



Trabajo Fin de Grado

Vehículo Pizarro, Fase III:
Tendencias futuras y propuestas de diseño para
el prototipo

Autor: Jesús Gómez Rodríguez

Director académico: Doctor D. José Joaquín Sancho Val
Director militar: Capitán D. Ismael Toboso Martínez



AGRADECIMIENTOS

Considero un deber de gratitud y una razón de justicia comenzar reconociendo a aquellas personas que me han ayudado a desarrollar este proyecto a nivel técnico o personal; a mi tutor militar por tratarme como un oficial más de la compañía, enseñarme y apoyarme durante mis prácticas externas; a mi tutor civil por ayudarme con el formato del documento, aconsejarme e invertir tiempo en supervisar mi trabajo; a todos los miembros del RI Saboya 6 y en concreto de su primera compañía por atender mis dudas y enseñarme sobre el VCI Pizarro; a mi familia, mis amigos y mi pareja por apoyar todas mis decisiones personales y profesionales y ser el sustento sobre el que puedo desarrollarme; en último lugar a mi padre, por ser mi ejemplo permanente e inalterable de excelencia profesional, espíritu de sacrificio, lealtad y amor a la patria.



RESUMEN

A pesar de que el Vehículo de Combate de Infantería (VCI) Pizarro del Ejército de Tierra español es un vehículo relativamente moderno, con un grado de operatividad elevado e incluso un referente para la creación de VCI en otros países, tanto por la experiencia acumulada en su uso a lo largo de los últimos 20 años como por la evolución de las tendencias del combate, es necesario hacer un análisis de sus características y dilucidar que aspectos del vehículo se deben mejorar con la finalidad de seguir contando con un medio moderno y apto para el entorno operativo futuro.

Con el objetivo de encontrar las propuestas con mayor utilidad y lograr esta modernización, a través de este trabajo me propuse realizar un análisis a través de métodos tanto cualitativos como cuantitativos, destacando entre ellos la revisión documental, la investigación, las entrevistas con personal cualificado, el despliegue de la función calidad (QFD) y el análisis Proceso de Jerarquía Analítica (AHP).

Los resultados han sido claros y satisfactorios. Se ha logrado mediante distintos métodos encontrar analíticamente los aspectos del Pizarro Fase II en los que más se debe mejorar y por lo tanto en los que se deben centrar los recursos y sobre ellos se ha incidido más en las propuestas de mejora. Estos han sido la capacidad contra carro y la potencia de fuego del vehículo.

PALABRAS CLAVE

VCI Pizarro, Fase II, Fase III, Propuestas, Prototipo, Mejoras, Infantería Mecanizada



ABSTRACT

Despite the fact that the IFV (Infantry Fighting Vehicle) Pizarro is a relatively modern vehicle, with a high degree of operability and even a reference for other nations to base their IFV on, due to both the experience accumulated in its use over the last 20 years and the evolution of combat trends, it is necessary to make an analysis of its characteristics and elucidate which aspects of the vehicle should be improved in order to continue having a modern and suitable vehicle in the future operational environment.

With the purpose of finding the most useful proposals and achieve this modernization, through this work I proposed myself to perform an analysis through both qualitative and quantitative methods, highlighting among them the documentary review, research, interviews with qualified personnel, Quality Function Deployment analysis (QFD) and the Analytical Hierarchy Process (AHP).

The results have been clear and satisfying. The different methods have been used to mathematically find the aspects of the Pizarro Phase II that need to be improved the most and, therefore, on which resources should be focused and on which improvement proposals have been deeper. These have been the anti-tank capacity and the firepower of the vehicle.

KEYWORDS

IFV Pizarro, Phase II, Phase III, Proposals, Prototype, Improvements, Mechanized Infantry



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN.....	2
PALABRAS CLAVE.....	2
ABSTRACT.....	3
KEYWORDS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	7
1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN Y MOTIVACIÓN	8
1.2 MARCO LEGAL	9
1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	10
2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	10
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	10
2.2 METODOLOGÍA.....	11
3 MARCO TEÓRICO	13
3.1 ANTECEDENTES.....	13
3.2 ESTADO DE LA TECNOLOGÍA	16
3.2.1 Historia del ASCOD	16
3.2.2 El VCI Pizarro Fase II	18
4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	27
4.1 ANÁLISIS QFD	27
4.2 MEJORAS.....	30
4.2.1 Cámaras de conducción	30



4.2.2	Transmisión SAPA.....	31
4.2.3	BMS	32
4.3	IMPLEMENTACIONES	32
4.3.1	Sistema C/C	32
4.3.2	Cañón y calibre	35
4.3.3	Torre y extracción de vainas.....	40
4.3.4	Periscopio	42
5	CONCLUSIONES	44
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 VCI Pizarro Fase II en el campo de maniobras de San Gregorio.....	9
Figura 3.1 Semioruga M3 estadounidense	13
Figura 3.2 Semioruga Sd Kfz 251 alemán	13
Figura 3.3 VCI BMP-1 en la Guerra de Ucrania.....	15
Figura 3.4 VCI Pizarro Fase II.....	17
Figura 3.5 VCI Ajax.....	17
Figura 3.6 Idea de la familia ASCOD	18
Figura 3.7 Organización interna del Pizarro.....	19
Figura 3.8 Distribución de las cámaras.....	19
Figura 3.9 Medidas del VCI Pizarro Fase II	21
Figura 3.10 Blindaje exterior de baraza y torre	23
Figura 3.11 Ubicación del blindaje interior anti-esquirla	23
Figura 3.12 Grupo motopropulsor	24
Figura 3.13 Cañón MK 30-2.....	25
Figura 3.14 Disposición de los tubos lanza-ingenios.....	26
Figura 3.15 Ubicación de la ametralladora coaxial	27
Figura 4.1 Cámara de conducción trasera Escribano.....	31
Figura 4.2 Cámara dual de conducción delantera Escribano	31
Figura 4.3 Lanzamiento de misil Spike LR2 desde un 8x8 Dragon del E.T	34
Figura 4.5 Tamaño de la munición de los calibres 25-40mm	38
Figura 4.6 Comparativa municiones air burst de 30mm y 40CT	39
Figura 4.7 Comparativa de cañones 25mm-40mmCT	39
Figura 4.8 Capacidad de los calibres de dejar un vehículo inoperativo.....	40
Figura 4.9 Sistema de extracción y almacenaje de vainas y eslabones.....	41
Figura 4.10 Periscopios fijos del JV	42
Figura 4.11 Sistema óptico CPS de Elbit Systems	43



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Metodología de análisis empleada	12
Tabla 3-1 Relación marchas/velocidades del grupo motopropulsor	25
Tabla 4-1 Análisis QFD	28
Tabla 4-2 Análisis DAFO de añadir un sistema C/C	33
Tabla 4-3 Comparativa sistemas C/C	34
Tabla 4-4 Calibre de los VCI según épocas	35
Tabla 4-5 Relación de criterios AHP	36
Tabla 4-6 Relación de criterios AHP normalizada	36
Tabla 4-7 Criterio peso análisis AHP	36
Tabla 4-8 Criterio peso ponderado análisis AHP	37
Tabla 4-9 Matriz de decisión análisis AHP.....	37
Tabla 4-10 Autonomía letal, comparativa de calibres con munición APDS o APFDS	38



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- AHP: Proceso de Jerarquía Analítica
- ASCOD: Austrian Spanish Cooperation Development
- ATGM: Wire-guided anti-tank guided missile
- BIMZ: Batallón de infantería mecanizada
- BMS: Battlefield Management System
- C/C: Contra Carro
- CT: Cased-Telescoped
- CTAS: Case Telescoped Armament System
- DGAM: Dirección General de Armamento y Material
- ECP: Elemento de combate a pie
- EFP: Enhanced Forward Presence
- ERA: Explosive reactive armor
- ET: Ejército de Tierra
- FAS: Fuerzas Armadas
- GDLS: General Dynamics Land Systems
- GMP: Grupo motopropulsor
- JV: Jefe de vehículo
- MALE: Mando de Apoyo Logístico del Ejército
- MBT: Main Battle Tank
- META: Plan General de Modernización del Ejército de Tierra
- OP: Oficina Programa
- OTAN: Organización del Tratado Atlántico Norte
- QFD: Despliegue de la función calidad
- S/GTMZ: Subgrupo Táctico Mecanizado
- SBS: Santa Barbara Sistemas
- TBP: Transporte blindado de personal
- TOA: Transporte Oruga Acorazado
- URSS: Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
- VCZ: Vehículo de combate de zapadore
- VIC: Vehículo de Combate de Infantería
- COP: Combat Outpost



1 INTRODUCCIÓN

Esta memoria presenta los resultados de un trabajo de fin de grado de Ingeniería de Organización Industrial cursado en la Academia General Militar (Zaragoza) e impartido por el Centro Universitario de la Defensa. El título es *Vehículo Pizarro, Fase III: Tendencias futuras y propuestas de diseño para el prototipo* y a la vez que se desarrollaba el TFG se realizaron prácticas externas en el Regimiento de Infantería Saboya 6.

Dicho regimiento está ubicado en la Base General Menacho en Badajoz y más concretamente se realizaron las prácticas en su primer batallón mecanizado, que fue de las primeras unidades de España en recibir los vehículos Pizarro a principios de los años 2000 y es ahora uno de los únicos dos batallones que trabaja diariamente con los vehículos Pizarro Fase II. Además, la primera compañía con la que me he integrado diariamente volvió de un despliegue en Letonia a principios de 2022, por lo que su experiencia me ha sido de gran utilidad.

1.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN Y MOTIVACIÓN

Debido a que el Vehículo Pizarro Fase III se encuadra dentro de lo que se conoce como VCI es importante definir bien que entendemos por VCI, y la definición que a continuación aportaré es del Tratado Sobre Fuerzas Armadas Convencionales En Europa, en su versión definitiva del 19 de noviembre de 1990. "Por vehículo acorazado de combate de infantería se entenderá un vehículo acorazado de combate diseñado y equipado primordialmente para el transporte de un pelotón de combate de infantería, que en condiciones normales permite a las tropas abrir fuego desde el interior del vehículo bajo protección acorazada, y que está provisto de un cañón integral u orgánico de un calibre de al menos 20 milímetros y a veces de un lanzamisiles contracarro." De esta definición he de aclarar que el segmento que detalla que permite a las tropas abrir fuego desde el interior está un poco desfasado, ya que los VCI actuales no cuentan con apenas esa posibilidad o cuentan con ella de manera muy limitada debido a si escasa utilidad táctica y su relación indirectamente proporcional a otro tipo de capacidades.

Los VCI tienen una gran importancia en la guerra moderna (César Augusto Sáenz de Santa María Gómez. Coronel. Infantería. DEM. y José Manuel Llorca Díaz. Coronel. Infantería. DEM., 2015) su capacidad de aunar movilidad, protección y potencia de fuego con la flexibilidad y adaptación al terreno que le ofrece su elemento de combate a pie convierten a las unidades de infantería mecanizadas en un elemento polivalente capaz de actuar en los más diversos espectros del conflicto y en todo tipo de situación de combate, convencional o no, y tanto en el interior como fuera de los núcleos de población.

Esta importancia históricamente demostrada en las últimas décadas se hace más fehaciente si cabe con dos eventos recientes, la misión Enhanced Forward Presence (eFP) de la Organización del Tratado Atlántico Norte (OTAN) en Letonia en la que España participa con un Subgrupo táctico mecanizado (S/GTMZ) en base al VCI Pizarro y la reciente invasión rusa de Ucrania (David Khol, 2022) en la que se están empleando VCI a gran escala, eventos que refuerzan la necesidad de contar con un VCI moderno, operativo y apto para el entorno operativo presente y futuro, motivo primero de este proyecto.

En esta línea, analizando las características de nuestro VCI Pizarro, este proyecto se enmarca en el estudio de las necesidades técnicas y operativas que el Pizarro debe implementar para modernizarse y ser el VCI que Fuerzas Armadas necesitan, tanto a través de la introspección de nuestro propio vehículo como a través del estudio del estadio de la cuestión y de las tendencias futuras.



*Figura 1.1 VCI Pizarro Fase II en el campo de maniobras de San Gregorio
(Fuente: Intranet, biblioteca Virtual)*

1.2 MARCO LEGAL

Debido a que el proyecto incluye características tanto de adquisiciones, como de adaptación como de posibles pruebas de fuego real en estrecho colaboración con trabajadores se deberá tener en cuenta un marco legal amplio que abarque todos los sectores.

- **Legislación general**
 - Ley 30/2007 de 30 de octubre, de contratos del sector público.
 - UNE-EN ISO 9001:2015, Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.
 - Ley 24/2011, de 1 de agosto, de contratos del sector público en los ámbitos de la defensa y de la seguridad.
 - Real Decreto 1120/1977, de 3 de mayo, regulador de la contratación de material militar en el extranjero.
 - Real Decreto 945/2001, de 3 de agosto, sobre la gestión financiera de determinados fondos destinados al pago de las adquisiciones de material militar y servicios en el extranjero y Acuerdos internacionales suscritos por España en el ámbito de las competencias del Ministerio de Defensa.
 - Orden DEF/194/2021, de 8 de febrero, por la que se regula la contratación centralizada y se establece la composición y competencias de las Juntas de Contratación.
- **Legislación en relación con el Medio Ambiente**
 - Real Decreto legislativo 1/2008 de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- **Normativa en relación con la ejecución de ejercicios de fuego real ET EME MINISDEF**
 - Directiva 08/08 Centros de adiestramiento y campos de maniobra y tiro como medios de apoyo a la instrucción y adiestramiento.



1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La memoria de este proyecto la constituyen cinco puntos, incluyendo este primero de introducción que finaliza con este subapartado, además de su bibliografía, anexos y listas. Los siguientes bloques son en segundo lugar los objetivo y metodología, en el que se definen los objetivos de manera clara y concisa y se explican los procedimientos empleados para justificar mis propuestas. En tercer lugar, los antecedentes y el marco teórico, que son una síntesis del estado de la cuestión que también justifican el proyecto y cuyo análisis nos es de utilidad para comprender el medio con el que estamos tratando. En cuarto lugar, el desarrollo de la cuestión, en el que se ahondará en las propuestas para el Pizarro Fase III y aportaremos resultados de distintos métodos de análisis y por último en quinto lugar las conclusiones.

2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este proyecto es realizar una serie de propuestas de mejora objetivas, viables y claras para el VCI Pizarro de cara al prototipo Fase III para conseguir un VCI con los requisitos, prestaciones y capacidades operativas que se requieren para funcionar de manera óptima y con las máximas garantías de poder cumplir las misiones que se le encomienden, teniendo para ello en cuenta el entorno operativo futuro.

Para alcanzar dicho objetivo general, los objetivos específicos del proyecto que se presentan son los siguientes:

- Conocer las limitaciones y flaquezas del Pizarro Fase II.
- Analizar el estado de la tecnología, es decir los VCI existentes en el mercado y proyectos futuros.
- Comparar las capacidades del Pizarro con las de otros VCI.
- Finalizadas los tres objetivos específicos anteriores, reunir la información para dar lugar a soluciones, mejoras o conclusiones.

En cuanto a su alcance, algunas tareas propuestas para la consecución de los objetivos específicos han sido:

- Entrevistar miembros de Santa Barbara Sistemas (SBS), la empresa que actualmente se dedica a la innovación, fabricación y venta de los VCI, en Sevilla para conocer la visión de la empresa sobre el Pizarro Fase III.
- Entrevistar a miembros Dirección General de Armamento y Material (DGAM) en Madrid para conocer la visión del ejercito sobre el Pizarro Fase III.



- Contactar con el Mando de Apoyo Logístico del Ejercito (MALE) para obtener información sobre las flaquezas que estadísticamente se han recogido sobre el Pizarro Fase II.
- Entrevistar al jefe del 2º escalón de mantenimiento de vehículos Pizarro Fase II en el RI Saboya 6.
- Realizar encuestas en el Batallón de Infantería Mecanizada (BIMZ) I/6 en el que realicé mis prácticas.

