una silueta grande haciendo que su ocultamiento sea más difícil.

Sin embargo, hay puntos positivos en este vehículo, tales como la poca huella logística que posee frente a un vehículo de cadenas y la posibilidad de portar más material. Además, como oportunidades que puede dar este medio son la capacidad de desmontar el afuste, dispone de fuentes de alimentación para otros sistemas, siendo un ejemplo un sistema GPS para el vehículo, y la incorporación de un PT doble.

⁸ Fuente: elaboración propia



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado, se realiza un análisis de mercado con diferentes vehículos de ejércitos extranjeros, y posteriormente mediante la herramienta AHP se verá cual será la opción óptima. En este apartado también se analiza qué opción es mejor, la compra de un vehículo de fabricación extranjera o la adaptación de un vehículo en dotación del ET para la plataforma Mistral. Esta decisión se hará mediante el análisis *Make or Buy*, A su vez, también se hará un análisis de los distintos medios del ET que podrían adaptarse a la plataforma Mistral.

4.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS AL VEHÍCULO URO VAMTAC

A continuación, se describen las alternativas al URO VAMTAC tras la realización de un estudio de mercado.

4.1.1 VBL MISTRAL

El vehículo VBL Mistral [13] es el homólogo del URO VAMTAC con la plataforma Mistral integrada del Ejército Francés (*ver Figura 8*). En la tabla 4 se muestran las características de dicho vehículo. Se trata de un vehículo de ruedas que cumple las mismas funciones que el español. Estos ofrecen relativa seguridad frente a artefactos explosivos improvisados (sus siglas en inglés IED's). Se puede incorporar blindaje, el cual es capaz de resistir fuego de fusilería. Como el URO VAMTAC, posee distintas variantes.

Tabla 4. Características VBL MISTRAL⁹

LONGITUD	3,71-3,96 m
ANCHO	2,02 m
ALTURA	1,7 m
PESO	4,3-5 t
MOTOR	125 Cv
VELOCIDAD	100 km/h
VADEO	0.9 m
PENDIENTE MÁXIMA	50% frontal 60% lateral
AUTONOMÍA	600-1000km



Figura 8. VBL MISTRAL. Imagen obtenida en <https://www.entrelibros.co/blog/el-panhard-vbl-mk1-y-mk2/>

⁹ Datos obtenidos en <https://www.mbda-systems.com/product/mistral-albi>



4.1.2 SIDAM 25

El SIDAM 25 es un cañón antiaéreo autopropulsado desarrollado en Italia [14] en base al vehículo estadounidense M-113, ya que poseían numerosos recambios de dicho vehículo (ver Figura 9). Tiene modificaciones en el casco para proporcionar acceso lateral al espacio interno del vehículo. Su armamento se compone de una torreta con cuatro cañones Oerlikon KBA, los cuales se podría realizar una posible adaptación al sistema Mistral. En la Tabla 5 se pueden ver las características de dicho vehículo.

Tabla 5. Características SIDAM 25¹⁰

LONGITUD	5,04 m
ANCHO	2,69 m
ALTURA	1,83 m
PESO	12,5 t
MOTOR	160 kw
VELOCIDAD	68 km/h
VADEO	5,8 km/h
PENDIENTE MÁXIMA	45%
500 km	600-1000km



Figura 9. SIDAM 25. Imagen obtenida en <https://www.entrelibros.co/blog/el-panhard-vbl-mk1-y-mk2/>

4.1.3 HAFEET ADV

El HAFEET ADV es un vehículo sobre ruedas 6x6 desarrollado en 2015 por MBDA y EDIC (Emirates Defence Industries Company) [15], equipado con un sistema V-SHORAD (ver Figura 10). Posee un gran tamaño con un blindaje para fusilería y antiminas, el cual incorpora el MBDA MPCS (Multi purpose Combat System), con torreta con una ametralladora 12,70 mm, sensores IFF y 4 misiles Mistral. En la tabla 6 se muestran sus características. Una ventaja de este vehículo son unos medios de visión muy potentes y automatizados, que permite el uso de la torre, la cual es servo estabilizada y permite realizar fuego en movimiento, desde el interior, incrementando la seguridad del personal del vehículo [16].

¹⁰ Datos obtenidos en <https://tanks-encyclopedia.com/coldwar/Italy/SIDAM-25.php>



Tabla 6. Características HAFEET ADV¹¹

LONGITUD	6,9 m
ANCHO	2,3 m
ALTURA	2,1 m
PESO	8-11,5 t
MOTOR	296 CV
VELOCIDAD	110 km/h
VADEO	0,5 m
PENDIENTE MÁXIMA	43% lateral 30% frontal
AUTONOMÍA	600-650 km



Figura 10. HAFEET ADV. Imagen obtenida en <https://www.defensa.com/africa-asia-pacifico/edic-mbda-proponen-hafeet-adv-para-defensa-aerea-muy-corto>

4.1.4 URO VAMTAC ST5

El URO VAMTAC St5 es un 4x4, fabricado por la empresa española UROVESA [17], de la misma familia del VAMTAC en dotación en el ET (ver Figura 11). Dispone de mayor blindaje y está adaptado a climas desérticos. Existen tres modalidades, VSP (Vadeo sin preparación), AP (Alta protección), y AM (Alta movilidad). Actualmente no existe mucha información pública de este vehículo, sin embargo, UROVESA ha publicado un informe donde se ve sus esfuerzos para mejorar la adaptación a climas desérticos y aumentar su protección. En la tabla 7 se detallan sus características. Actualmente está en fase de pruebas, y se han llegado a realizar disparos con el nuevo misil Mistral 3, denominado proyecto Jabalí. Este vehículo está en fase de adquisición por el ET en lo referente al sistema de armas que se estudia en este proyecto. [18] [19]

¹¹ Datos obtenidos en *Estudio de la viabilidad de la adopción del modelo de la plataforma del lanzador Manpads en los vehículos carrozados del ET*. Fernández Perona, A. Universidad de Zaragoza



José Luis Varo Esteban

Tabla 7. Características VAMTAC St5¹²

LONGITUD	4,8 m
ANCHO	2,1 m
ALTURA	1,9 m
PESO	7,1 t
MOTOR	190 CV
VELOCIDAD	130 km/h
VADEO	1 m
PENDIENTE MÁXIMA	70% lateral 40% frontal
AUTONOMÍA	900 km



Figura 11. VAMTAC St5. Imagen obtenida en <https://ropa-militar.com/es/blog/vamta-st5-el-vehiculo-que-esta-reemplazando-al-humvee-en-el-ejercito-espanol-n78>

4.2 RADAR CHART DE COMPARACIÓN ENTRE LAS ALTERNATIVAS

A continuación, se va a realizar un radar chart para comparar las alternativas anteriormente estudiadas, el cual se aprecia en la Figura 12. Este gráfico es una comparación objetiva con las características técnicas de las distintas alternativas mediante un *radar chart* (ver Figura 12), en el cual se aprecia, sin tener en cuenta una valoración entre criterios, que la opción óptima para este estudio es el del Hafeet ADV, ya que ofrece las mejores características técnicas que el resto de los vehículos, debido a que posee unas medidas similares al resto de vehículos, pero posee una mayor potencia de motor, dando a entender que posee mayor capacidad en terrenos irregulares. No se ha comparado el VAMTAC St5 ya que está en fase de adquisición por parte del ET en cuanto al Sistema de armas Mistral.

