



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

Sistema de protección pasiva para carros de
combate

Autor

CAC. Víctor Trapero Morales

Directores

Director académico: Dra. Dña. Marta Torralba Gracia.

Director militar: Cap. D. Carlos Losada García.

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2018-2019

Repositorio de la Universidad de Zaragoza – Zaguan

<http://zaguan.unizar.es>

“Estoy concibiendo vehículos seguros, protegidos e impenetrables al fuego enemigo, que surgirán en medio de un combate con sus armas de fuego, obligando a grandes masas del contrario a batirse en retirada. Detrás de ellos, la infantería podrá seguir el avance en plena seguridad, sin temer un contraataque adverso”

Leonardo da Vinci [1]



RESUMEN

Desde su primera aparición en los campos de batalla de la Primera Guerra Mundial, el carro de combate se erigió como un elemento fundamental de los ejércitos. Este fenómeno no pasó desapercibido para la España de Alfonso XIII, que adquirió sus primeros Renault FT-17 en una fecha tan temprana como 1919. Esta joven arma acorazada del Ejército de Tierra (en un principio artillera y, posteriormente, infante) no escapó a los ecos de la Guerra del Rif, siendo desplegada en el continente africano a raíz de la derrota española en la batalla de Annual (1921).

Si bien los carros de combate contribuyeron a la derrota de Abd-el-Krim en 1927, la capacidad de esta nueva arma también se puso de relieve en el conflicto polaco-soviético de (1919-1921); siendo decisiva en la victoria de la joven república polaca.

El creciente poder de combate que iba ganando el carro de combate, consecuencia de una mejora del blindaje y del armamento, dio lugar a corrientes de pensamiento, que intentaban definir la mejor forma de usarlo. De este modo, se tiene la vertiente alemana, que predicaba la creación de unidades acorazadas y, por otro lado, la corriente francesa/ británica, que optó por emplear el nuevo sistema de armas como apoyo a la infantería ligera.

Sin embargo, sería durante la Segunda Guerra Mundial cuando el carro de combate desarrollaría sus máximas posibilidades. Así, la potencia de fuego, protección y movilidad del carro contribuyeron a situarle como un elemento vital de los ejércitos. Esta preminencia del arma acorazada se puede observar en el desarrollo de todas las naciones durante el desarrollo de la Guerra Fría, empero, hubo un punto de inflexión que cambiaría esta mentalidad.

En el año 2006 la conocida como “Hecatombe de los Merkava” puso de relieve la supremacía de los modernos medios sobre los blindados. En efecto, la proliferación de las cargas huecas, así como la mejora del armamento (p. ej. misiles) y de los medios de visión (p. ej. dispositivos infrarrojos), han contribuido a un aumento de la vulnerabilidad de estos sistemas de armas.

Como consecuencia de ello, el presente trabajo trata de responder a una cuestión que ha surgido en los últimos años: ¿sigue siendo decisivo el empleo de los carros de combate? Para responder a esta pregunta se han analizado los diferentes sistemas de protección pasiva que permitirían al carro de combate español (Leopardo 2E) hacer frente a las nuevas amenazas mencionadas anteriormente; eligiendo uno de ellos. Asimismo, en vista de la disparidad entre los distintos escenarios en los que trabaja el Ejército de Tierra (p. ej. Letonia/ Malí), el trabajo propone dos soluciones: una para ambiente convencional y otra para ambiente asimétrico.

Palabras clave: Leopardo 2E, sistema de protección pasiva, carro de combate.





ABSTRACT

Since its first appearance on the battlefields of World War I, the battle tank was erected as a fundamental element of the armies. This phenomenon did not go unnoticed for the Spain of Alfonso XIII, who acquired his first Renault FT-17 as early as 1919. This young armored weapon of the Army (initially in the artillery and later in the infantry) did not escape the echoes of the War of the Rif, being deployed in the African continent in the wake of the Spanish defeat at the Battle of Annual (1921).

While the battle tanks contributed to the defeat of Abd-el-Krim in 1927, the capacity of this new weapon was also highlighted in the Polish-Soviet conflict of (1919-1921); being decisive in the victory of the young Polish republic.

The increasing combat power that was gaining the battle tank, as a result of an improvement in armor and armament, gave rise to currents of thought, which tried to define the best way to use it. Thus, we have the German side, which preached the creation of armoured units and, on the other hand, the French / British current, which chose to use the new weapons system as a support for the light infantry.

However, it would be during the Second World War when the battle tank would develop its maximum possibilities. Thus, the power of fire, protection and mobility of the tank contributed to place it as a vital element of the armies. This pre-eminence of the armoured weapon can be observed in the development of all nations during the development of the Cold War. Nevertheless, there was a turning point that would change this mentality.

In 2006, the so-called "The Merkava Hecatomb" highlighted the supremacy of modern means over armoured vehicles. Indeed, the proliferation of hollow charges, as well as the improvement of armaments (ex. missiles) and means of vision (ex. infrared devices), have contributed to an increase in the vulnerability of these weapon systems.

As a result, the present work tries to answer an issue that has arisen in recent years: is the use of battle tanks still decisive? To answer this question, we have analysed the different passive protection systems that would allow the Spanish battle tank (Leopard 2E) to face the new threats mentioned above; choosing one of them. Also, in view of the disparity between the different scenarios in which the Army works (ex. Latvia / Mali), the work proposes two solutions: one for conventional environment and another for asymmetric environment.