Requisitos excluidos de este proyecto serán juzgar la idoneidad del VCI Pizarro en cuanto los requisitos iniciales requeridos, empresa contratada o prestaciones requeridas en su adquisición inicial, por lo que me centraré en buscar y proponer mejoras al actual Pizarro Fase II, siendo irrelevante para el objeto del proyecto juzgar tanto positiva como negativamente decisiones del pasado, que sin duda serían fundadas, sobre las cuales desconozco por completo las circunstancias y motivaciones.

Mi hipótesis de partida es que el VCI Pizarro Fase II tiene margen de mejora tanto a través de la implementación de nuevas capacidades de distintos ámbitos como a través de la mejora de ciertas capacidades ya existentes y mis restricciones del proyecto serán las de tratar siempre las propuestas de forma realista, es decir proponer cosas sencillas y alcanzables, sin proponer mejoras inexistentes, imaginarias o futuristas en la concepción absurda de la palabra. También es relevante señalar, que no será una restricción el coste derivado de la hipotética realización de la mejora propuesta.

2.2 METODOLOGÍA

Para tratar de desarrollar un análisis objetivo y que las propuestas sean adecuadas me he valido de ocho métodos principales, cuatro de ellos cualitativos y cuatro de ellos cuantitativos, alguna para saber cuáles son las propuestas más importantes y otras para determinar el mejor medio para materializar la propuesta. Estos métodos han sido las entrevistas, las encuestas, el análisis QFD, el análisis AHP, la observación directa, la revisión documental existente, el análisis DAFO y la investigación. A continuación, trataré de explicar aquellas que no resultan auto-explicativas y mostraré un diagrama de flujo con el proceso analítico.

- QFD: Despliegue de la función calidad. Es un método cuantitativo y una herramienta de calidad que se emplea con el fin de que un producto se adapte a las necesidades, requisitos y preferencias del cliente o usuario. Consiste en relacionar cada “qué” (que queremos conseguir) con un “como” (como queremos lograrlo) y en dar valores a la relación entre cada qué y cada como y a la importancia que tiene cada “qué” para nuestro diseño. Mediante esta herramienta conseguimos hallar matemáticamente a qué aspectos del producto debemos dar prioridad sobre los otros y cuáles por el contrario tienen un peso más irrelevante para el producto.
- DAFO: Esta herramienta consiste sencillamente en juntar en una tabla dividida en 4 zonas las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que resultan de una decisión de cualquier índole con el fin de reunir en un espacio visual las consecuencias que van a derivar de dicha decisión.



- AHP: Proceso de Jerarquía Analítica. Es un método de decisión multicriterio que nos facilita conocer la solución matemática y objetiva ante una elección compleja entre sus distintas alternativas; a partir de un objetivo claro se establecen los criterios deseados y las opciones evaluadas, posteriormente se eligen los pesos ponderados de cada criterio con respecto a los demás y se establecen las características de cada opción evaluada para finalmente conocer la mejor opción. Como ejemplo sencillo podemos poner de objetivo comprar un coche, como criterios que sea barato, fiable y con bajo consumo y como opciones los coches cuya compra barajamos con sus ponderaciones, por último, solo habría que introducir las ponderaciones relativas entre los criterios y las características relativas entre las opciones para obtener la solución óptima.



Tabla 2-1 Metodología de análisis empleada



3 MARCO TEÓRICO

En este punto se tratarán en primer lugar los motivos y el proceso histórico que llevan a la aparición de los VCI en los ejércitos de tal manera que al entender sus funciones tácticas podamos comprender mejor las propuestas y posteriormente voy a explicar las principales características del Pizarro Fase II, el VCI más moderno con el que contamos en el Ejercito.

3.1 ANTECEDENTES

Para entender la génesis de los VCI debemos hablar inevitablemente de los transportes blindados de personal (TBP), vehículos de los cuales terminan derivando los VCI. Los TBP tienen su origen teórico en la Primera Guerra Mundial con la familia Mark británica, que trató con escasa eficacia de fabricar vehículos capaces de romper los frentes estáticos y atravesar las alambradas y zanjas enemigas transportando personal en su interior. No tendrían mucho éxito debido a que ni su blindaje ni su potencia de motor ni su habitabilidad para lo que hoy denominaríamos elemento de combate a pie (ECP) resultaron eficaces y no fueron determinantes en el conflicto.

En la Segunda Guerra Mundial aparecieron de una manera totalmente distinta y siendo aquí el origen práctico de los TBP a través de los conocidos como semiorugas, que tendrían un uso muy intensivo a lo largo de esta guerra en ambos bandos, siendo destacables los modelos estadounidenses Semioruga M2 y Semioruga M3 y los alemanes Sd.Kfz.250 y Sd.Kfz.251, que se encargaron estos últimos de ser el medio puntero de los famosos *panzergrenadiers*.



Figura 3.1 Semioruga M3 estadounidense

(Fuente: <https://flyingheritage.org>)



Figura 3.2 Semioruga Sd Kfz 251 alemán

(Fuente: <http://guerra-abierta.blogspot.com>)



Los estadounidenses simplemente emplearon estos vehículos como plataformas móviles capaces de operar en terrenos más complicados que un vehículo de ruedas, sin embargo, la concepción alemana tenía una implicación doctrinal mucha más clara ya que se diseñaron y emplearon con la idea de que fuese un vehículo capaz de transportar a un pelotón de *panzergrenadiers* con sus equipos y que les permitiese actuar en acompañamiento de las unidades blindadas de carros de combate para suplir las carencias tácticas que los carros de combate tienen si actúan en solitario, una de las misiones que actualmente cumplen los VCI. Al llevar orugas y no solo ruedas posibilitaba el movimiento en terrenos por los que, en comparación con los vehículos rueda, los semioruga si podían avanzar y garantizar el acompañamiento.

Estos vehículos poseían blindaje contra armamento ligero y esquirlas, podían transportar con cierta protección entre 7 y 12 personas y contaron inicialmente con ametralladoras de bajo calibre, aunque a lo largo del conflicto se confeccionaron multitud de variantes con armamento muy distinto, siendo la tendencia la de incorporar una ametralladora pesada capaz de hacer frente a otros vehículos similares. Finalizada la Segunda Guerra Mundial y empezada la Guerra Fría, aparecieron lo que podríamos llamar la segunda generación de TBP tanto en el bloque comunista como en el capitalista, pero lo realmente importante fue la aparición de los primeros VCI.

En contra de la doctrina del “*battle taxi*” (Peter Kasurak, 2021) estadounidense del empleo de los TBP como un medio de transporte hasta que, en contacto con el enemigo, se despliega el ECP y se repliega el vehículo a posiciones más seguras, en Alemania Occidental se mantuvo la doctrina de acompañamiento a los carros de combate y se diseñó el Schützenpanzer Lang HS.30, que será el primero VCI de la historia a nivel teórico, puesto en “servicio” en 1960.

Su historia es una historia breve y de fracaso pues su diseño tuvo numerosos fallos y malfuncionamientos y su mayor uso acabó siendo el de ser blanco para futuras pruebas de tiro; las cadenas, la transmisión, la suspensión, el manteniendo y las posibilidades de desembarco tuvieron numerosos fallos como consecuencia de una gran variedad de factores políticos y económicos principalmente relacionados con las restricciones impuestas Alemania tras la guerra. Esto no resta sin embargo importancia a que apostando de nuevo por la doctrina de acompañamiento idearon un vehículo con un cañón automático de 20mm y un blindaje superior al de los APC con la idea de combatir junto a los carros de combate transportando infantería en su interior con la finalidad de aportar apoyo directo al ECP en combate. Durarían una década en servicio antes de ser sustituido por el más exitoso VCI Marder en 1971, que dura hasta la actualidad.

Los estadounidenses siguieron sin entender esta doctrina de la *Bundeswehr* (las Fuerzas Armadas alemanas) y, fieles a su idea de los TBP diseñaron y produjeron el M113, conocido en España como Transporte Oruga Acorazado (TOA) que muy pronto se mostraría poco apto para ser empleado en combate y sobre todo muy incapaz de competir con el que si se considera el primer VCI de la historia, el soviético BMP-1, puesto en servicio en 1966 y en uso aun actualmente en varios conflictos.

La Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) tomó lecciones aprendidas de la guerra contra Alemania y también quiso diseñar e implementar lo que posteriormente llamaríamos VCI; de esta manera, con la misma idea con la que se diseñó el Schützenpanzer Lang HS.30 se quiso fabricar un vehículo que actuase en coordinación con los carros de combate con la doble misión de apoyar al ECP en combate y de liberar a los carros de combate de ciertas amenazas encargándose de los vehículos menos blindados y de las amenazas a pie. Al diseñarse se pidió reunir los siguientes requisitos:

- Potencia de fuego para necesaria para enfrentarse a carros ligeros enemigos
- Movilidad parecida a la de un Main Battle Tank (MBT)



- Protección contra radiación y agentes químicos para la tripulación y el ECP.
- Poder proporcionar apoyo directo al ECP
- Protección contra calibre 12,70mm en todo el vehículo y contra calibre 20 frontalmente.
- Capacidad anfibia
- Troneras para que el ECP pueda disparar sin desembarcar



Figura 3.3 VCI BMP-1 en la Guerra de Ucrania

(Fuente: <https://www.pucara.org>)

Como resultado se obtuvo un VCI con un cañón principal de 73mm con munición de fragmentación o antitanque, una ametralladora coaxial de 7,62mm, un misil contracarro C/C tipo ATGM (wire-guided anti-tank guided missile), capacidad anfibia, una autonomía de 600 kilómetros, 65 km/h en carretera, que tiene detectores químicos y de radiación y capacidad de protección contra los mismos a través de un sistema de sobrepresión. Esto último fue requisito indispensable debido a el contexto de la guerra fría y una diferencia grande con cualquier APC hasta el momento. (Lisandro Amorelli, 2022)

Desde 1966 ha sido empleado por más de 40 naciones y actualmente Rusia, China, India y Polonia (recientemente han enviado algunos de estos vehículos a Ucrania) siguen contando con más de 100 BMP-1 y muchos otros países en menor cantidad. Han participado en multitud de conflictos desde los conflictos desde las distintas guerras del conflicto árabe-israelí, pasando por la invasión soviética de Afganistán y las guerras del Golfo hasta la Guerra de Ucrania. Con las lecciones aprendidas de los distintos conflictos se pondría en marcha el diseño del BMP-2 que entraría en servicio en 1980 pero, sobre todo, haría ver al Ejército estadounidense y al resto del mundo que los VCI habían llegado para quedarse y en consecuencia EE. UU. iniciarían el proyecto para contar con el suyo propio que terminaría con la introducción del M2 Bradley en 1981. Desde entonces hasta ahora, todos los Ejércitos modernos se han concienciado de la importancia de estos nuevos vehículos y han introducido y desarrollado VCI en sus unidades.



3.2 ESTADO DE LA TECNOLOGÍA

3.2.1 Historia del ASCOD

Desde que comenzó la transición española hubo una serie de programas y proyectos de reforma de las Fuerzas Armadas en la que influyó notablemente la Ley Orgánica de Criterios Básicos de Defensa Nacional y Organización Militar que fue aprobada por las Cortes Generales el 5 de enero de 1984. El Plan General de Modernización del Ejército de Tierra (META) que reorganizó la estructura interna de las Fuerzas Armadas (FAS) redujo notablemente el número de regiones militares, de unidades y más destacable aun, se redujo casi el 50% el número de efectivos lo cual implicaba la evidente necesidad de modernizar los medios materiales para compensar los medios en personal (Eva Cervera Arteaga, 2011). Esta necesidad sin embargo no se pudo ver cubierta debido a la falta de presupuesto para lograrla.

En 1984 comenzó un programa de desarrollo para modernizar los carros de combate del Ejército de Tierra (E.T) llamado Lince mediante el cual se pretendía adquirir un vehículo nuevo, fue ofertado y capto el interés de varias empresas, pero finalmente en lugar de realizar esa adquisición se optó por una solución más barata consistente en modernizar los viejos AMX-30E y adquirir los M60A1 y M60A3 que estaban siendo retirados de Europa. Esta solución sería para muy corto plazo pues no solucionaba el problema de la antigüedad de los medios vigentes y en 1994 se iniciaría el Programa Coraza, mediante el cual se adquiriría material e infraestructuras logísticas adecuadas para medios modernos, principalmente el Leopard 2E, el helicóptero de ataque Tigre y el VCI Pizarro.

El VCI ASCOD (Austrian Spanish Cooperation Development), como es conocido a nivel internacional el Pizarro, es motivado por la Bundesheer, las Fuerzas Armadas austriacas, que en la década de los 80 trabaja en adquirir un nuevo VCI para sustituir a sus vehículos TOA y Saurer con la empresa nacional Steyr-Daimler-Puch pero el presupuesto del que disponían era insuficiente para desarrollar el diseño. Por este motivo en 1988 se firma un acuerdo entre la empresa austriaca y la empresa española SBS, tras lo cual se pudo empezar la producción.

En 1991 debido a la necesidad patente del ET de adquirir un VCI y sumarse así a la tendencia de todos los ejércitos de incluirlos en su doctrina, ya que hasta entonces solo contábamos con los viejos TOA como vehículo APC, se presentó el Pliego de Prescripciones Técnicas conjunto entre los Estados Mayores de los ejércitos de España y Austria ya que había convergencia de requisitos y se fabricó el primer prototipo. En 1994 ya se habían completado las modificaciones que conformaron lo que sería llamado Pizarro en España, Ulan en Austria y en este mismo año España pidió 4 vehículos para probarlos. En 1996, ya dentro del Programa Coraza y tras unas pruebas consideradas satisfactorias, se encargaron 144 VCI Pizarro que serían los primeros VCI de la historia de España.

En 2003 ya habían sido entregados todos los VCI Pizarro de la primera adquisición, llamados Pizarro Fase I, dotando a 3 batallones de estos vehículos y siendo los primeros BIMZ de España. Estos fueron el BIMZ Almansa III/10 de la Brigada Guzmán el Bueno X, el BIMZ Cantabria I/6 de la Brigada Extremadura XI y el BIMZ Covadonga I/31 de la Brigada Guadarrama XII. En marzo de 2004 el Consejo de ministros autorizó los créditos para adquirir una segunda fase del Programa Pizarro y en el mismo mes se firmó un contrato consistente en 212 vehículos a ser entregados entre 2005 y 2011, sin embargo, estas adquisiciones se vieron reducidas a tan solo 117 y se retrasaron las entregas por diversos motivos hasta enero de 2016, momento el cual los primeros VCI Pizarro Fase II llegaron al BIMZ Cantabria I/6 en el que he desarrollado mis prácticas. Este retraso será relevante ya que al entregarse más de una década después de lo



previsto, ciertos requisitos del VCI Pizarro Fase II no están en concordancia a las tendencias futuras de un VCI diseñado para el año 2016, lo cual veremos en el apartado 4 de la memoria.

Las empresas SBS y Steyr-Daimler-Puch pertenecen desde 2001 y 2003 a la empresa estadounidense General Dynamics Land Systems (GDLS) que a su vez pertenece al conglomerado General Dynamics. El programa ASCOD fue por lo tanto asumido por GDLS y actualmente está teniendo un reconocido éxito internacional:

- El ejército británico seleccionó a GDLS para dotar a su Ejército de nuevas barcas de VCI, para lo cual contrató a SBS para la fabricación de 584 barcas ASCOD, cuyos primeros modelos se han producido en Trubia, Asturias.
- El ejército filipino ha firmado la adquisición de 18 carros de combate ligeros Sabra basados en la plataforma ASCOD2 y se plantean aumentar la cantidad a 144.
- El ejército estadounidense ha firmado con GDLS en junio de 2022 un contrato de 1,14 billones de dólares para la adquisición de carros de combate ligeros Griffin II, basados en el ASCOD. De momento 96 ejemplares se pretenden entregar en 2023.
- El ejército estadounidense está negociando la posible adquisición del VCI Griffin III un VCI de última generación llamado a sustituir a los M2/M3 Bradley.
- El ejército de la República Checa preseleccionó en 2018 a GDLS para suministrarles vehículos basados en el ASCOD de entre las empresas que se ofertaron junto a otras dos para sustituir a sus VCI BMP-2 que datan de los 80. Finalmente, en junio de 2022 perderían en la selección final frente a la empresa sueca BAE Systems AB.