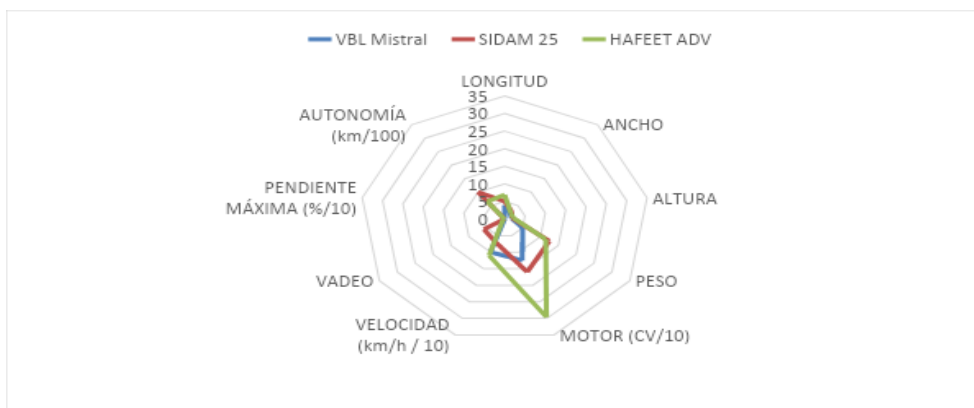


Figura 12. Radar Chart comparación vehículos. Fuente: elaboración propia

¹² Datos obtenidos en *Estudio de la viabilidad de la adopción del modelo de la plataforma del lanzador Manpads en los vehículos carrozados del ET*. Fernández Perona, A. Universidad de Zaragoza



4.3 ANÁLISIS MEDIANTE MÉTODO AHP

El método AHP [20] nos va a permitir elegir el vehículo más eficaz de los comentados en el apartado anterior. Se basa en diferentes criterios que influyen a esta herramienta haciendo que se elija la mejor opción habiendo comparado todos los requisitos. Este método sigue la siguiente estructura:

- Elección de criterios
- Elaboración de encuestas a expertos
- Uso de la citada herramienta mediante la escala de Saaty [20], la cual establece los valores comparativos entre los distintos criterios, llegando gracias a ella a la conclusión de nuestro objetivo.

Primero de todo, con el radar chart antes comentado en el anterior apartado, la opción óptima resultó el vehículo Hafeet ADV. Sin embargo, esta comparación es totalmente objetiva, sin tener en cuenta la importancia de cada característica respecto a otras, por ello es necesario realizar una comparación mediante una jerarquización de los criterios que permita la adquisición de la mejor opción posible. Por esta razón, se utiliza el método AHP

4.3.1 Elección de criterios

Los criterios que se han utilizado en este método han sido seleccionados como resultado de una encuesta (Anexo A) realizada a los mandos de la bía. Mistral del GACA XII, ya que trabajan diariamente con dicho sistema de armas. En dicha encuesta se proponen unos criterios iniciales en base a la experiencia adquirida en los distintos ejercicios y utilización de material por el autor del trabajo: movilidad, blindaje y protección, automatismo, arma secundaria y Puesto de Tiro doble. Los encuestados opinan sobre estos mismos, seleccionando los más importantes, los cuales se utilizarán en el análisis AHP.

Tras realizar las encuestas se encuentra que los criterios elegidos son los siguientes: movilidad, implementación de un puesto de tiro doble, arma secundaria en el vehículo y sistema automático respecto al PT.

Las distintas opciones para analizar son los vehículos anteriormente explicados: VBL MISTRAL, SIDAM 25 y HAFEET ADV. El URO VAMTAC St5, como en el apartado anterior no se analizará ya que está en fase de adquisición y sus características, aunque mejoradas, son parecidas al antiguo modelo del VAMTAC.

4.3.2 Elaboración de encuestas a expertos

Tras la elección de los criterios para usar este método, el siguiente paso es la realización de una comparación entre estos mismos (*ver Figura 13*). Esta se realizará con el uso de la escala de Saaty, la cual compara todos los criterios entre sí. Gracias a los mandos de la bía. Mistral y del GACA XII, se ha podido llevar a cabo la elaboración de las encuestas. Los datos se obtienen gracias a la escala de Saaty, la cual valora, en este caso los criterios, del 1 al 9, donde el 1 es la comparación entre el criterio mismo, y el 9 significa que es mayor preferido frente a otra opción.



José Luis Varo Esteban

Un ejemplo es la comparación entre “Puesto de Tiro doble” (PT doble) frente “Arma secundaria”, el cual el primero es 5 veces preferido, en el caso contrario, se divide 1 entre dicho valor de la comparación dando el resultado 0,333.

MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES-CRITERIOS				
	ARMA SECUNDARIA	AUTOMÁTICO	MOVILIDAD	PT DOBLE
ARMA SECUNDARIA	1	0,333333333	0,166666667	0,2
AUTOMÁTICO	3	1	0,2	0,333333333
MOVILIDAD	6	5	1	5
PT DOBLE	5	3	0,2	1

Figura 13. Matriz de comparación por pares-criterios. Fuente: elaboración propia

Mediante esta tabla comparativa, se aprecia que el criterio “Movilidad” es el más prioritario ya que se compara con todos los demás criterios, siguiéndole el criterio “PT doble”. De los otros criterios restantes, el que tiene menor importancia es el de “Arma secundaria”.

A continuación, se realiza un cruce de los distintos criterios con cada una de las opciones a analizar. Primero se muestra la tabla del criterio “Arma secundaria” (ver Figura 14). El proceso para seguir es el mismo, los valores en verde son las comparaciones que han realizado el grupo de expertos y la matriz normalizada es el cociente de cada valor de una columna entre la suma total de esta.

CRITERIO: ARMA SECUNDARIA						
	VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA		
VBL MISTRAL	1	3	0,2	0,157894737	0,272727273	0,14893617
SIDAM 25	0,333333333	1	0,142857143	0,052631579	0,090909091	0,10638298
HAFEET ADV	5	7	1	0,789473684	0,636363636	0,74468085
SUMA	6,333333333	11	1,342857143			

Figura 14. Matriz de comparación criterio “Arma secundaria”. Fuente: elaboración propia

Le sigue la tabla de comparación de las distintas opciones según el criterio “PT Doble” (ver Figura 15).

CRITERIO: PUESTO DE TIRO DOBLE						
	VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA		
VBL MISTRAL	1	0,333333333	0,5	0,166666667	0,052631579	0,29411765
SIDAM 25	3	1	0,2	0,5	0,157894737	0,11764706
HAFEET ADV	2	5	1	0,333333333	0,789473684	0,58823529
SUMA	6	6,333333333	1,7			

Figura 15. Matriz de comparación criterio “Puesto de Tiro Doble”. Fuente: elaboración propia



La siguiente tabla contiene la matriz del criterio "Automático" (ver Figura 16).

CRITERIO: AUTOMÁTICO						
	VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA		
VBL MISTRAL	1	0,5	0,166666667	0,111111111	0,090909091	0,11764706
SIDAM 25	2	1	0,25	0,222222222	0,181818182	0,17647059
HAFEET ADV	6	4	1	0,666666667	0,727272727	0,70588235
SUMA	9	5,5	1,416666667			

Figura 16. Matriz de comparación criterio "Automático". Fuente: elaboración propia

Y, por último, el que según los expertos es el más importante, el criterio "Movilidad" (ver Figura 17).

CRITERIO: MOVILIDAD						
	VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA		
VBL MISTRAL	1	0,142857143	0,333333333	0,090909091	0,106382979	0,05263158
SIDAM 25	7	1	5	0,636363636	0,744680851	0,78947368
HAFEET ADV	3	0,2	1	0,272727273	0,14893617	0,15789474
SUMA	11	1,342857143	6,333333333			

Figura 17. Matriz de comparación criterio "Movilidad". Fuente: elaboración propia

Estas matrices de comparación resultan de utilidad para saber que alternativas son mejores comparado con cualquier de los criterios, haciendo que al no ser una comparación objetiva una mejor jerarquización de las opciones.

4.3.3 Evaluación de los criterios y alternativas

En este apartado se muestran los distintos valores que se obtienen con este método y la solución óptima para este proyecto.