Figura 3.4 VCI Pizarro Fase II

(Fuente: <https://www.defensa.com>)



Figura 3.5 VCI Ajax

(Fuente: <https://generaldynamics.uk.com>)



Como se observa hay parecidos evidentes entre ambas barcas ya que ambas son ASCOD, varía sin embargo el sistema de armas y aspectos de la protección. Es relevante destacar, que lo que se pretende conseguir con la plataforma ASCOD no es únicamente dotar a nuestro ejército de un VCI sino contar con una plataforma multifuncional sobre la que proyectar las distintas necesidades de nuestro ejército formando una familia con plataforma común. Existen ya de hecho en el ejército austriaco un vehículo ASCOD en modalidad de carro de combate ligero con cañón de 105mm al igual que el que están adquiriendo Filipinas y Estados Unidos, en el ejército español tenemos el Vehículo de Combate de Puesto de Mando (VCPC) y estamos muy próximos a dotar a las unidades del Vehículo de Combate de Zapadores (VCZ) Castor y se quiso en la segunda fase adquirir 10 Vehículos de Recuperación (VREC) y 27 Vehículo de Combate de Observador Avanzado de Artillería (VCOA), todos ellos bajo la barcaza común de ASCOD y adaptándolos a sus requerimientos tácticos.

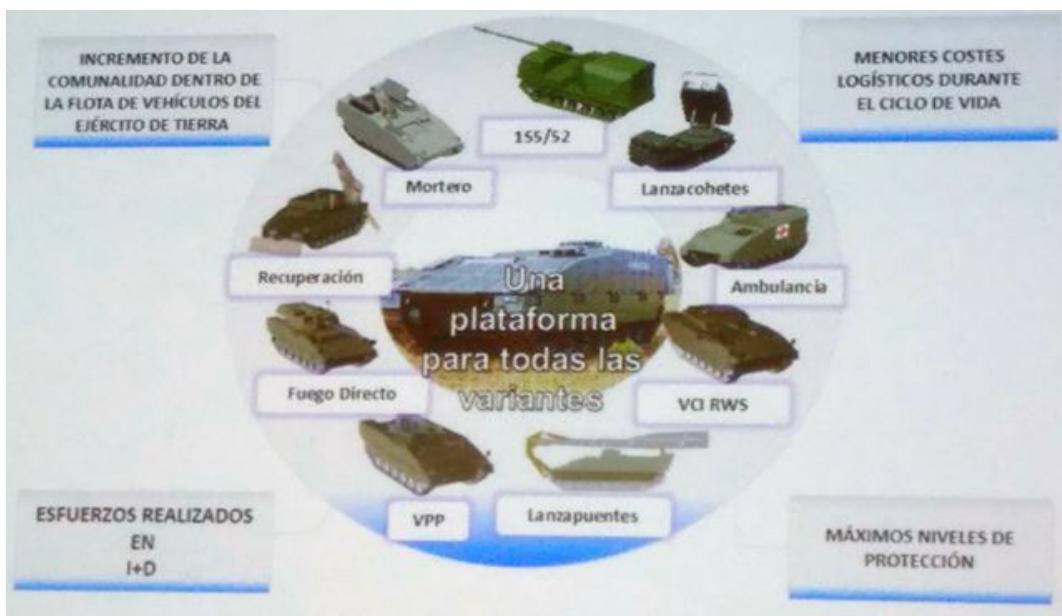


Figura 3.6 Idea de la familia ASCOD
(Fuente: <https://www.defensa.com>)

3.2.2 El VCI Pizarro Fase II

El resultado del desarrollo de esta cooperación austriaco-española fue como ya hemos mencionado el VCI ASCOD llamado en España VCI Pizarro con ligeras modificaciones adaptadas a nuestros requisitos, del cual además se realizaron una serie de mejoras antes de que el Ejército de Tierra realizase un segundo pedido y a estos son los que llamamos Pizarro Fase II, estando la idea del Pizarro Fase III en desarrollo actualmente, aunque a nivel embrionario.

El Pizarro es en definitiva un vehículo montado sobre cadenas fabricado por GDLS Santa Bárbara Sistemas S.A diseñado concienzudamente para el combate de Infantería y Caballería. Está fabricado íntegramente en acero, con una gran hermeticidad que le proporciona protección NBQ aislando el interior del vehículo por sobrepresión, tiene como arma principal un cañón de 30 mm fabricado por la empresa alemana Mauser/Rheinmetall y cuenta con sistemas ópticos incluidos varios acoplos recientes como una cámara trasera y una cámara térmica frontal. Todo ello hace del Pizarro un sistema de armas de notables capacidades de fuego, protección y movilidad en todo tiempo, situación y ambiente de combate.



3.2.2.1 Organización general

En el vehículo se pueden diferenciar 3 partes principales; la cámara de motor, la cámara de combate o pozo de la torre y la cámara de personal que se subdivide a su vez en cámara de conducción y cámara del ECP.

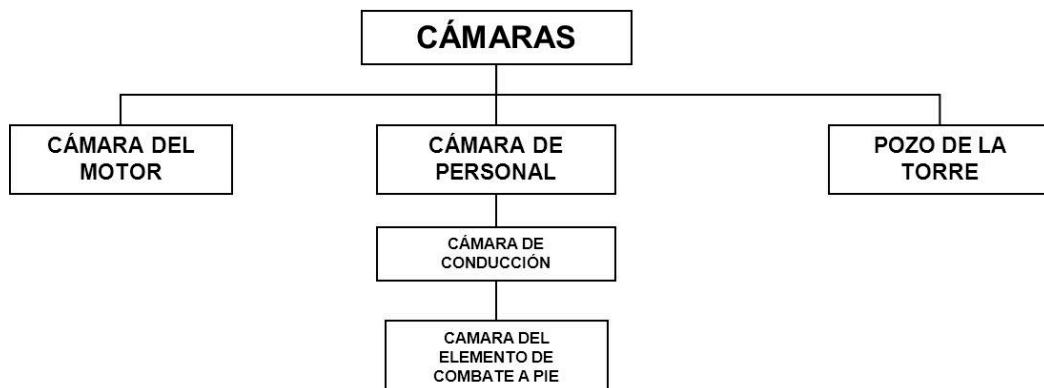


Figura 3.7 Organización interna del Pizarro

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo I/III Casco)

El personal total embarcado en los VCI Pizarro Fase 2 consta de 10 miembros y se distribuye de la siguiente manera:

- Cámara de conducción: 1 persona, el conductor.
- Cámara de combate: 2 personas, el Jefe de Vehículo (JV) y el tirador.
- Cámara del ECP: 7 personas.

El motor está ubicado al igual que en todos los VCI en la parte frontal por el doble motivo de poder llevar al ECP en la parte trasera, por donde debe desembarcar, y de tener una protección extra contra el fuego enemigo al tener el motor delante.



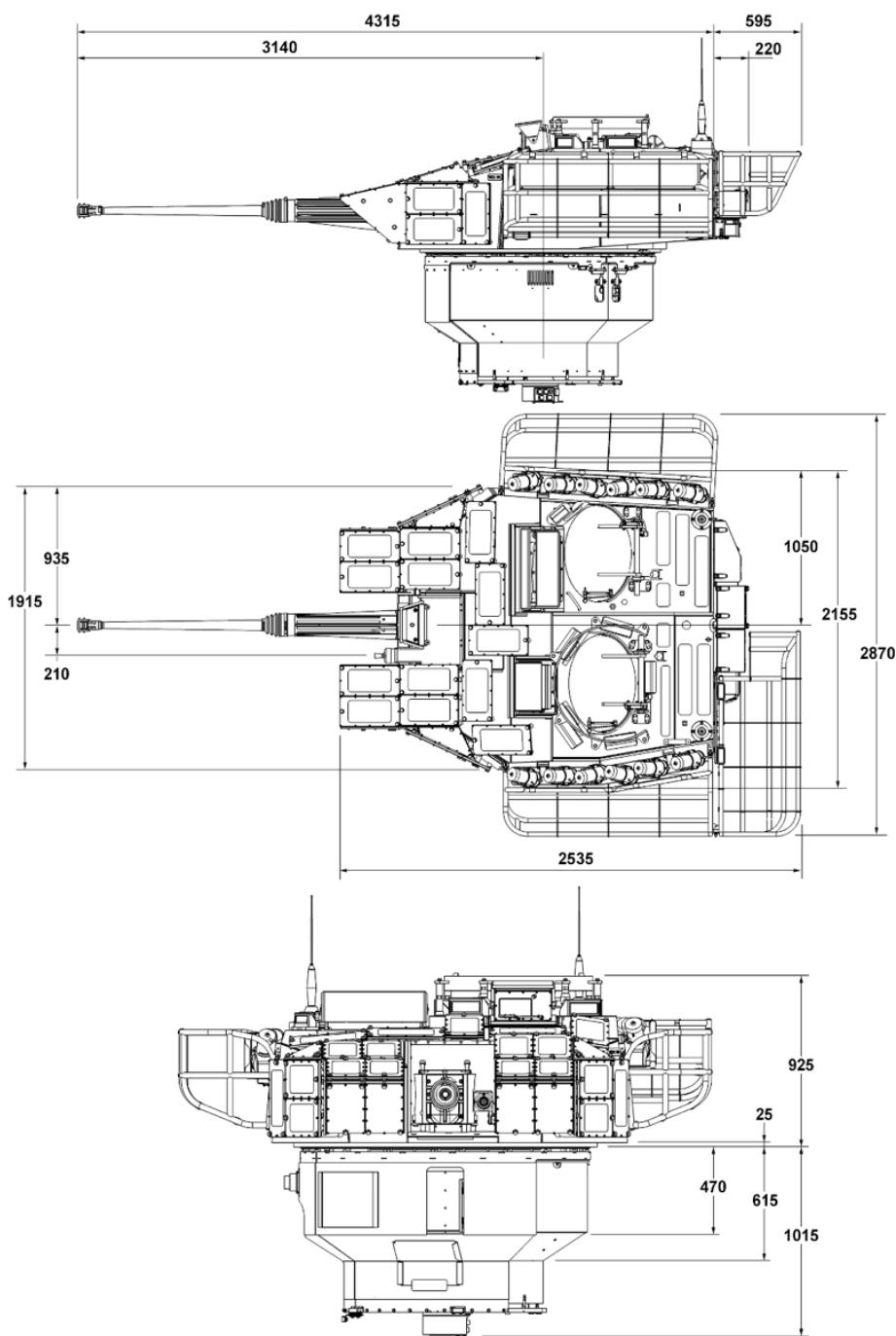
Figura 3.8 Distribución de las cámaras

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed.)



3.2.2.2 Pesos del vehículo y medidas

- En orden de combate 30,92 t
- En orden de marcha 30,76 t
- En vacío 28,12 t
- Clase de Carga Militar 34,00 t
- Presión específica nominal 73,4 KPa (0,75 kg/cm²)
- Presión media máxima 182,7 KPa (1,86 kg/ cm²)



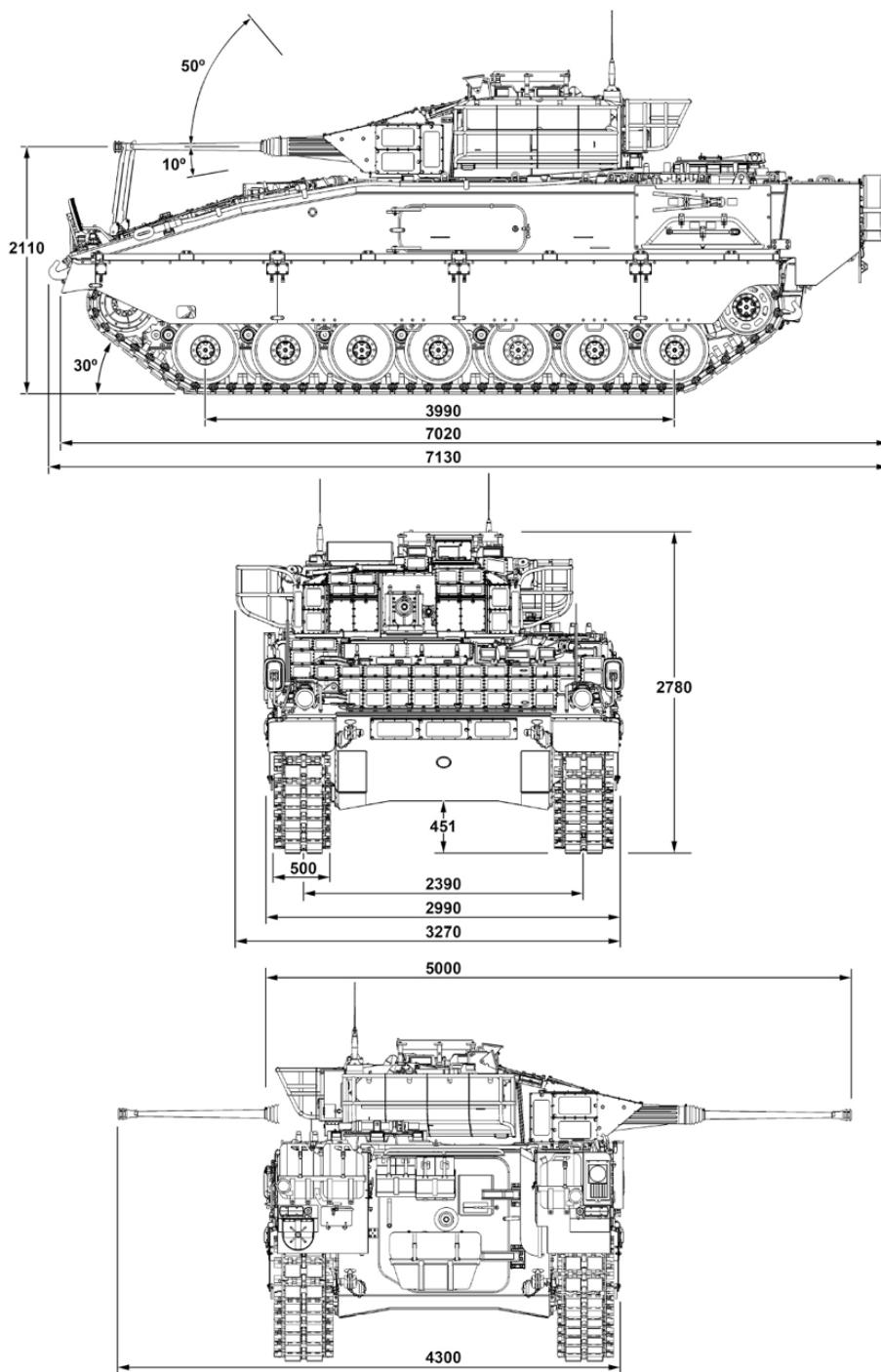


Figura 3.9 Medidas del VCI Pizarro Fase II

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo I/III Casco)

3.2.2.3 Movilidad

- Velocidad máxima en carretera 70 km/h
- Velocidad máxima marcha atrás 40 km/h
- Aceleración de 0 a 60 km/h 30 s.
- Relación potencia/peso en combate 23,43 CV/T



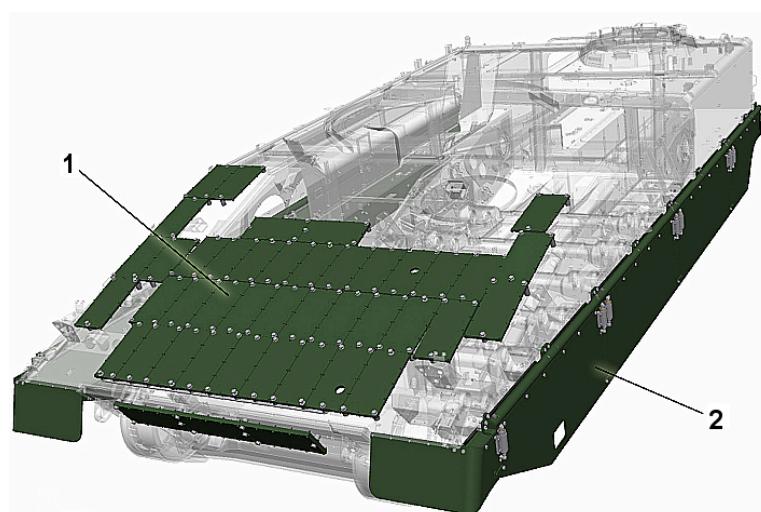
- Diámetro mínimo de giro con cajas de almacenaje 8.600 mm
- Capacidad de franqueamiento de obstáculos:
 - Pendiente longitudinal superable 60%
 - Pendiente lateral 30%
 - Anchura superable zanja 2.000 mm
 - Altura superable obstáculo vertical 800 mm
 - Capacidad de vadeo sin preparación 1.200 mm
 - Capacidad de vadeo con preparación 1.500 mm
- Autonomía en carretera 471 km

3.2.2.4 Protección

- Blindaje estructural:
 - 14,5 x 114 mm API Distancia superior a 500 m (Arco frontal de 60°)
 - 7,62 x 51 mm AP Cualquier distancia en todo el vehículo
 - Fragmentos de 155mm Mas de 10 metros en todo el vehículo
- Blindaje adicional:
 - 30 mm APFSDS A distancias mayores de 1000 metros
 - 14,5 mm x 114 mm API En todo el vehículo a distancias superiores a 500

Además de estar externamente conformado en su totalidad por blindaje homogéneo laminado el vehículo tiene 40 placas de blindaje inerte adicional en la zona frontal y 22 en la zona de la torre por ser estas las más expuestas de los vehículos al combatir y 8 placas abatibles llamadas faldones dispuestas 4 a cada lado que ofrecen protección al tren de rodaje y además favorecen que este se mantenga libre de barro o elementos que puedan obstruir el movimiento del vehículo. Cuenta también con un blindaje anti-esquirlas interior en ciertas zonas del vehículo para proteger al personal.