El primer paso consiste en la obtención de una matriz normalizada de los distintos criterios, la cual consiste en la división de cada comparación entre los criterios y la suma de los totales. Con estos datos se consigue el promedio o razón de inconsciencia, "Este índice indica el grado de incoherencia que se comete al calificar la importancia relativa de los criterios y alternativas de

MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES-CRITERIOS									
ARMA SECUNDARIA	AUTOMÁTICO	MOVILIDAD	PT DOBLE	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO		
ARMA SECUNDARIA	1	0,333333333	0,166666667	0,2	0,066666667	0,0357143	0,106382979	0,0306122	0,059844044
AUTOMÁTICO	3	1	0,2	0,333333333	0,2	0,1071429	0,127659574	0,0510204	0,12145571
MOVILIDAD	6	5	1	5	0,4	0,5357143	0,638297872	0,7653061	0,58482957
PT DOBLE	5	3	0,2	1	0,333333333	0,3214286	0,127659574	0,1530612	0,233870676
SUMA	15	9,333333333	1,566666667	6,533333333					



un problema” [21]. Este término muestra el peso que tiene un criterio sobre otro, el cual proviene de la matriz de comparación por pares-criterios, donde el más relevante es el criterio “Movilidad” (ver Figura 18).

El siguiente paso es la evaluación de alternativas, el cual se procede de la misma forma que la evaluación de criterios. Se realiza una matriz normalizada con el mismo procedimiento aplicado anteriormente, y junto a ello, un vector promedio de las distintas alternativas, resultado de realizar

Figura 18. Matriz de comparación por pares-criterios desarrollada. Fuente: elaboración propia

la media de cada una de las filas de la matriz normalizada, con el criterio correspondiente (ver Figura 19), y como se aprecia, la alternativa que mejor cumple el criterio “Puesto de Tiro doble” es el Hafeet ADV.

CRITERIO: PUESTO DE TIRO DOBLE								
	VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO	
VBL MISTRAL	1	0,333333333	0,5	0,166666667	0,052631579	0,2941176	0,171138631	
SIDAM 25	3	1	0,2	0,5	0,157894737	0,1176471	0,258513932	
HAFEET ADV	2	5	1	0,333333333	0,789473684	0,5882353	0,570347437	
SUMA	6	6,333333333	1,7					

Figura 19. Matriz de comparación criterio “Puesto de Tiro doble” desarrollada. Fuente: elaboración propia

El resto de las alternativas se procede de la misma forma. Para el criterio “Movilidad” (ver Figura 20) se encuentra que la mejor opción es el SIDAM 25.

CRITERIO: MOVILIDAD								
	VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO	
VBL MISTRAL	1	0,142857143	0,333333333	0,090909091	0,106382979	0,05263158	0,083307883	
SIDAM 25	7	1	5	0,636363636	0,744680851	0,78947368	0,723506057	
HAFEET ADV	3	0,2	1	0,272727273	0,14893617	0,15789474	0,19318606	
SUMA	11	1,342857143	6,333333333					

Figura 20. Matriz de comparación criterio “Movilidad” desarrollada. Fuente: elaboración propia

Para el criterio “Automático” (ver Figura 21) lo óptimo es el vehículo Hafeet ADV, a su vez, el criterio “Arma secundaria” tiene el mismo resultado. (ver Figura 22)



CRITERIO: AUTOMÁTICO								
VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO		
VBL MISTRAL	1	0,5	0,166666667	0,111111111	0,090909091	0,11764706	0,106555754	
SIDAM 25	2	1	0,25	0,222222222	0,181818182	0,17647059	0,193503664	
HAFEET ADV	6	4	1	0,666666667	0,727272727	0,70588235	0,699940582	
SUMA	9	5,5	1,416666667					

Figura 21. Matriz de comparación criterio “Automático” desarrollada. Fuente: elaboración propia

CRITERIO: ARMA SECUNDARIA								
VBL MISTRAL	SIDAM 25	HAFEET ADV	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO		
VBL MISTRAL	1	3	0,2	0,157894737	0,272727273	0,14893617	0,19318606	
SIDAM 25	0,333333333	1	0,142857143	0,052631579	0,090909091	0,10638298	0,083307883	
HAFEET ADV	5	7	1	0,789473684	0,636363636	0,74468085	0,723506057	
SUMA	6,333333333	11	1,342857143					

Figura 22. Matriz de comparación criterio “Arma secundaria” desarrollada. Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra un diagrama para mostrar de forma gráfica cuales son las mejores alternativas para los distintos criterios. (ver Figura 23)

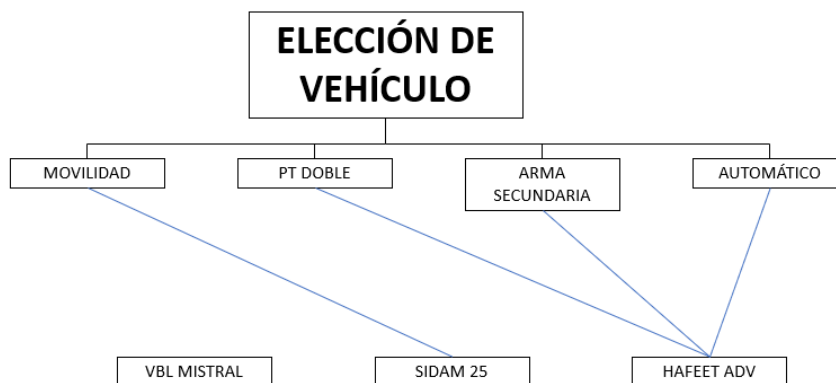


Figura 23. Diagrama de mejor alternativa para cada criterio. Fuente: elaboración propia

Por último, se realiza la jerarquización de las distintas alternativas para la obtención de la óptima. Para dicho objetivo, se compone una matriz mediante pesos relativos de las opciones y los criterios. Mediante la operación matemática suma-producto, donde los factores son los



vectores promedios de cada alternativa con los criterios, y siendo la ponderación los resultados obtenidos en la Figura 19 se llega a la solución de este método.

Analizando dichos resultados, la opción óptima para el proyecto que se está realizando es el SIDAM 25 con un 51% de ponderación (ver Figura 24). Aunque el HAFEET ADV parece que tenga los mejores resultados, como el criterio “movilidad” es el más importante, se concluye que el SIDAM 35 es la opción óptima para el objetivo principal.

	ARMA SECUNDARIA	AUTOMÁTICO	MOVILIDAD	PT DOBLE	TOTAL
VBL MISTRAL	0,19318606	0,106555754	0,083307883	0,171138631	0,11324806
SIDAM 25	0,083307883	0,193503664	0,723506057	0,258513932	0,51207417
HAFEET ADV	0,723506057	0,699940582	0,19318606	0,570347437	0,37467777
PONDERACIÓN	0,059844044	0,12145571	0,58482957	0,233870676	

Figura 24. Matriz de comparación alternativas-criterios. Fuente: elaboración propia

4.4 ANÁLISIS MAKE OR BUY

En este apartado se realizará el análisis *Make or Buy* [22]. Este consiste en comprobar cuál de las dos opciones para un determinado proyecto es mejor. En este caso si es mejor adquirir un vehículo de un ejército extranjero o adaptar un vehículo en dotación en el ET.

En este caso se toma la decisión de adaptar un vehículo del ET debido a que sería más fácil la integración en los sistemas de DAA, y sobre todo en los costes y en la adquisición, ya que es más asequible la adaptación de un vehículo propio, con las ventajas de poseer la formación, recambios y recursos para dicho proceso.

También, tras consultar a los mandos de la bía. Mistral mediante una encuesta (Anexo B), en la que se preguntaba si es mejor la adquisición de un vehículo o la adaptación de medios en dotación en el ET, se han analizado las respuestas, y se encuentra que la opinión mayoritaria es la de adaptación.

Por este motivo, y los explicados anteriormente, es más rentable la adaptación de un vehículo del ET, siendo necesario analizar qué medios son los óptimos para dicha finalidad.

4.5 VEHÍCULOS DEL EJÉRCITO DE TIERRA

En este apartado analizaremos qué vehículo en dotación en el ET sería mejor para adaptar la plataforma Mistral. Encontramos dos vertientes, como en todo el proyecto: ruedas y cadenas. En el apartado ruedas encontramos a parte del VAMTAC, el RG-31 Mk5E y el IVECO LMV. Dentro de los medios cadenas está el TOA M-113, Pizarro y el Leopardo 2E.

Para comparar qué medios serían los adecuados para la adaptación de la plataforma Mistral para unidades acorazadas, se ha preguntado a mandos de la bía. Mistral y del GACA XII si para unidades acorazadas/ mecanizadas es mejor medios cadena o ruedas (Anexo C). Tras analizar las respuestas, se ha llegado a la conclusión de que los mejores vehículos que puedan cumplir óptimamente dicho propósito son los que portan cadenas. Otro motivo por la que es mejor medios cadenas es el resultado del método AHP, donde el vehículo óptimo porta cadenas. Por esta razón, se van a estudiar solo los vehículos TOA M-113, Pizarro y el Leopardo 2E.

4.5.1 TOA M-113

El TOA M-113 es un vehículo blindado de transporte de personal, desarrollado en EE. UU por la empresa *Food Machinery and Chemical Corporation*. Su primer uso fue en la Guerra de Vietnam, y como transporte de personal, aunque más tarde la táctica evolucionó y surgió la necesidad de usarlo como vehículo de combate. El TOA, es ampliamente utilizado por numerosos ejércitos con sus distintas variantes, sus más de 60 años de servicio, han dado pruebas de maniobrabilidad, fiabilidad, simplicidad y versatilidad. En la tabla 8 se detallan sus características.

En el ET, existen varias versiones dependiendo de las necesidades. Podemos ver desde versiones en ambulancia, spike o vehículos de combate. Los más destacados son el M-113, M-577y el PM-120 M113A2.

Esta es la versión porta personal, con capacidad para 13 militares, denominado TOA de línea (ver *Figura 25*). Este vehículo es utilizado por las unidades de infantería mecanizada. Tiene potencia de fuego y a su vez poder de ocupación. Esta variante es la que más unidades hay en dotación en el ET. Encontramos este vehículo en la brigada “Guadarrama” XII en las distintas unidades de infantería y zapadores.

Como ventajas para una adaptación de la plataforma Mistral, posee espacio en el techo del vehículo, estabilidad y ningún impedimento de torretas que le limiten el giro. Otra ventaja es la silueta reducida que tiene, facilitando la ocultación al enemigo.[23]

Tabla 8. Características M-113¹³

LONGITUD	4,863 m
ANCHO	2,686 m
ALTURA	2,5 m
PESO	12,88 t
MOTOR	205 kW
VELOCIDAD	67,6 km/h
AUTONOMÍA	480 km



Figura 25. M-113. Imagen obtenida en <https://es.wikipedia.org/wiki/M113>

4.5.2 M-577

¹³ Datos obtenidos en *Estudio de la viabilidad de la implantación del sistema de artillería antiaérea Mistral sobre plataforma TOA M-113*. Arriagada Chapela, A. 2021. Escuela politécnica superior del Ejército

El M-577 es la versión adaptada para un puesto de mando y control (*ver Figura 26*)¹⁴. Dispone de una cámara de personal más elevada, con más espacio y la posibilidad de trabajar de pie. Esto a su vez, permite la integración de más equipos de transmisiones o mesas de trabajo. Este vehículo porta más personal debido al espacio disponible, siendo el medio que enlaza con las unidades subordinadas. En la tabla 9 se muestran sus características. Como ventajas, se aprecia una posible adaptación del sistema Mistral ya que dispone de espacio, sin embargo, este a su vez es un inconveniente, ya que aumenta silueta y por lo tanto siendo más visible para el enemigo. [23]

*Tabla 9. Características M-577*¹⁵

LONGITUD	4,93 m
ANCHO	2,69 m
ALTURA	2,71 m
PESO	11,1 t
MOTOR	158 kW
VELOCIDAD	61 km/h
AUTONOMÍA	480 km



Figura 26. M-577

4.5.3 PM-120 M113A2

El PM-120 M113A2 es muy parecido al M-113¹⁶, pero porta un mortero de 120 mm, cuyo afuste se encuentra en el interior del vehículo para poder realizar fuego (*ver Figura 27*)¹⁷. Este aspecto le proporciona una gran desventaja en la adaptación de la plataforma, debido a que el techo está abierto. [23]



Figura 27. PM-120 M113A2.

¹⁴ Imagen obtenida en <http://unajovenvocacionmilitar.blogspot.com/2013/08/toa-tap.html>

¹⁵ Datos obtenidos en *Estudio de la viabilidad de la implantación del sistema de artillería antiaérea Mistral sobre plataforma TOA M-113*. Arriagada Chapela, A. 2021. Escuela politécnica superior del Ejército

¹⁶ Todas las versiones del M-113 tienen las mismas medidas

¹⁷ Imagen obtenida en <https://www.pinterest.es/jehumat/veh%C3%ADculos-militares/>

4.5.4 PIZARRO

El Pizarro [24] es un vehículo de cadenas (*ver Figura 28*)¹⁸, denominado ASCOD (*Austrian Spanish Cooperation Development*), fabricado por las empresas *Steyr-Daimler-Puch AG* y *Santa Bárbara Sistemas*. Está compuesto de un cañón automático Mauser de 30 mm en una torreta electromecánica con un giro de 360°. En la tabla 10 se detallan sus características. El control del fuego lo proporciona el sistema Mk-10 de Indra con balística digital computarizada, canal térmico y láser. Como arma secundaria se encuentra una ametralladora de 7.62 mm. Su blindaje se compone de una gruesa coraza resistente a proyectiles y resistente a munición AP (*Armour Piercing*). A sus lados cuenta con dos packs de lanzagranadas de humo a ambos lados de la torreta. Como variantes del Pizarro encontramos:

- VCI/C: vehículo de Combate de Infantería/ Caballería
- VCPC: vehículo de puesto de mando
- VCOAV: vehículo de Observador Avanzado
- VCREC: vehículo recuperador
- VCZ: vehículo de Combate de Zapadores

Este vehículo entró en servicio en el ET en el año 2003, con una primera fase donde se adquirió 123 vehículos, más tarde, en 2006 se adquirió la segunda fase con 212 vehículos más. Estos medios los encontramos en la Brigada “Guadarrama” XII. [25]

Para la adaptación de la plataforma Mistral de este vehículo se ha contactado con un experto, Manuel Felipe Sánchez-Miranda, de la empresa Santa Bárbara que ha trabajado en la elaboración de dicho medio. La información que ha proporcionado indica que dicha adaptación sería difícil por el lugar de integrar la plataforma, desarrollando inconvenientes en las distintas partes del Pizarro:

En el techo de la barcaza causaría problemas con el giro de la torreta, ya que rota 360°, encontrando limitaciones de las capacidades de la torre.

El techo de la torre podría ser un buen lugar para implementar el PT, pero se debe poner en alto, ya que, si no afectaría a los periscopios de puntería, cámaras y telémetros láser, provocando que el vehículo posea una gran silueta siendo visible para el enemigo y lo perjudicaría cuando se hiciese la maniobra en desenfilada.