También existe la posibilidad de sobre estas placas montar blindaje inerte adicional o montar el explosive reactive armor (ERA) Sabblir (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2016), que, a través de la detonación de cargas en dirección opuesta al impacto del proyectil, disipa su energía y minimiza sus efectos. Esto aumenta significativamente su protección.



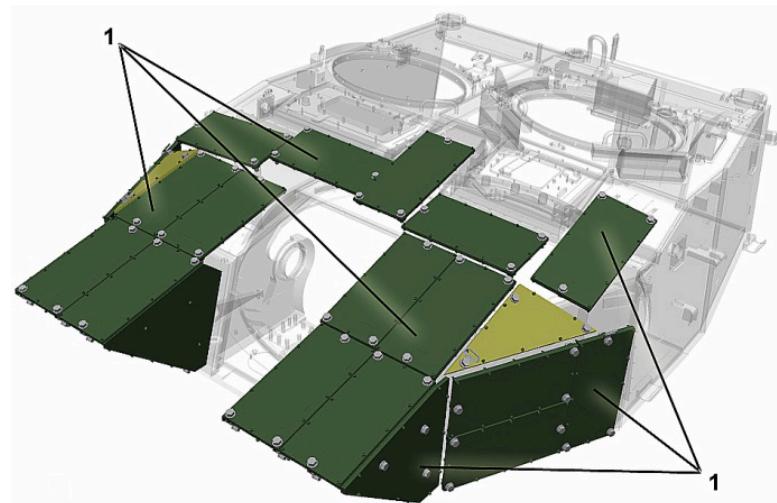


Figura 3.10 Blindaje exterior de barcaza y torre

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo I/III Casco)

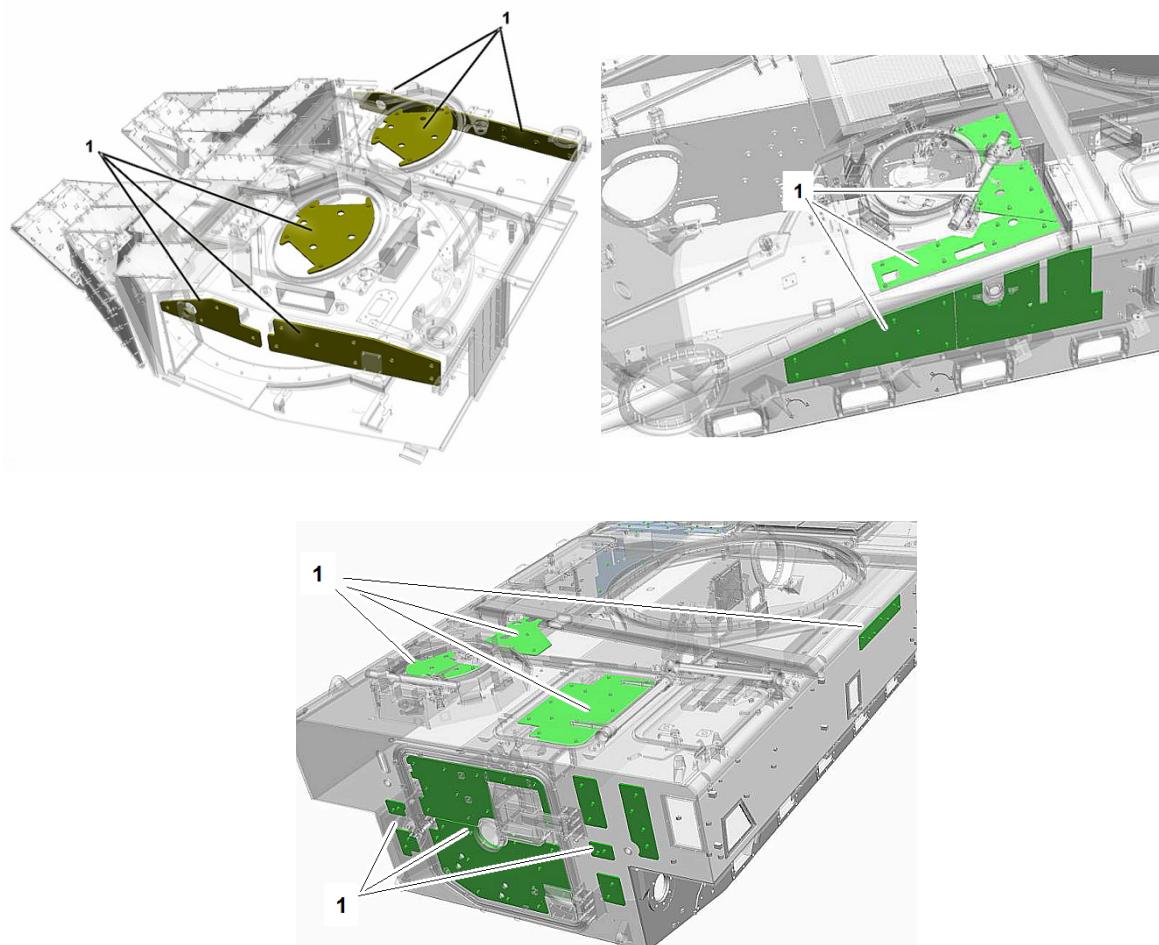


Figura 3.11 Ubicación del blindaje interior anti-esquirla

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo I/III Casco)



3.2.2.5 Grupo motopropulsor

Se compone de motor y transmisión. El motor del VCI Pizarro Fase II fue mejorado con respecto al Fase I y no solo es el encargado de proporcionar la movilidad al vehículo sino también de proporcionar la alimentación eléctrica de todos los sistemas y la recarga de las baterías

Es un motor de combustible diésel rápido de cuatro tiempos MTU MT 199 8V TE20 de 8 cilindros en V a 90°, inyección directa y turboalimentado, refrigerado por líquido con una cilindrada total de 15.920 cm³ y una potencia de 721 caballos.

La transmisión también se mejoró con respecto a los Fase I, siendo la actual la SG-850, que es una transmisión en T cuyos cometidos principales son transmitir el par y la potencia del motor a los pasos finales (elemento que conecta la transmisión con el tren de rodaje para posibilitar el movimiento, conectando directamente con las coronas propulsoras), girar y permitir el pivotaje del vehículo y frenar el mismo.

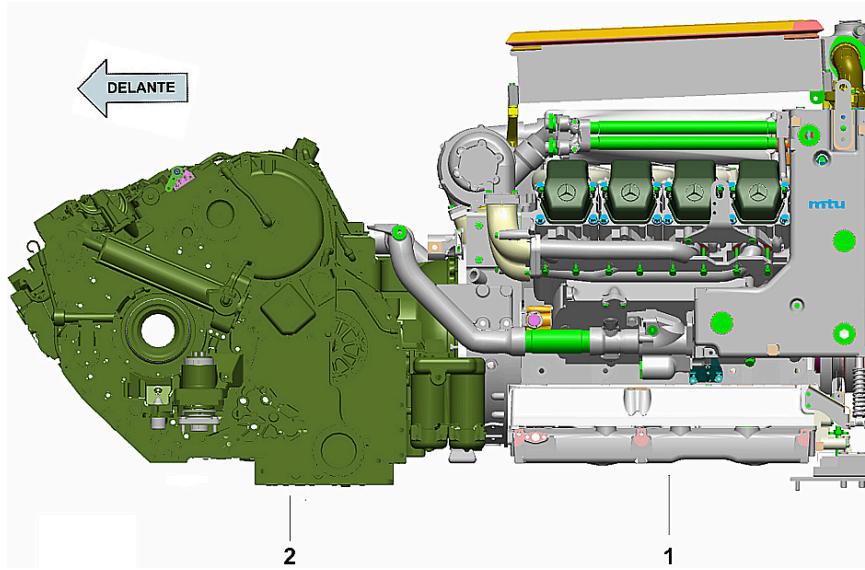


Figura 3.12 Grupo motopropulsor

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo I/III Casco)

La transmisión consta el Fase II de 32 velocidades que tienen entre si intervalos del 10% tanto marcha adelante como marcha atrás en contraste con las 6 y 4 respectivamente del Fase I. El elevado número de marchas permite que la transmisión se comporte como una transmisión continuamente variable y por ello permita operar el motor en su régimen óptimo y el sistema podrá iniciar la puesta en marcha y mantenerse operativo en un rango de temperaturas ambiente de +49 °C a -20 °C. Las 32 marchas se dividen en 4 bloques seleccionables por el conductor:

- M1 de la 1 a la 8
- M2 de la 9 a la 16
- M3 de la 13 a la 24
- A de la 17 a la 32



Marcha	Velocidad Km/h		Marcha	Velocidad Km/h		Marcha	Velocidad Km/h	
	Adelante	Atrás		Adelante	Atrás		Adelante	Atrás
1	3.4	-	12	10.1	5.7	23	29.4	16.8
2	3.7	2.1	13	11.0	6.2	24	32.1	18.3
3	4.2	2.4	14	12.0	6.8	25	35.1	20.0
4	4.6	2.6	15	13.6	7.7	26	38.3	21.8
5	5.0	2.9	16	14.8	8.5	27	43.5	24.8
6	5.5	3.1	17	16.1	9.4	28	47.5	27.1
7	6.2	3.5	18	17.5	10.0	29	51.8	29.5
8	6.8	3.9	19	19.9	11.3	30	56.6	32.2
9	7.4	4.2	20	21.7	12.4	31	64.2	36.6
10	8.1	4.6	21	23.7	13.5	32	70.2	40.0
11	9.2	5.2	22	25.9	14.8			

Tabla 3-1 Relación marchas/velocidades del grupo motopropulsor

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo I/III Casco)

3.2.2.6 Armamento principal

El armamento principal es el cañón automático 30m MK 30-2, un cañón de origen alemán fabricado inicialmente por Mauser y ahora por Rheinmetall cuyo funcionamiento es por toma de gases. Fue diseñado para su empleo como armamento antiaéreo por lo que tiene una cadencia muy elevada en comparación con otros cañones de VCI, dispara munición de 30x173mm y emplea vainas específicamente diseñadas para ser más resistentes para lograr mayor presión y conseguir mejores efectos.



Figura 3.13 Cañón MK 30-2

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo II/III Torre)

Tiene una gran precisión y un alcance que le permite abatir vehículos ligeros a más de 2000 metros y helicópteros a más de 3000 metros. Cuenta con un doble alimentador del cañón, lo cual es útil para tener preparada munición de dos tipos distintos para poder ser empleadas de forma intercalada en función de las amenazas sin tiempo de espera pudiendo elegir entre munición flecha (APDS), munición High Explosive Incendiary (HEI), munición multipropósito (MP) o de entrenamiento principalmente. Es relevante resaltar que el cañón está dentro del vehículo y que actualmente las vainas y las grapas se



desechan al interior del vehículo. La dotación de munición se distribuye de la siguiente manera.

- Empleo inmediato	196
o Cargador derecho	118
o Cargador izquierdo	78
- Reserva de munición	204
- Total de munición	400

3.2.2.7 Armamento secundario

El vehículo cuenta también con una ametralladora coaxial MG-3S de 7,62x51mm que se coloca paralelamente al cañón principal en la torre del VCI que permite al vehículo emplear esta munición cuando este calibre sea más apropiado contra objetivos de alguna situación táctica. Esta ametralladora es la misma ametralladora media de dotación que el Ejercito tiene en todas las unidades con pequeñas adaptaciones morfológicas para colocarse en el vehículo por lo que no se necesita instrucción adicional por parte de la tripulación.

Cuenta por último con 6 tubos lanza-ingenios a cada lado dispuestos en fila con capacidad de lanzar granadas de 76mm contrapersonal, high explosive o fumígenas. Los tres tubos lanzan ingenios más adelantados de cada lado (baterías 2 y 3 en la figura 3.14) únicamente pueden emplear granadas fumígenas, que además se deben lanzar en salvas de 3 contando con un alcance de 55 metros, y los 3 más retrasados (baterías 4 y 5 en la figura 3.14) todo tipo de artificios, que se pueden lanzar individualmente con un alcance de 40 metros.

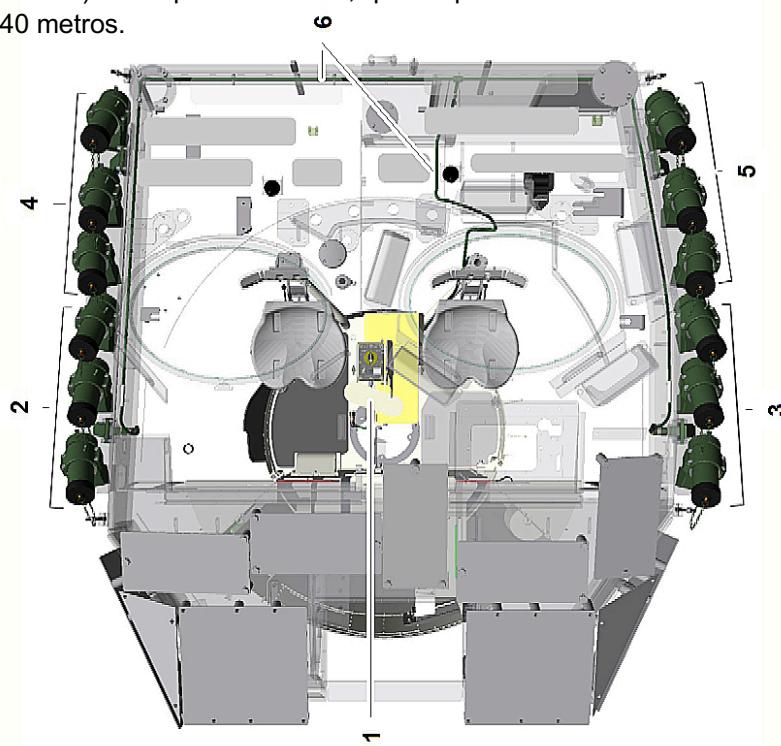


Figura 3.14 Disposición de los tubos lanza-ingenios

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo II/III Torre)

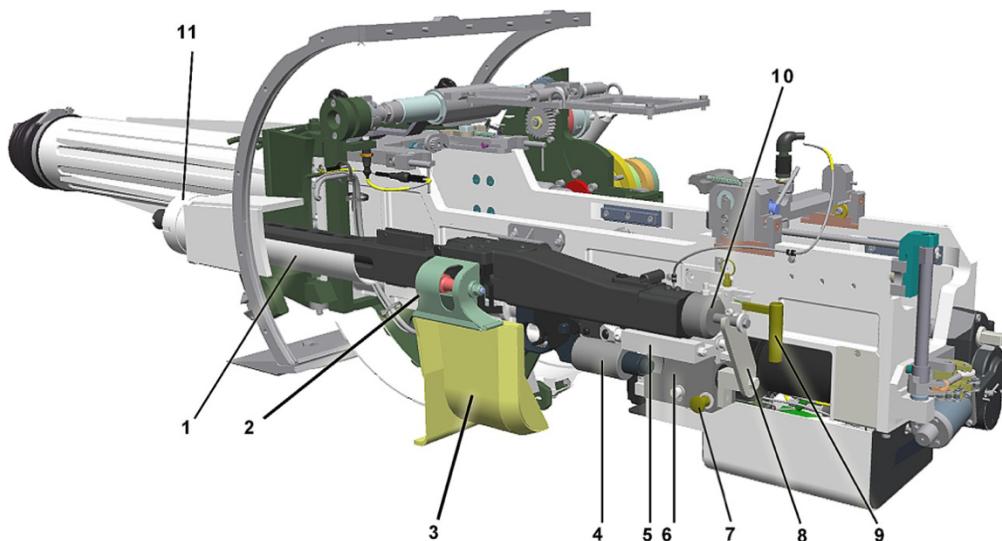


Figura 3.15 Ubicación de la ametralladora coaxial

(Fuente: Manual MT-103 2^a Ed. Manual de Tripulación Tomo II/III Torre)

4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Entendida la génesis de los VCI y del Pizarro y conociendo las características más relevantes del modelo Fase II, mostrare ahora las mejoras más importantes que debemos tener en cuenta para nuestro futuro modelo Fase III con la finalidad de conseguir un vehículo más operativo y capaz. Para ello voy a diferenciar 3 bloques principales; en primer lugar, un análisis QDF para organizar por prioridades los aspectos generales de un VCI en los que el Pizarro Fase II puede mejorar, en segundo lugar, mejoras que debemos conseguir sobre capacidades o materiales ya existentes y en tercer lugar implementaciones que debemos conseguir y de las cuales no hay antecedente en nuestros VCI Pizarro.

4.1 ANÁLISIS QFD

Como se explicó en el apartado 2.2 para emplear este método cuantitativo y que la herramienta determine los requisitos en los que debemos priorizar los esfuerzos es necesario elegir unos “qués” que representan que queremos conseguir, para ello los “qués” que he elegido han sido potencia de fuego, blindaje, potencia del motor, capacidad C/C, capacidad C2 y peso ya que con estos 5 elementos se recogen de manera general los aspectos más relevantes de un VCI.

Por otro lado, los “cemos” elegidos, que determinan la manera en la que podemos cumplir y medir los “qués”, son para la potencia de fuego he empleado el calibre, para el blindaje el calibre soportado, para la potencia de motor los caballos de potencia, para la capacidad C/C tener un sistema C/C integrado, para las capacidades de C2 tener un BMS y buenos sistemas ópticos y para el peso el tonelaje. A continuación, se presenta la tabla de elaboración propia que he realizado empleando las fórmulas del método QFD con el programa Microsoft Excel.



Tonelaje	+	++	+	+	-		Importancia (Del 1 al 5)	VCI PIZARRO FASE II	VCI AJAX	VCI CV90	Argumento de venta	Objetivo	Ratio de mejora	Ponderación absoluta	Ponderación relativa	
BMS	-	-	-	-												
Armamento C/C	-	-	-	-												
Caballaje	-	+		-	-											
Blindaje	-		-	-	-											
Calibre		-	-	-	-											
Dirección de mejora																
Qués / cómos	Calibre	Calibre soportado	Caballaje	Armamento C/C	BMS y sistemas ópticos	Tonelaje										
Potencia de fuego	9	1	1	9	1	3	5	3	4	4	1,2	5	1,667	10,000	15,060	
Blindaje	1	9	1	1	1	9	4	3	3	4	1,2	4	1,333	6,400	9,639	
Potencia de motor	1	1	9	1	1	1	4	3	4	2	1,2	4	1,333	6,400	9,639	
Capacidad C/C	3	1	1	9	1	1	5	1	5	1	1,3	5	5,000	32,500	48,946	
Capacidad de C2	1	1	1	1	9	1	4	2	2	3	1,2	4	2,000	9,600	14,458	
Peso	1	9	1	3	1	9	2	4	2	3	1,0	3	0,750	1,500	2,259	66,400

Ponderación absoluta	318,373	195,181	177,108	616,566	215,663	225,301	1748,193
Ponderación relativa (%)	18,212	11,165	10,131	35,269	12,336	12,888	
Orden de importancia	2	4	6	1	5	3	
Valoración técnica	mm	Ragno 1-5	CV	SI/NO	Rango 1-5	Tn	
VCI PIZARRO FASE II	30	3	720	NO	2	31	
VCI AJAX	40	3	800	SI	2	38	
VCI CV90	40	4	615	SI	3	35	
Objetivo técnico	40	4	800	SI	5	31	
Dificultad objetivo técnico	4	3	2	3	2	2	

Calculos para las ponderaciones por comos						
Calibre	Blindaje	Caballaje	Armameto C/C	BMS	Tonelaje	
135,542	15,060	15,060	135,542	15,060	45,181	
9,639	86,747	9,639	9,639	9,639	86,747	
9,639	9,639	86,747	9,639	9,639	9,639	
146,837	48,946	48,946	440,512	48,946	48,946	
14,458	14,458	14,458	14,458	130,120	14,458	
2,259	20,331	2,259	6,777	2,259	20,331	

Tabla 4-1 Análisis QFD
(Fuente: Elaboración propia)



Los elementos en gris de la Tabla 4-1 representan los "qués" los "cemos", sus direcciones de crecimiento y las influencias que unos tienen sobre otros siendo 1 poca relación, 3 cierta relación y 9 mucha relación. En rojo se representa la importancia de cada criterio, es decir que elementos de nuestro producto deseado son más importantes para nosotros. En verde aparecen, de izquierda a derecha, el estado actual de los criterios medidos del 1 al 5 de nuestro producto actual y algunos competidores el mercado que en este caso son el VCI Ajax británico y el VCI CV90 sueco, el argumento de venta que trata de representar como de valorado es ese criterio en el mercado, el objetivo que representa a que nivel del 1-5 pretendemos llegar en cada criterio, los ratios de mejora que representan cuanto margen de mejora hay para cada criterio entre nuestro producto actual y el producto objetivo y por último el valor absoluto y relativo que cada criterio tiene sobre nuestro producto, que es la columna más relevante de estas tres zonas.

Las zonas de la tabla en naranja son los resultados, la zona naranja situada más a la derecha son cálculos necesarios para llegar a nuestro resultado final pero no es necesario detenerse en demasiados ya que son simplemente el resultado matemático de aplicar el análisis QFD a todas las celdas explicadas en el párrafo anterior. La zona naranja de la izquierda sin embargo si nos es más relevante ya que en ella se presentan los resultados finales, en la primera línea de manera absoluta y en la segunda de manera relativa, la cual nos permite establecer el orden de importancia que ha determinado el análisis y que nos aparece en la tercera fila de esta zona.

Podemos observar en la fila previamente mencionada como la capacidad C/C del Pizarro Fase III es con un 35,269% de ponderancia el aspecto más importante, teniendo más del doble de peso que cualquier otro criterio, esto se debe a varios factores entre los cuales merecen ser mencionados; el ratio de mejora de la capacidad C/C, ya que al no tener ningún sistema actualmente la capacidad de mejora es muy elevada; la importancia del objetivo, ya que se le ha dado el máximo valor objetivo posible a esta característica por la importancia que tiene en base a la doctrina de las unidades mecanizadas y a las encuestas realizadas; el argumento de venta, que representa como de atractiva es esta característica en el mercado.

En segundo lugar, podemos encontrar con un 18,212 % de ponderancia relativa la potencia de fuego, representada por el calibre como su "como". Como veremos posteriormente la tendencia futura de los calibres en los VCI es a aumentar para poder penetrar los blindajes, que cada vez ofrecen más protección debido a las tecnologías emergentes en esta materia.

A continuación, tenemos en el rango de 10 % a 13 % de ponderancia de manera muy pareja las otras 3 características, el blindaje, la potencia de motor, la capacidad de C2 y el peso. Estos 4 factores se nos presentan muy secundarios en comparación a los dos primeros mencionados, sobre todo en comparación a la capacidad C/C por lo que, según el análisis QFD nuestros esfuerzos principales en este momento no deberían ir enfocados en esas direcciones. Es relevante mencionar, que en un análisis entre estos 4 elementos sin tomar en consideración los dos con más ponderancia, los márgenes entre ellos se expandirían ocupando los porcentajes que actualmente ocupa la capacidad C/C y el calibre por lo que de encontrarnos en ese caso deberíamos realizar nuevamente el estudio con estas 4 características.

Como conclusión de este análisis, en los apartados venideros voy a emplear más tiempo y herramientas en tratar los temas del armamento C/C y el calibre ya que esto es lo que nos indica la herramienta empleada al ordenar los criterios por importancia y señalar su ponderancia en el futuro diseño. Por último, es apropiado aclarar que los 4 criterios cuya penetrancia no ha sido tan destacable no son criterios irrelevantes para el VCI, tan solo son criterios en los que no debemos invertir tantos recursos a consecuencia de diversos posibles motivos como pueden ser que su estado actual ya sea óptimo o que no son atractivos para el mercado.



4.2 MEJORAS

4.2.1 Cámaras de conducción

Los VCI Pizarro tanto Fase I como Fase II no incluyen una cámara de ayuda a la conducción, siendo la visión del conductor mediante visión directa de día a través de tres pequeños periscopios fijos y mediante el visor nocturno PCN 160 de noche (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2016b), un medio bastante anticuado que aporta una visión muy reducida, lo cual suponía un enorme retraso para las unidades mecanizadas por dos motivos:

- Para consigo mismas por la precariedad de medios que implica, ya que dificulta el manejo óptimo del vehículo por parte del conductor y limita mucho la capacidad de detección y desplazamientos en el arco nocturno, que es cuando comúnmente se ejecutan o inician las operaciones a nivel táctico.
- Por la respectiva desventaja de movilidad que implica con respecto a los carros de combate a los que muchas veces deben acompañar las unidades mecanizadas para complementarlos y apoyarlos, que si cuentan con estos medios de visión.

En 2020 se ofertó públicamente un contrato para dotar a los VCI Pizarro de una cámara nocturna de tipo térmica no refrigerada que operase en onda infrarroja de banda larga que se pudiese acoplar a los VCI y funcionar conectado a la tensión 18-32 VDC MIL-STD 1275 que procede del vehículo. La empresa española Escribano se adjudicó el contrato y lo instaló a principios de 2022 en el 40% de la flota de Pizarro una cámara de conducción delantera con capacidad de visión diurna de alta definición y visión nocturna mediante las características requeridas mencionadas anteriormente, así como una cámara térmica también en la parte posterior. Esta cámara trasera va cubierta por una pestaña y al activarse su uso esta se desliza dejando al descubierto la apertura de la cámara, sin embargo, es frecuente problema que la pestaña no se pueda deslizar por el polvo y la arena que el Pizarro desprende al desplazarse y que principalmente se propulsan sobre la parte trasera.

Este añadido a los VCI, han mejorado considerablemente la capacidad de conducción de los vehículos tanto en el arco nocturno y en el arco diurno y por ello se propone:

- Dotar al resto de nuestros Pizarro con estas cámaras.
- Que todos los nuevos Pizarro que adquiramos vengan con este sistema incorporado.
- Que el JV tenga también una pantalla mediante la cual recibir la información visual de la cámara para potenciar su capacidad de decisión.
- Que el jefe del ECP tenga también una pantalla mediante la cual recibir la información visual de la cámara para tener mayor conciencia situacional antes de desplegar fuera del vehículo.
- Aislar mejor o rediseñar la carcasa protectora de la cámara trasera para garantizar que el polvo o la arena no impiden su uso.



Figura 4.1 Cámara dual de conducción delantera
Escribano



Figura 4.2 Cámara de conducción trasera
Escribano

4.2.2 Transmisión SAPA

Como ya se ha tratado anteriormente la transmisión fue uno de los principales cambios que se realizó a los VCI de la Fase II al incorporarle la SG 850, sin embargo, es también el aspecto que con más frecuencia falla actualmente en los Pizarro, en palabras de una nota informativa que la OP Pizarro elevo a la DGAM "La transmisión SG850 del Pizarro Fase 2 tiene unos niveles de fiabilidad muy bajos, propios de un primer diseño del fabricante. Es necesario para futuros vehículos evolucionar de la caja SG 850 a otras versiones más avanzadas y fiables" y proponían sustituir el grupo motopropulsor (GMP) por una transmisión evolucionada de la misma o por otro modelo de SAPA desarrollados para EE. UU. que proporcionen alta fiabilidad.

En la entrevista realizada a la ingeniera C.M durante la visita a la fábrica de SBS el día 7 de octubre de 2022 se tuvo la ocasión de preguntarle por esta inquietud del Ejercito con respecto al GMP y esta confirmó que para el VCZ Castor que forma parte del segundo pedido ASCOD pero en la versión para zapadores se ha integrado con "un elevado grado de satisfacción" la tecnología ATC 850 de los GMP más modernos a través de una actualización del software y la implementación de ciertas válvulas correspondientes al GMP ATC 850. Con esta actualización se ha logrado por un lado aumentar significativamente la fiabilidad y por otro lado conseguir una capacidad de crecimiento "muy considerable" que permite al VCZ operar con sus 35 toneladas de peso. Ante los resultados que han arrojado estas pruebas se propone:

- Que los VCI Pizarro Fase II incorporen estas mejoras del GMP, cuya viabilidad según la ingeniera entrevistada es posible y sencilla.
- Que los VCI Pizarro Fase III sean dotados no solo con la actualización del SG 850 sino con el ATC 850.
- No aceptar las propuestas de transmisiones capaces de mover vehículos de tonelajes innecesarios pues el desarrollo capacidades por encima de las necesidades incrementa los costes, plazos y riesgos e implicará menor cobertura de recursos para otras necesidades del ET.



4.2.3 BMS

El Battlefield Management System (BMS) es un sistema de mando y control que permite tener sobre una pantalla georreferenciada con un mapa conocer la posición de las fuerzas desplegadas de nivel Batallón hacia abajo y sus desplazamientos en tiempo real. Gracias a ello se logra facilitar enormemente el mando y control, la ejecución y la conducción de la maniobra a todos los niveles, así como su supervisión y la planificación de la logística. El BMS que empleamos en el Ejército actualmente se diseñó con el objetivo de ser empleado en las unidades de carros de combate, nuestros Leopard 2E, con el nombre de BMS Lince. Posteriormente se ha desarrollado una actualización del software para solucionar un conflicto con las licencias y permitir que todos los vehículos, algunas aeronaves e incluso a nivel combatiente se pueda emplear el BMS ahora llamado BMS ET. (Raúl Uña Jurado, 2019)

En las unidades mecanizadas hay varios aspectos que se deben corregir. En primer lugar, actualmente solo los vehículos de los jefes de sección o superior cuentan con un BMS lo que repercute negativamente en la conciencia situacional de los demás JV. En segundo lugar, al ser un añadido no planificado en la estructura inicial se ha ubicado en la cuna del cañón principal entre el JV y el tirador, lugar que es muy poco eficiente para que el JV pueda acceder bien a la información y además dificulta enormemente desmontar la cámara de armas para solucionar interrupciones o poder manipular la ametralladora coaxial. Y en tercer lugar hay funciones que únicamente pueden emplear los carros de combate ya que para acceder a ellas el BMS debe estar incluido en la vetrónica, la electrónica del vehículo, con lo que se consigue que el BMS esté integrado con los distintos subsistemas permitiendo a través del controlar o conocer el estado de elementos del vehículo como el combustible, la munición disparada y munición restante, avisos de mantenimiento, hora a la que se efectúan los disparos etc. Por todo ello se propone:

- Que en los Pizarro Fase III el sistema BMS se integré en la vetrónica para automatizar tareas y liberar trabajo de la tripulación.
- Que se readapte la disposición de la torre para ubicarlo en un lugar accesible al manejo y la vista del JV.
- Que se implemente en todos los VCI Pizarro para mejorar conciencia situacional de todos los JV.
- Que se replique la pantalla a un terminal para el jefe del ECP con el fin de que pueda tener en cuenta la situación táctica de las unidades antes de desplegar.