Figura 28. Pizarro

¹⁸ Imagen obtenida en <https://www.defensa.com/espana/ejercito-tierra-evalua-sistema-iron-vision-pizarro>

Tabla 10. Características Pizarro¹⁹

LONGITUD	6,24 m
ANCHO	3,64 m
ALTURA	2,43 m
PESO	28 t
MOTOR	600 CV
VELOCIDAD	72 km/h
AUTONOMÍA	500 km

4.5.5 LEOPARDO 2E

El Leopard 2E [25] es una variante del carro de combate de fabricación alemana del Leopard 2A6 (ver Figura 29), creado y diseñado por las empresas *Krauss-Maffei Wegmann* y Santa Bárbara. Esta está adaptada a los requerimientos y requisitos del ET, ya que necesitaba una modernización en el uso de medios cadenas llevada a cabo por el programa Coraza.[25]

Su adquisición comenzó en el año 1995 y terminó con la obtención de dichos medios en el año 2008, sustituyendo a los M60 Patton y a los AMX-30. Este nuevo vehículo incorpora un cañón L55 de 120 mm y una ametralladora MG3 de 7,62 mm como arma secundaria. Hay que destacar el uso de medios electrónicos como puede ser el sistema de combate, el software de mando y control o el sistema de control de tiro [26]. Actualmente encontramos varias versiones de este vehículo para distintas funcionalidades como puede ser el denominado “Alacrán”, vehículo con la barcaza del Leopard pero la parte de arriba configurada con una retro pala para la realización de misiones de ingenieros. En la tabla 11 se muestran sus características técnicas.

Sin embargo, la adaptación de la plataforma Mistral es como en el vehículo Pizarro, de la misma empresa fabricante, la torre es un impedimento para dicho propósito. Como se puede apreciar, el único espacio disponible es la parte posterior de la torre, donde no habría suficiente espacio para la colocación de la plataforma.

¹⁹ Datos obtenidos en https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Gerona/rczm_arapiles62/Organizacion/materiales/

Tabla 11. Características Leopard 2E²⁰

LONGITUD	7,7 m
ANCHO	3,75 m
ALTURA	3 m
PESO	62,5 t
MOTOR	1500 CV
VELOCIDAD	70 km/h
AUTONOMÍA	500 km



Figura 29. Leopard 2E. Imagen obtenida en <https://www.pinterest.es/vsanchezpablo/leopard-2e/>

4.6 ELECCIÓN DE VEHÍCULO DEL EJÉRCITO DE TIERRA

Tras un análisis de los distintos vehículos en dotación en el ET, y comparando sus capacidades y características, la mejor opción es el M-113. Las razones que han llevado a su elección son varias:

- La gran cantidad de M-113 existentes en el ET comparado con los distintos TOA y con los otros vehículos de cadenas, siendo una gran ventaja en la adaptación de la plataforma.
- Comparado con su versión porta morteros, esta última no dispone de un techo donde implementar la plataforma para el Sistema de armas Mistral.
- La reducida silueta que posee, comparándose con la del URO VAMTAC que actualmente porta el Sistema de armas Mistral.
- Espacio suficiente para implementar la plataforma en la parte posterior del vehículo
- Posee espacio para el almacenamiento de misiles Mistral
- Movilidad suficiente por terrenos irregulares demostrado por su dilatada carrera en el ET.

4.7 ANÁLISIS DE RIESGOS

Una vez propuesta la posible solución al problema planteado, es importante plantear una serie de riesgos para comprobar cómo mejorar la adaptación del PT. Por esta razón se ha

²⁰ Datos obtenidos en https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/Armamento_pesado_veh_combate/LEOPARDO2E5.html

realizado un análisis de riesgos mostrando todas las posibles causas de que falle la plataforma y algunas posibles soluciones. (Anexo D)

Primero, es importante explicar el funcionamiento de esta herramienta. Esta consiste en una descripción de los posibles riesgos, que en este caso tendría la implementación de la plataforma Mistral en un vehículo. Tras analizar las posibles amenazas, se las clasifica según la categoría en la que se mueva dicho estudio, por ejemplo, en este proyecto se encuentran dos tipos, técnico y táctico.

Posteriormente, se explica la causa del riesgo y su impacto en el objeto de estudio. Se encuentra una clasificación según los daños que causarían: alto (del inglés *high*, siendo definido por la letra H), medio (del inglés *medium*, siendo definido por la letra M) y bajo (del inglés *low*, siendo definido por la letra L). En la Figura 30 encontramos un ejemplo.

ID	Descripción riesgo	Categoría a riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)
1	Ataque enemigo combinado	Táctico	Ataques aéros y terrestres	H

Figura 30. Descripción, categoría, causa e impacto de un riesgo. Fuente: elaboración propia

Tras esta clasificación se define la probabilidad con la que podría ocurrir dicho riesgo en una escala del 1 al 3, siendo este último el más probable y el 1 el que menos. Con el impacto y la probabilidad, se puede clasificar un riesgo en concreto. El siguiente paso consiste en estudiar los efectos del que provocaría el riesgo, para en luego mostrar una posible medida o alternativa al problema en concreto. En la Figura 31 encontramos la continuación del ejemplo anterior.

Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas
1	1H	Neutralizar el PT	Arma complementaria o adquisición de un PT doble

Figura 31. Probabilidad, clase y efectos de un riesgo. Fuente: elaboración propia

Con todo este estudio hecho, se volvería a definir la clase de riesgo tras la nueva medida o alternativa, con el propósito de bajar la probabilidad de ocurrencia y sus daños, como se puede ver en la Figura 32

ID	Descripción riesgo	Categoría a riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida
1	Ataque enemigo combinado	Táctico	Ataques aéros y terrestres	H	1	1H	Neutralizar el PT	Arma complementaria o adquisición de un PT doble	L

Figura 32. Análisis completo de un riesgo. Fuente: elaboración propia

A su vez, se rellena una matriz de riesgos (ver Figura 33) indicando de forma resumida el total de los riesgos clasificados por su probabilidad y efectos. También se van clasificando los riesgos según una nueva clasificación: crítico, alto-medio, medio y bajo.

Tras esta explicación, se procede a analizar la matriz comentada antes. Los riesgos altos (2H/3H/3M), los cuales no deben exceder del 20%. Luego encontramos los riesgos considerados

medios (1M/2M/2L/3L), donde no pueden exceder del 50% de los totales. Con estos, se debería empezar a trabajar para solucionar dichos riesgos.

Probabilidad	3	0	0	2	Clase riesgo	Número		
	2	1	3	2			Crítico	2
	1	1	0	3			Alto - medio	2
		Low	Medium	High	Medio	7		
		Impacto			Bajo	1		
					Total:	12		

Figura 33. Matriz de análisis de riesgos. Fuente: elaboración propia

Después de elaborar el análisis de riesgos, podemos ver que los riesgos altos como medios son el 33,33% de los totales. Los riesgos altos superan el límite impuesto, con esto, se quiere hacer ver que la implementación tardaría en ser efectiva, y que, para tener el vehículo totalmente operativo, es necesario cambiar ciertos aspectos.

Los riesgos críticos de la implementación de la plataforma Mistral serían la rotura de las barras de torsión del vehículo y el transporte de objetos sensibles. Sus causas serían los movimientos y vibraciones por la alta velocidad, siendo sus efectos la rotura de los objetos sensibles y el vehículo inoperativo.

Los riesgos alto-medio serían dos también, el cableado exterior del PT y la transmisión del vehículo, provocados por fallos en la conexión del PT con el Terminal inteligente (TI) y por la pérdida de potencia en el caso de la transmisión. Sus efectos serían un fallo en el enlace y el vehículo inoperativo.

En los riesgos medios encontramos 7: ataque enemigo combinado, instrucción nocturna, error de enlace, rotura del PT, no integración con el escalón superior, cansancio del personal y falta de instrucción del personal. Las causas serían ataques aéreos y terrestres, movimientos bruscos, no hay conexión con el resto de los PT, no tener bien anclado el afuste del PT, error en el enlace, estar constantemente en alarma y personal no instruido respectivamente. Los efectos que provocarían dichos riesgos serían, por el mismo orden: neutralizar el PT, inutilización de material sensible, la UCE y el CIO/CPL no contacte con los PT, Inoperatividad del PT, no tener un escalón superior que nos designe objetivos y no cumplir la misión o con ineficacia en los dos últimos riesgos.