4.3 IMPLEMENTACIONES

4.3.1 Sistema C/C

Ya se ha mencionado con anterioridad que las unidades mecanizadas frecuentemente actúan complementando a los carros de combate para suplir sus carencias y, al encargarse de los vehículos menos blindados o los enemigos a pie, permitir que se centren en las amenazas más pesadas. Esta doctrina también es empleada por la mayoría de los ejércitos hoy en día y por lo tanto por nuestros futuros enemigos sean cuales sean por lo que se hace evidente que



nuestros VCI se enfrentaran durante sus acciones tácticas con carros de combate enemigos, vehículos que cuentan con mayor alcance, protección y potencia de fuego que los VCI. Además, la tendencia de los VCI es a incorporar un sistema C/C (Alfonso Ramón Fuertes Bonet, 2018) por lo que en un enfrentamiento entre unidades mecanizadas con misil C/C, por su capacidad de penetración y alcance las unidades que contasen con este armamento serian indudablemente las que se harían con la victoria.

ANÁLISIS DAFO	Aspectos negativos	Aspectos positivos
Origen interno	DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de adaptar instalaciones • Aumento del coste • Instruir a los escalones de mantenimiento 	FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Mayor potencia de fuego • Capacidad de combatir a unidades enemigas más pesadas • Aumento de la capacidad de supervivencia
Origen externo	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Mayor detectabilidad • Convertirse en un objetivo más valioso para el enemigo • Aumento de las necesidades logísticas 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Poder empeñarse las unidades mecanizadas en más tipos de misiones. • Poder lograr la situación deseada para emplear el ECP • Convertirnos el VCI Pizarro en un vehículo a la altura de los mejores VCI

Tabla 4-2 Análisis DAFO de añadir un sistema C/C

(Fuente: Elaboración propia)

En este análisis DAFO se pueden apreciar las diferentes ventajas y desventajas que derivarían de esta mejora. Los aspectos negativos que destacar son principalmente el evidente aumento en los costes y las necesidades logísticas además de ser un objetivo más valioso y los positivos la potencia de fuego que a su vez implicaría mayor tasa de supervivencia y capacidad para realizar más misiones y poder enfrentar o frenar unidades acorazadas. Teniendo en cuenta que la instalación de un sistema C/C es con diferencia el aspecto prioritario en los resultados del análisis QFD, el aumento de los costes no supone un problema ya que en esta mejora debemos centrar nuestros recursos y la duda que se nos plantea es cual sería el sistema más adecuado, para lo cual comparo los sistemas 4 de los sistemas C/C de la OTAN con más posibilidades.



Características / Modelos	BGM-71 TOW 2A	Spike LR2	HOT-3	FGM-148 Javelin
Alcance (m)	3.750	5.500	4.300	4.750
Penetración (mm)	700/900	900	1.250	800
Tipo de guiado	Filoguiado	Electroóptico	SACLOS	Infrarrojo
Precio de misil (\$)	55.000	100.000	-	110.000
Peso (kg)	28,1	26,8	24,5	18,2

Tabla 4-3 Comparativa sistemas C/C

(Fuente: Elaboración propia)

Esta cuestión ya fue planteada recientemente para la misma situación en el desarrollo del vehículo 8x8 Dragón y el resultado fue tras poco debate que el misil C/CI Spike LR2 es la mejor de las alternativas por los siguientes motivos:

1. Se puede observar en la Tabla 4-3 Comparativa sistemas C/C comparativa que cuenta con el mayor alcance, lo cual aporta seguridad a la hora de enfrentar a unidades que también cuenten con un sistema C/C o a unidades de carros de combate y permite a nuestros vehículos tomar la iniciativa de las acciones tácticas.
2. Cuenta con un afuste vehicular y con la capacidad de integración en las torretas ya probado y funcional en contraposición al misil C/C HOT-3, que, aunque tiene más penetración está pensado para ser usado desde helicópteros de ataque y habría que invertir en tiempo y dinero para integrarlo correctamente en nuestros vehículos.
3. Capacidad de empleo en modo dispara y olvida.
4. Desde 2009 es el misil C/C empleado en España con la idea de sustituir a los TOW y por lo tanto contamos con la logística necesaria para su mantenimiento, instrucción en el uso y munición para las plataformas lanzadoras.
- Por todo se propone implementar lanzadores de misiles Spike LR2 en los Pizarro Fase III.



Figura 4.3 Lanzamiento de misil Spike LR2 desde un 8x8 Dragon del E.T

(Fuente: Defensa.com)



4.3.2 Cañón y calibre

Como ya se trató anteriormente, el Pizarro Fase II se entregó con retraso y en consecuencia a pesar de haber sido recepcionado en 2016 no está actualizado con las tendencias futuras del combate por ejemplo en el aspecto de calibre. Así mismo, han aparecido recientemente municiones de nuevo diseño que se deben valorar.

VCIs posteriores a 1990					
VCI	VCI Puma	Ajax	CV90	Griffin III	K21
Calibre (mm)	30/35	40	40	50	40
VCIs anteriores a 1990					
VCI	AMX-10P	Warrior	Bradley	Marder	BMP-2
Calibre (mm)	20	30	25	20	30

Tabla 4-4 Calibre de los VCI según épocas

(Fuente: Elaboración propia)

En esta tabla se observa cómo los VCI puestos en servicio con fecha previa a 1990 empleaban cañones de calibres que comprendían entre los 20mm (mínimo calibre para poder hablar de un VCI) y los 30 mm en los vehículos más cercanos a 1990 mientras que los VCI puestos en servicio en las últimas 3 décadas han tenido la tendencia de implementar cañones principales de entre 30 mm y 50 mm. Esto se debe por una parte a que al aumentar la tecnología en materia de protección con materiales más modernos y tecnologías ERA se hace también necesario incrementar la penetración para poder destruir a los vehículos enemigos y por otra parte para tener mayor capacidad de dañar los sistemas de los carros de combate enemigos.

El caso de nuestro vehículo Pizarro tiene la peculiaridad de que comenzó su desarrollo en 1988 y sus prototipos fueron probados a inicios de los 90, motivo por el cual se produjo durante esta transición de la tendencia a incrementar los calibres y se empleó el calibre más común del momento en una apuesta segura y fiable. Para analizar el calibre óptimo para nuestro Pizarro Fase III, vamos a realizar un análisis AHP cuyas opciones de resultado sean los calibres 30,35, 40 y 40 Cased-Telescoped (CT) y cuyos criterios van a ser el alcance, la penetración, el tamaño y la autonomía letal, del inglés “stowed kills”, un término que hace referencia a la cantidad de enemigos que puedes abatir teniendo en cuenta la cantidad de munición que puede llevar en dotación el vehículo y la penetración de esa munición. Las tablas son de elaboración propia siguiendo el proceso del método AHP y realizando los cálculos en Microsoft Excel.

El calibre 25 mm descartas directamente ya que teniendo en cuenta la tendencia a aumentarlo y a conseguir mayor penetración se hace evidente que no es una opción satisfactoria, además, las pruebas de penetración sobre blindajes modernos arrojan información de su gran falta de eficacia hoy en día. (DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL, 2016)

Las tablas con los cálculos completos de todas las relaciones las serán dejadas en los anexos, pero para entender el funcionamiento tomaré como ejemplo la característica del peso y explicare el funcionamiento de las tablas.

En la primera tabla, presentada bajo este párrafo, se relacionan todos los criterios con respecto a los demás y en una escala del cero al nueve se especifica cuán importante es un criterio con respecto a cada otro criterio. Por ejemplo viendo la primera línea observamos que el alcance del cañón es igual de importante que la penetración que nos proporciona, tres veces más importante que el peso del cañón y que tiene 0,5 veces la importancia de su autonomía letal, es decir que esta última es dos veces más importante que el alcance. En la última fila aparecen los totales, que nos son importantes para construir la tabla de criterios normalizada.



Criterios	Relación criterios			
	Alcance	Penetración	Peso	Autonomía letal
Alcance	1	1	3	0,5
Penetración	1	1	4	0,5
Peso	0,33	0,25	1	0,25
Autonomía letal	2	2	4	1
TOTALES	4,333	4,25	12	2,25

Tabla 4-5 Relación de criterios AHP

(Fuente: Elaboración propia)

Criterios	Relación de criterios normalizada				Peso del criterio
	Alcance	Penetración	Peso	Autonomía letal	
Alcance	0,231	0,235	0,250	0,222	0,235
Penetración	0,231	0,235	0,333	0,222	0,255
Peso	0,077	0,059	0,083	0,111	0,083
Autonomía letal	0,462	0,471	0,333	0,444	0,427
Totales	1	1	1	1	1

Tabla 4-6 Relación de criterios AHP normalizada

(Fuente: Elaboración propia)

Dividiendo cada celda entre el total de su columna se clarifican los datos ya que se normaliza sobre el total de 1 cada columna y nos permite entender el significado de cada número. Por último, haciendo el promedio de cada fila obtenemos el primer dato relevante, el peso de cada criterio, es decir cuán importante es para nuestro producto. Se observa claramente como la autonomía letal es lo más importante con 1,674 veces más ponderación que el siguiente criterio más importante mientras que el peso del cañón es lo menos relevante a la hora de decidir con un 8,3 % de la importancia. Entre medias se encuentran, casi empataos, la penetración y el alcance con una penetración muy similar de entorno al 24 %. A continuación, veremos la tabla del criterio peso para las distintas alternativas.

Criterio	Peso				
	Alternativas	30	35	40	40 CT
30	1	1,28	1,56	1,31	
35	0,781	1	1,14	0,983	
40	0,641	0,877	1	0,836	
40 CT	0,766	1,017	1,196	1	
Total columna	3,189	4,175	4,896	4,124	

Tabla 4-7 Criterio peso análisis AHP

(Fuente: Elaboración propia)

En esta tabla vemos la relación del criterio peso entre los distintos cañones, es decir cuánto mejor es un cañón sobre otro siendo la dirección positiva poco peso y la negativa mucho peso, para lo cual dividimos el peso de uno entre otro. Mirando la primera fila, la del cañón 30mm, podemos ver que con relación a el cañón de 35mm es 1,28 veces mejor ya que su relación de peso (131 kg/180 kg) nos da este resultado algebraico, con respecto al calibre 40mm y 40mmCT es 1,56 y 1,31 veces mejor respectivamente respecto al criterio peso. A continuación, se muestra la tabla del criterio peso con los datos ponderados y los pesos de la alternativa para cada criterio.



Criterio	Peso				
Alternativas	30	35	40	40 CT	Peso de la alternativa
30	0,314	0,307	0,319	0,316	0,314
35	0,245	0,240	0,233	0,238	0,239
40	0,201	0,210	0,204	0,203	0,205
40 CT	0,240	0,244	0,244	0,242	0,243

Tabla 4-8 Criterio peso ponderado análisis AHP

(Fuente: Elaboración propia)

La columna de la derecha con bajo el título peso de la alternativa nos explica, según únicamente este criterio, cuál sería la opción optima y por lo tanto es la mejor alternativa que se presenta es evidentemente el calibre 30mm ya que al tener menor tamaño tiene un peso muy bajo. Este procedimiento se ha realizado para cada criterio y los resultados se mostrarán en los anexos. A continuación, se muestran las tablas de los resultados finales del análisis AHP.

Matriz de decisión sin pesos relativos de los criterios					
Criterios	Peso del criterio	30	35	40	40 CT
Alcance	0,235	0,207	0,239	0,277	0,277
Penetración	0,255	0,200	0,222	0,263	0,315
Peso	0,083	0,314	0,239	0,205	0,243
Autonomía letal	0,427	0,222	0,145	0,111	0,522
		0,236	0,211	0,214	0,339

Matriz de decisión final				
Criterios	30	35	40	40 CT
Alcance	0,049	0,056	0,065	0,065
Penetración	0,051	0,057	0,067	0,081
Peso	0,026	0,020	0,017	0,020
Autonomía letal	0,095	0,062	0,048	0,223
Resultados	0,221	0,194	0,197	0,389

Tabla 4-9 Matriz de decisión análisis AHP

(Fuente: Elaboración propia)

Las dos tablas presentadas previamente son idénticas, pero una tiene la ponderación de criterios de forma explícita y la segunda de forma implícita integrándolo en los resultados por lo que nos fijaremos en ella para tratar las conclusiones del análisis. La fila última fila, la de resultados, nos muestra la solución final del método AHP reflejando que el calibre 40mm de munición CT es la solución óptima, que la alternativa 30 mm es la segunda más optima y en último lugar de manera casi idéntica los calibre 35 mm y 40 mm tradicional.

La optimalidad de implementar el cañón de 40mm CTAS40 se debe a que su reciente tecnología le aporta encabezar el primer puesto en todos los criterios del análisis. A pesar de que aumentar el calibre aporta penetración y alcance, dos de los criterios más importantes, se presenta el problema de que se aumenta demasiado el peso y se reduce mucho la munición en dotación del vehículo y en consecuencia la autonomía letal, que es el criterio más relevante en este AHP. Este problema es el que limita el crecimiento del calibre en los VCI ya que multiplicando la probabilidad de impacto por la munición disponible obtenemos el número de objetivos que podemos batir con la munición en dotación del vehículo.



	25x137 mm	30x173mm/40x180mmSS	35x228mm	40x365mm
Phit:	0,5	0,75	0,8	0,85
Munición KE (APDS o APFSDS)	75	50	35	25
Nº Objetivos batidos Tiro a Tiro	37,5	37,5	28	21,25
Nº Objetivos batidos ráfagas 3d	12,5	12,5	9,3	7

Tabla 4-10 Autonomía letal, comparativa de calibres con munición APDS o APFDS

(Fuente: Programas tecnológicos VCR 8x8, Estudio de alternativas de calibre)

Podemos observar en la tabla como a pesar de tener mucha mayor probabilidad de impacto en comparación con el calibre 40mm (0,85 en comparación al 0,75 del calibre 30mm), el hecho de llevar 10 cartuchos menos en dotación implica poder batir 10 enemigos menos, diferencia que se acentúa si hacemos el cálculo con la munición total en torre que son 200 cartuchos de 30mm o 100 de 40mm cambiando el dato a 150 y 80 enemigos respectivamente, lo cual supone una autonomía letal cercana a la mitad en el calibre 40mm convencional con respecto al calibre 30mm. Este problema desaparece con la reciente tecnología de la munición CT ya que el proyectil se encuentra situado dentro de la vaina, reduciendo drásticamente el espacio empleado.

El resultado es que la munición 40mmCT ocupa significativamente menos que las municiones convencionales de 40mm e incluso algo menos que las municiones de 30mm convencionales, esto sumado a la forma cilíndrica de sus proyectiles resulta en una capacidad de almacenamiento igual o algo superior a la de los proyectiles 30mm, acabando con el dilema de la autonomía letal que siempre ha implicado el aumento del calibre. Añadido a todo ello, las municiones de 40mmCT tiene una eficacia en la modalidad air burst muy superior a las de la munición convencionales. Estas municiones son municiones que detonan en el aire provocando una lluvia de metralla muy eficaz contra objetivos ligeros que permite hacer blanco sobre enemigos a cubierto.



Figura 4.4 Tamaño de la munición de los calibres 25-40mm

(Fuente: Memorial de Caballería. Núm. 88)

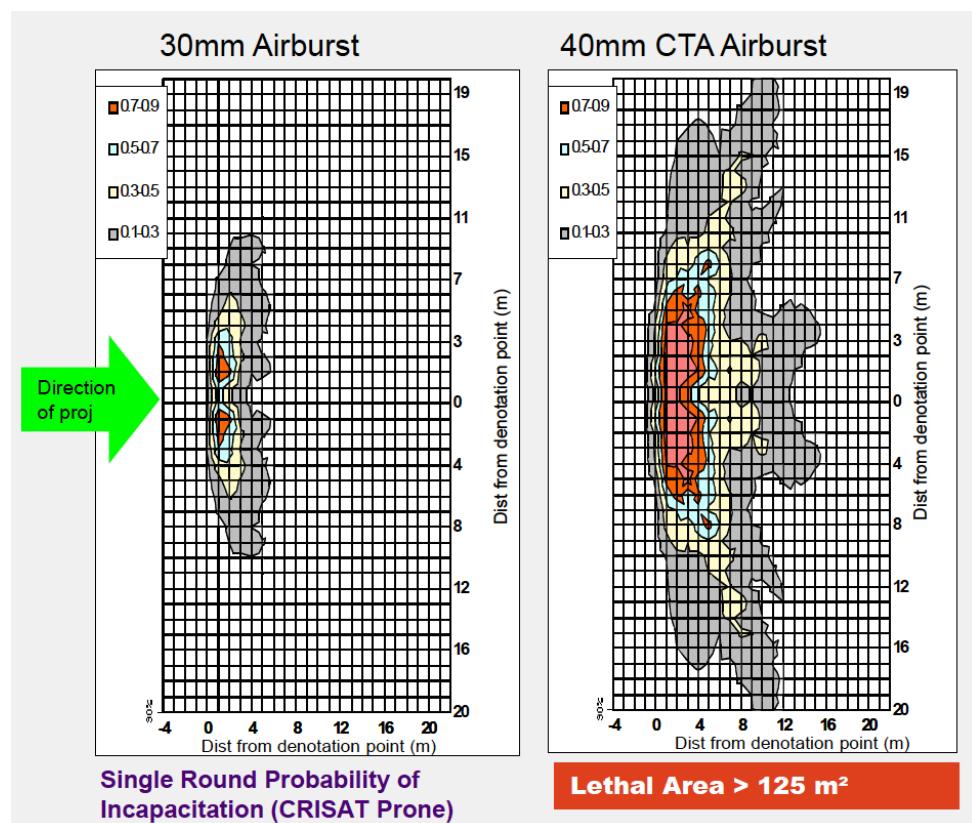


Figura 4.5 Comparativa municiones air burst de 30mm y 40CT

(Fuente: UK IFV Capability)

En cuanto al peso del cañón y su tamaño, la tecnología de los CTAS (Case Telescoped Armament System) permiten tener un cañón más compacto que una vez más implica capacidad de almacenaje en torre y en consecuencia mayor autonomía letal. Si que tiene un peso muy superior a los cañones de 30mm, sin embargo, ni la relación es tan grande ni el peso ponderado del criterio lo suficientemente competitivo como para que este criterio y esta diferencia acorten la distancia de la solución en el análisis AHP.



Figura 4.6 Comparativa de cañones 25mm-40mmCT

(Fuente: UK IFV Capability)



Por último, en cuanto al alcance y la penetración, evidentemente aumentan positivamente conforme se aumenta el calibre y siendo estos los criterios que ocupan las posiciones 2 y 3 del análisis se podría pensar que el calibre de 40mm convencional o 35mm deberían superar a la alternativa de los 30mm. El problema que tiene estas dos alternativas es, una vez más como ya se ha comentado anteriormente, la perdida drástica de autonomía letal (Colonel Nick Cowey, 2019). El aumento de los criterios penetración y alcance no son capaces de compensar la manera en la que la alternativa se hunde en los criterios peso y autonomía letal, que recuerdo este último es el de mayor relevancia. En la siguiente imagen se muestran la capacidad de los distintos calibres de dejar inoperativo un vehículo enemigo a 1500 y 2000 metros en función de la zona de impacto.

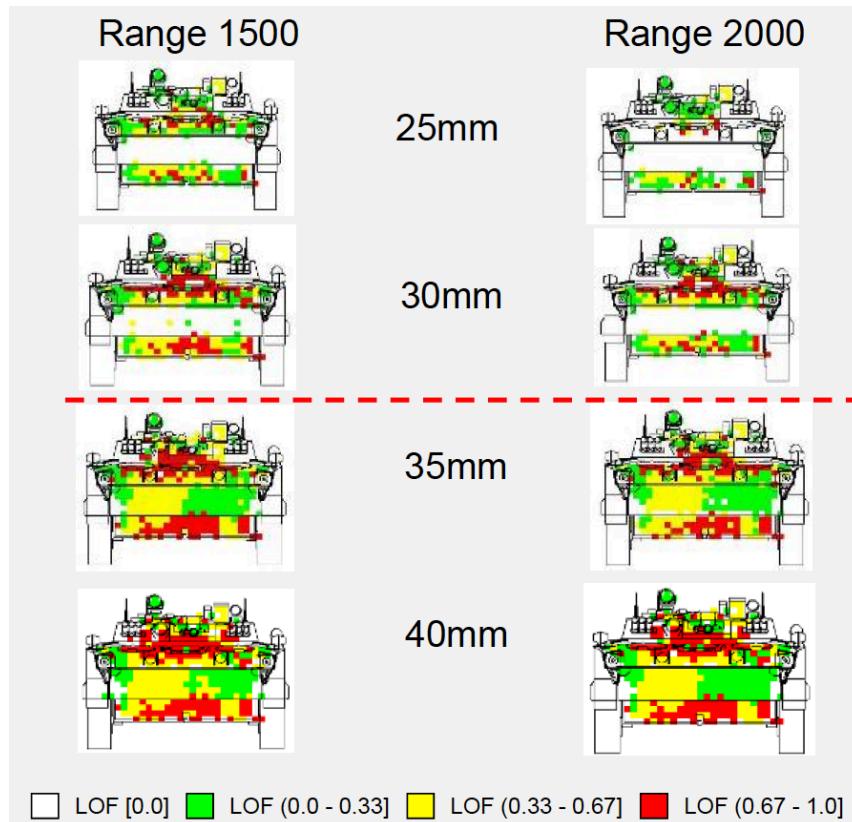


Figura 4.7 Capacidad de los calibres de dejar un vehículo inoperativo
(Fuente: UK IFV Capability)

Por todo lo anteriormente detallado en el análisis y en las explicaciones posteriores se propone que para el Pizarro Fase III se dote a los vehículos con un cañón 40mm de la tecnología anglo-francesa CTAS con el fin de tener un cañón más potente capaz de hacer frente a los nuevos blindajes y no perder autonomía letal.

4.3.3 Torre y extracción de vainas

En la torre del VCI Pizarro podemos encontrar dos aspectos que es importante cambiar, la extracción de las vainas del armamento principal y la sobrepresión existente al hacer fuego.

En la descripción del cañón se comentó que el MK 30-2 fue diseñado para ser un cañón antiaéreo y no para ser empleado en la torre de un VCI por lo que con 650 disparos por minuto



tiene una cadencia muy superior a la de otros VCI como el Ajax británico o el Bradley M3 estadounidense (200 y 225 respectivamente). Esta cadencia de fuego tan elevada provoca una gran sobrepresión de gases e implica muchos problemas en el Fase I con los cerramientos del cañón y sus elementos de sujeción, que saltaban con relativa frecuencia al hacer fuego con el sistema de armas. Para el Fase II esto se ha tratado de paliar mediante el empleo de unas pinzas metálicas que sujetan los cerramientos, pero, aun así, hay actualmente ciertas restricciones que por seguridad no son pertinentes exponer a la hora de emplear el sistema de armas debido a este problema. También con relación a la excesiva sobrepresión es relevante mencionar que en caso de tener que hacer fuego en modo manual, al estar conectado el ventilador al sistema eléctrico, no habría extracción de los gases y la deflagración de los cartuchos podría dañar seriamente a los miembros de la cámara de combate.

El otro problema que se tiene en la torre es el sistema de extracción de vainas. Al revés que la mayoría de los VCI el Pizarro almacena las vainas y las grapas expulsadas de cada disparo en el interior del vehículo dentro del pozo de la torre y esto, como recoge el propio Manual de Torre MT-103, provoca la gran mayoría de las interrupciones del cañón principal.

Otro problema añadido es que caben menos en el almacén en el que se recolectan vainas que munición lleva el vehículo, por lo que sería imposible emplear toda la munición sin replegarse entre medias a una posición segura a extraer las vainas del compartimento de almacenaje. Según el MT-103 se debe extraer las vainas tras efectuar 110 disparos y como se mencionó al tratar el armamento principal en el vehículo se llevan 400 cartuchos de los cuales de empleo inmediato son 204, lo que supone que habría que liberar el compartimento de vainas y eslabones una vez antes de poder emplear toda la munición inmediata y 3 veces antes de poder consumir toda la munición, algo inasumible durante una acción táctica. (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2017)

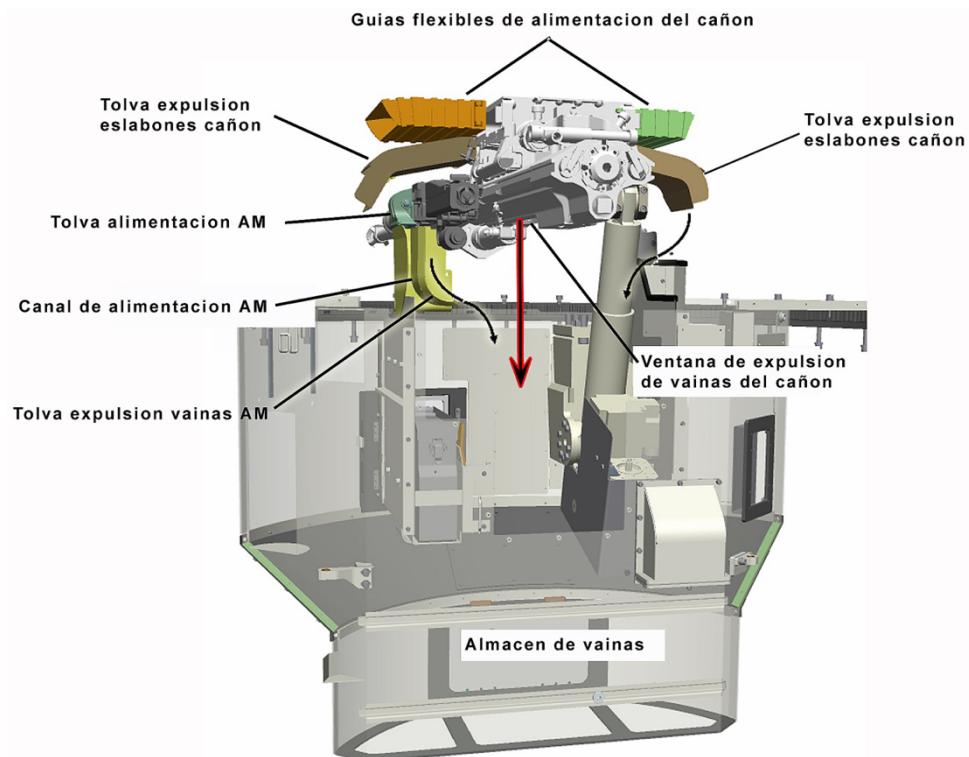


Figura 4.8 Sistema de extracción y almacenaje de vainas y eslabones

(Fuente: Manual MT-103 2ª Ed. Manual de Tripulación Tomo II/III Torre)



Por todo ello, independientemente de las propuestas sobre el cañón y el calibre, se propone:

- Que en el Pizarro Fase III el mecanismo de extracción de vainas las expulse al exterior como hacen el VCI Bradley M3 o el VCI Puma, que emplea el mismo cañón que el VCI Pizarro.
- Reducir la cadencia de disparo del cañón principal del arma mediante una actualización de software, lo cual es perfectamente posible y de fácil modificación según informó la OP Pizarro en la entrevista realizada, ya que así lo ha manifestado la empresa GEDELS SBS en un documento de información sensible que no debo referenciar.
- Mejorar la ventilación de la cámara de armas para evitar sobrepresiones internas al realizar fuego de manera reiterada o en ráfagas largas.

4.3.4 Periscopio

Como ya se mencionó al tratar la propuesta de las cámaras térmicas los sistemas ópticos del Pizarro tienen mucho margen de mejora. La visión diurna del JV puede realizarse mediante 3 maneras:

- Por visión directa mediante 5 periscopios fijos. Este es una método rudimentario e incómodo y ofrecen una visión muy limitada y poco útil, además es casi imposible poder observar por el periscopio trasero. Añadido a esto, es relevante mencionar que en el marco nocturno la observación es casi nula.
- Mediante el periscopio P-204-P2, que permite la observación directa a través de una ventana de observación y la ejecución de puntería directa mediante el visor de 8 aumentos del sistema de armas. La dirección de este elemento es la dirección de puntería del cañón, es decir, observa hacia donde el tirador este apuntando con el sistema de armas; el JV puede manipularlo también y con prioridad, pero únicamente tendremos la visión "túnel" del sistema de puntería y tendremos a 2 de los 3 miembros de la tripulación observando el mismo sector.
- Finalmente, mediante el método que todos los jefes de vehículo emplean al dirigir sus vehículos, asomados por la escotilla del JV. Asomados por la escotilla los JV consiguen una buena observación del terreno y del entorno 360º para dirigir sus vehículos de manera óptima, pero por la evidente vulnerabilidad que supone para el JV dirigir el vehículo asomado por su escotilla, especialmente en las operaciones de combate en población en las que la distancia de enfrentamiento y la multitud de direcciones de amenaza posibles ponen en grave riesgo al JV y por ser incompatible con mantener algunas medias de protección en el vehículo, especialmente la protección NBQ, no es una manera óptima.

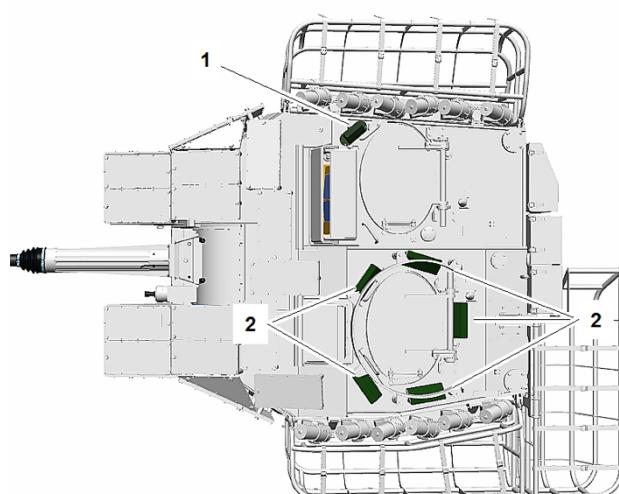


Figura 4.9 Periscopios fijos del JV

(Fuente: Manual MT-103 2ª Ed. Manual de Tripulación Tomo II/III Torre)



La correcta decisión de todo jefe depende de manera mayoritaria en la información de la que dispone y, por lo tanto, considerando que actualmente un jefe de vehículo no dispone de un medio eficaz para obtener su información propongo dos alternativas:

- La obtención del sistema Iron Vision de la empresa israelí Elbit Systems. Este es un sistema que ya se emplea en algunos aviones y helicópteros y fue probado con los Pizarro en julio de 2019 y consiste en un casco inteligente que permite al JV o cualquier miembro del vehículo poder ver a través del vehículo dando la sensación de estar, como dicen en la empresa Elbit, en “un vehículo transparente” gracias a las imágenes que se captan desde distintas cámaras en varias zonas del vehículo. Puede además proporcionar imágenes de un sistema BMS y transmitir información a la COP (Combat Outpost) entre otras funcionalidades.
- Implementar el periscopio CPS de Elbit Systems. De entre los sistemas ópticos más modernos reúne los requisitos para ser empleado por nuestros VCI ya que en comparación con otros sistemas puntero que pueden optar a ser elegidos como OTEOS o Apolo de Escribano Mechanical & Engineering tiene unas características muy superiores en longitud de onda, resolución y alcance para la cámara nocturna IR, misma resolución y un alcance ligeramente menor en la cámara diurna y un telemetro mucho más sofisticado en alcance y precisión (Ángel Gutiérrez Hernández, 2022). Este periscopio daría al JV una visión de 360° y ángulos de elevación que trabajan entre -10° y 70° además de permitirle poder vigilar sectores distintos a los del tirador y tener capacidad Hunter Killer para adquirir blancos mediante este periscopio y transmitir los datos al sistema de armas. Todo ello implica un aumento considerable en la capacidad de vigilancia y adquisición de objetivos y en consecuencia en la tasa de supervivencia y la capacidad de batir enemigos del vehículo.