Como medidas para los riesgos medios, también por el mismo orden: arma complementaria o PT doble, mantenimiento y revisión del cableado, curso avanzado para conductores en

movimientos nocturnos, enlazar por vía datos, mantenimiento del PT, implementación de radios en ambos PT, mejor mantenimiento, turnos de descanso y planes de instrucción.

En cuanto a los riesgos bajos, encontramos un riesgo, climatología adversa, el cual es provocado por mal tiempo y sus efectos son retraso en el cumplimiento de la misión o rotura del material. Una de las medidas previstas son planes de conducción para tiempo adverso.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones tras la realización de este proyecto son las siguientes:

- Es necesario la adaptación de la plataforma Mistral para unidades acorazadas debido a que cumple con dificultad sus misiones asignadas, debido a la diferencia de medios de las que disponen el tipo de unidades antes comentadas, ya que el URO VAMTAC no es capaz de maniobrar por terrenos irregulares aptos para vehículos como el Leopard 2E.
- Esa adaptación se lleva a cabo con los vehículos del Ejército de Tierra, debido a que es más fácil su adquisición en lo referente a lo económico y en la poca huella logística comparado con la compra de otro vehículo, ya que se dispone del conocimiento por el trato diario con el material, recursos como puede ser los cursos de conducción o de mantenimiento, repuestos necesarios ya que se disponen de reservas para dichos vehículos además de facilidades en los distintos escalones y sobre todo facilidad para realizar la implementación de la Plataforma Mistral.
- La utilización del M-113 como vehículo al que realizar la adaptación de la plataforma Mistral nos brindaría la oportunidad de poseer un arma secundaria para protección inmediata del vehículo con una ametralladora MG-3 o Browning 12,70, incrementado la supervivencia de los Puestos de Tiro; reducción de silueta, movilidad gracias a las cadenas, espacio para almacenaje de misiles en su interior ya que tiene como una de sus misiones el transporte de personal, y además de conocer el mantenimiento en los distintos escalones y uso de dicho medio.
- El vehículo que reemplace al URO VAMTAC debe ser sobre medios cadenas, ya que como se ha visto y gracias a la opinión de mandos de la Brigada, la movilidad que se demandaba es dada de forma óptima por este tipo de vehículos. Se ha podido comprobar en ejercicios con la Brigada "Guadarrama" XII que los terrenos por los que se mueven las unidades de maniobra son necesarias las cadenas siendo necesario en las unidades que brinden apoyo al combate, en este caso, la batería Mistral.
- Necesidad de un Puesto de Tiro doble, como se puede apreciar en los vehículos analizados mediante el estudio de mercado realizado ya que daría mayor operatividad al Puesto de Tiro, disponiendo de mayor capacidad de fuego, y al realizar un disparo, seguir disponiendo de uno mientras se recarga el que se ha disparado.
- El incremento en la protección del espacio aéreo que provocaría esta implementación, y por tanto la mejoría de las unidades acorazadas/ mecanizadas en su avance, ya que este estaría protegido con eficacia en todas las dimensiones por donde se desarrolla la maniobra terrestre.
- La necesidad de la adquisición del Mistral 3, ya que actualmente el que posee el Ejército de Tierra es el Mistral 1, primera versión que se fabricó, mientras que ejércitos como el francés o el ruso ya disponen de la última versión. Aunque no es un objetivo del proyecto, gracias al estudio del Sistema de armas Mistral para dicho trabajo, se ha podido llegar a esta conclusión.

Sin embargo, se podría seguir trabajando en unas líneas de mejoras futuras, ya que es importante ir adaptando el material y conocimientos a los conflictos actuales.

Una de las opciones es la implementación de sistema contra UAV, ya que es una de las amenazas actuales, como se pudo comprobar en el conflicto de Nagorno Karabaj, y que en el futuro será una de las opciones a recurrir para inteligencia o utilización contra distintos objetivos. Actualmente la batería Mistral no está dotada de ningún medio contra esta nueva amenaza, por lo que sería una posible línea de investigación futura.

Otro aspecto para reflexionar es una posible reestructuración de este tipo de baterías, ya que como se ha explicado en la introducción, los vehículos a los que se tienden en la actualidad por sus ventajas en zona de operaciones son los medios ruedas. Por lo tanto, se podría pensar una mezcla de Puestos de Tiro mixtos, varios sobre cadenas y otros tantos sobre ruedas. Con esta reorganización se podrían desplegar material de las unidades acorazadas/ mecanizadas en las misiones internacionales en la que está España, ya que excepto la misión de Letonia que transporta medios cadenas, al resto se lleva vehículos sobre ruedas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PD3-311. Defensa Aérea para las Fuerzas Terrestres (2015).
- [2] Taringa (2017). “Vehículos ruedas o vehículos cadenas para las FAS”. *Taringa*. 26 de Noviembre. Disponible: https://www.taringa.net/+militares_en_t/vehiculos-de-ruedas-o-de-cadenas-para-las-fas_t14tz [Consultado el 08-10-2021]
- [3] Ejército de Tierra (2021). Brigada 2035. Disponible en: http://www.ejercito.mde.es/estructura/briex_2035/index.html. [Consultado 09-10-2021]
- [4] RAND (2017). *RAND Annual Report*. Disponible en: https://www.rand.org/pubs/corporate_pubs/CP1-2017.html [Consultado 15-09-2021]
- [5] Ejército de Tierra (2021). Brigada “Guadarrama” XII. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/briacxii/index.html> [Consultado 18-09-2021]
- [6] CUD UNIZAR (2021). *Gestión del alcance*. Disponible en: https://moodle.unizar.es/add/pluginfile.php/2998436/mod_resource/content/2/3-OFI-Gestion%20del%20Alcance_2021-2022.pdf [Consultado 13-10-2021]
- [7] Jorge Paulo Barrales (2021). *Reflexiones sobre la movilidad*. Disponible en: <https://www.centronaval.org.ar/boletin/BCN842/842-BARRALES-REFLEXIONES.pdf> [Consultado 17-09-2021]
- [8] Von Unger Thaub, P. (2017). Vehículos de transporte de personal ¿Orugas o ruedas? *Revista de Marina*. 1 de febrero. Disponible en: <https://revistamarina.cl/es/articulo/vehiculos-blindados-de-transporte-de-personal-orugas-o-ruedas> [Consultado 13-09-2021]
- [9] MI-307. Sirvientes del puesto de tiro Mistral. (2018)
- [10] Mateos Alejandro, J. (2019). *Sistema Mistral sobre vehículo cadena*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza
- [11] UROVESA (2021). *VAMTAC*. Disponible en: <https://www.urovesa.com/uploads/downloads/103fae03-uro-2701-esp-web.pdf> [Consultado 20-09-2021]
- [12] Ejército de Tierra (2021). Regimiento de Artillería Antiaérea 94. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Las_Palmas/raaa94/Organizacion/vehiculos/index.html [Consultado 06-10-2021]
- [13] MBDA (2021). *Mistral Albi*. Disponible en: <https://www.mbda-systems.com/product/mistral-albi> [Consultado 12-09-2021].
- [14] Tanks enciclopedia (2021). SIDAM 25. Disponible en: <https://tanks-encyclopedia.com/coldwar/Italy/SIDAM-25.php> [Consultado 12-09-2021]
- [15] Taringa (2017). Vehículo de alta movilidad Nimr Hafeet ADV. *Taringa*. 13 de abril. Disponible en: https://www.taringa.net/+militares_en_t/vehiculo-de-alta-movilidad-nimr-haffet-eau_v2d9c [Consultado 1-09-2021]
- [16] Defensa.com (2015). EDIC y MBDA proponen el “Hafeet ADV” para la defensa aérea de muy corto alcance en Arabia Saudí. *Defensa.com*. 25 de febrero. Disponible en: <https://www.defensa.com/africa-asia-pacifico/edic-mbda-proponen-hafeet-adv-para-defensa-aerea-muy-corto> [Consultado 25-09-2021]