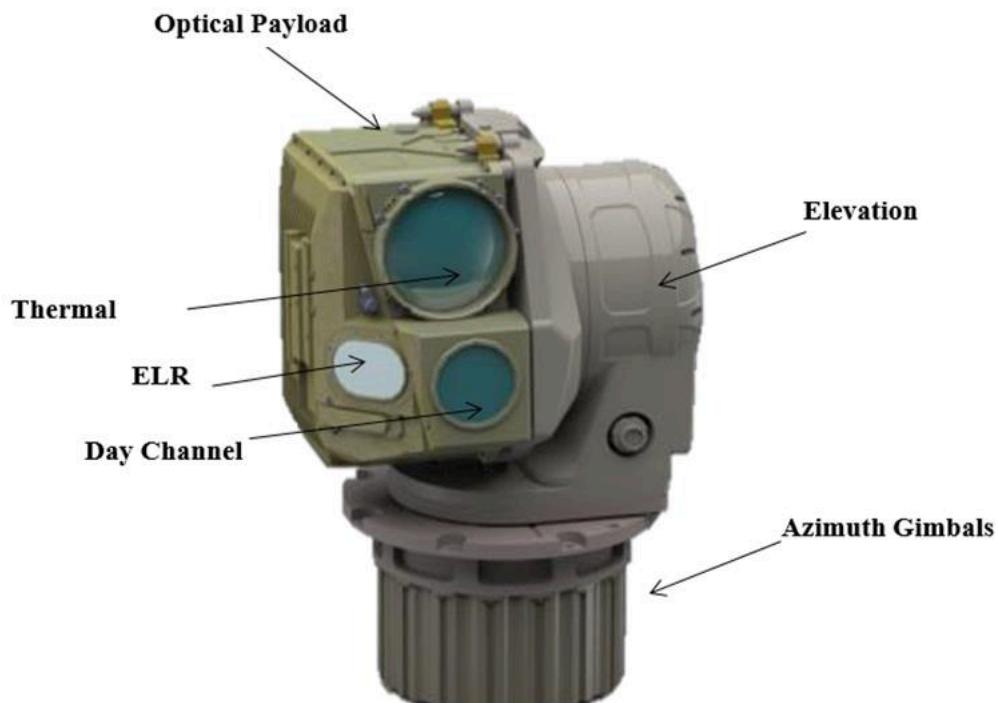


Figura 4.10 Sistema óptico CPS de Elbit Systems

(Fuente: GDELS SB Informe para el Ministerio de Defensa eslovaco)



5 CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han detectado y cribado por importancia distintas necesidades de mejora que se han observado sobre el Pizarro Fase II y cuyas soluciones propongo implementar para el futuro Pizarro Fase III. Estas necesidades se aplican a aspectos muy distintos del VCI como pueden ser la potencia de fuego o los sistemas ópticos del vehículo, pero todos ellos van en la misma dirección, en la de cumplir el propósito de conseguir para el Ejército de Tierra un vehículo moderno, operativo, eficaz y capaz de cumplir las misiones que se le asignen con las máximas garantías de éxito y supervivencia.

Para lograr el primer objetivo específico, conocer las limitaciones y flaquezas del Pizarro Fase II se emplearon las entrevistas y encuestas a miembros del Batallón, miembros del 2º escalón de mantenimiento, a la ingeniera C.M de la empresa Santa Barbara Sistemas y al Capitán Alberto Ramon López y el Brigada José Bautista Paricio, miembros ambos de la OP Pizarro encargada del diseño y producción de la siguiente generación de vehículos Pizarro.

Para el segundo objetivo específico, analizar el estado de la cuestión, me he servido principalmente de la revisión documental a través de los manuales oficiales del ejército de tierra sobre todos los elementos del vehículo Pizarro y de la investigación para detectar las tendencias futuras de los VCI y conocer los proyectos en desarrollo en otros países en materia de vehículos y características de estos como puede ser el calibre.

El tercer objetivo, la comparación de capacidades de los VCI, se logró comparando características específicas como en la tabla de diferentes misiles C/C o la de comparación de calibres y mediante métodos analíticos de forma conjunta con el cuarto objetivo.

Por último, mediante el cuarto y más importante de los objetivos específicos, utilizar los anteriores 3 para dar lugar a soluciones mejoras y conclusiones se trató de lograr alcanzar el objetivo general del proyecto. Para ello se emplearon distintos métodos de análisis cualitativos y cuantitativos que permitieron esclarecer en que aspectos del Pizarro se deben realizar más esfuerzos de mejora y hacer en ellos un análisis y unas propuestas más exhaustivas. Estos aspectos que son más importantes de mejorar para el prototipo Pizarro Fase III, encontrados mediante los resultados del análisis QFD, son implementar un sistema contra carro integrado en el vehículo y aumentar el calibre del cañón principal a 40mm con la reciente tecnología anglo-francés de los cañones Cased Telescoped Armament System.

Para el sistema contra carro se ha determinado mediante el análisis comparativo y el análisis DAFO y la revisión documental que la solución óptima es la de integrar en nuestros VCI el misil Spike LR2 debido a que su alcance, penetración y sistema de guiado se encuentran lo convierten en el misil contra carro más idónea del mercado y al llevar más de 10 años trabajando con este misil en el E.T las necesidades logísticas derivadas así como la instrucción en su empleo serán mucho menores abaratando costes y disminuyendo esfuerzos.

Con respecto al calibre, el cañón CTAS de 40mm ha resultado ser la solución ideal para nuestro Pizarro Fase III tras realizar un análisis AHP de los calibres 30 mm, 35 mm, 40 mm y 40 mm CT. Tradicionalmente aumentar el calibre del cañón aumentaba el alcance y la penetración, pero a costa de una mayor peso y menor autonomía letal. Esta reducción drástica de la autonomía letal en un VCI tras aumentar su calibre es lo que el análisis AHP demuestra que no hace rentable aumentar el calibre de un VCI a más de 30mm, aunque debido al aumento de las tecnologías de blindaje tener mayor penetración se está haciendo necesario. La tecnología CTAS ha permitido que a pesar de aumentar el calibre se consigan aunar todas las ventajas ya que es un cañón más pequeño incluso que el de 30mm, con un alcance, precisión y capacidad de penetración mucho mayores y, más importante aún, consigue una autonomía letal superior



incluso a la de los cañones de 30mm gracias a la innovadora forma de su munición que permite una capacidad de almacenaje de esta algo superior a la de la munición de 30mm.

Otros aspectos importantes han sido la transmisión del GMP que en los primeros modelos ha dado fallos recurrentes debido ser una tecnología poco probada pero que ya está en proceso de solución con la empresa SAPA, encargada de la transmisión de los VCI Pizarro, que ha actualizado el software y modificado levemente el hardware y han conseguido con ello solucionar las averías más recurrentes de la transmisión.

Por último, en materia de capacidad de mando y control y de conciencia situacional, podemos agrupar otras tres propuestas que he incluido en este trabajo, las cámaras de conducción del VCI, la implementación de un periscopio autónomo para el JV y el sistema BMS. Los sistemas ópticos y BMS ocuparon el tercer lugar del análisis QFD, pero agrupando estas tres mejoras su importancia tiene mayor relevancia. La información es uno de los medios principales a través del cual se puede materializar una victoria y en esta dirección estos 3 aspectos de mejora pueden tener un papel fundamental para garantizar el éxito de las misiones encomendadas a nuestras unidades mecanizadas. Un BMS integrado en la vetrónica del vehículo e idóneamente situado para su uso permitirá a los JV conocer la posición de las fuerzas propias y enemigas y compartir información del campo de batalla que supondrá una ventaja táctica para todas nuestras unidades, así como una ventaja operativa para los centros de dirección de las operaciones en su toma de decisiones. Unas cámaras de ayuda para la conducción permitirán a nuestros vehículos moverse de manera óptima a través del terreno, detectando obstáculos y eligiendo buenos itinerarios en las mismas condiciones que las unidades de carro a las que recurrentemente deben acompañar y a cuyo movimiento debe adecuarse el ritmo de la maniobra. Y por último un periscopio propio para el JV nos permitirá una capacidad de detección y abatimiento de enemigos y nuevamente una capacidad C2 del JV muy necesaria para la toma de decisiones.

Mediante el método analítico empleado y el resultado de su aplicación, considero que he cumplido los objetivos propuestos inicialmente al haber conseguido proponer las mejoras analíticamente más necesarias para el prototipo Pizarro Fase III y en consecuencia, las que permitirán que nuestro Ejercito pueda desarrollar sus operaciones con mayor capacidad operativa y posibilidades de éxito.

Este proyecto es de aplicación para el momento en el que se presenta el proyecto teniendo como referencia el VCI Pizarro Fase II con sus capacidades a fecha de noviembre de 2022, en caso de que se implementen mejoras previas a la adquisición de la Fase III o haya eventos internacionales que cambien las tendencias del combate, las herramientas deberán ser nuevamente aplicadas y los resultados de estas podrían arrojar una información distinta.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso Ramón Fuertes Bonet (2018) *Análisis y estudio de la implementación de los VCI Pizarro Fase II con la incorporación de un sistema contracarro*.

Ángel Gutiérrez Hernández, M. (2022) *Implantación de un periscopio de observación para el jefe de vehículo Trabajo Fin de Grado*. Available at: <http://zaguan.unizar.es>.

César Augusto Sáenz de Santa María Gómez. Coronel. Infantería. DEM. and José Manuel Llorca Díaz. Coronel. Infantería. DEM. (2015) *Fuerzas acorazadas pasado o futuro*.

Colonel Nick Cowey (2019) *UK IFV CAPABILITY*.



David Khol (2022) 'Why we need new IFVs or lessons from Ukraine', *czdefence.com*, 7 August.

DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL (2016) *PROGRAMAS TECNOLÓGICOS VCR 8x8, ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE CALIBRE*.

Eva Cervera Arteaga (2011) 'Retrospectiva de tres décadas en el Ejército de Tierra español', *Defensa.com* [Preprint]. Available at: <https://www.defensa.com/reportajes/retrospectiva-tres-decadas-ejercito-tierra-espanol> (Accessed: 23 November 2022).

Lisandro Amorelli (2022) 'Vehículos Blindados en la Guerra Ucrania – Rusia: el BMP-1', 13 September. Available at: <https://www.pucara.org/post/veh%C3%ADculos-blindados-en-la-guerra-ucrania-rusia-el-bmp-1> (Accessed: 23 November 2022).

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2016a) *MT-103 (2^a Ed.) Vehículo VCI/C PIZARRO (2^a Fase) Manual de Tripulación Tomo I/III (Casco)*. Available at: http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb.

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2016b) *MT-103 (2^a Ed.) Vehículo VCI/C PIZARRO (2^a Fase) Manual de Tripulación Tomo II/III (Torre)*. Available at: http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb.

Mando de Adiestramiento y Doctrina (2017) *MT-104 Vehículo VCI/C PIZARRO Fase 2 Manual de Mantenimiento de segundo escalón Tomo II: Torre*. Available at: <http://srvcgeapw35.mdef.es/ManualesConsulta/>.

Peter Kasurak (2021) 'Infantry Fighting Vehicle or Battle Taxi? Canadian Infantry's Struggle with Mechanization', *Canadian Military Journal* • 22(1). Available at: <http://www.journal.forces.gc.ca/PDFs/CMJ221Ep14.pdf> (Accessed: 20 November 2022).

Raúl Uña Jurado (2019) *Posibilidades de mando, control y comunicaciones en el VCI "Pizarro"*.



ANEXOS

Anexo I

ANALISIS AHP COMPLETO

Relación criterios				
Criterios	Alcance	Penetración	Peso	Autonomía letal
Alcance	1	1	3	0,5
Penetración	1	1	4	0,5
Peso	0,33	0,25	1	0,25
Autonomía letal	2	2	4	1
TOTALES	4,333	4,25	12	2,25

Relación de criterios normalizada					
Criterios	Alcance	Penetración	Peso	Autonomía letal	Peso del criterio
Alcance	0,231	0,235	0,250	0,222	0,235
Penetración	0,231	0,235	0,333	0,222	0,255
Peso	0,077	0,059	0,083	0,111	0,083
Autonomía letal	0,462	0,471	0,333	0,444	0,427
Totales	1	1	1	1	1

Criterio	Alcance			
Alternativas	30	35	40	40 CT
30	1	0,86	0,75	0,75
35	1,17	1	0,86	0,86
40	1,33	1,17	1	1
40 CT	1,33	1,17	1	1
Total columna	4,833	4,190	3,607	3,607

Criterio	Penetración			
Alternativas	30	35	40	40 CT
30	1	0,909	0,769	0,625
35	1,1	1	0,833	0,714
40	1,3	1,2	1	0,833
40 CT	1,6	1,4	1,2	1
Total columna	5,000	4,509	3,803	3,173



Criterio		Peso			
Alternativas		30	35	40	40 CT
30		1	1,28	1,56	1,31
35		0,781	1	1,14	0,983
40		0,641	0,877	1	0,836
40 CT		0,766	1,017	1,196	1
Total columna		3,189	4,175	4,896	4,124

Criterio		Autonomía letal			
Alternativas		30	35	40	40 CT
30		1	1,4	1,85	0,500
35		0,714	1	1,32	0,25
40		0,541	0,758	1	0,2
40 CT		2	4	5	1
Total columna		4,255	7,158	9,170	1,950

Criterio		Alcance con pesos relativos				Peso de la alternativa
Alternativas		30	35	40	40 CT	
30		0,207	0,205	0,208	0,208	0,207
35		0,241	0,239	0,238	0,238	0,239
40		0,276	0,278	0,277	0,277	0,277
40 CT		0,276	0,278	0,277	0,277	0,277

Criterio		Penetración				Peso de la alternativa
Alternativas		30	35	40	40 CT	
30		0,200	0,202	0,202	0,197	0,200
35		0,220	0,222	0,219	0,225	0,222
40		0,260	0,266	0,263	0,263	0,263
40 CT		0,320	0,310	0,316	0,315	0,315

Criterio		Peso				Peso de la alternativa
Alternativas		30	35	40	40 CT	
30		0,314	0,307	0,319	0,316	0,314
35		0,245	0,240	0,233	0,238	0,239
40		0,201	0,210	0,204	0,203	0,205
40 CT		0,240	0,244	0,244	0,242	0,243



Criterio	Autonomía letal				
Alternativas	30	35	40	40 CT	Peso de la alternativa
30	0,235	0,196	0,202	0,256	0,222
35	0,168	0,140	0,144	0,128	0,145
40	0,127	0,106	0,109	0,103	0,111
40 CT	0,470	0,559	0,545	0,513	0,522

Matriz de decisión sin pesos relativos de los criterios					
Criterios	Peso del criterio	30	35	40	40 CT
Alcance	0,235	0,207	0,239	0,277	0,277
Penetración	0,255	0,200	0,222	0,263	0,315
Peso	0,083	0,314	0,239	0,205	0,243
Autonomía letal	0,427	0,222	0,145	0,111	0,522
		0,236	0,211	0,214	0,339

Matriz de decisión final				
Criterios	30	35	40	40 CT
Alcance	0,049	0,056	0,065	0,065
Penetración	0,051	0,057	0,067	0,081
Peso	0,026	0,020	0,017	0,020
Autonomía letal	0,095	0,062	0,048	0,223
Resultados	0,221	0,194	0,197	0,389