- [17] Araluce. G (2020). "El Ejército prueba con éxito los "jabalíes": sus misiles dan en el blanco a 7 km de distancia". *El Español*. 23 de febrero. Disponible en: https://www.elespanol.com/espana/20200223/ejercito-prueba-jabalies-misiles-blanco-kilometros-distancia/468954203_0.html [Consultado 25-09-2021]
- [18] Navarro García, M.J (2019). Lanzado sobre un VAMTAC, el jabalí se pone a prueba contra UAV. *Defensa*. 21 de noviembre. Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/jabali-pone-prueba-contra-uavs>. [Consultado 12-09-2021]
- [19] Infodefensa (2015). "UROVESA presenta en IDEX el VAMTAC ST5 para ambientes desérticos". *Infodefensa*. 24 de febrero. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3134338/urovesa-presenta-idex-vamtac-st5-ambientes-deserticos>. [Consultado 24-09-2021]
- [20] Taoufikallak, Abdessamad. *Capítulo 4: el método AHP*. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70496/fichero/Capitulo+4+El+m%C3%A9todo+AHP.pdf> . [Consultado 30-09-2021]
- [21] Sánchez, M.A, Milanesi, G, Rivitti, M.B (2010). "Evaluación de alternativas de inversión utilizando el proceso jerárquico analítico". *Biblioteca Digital*. 27 de agosto. Disponible en: http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-20552010002200003&lng=en&nrm=iso. [Consultado 24-09-2021]
- [22] Cerem Communication (2020). "La decisión make or buy". *Cerem International business school*. 2 de enero. Disponible en: <https://www.cerem.es/blog/la-decision-make-or-buy>. [Consultado 02-12-2021]
- [23] Arriagada Chapela, A. (2021). *Estudio de la viabilidad de la implantación del sistema de artillería antiaérea Mistral sobre plataforma TOA M-113*. Trabajo de Fin de Formación. Escuela Politécnica Superior del Ejército.
- [24] Ejército de Tierra (2021). Regimiento de Infantería "Arapiles" 62. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Gerona/rczm_arapiles62/Organizacion/materiales/index.html_1910061517.html. [Consultado 04-10-2021]
- [25] Internet Archives (2021). Principales programas Ministerio de Defensa. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20080124181841/http://www.mde.es/dgam/principalesprogramasaym>. [Consultado 05-10-2021]
- [26] Ejército de Tierra (2021). Materiales. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/Armamento_pesado_veh_combate/LEOPARDO2E5.html. [Consultado 04-10-2021]

7. ANEXOS

7.1 ANEXO A

A continuación, se muestra las distintas entrevistas que se han utilizado para el desarrollo del método AHP. En estas se muestran las opiniones del grupo de expertos consultado, en este caso, los mandos de la bía. Mistral del GACA XII, ya que estos están en contacto estrecho con el material y el uso de la táctica para este sistema de armas.

La encuesta se titula “Estudio de la adaptación de la plataforma Mistral en las unidades acorazadas” y está realizado por el CAC José Luis Varo Esteban. Las preguntas son de respuesta “Si o no”, otras de distintas opciones a elegir una y por último una de ponderación entre dos opciones. Esta encuesta ha sido creada de forma online mediante la herramienta Google Forms. A continuación, se muestran las preguntas y respuestas de los distintos expertos

Las dos primeras preguntas van enfocadas en confirmar la necesidad de cambiar la plataforma Mistral actual y la dificultad de llevar a cabo la misión de acompañamiento de las unidades de maniobra de la Brigada “Guadarrama” XII. (ver *Figura 34 y 35*)

¿Usted opina que es necesario adaptar la plataforma Mistral para unidades acorazadas?
20 respuestas

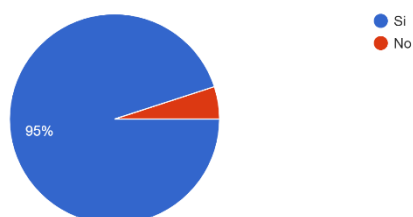


Figura 34. Pregunta 1 Encuesta. Fuente: elaboración propia

¿ En su opinión ve disminuido la capacidad de acompañamiento de fuerzas por parte del sistema Mistral en unidades acorazadas?
20 respuestas

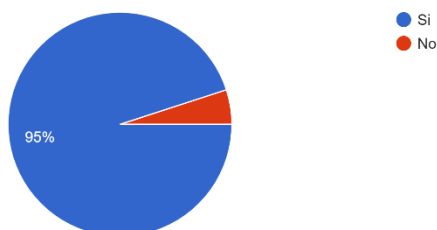


Figura 35. Pregunta 2 Encuesta. Fuente: elaboración propia

En las siguientes imágenes se muestra las preguntas que a posteriori serían los criterios del método AHP (ver *Figura 36, 37, 38 y 39*)

¿ Ve necesario utilizar un puesto de tiro doble en el sistema Mistral?
20 respuestas

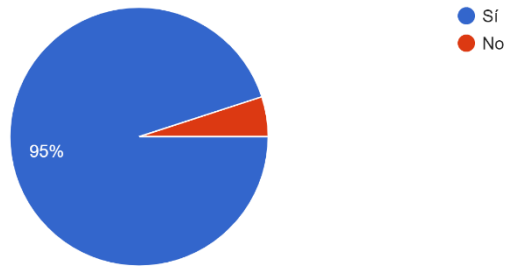


Figura 36. Pregunta 4 Encuesta. Fuente: elaboración propia

¿Prioriza blindaje y protección, o movilidad?
20 respuestas

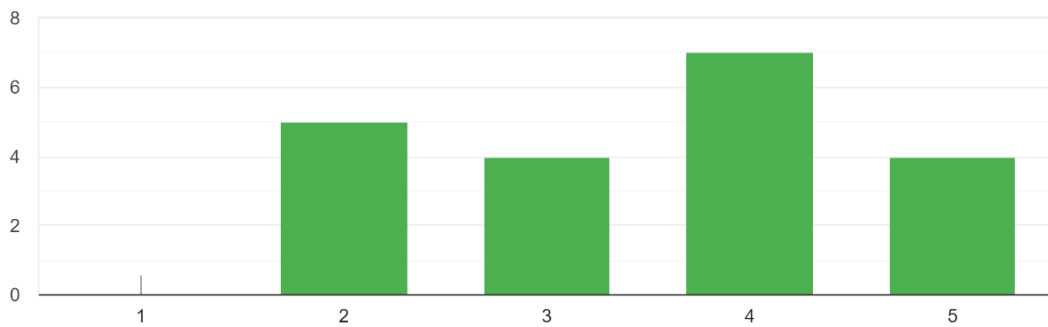


Figura 37. Pregunta 3 Encuesta. Fuente: elaboración propia

En esta pregunta, el 1 es que se prioriza al máximo el blindaje y protección, mientras que el 5 es la priorización de la movilidad. Como se aprecia, la mayoría de las respuestas son para el término movilidad.

¿ Ve necesario el uso de un arma secundaria en el vehículo que porte la plataforma Mistral?

20 respuestas

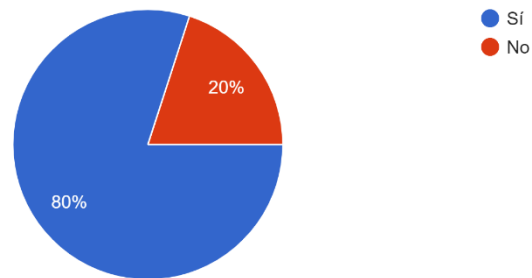


Figura 39. Pregunta 5 Encuesta

¿Prefiere sistemas que disparen de forma automática controlados desde la cabina del vehículo, o de forma manual con un tirador en la plataforma?

20 respuestas

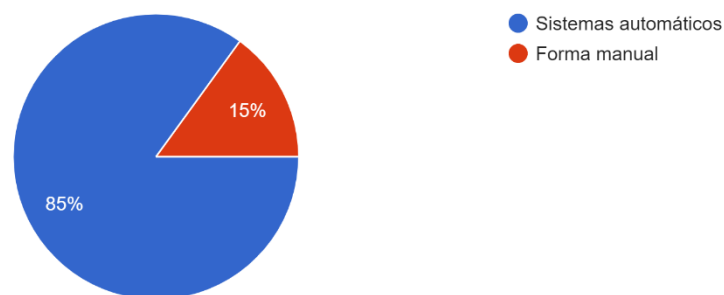


Figura 38. Pregunta 6 Encuesta

El siguiente paso es la comparación de los criterios. Para ello, se ha consultado a los mandos de la bía. Mistral del GACA XII para que realicen una comparación entre los distintos criterios:

- Movilidad
- Automático
- Arma secundaria
- Puesto de Tiro Doble

Este proceso es realizado por la escala de Saaty (ver Figura 40)²¹. En esta tabla se observa las distintas valoraciones dependiendo del número que se establezca. El más bajo es el 1, con la valoración "Igual importancia" y el más alto es el 9, "Importancia extrema". Si la comparación es a la inversa, se divide 1 entre el valor de la comparación, al contrario.

²¹ Imagen obtenida en <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/saaty/>

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Figura 40. Escala de Saaty

Por último, a los mismos encuestados anteriormente, se les hace repetir el proceso, pero comparando todas las alternativas con los distintos criterios. (en las Figuras 41 y 42 se muestran las tablas tipo) Para dicho proceso se utiliza la escala de Saaty, esta vez para comparar las opciones con un criterio. En este caso se encuentra los siguientes datos:

- Criterios
 - Movilidad
 - Automático
 - Arma secundaria
 - Puesto de Tiro doble
- Alternativas
 - VBL Mistral
 - SIDAM 25
 - Hafeet ADV

	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D
CRITERIO A				
CRITERIO B				
CRITERIO C				
CRITERIO D				

Figura 41. Tabla tipo comparación de criterios. Fuente: elaboración propia

CRITERIO A	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C	ALTERNATIVA D
ALTERNATIVA A				
ALTERNATIVA B				
ALTERNATIVA C				
ALTERNATIVA D				

Figura 42. Ejemplo comparación criterio-alternativas. Fuente: elaboración propia

7.2 ANEXO B

Este anexo muestra la pregunta realizada a un grupo de expertos, en este caso, los mandos de la bía. Mistral del GACA XII, ya que están en contacto con el material y con la táctica del uso de este sistema de armas.

En el análisis *Make or Buy* del punto 4.2, para discernir si es mejor comprar un vehículo o adaptar uno en dotación en el ET, se consultó a este grupo, para en su opinión elegir la mejor opción. Para ello en la misma encuesta del anexo A, se formuló la pregunta que se muestra en la Figura 43.

En el caso de cambiar la plataforma Mistral ¿Qué preferiría, adaptar un vehículo en dotación en el ET o comprar uno fuera?

20 respuestas

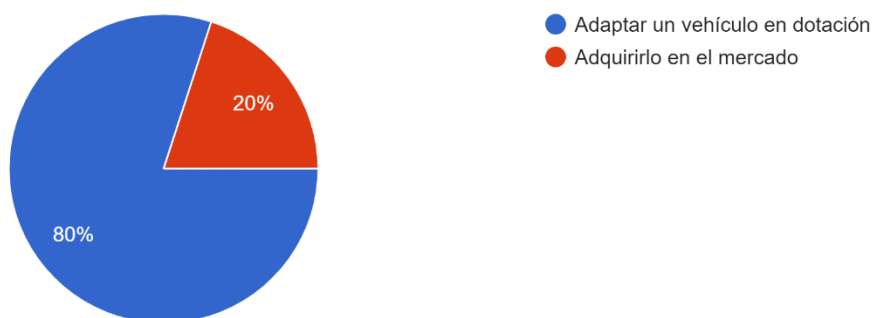


Figura 43. Pregunta 7 Encuesta. Fuente: elaboración propia

7.3 ANEXO C

Este anexo muestra la pregunta realizada a un grupo de expertos, en este caso, los mandos de la bía. Mistral del GACA XII, ya que están en contacto con el material y con la táctica del uso de este sistema de armas.

En el análisis de elección si es mejor un vehículo ruedas o cadenas en el punto 4.3, se consultó a este grupo, para en su opinión elegir la mejor opción. Para ello en la misma encuesta del anexo A, se formuló la pregunta que se muestra en la Figura 44.

¿La plataforma Mistral debería ir en medios cadenas en unidades acorazadas/ mecanizadas?

20 respuestas

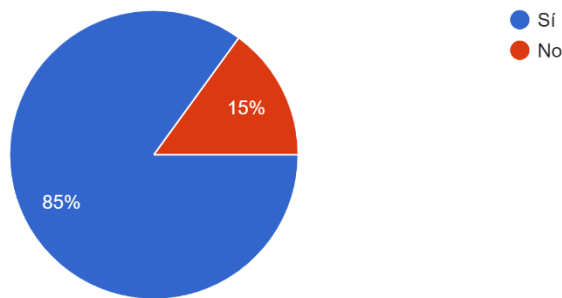


Figura 44. Pregunta 8 Encuesta. Fuente: elaboración propia

7.4 ANEXO D

En este anexo se muestra el análisis de riesgos que se ha realizado para este proyecto con los más probables, en el caso que se realice la implementación de la plataforma Mistral. Se adjunta dicho análisis en la siguiente página.

Tabla 12. Análisis de riesgos²²

ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida
1	Ataque enemigo combinado	Táctico	Ataques aéros y terrestres	H	1	1H	Neutralizar el PT	Arma complementaria o adquisición de un PT doble	1L
2	Cableado exterior del PT	Técnico	Fallo en la conexión del PT con el Ti	H	2	2H	Fallo de enlace y dañar el cableado	Mantenimiento y revisión del cableado	1L
3	Instrucción nocturna	Táctico	Movimientos bruscos	L	2	2L	Inutilización del material sensible	Curso avanzado para conductores para movimientos nocturnos	1L
4	Error de enlace	Técnico	No hay conexión con el resto de PT	H	1	1H	La UCE y el CIO/CPL no contacte con los PT	Enlazar por vía datos	1H
5	Rotura del PT	Técnico	No tener bien amclado el PT y movimientos bruscos	H	1	1H	PT inoperativo	Mantenimiento del PT	2L
6	No integración	Táctico	Error en el enlace	M	2	2M	No tener un escalón superior que nos asigne objetivos	Implementación de radios en ambos puestos	1L
7	Rotura de las barras de torsión	Técnico	Movimientos bruscos a alta velocidad	H	3	3H	Vehículo inoperativo	Mejor mantenimiento del vehículo	2M
8	Transporte de objetos sensibles	Logístico	Vibraciones por movimientos bruscos	H	3	3H	Rotura de esos objetos	Correcto almacenaje y crear soportales para esa función	2M
9	Trasmisión del vehículo	Técnico	Pérdida de potencia	H	2	2H	Vehículo inoperativo	Mejor mantenimiento del vehículo	2L
10	Cansancio del personal	Táctico	Estar en constante alarma	M	2	2M	No cumplir la misión o con ineficacia	Turnos de descanso	1L
11	Falta de instrucción	Táctico	Personal no instruido	M	2	2M	No cumplir la misión asignada o con retraso	Planes de instrucción	1L
12	Climatología adversa	Táctico	Mala climatología	L	1	1L	Retraso en el cumplimiento de la misión o rotura de material	Planes de conducción para tiempo adverso	1L

²² Fuente: elaboración propia