Keywords: Leopardo 2E, passive protection system, tank.



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Carro de combate Leopard 2E, con sus sistemas de defensa pasiva.....</i>	<i>1</i>
<i>Figura 2. Sistema Antifragmentos interior del Leopard 2E.</i>	<i>2</i>
<i>Figura 3. Diagrama de Flujo de la metodología del trabajo.</i>	<i>3</i>
<i>Figura 4. Carro de combate Leopard 2 con sistema AMAP-B.</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5. Carro de combate Leopard 2 turco destruido por una mina durante la operación Euphrates Shield, en Siria.</i>	<i>7</i>
<i>Figura 6. Vehículo protegido mediante un sistema SLAT ARMOR.</i>	<i>7</i>
<i>Figura 7. Vehículo protegido mediante un sistema SLAT ARMOR (en la esquina derecha del vehículo puede observarse una malla QuickShield de la empresa AmSafe).</i>	<i>8</i>
<i>Figura 8. Vista con cámara térmica de un carro de combate con sistema Barracuda (izquierda) y sin él (derecha).</i>	<i>9</i>
<i>Figura 9. Vista con cámara térmica de un Vehículo de Combate de Infantería (VCI) sin sistema Adaptiv (izquierda) y con el sistema, simulando ser un coche (derecha).</i>	<i>10</i>
<i>Figura 10. Vehículo cubierto por una red multiespectral. En la esquina inferior derecha, vista térmica del vehículo.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 11. Diagrama de Ishikawa para ambiente convencional.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12. Diagrama de Ishikawa en ambiente asimétrico.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13. Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14. Respuestas a la pregunta 4 de la encuesta.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 15. Respuestas a la pregunta 7 de la encuesta.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16. Respuestas a la pregunta 9 de la encuesta.....</i>	<i>42</i>



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Ficha técnica de la encuesta.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2. Prioridades de defensa pasiva según el ambiente de combate.</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3. Lista de Requisitos y su Importancia.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4. Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente convencional.</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5. Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente asimétrico.</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 6. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente convencional, correspondiente a la Protección.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 7. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente asimétrico, correspondiente a la protección.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 8. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos correspondiente al Peso y Dimensiones.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 9. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente convencional, correspondiente a la reducción de la firma.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 10. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente asimétrico, correspondiente a la reducción de la firma.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 11. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos correspondiente a la fiabilidad.</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 12. Matriz riesgos del proyecto en ambiente convencional.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 13. Matriz riesgos del proyecto en ambiente asimétrico.</i>	<i>29</i>



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	1
2- ESTADO DEL ARTE	4
2.1- BLINDAJE	4
2.2- CONTRAMINAS	6
2.3- SLAT ARMOR	7
2.4- REDUCCIÓN FIRMAS VISIBLES E INFRARROJAS	8
3- IDENTIFICACIÓN DE PARTES INTERESADAS Y RECOPIACIÓN DE REQUISITOS	11
3.1- STAKEHOLDERS	11
3.2- RECOPIACIÓN DE REQUISITOS	11
3.2.1- INFORMES	11
3.2.2- ENCUESTAS	13
3.2.3- ENTREVISTA EXPERTO	14
3.2.4- LISTADO DE REQUISITOS	16
4- MATRIZ COMPARATIVA DE REQUISITOS Y SOLUCIÓN CONCEPTUAL	17
4.1- PROTECCIÓN	19
4.2- PESO Y DIMENSIONES	20
4.3- REDUCCIÓN DE FIRMAS	21
4.4- FIABILIDAD	22
5- CONCLUSIÓN CONCEPTUAL	24
5.1- AMBIENTE CONVENCIONAL	24
5.2- AMBIENTE ASIMÉTRICO	24
6- PROPUESTA DE SOLUCIÓN FUNCIONAL	25
6.1- AMBIENTE CONVENCIONAL	25
6.2- AMBIENTE ASIMÉTRICO	27
7- CONCLUSIONES DEL TRABAJO	29
BILBLOGRAFÍA	30
ANEXO A, FIGURAS	32
ANEXO B. ENCUESTA	36
ANEXO C. EVALUACIÓN DE RIESGOS	41



LISTA DE SIGLAS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- SIGLAS

AMAP:	Advanced Modular Armor Protection.
APFSDS:	Armour Piercing Fin-Stabilised Discarding Sabot.
HEAT:	High Explosive Anti-Tank.
IED:	Improvised Explosive Devices.
LASSO:	Light Armour System against Shaped Ordnance.
MADOC:	Mando de Adiestramiento y Doctrina.
MCS	The Barracuda Mobile Camouflage System.
MMCC	Multispectral Mobile Camouflage Cover.
RAC 61:	Regimiento Acorazado nº 61.
RPG:	del ruso Ruchnoy Protivotankovy Granatomyot.
VCI:	Vehículo de Combate de Infantería.
ZO:	Zona de Operaciones.
UAV:	Unmanned Aerial Vehicle.

- ABREVIATURAS

DIM:	Dimensiones.
LOG:	Logística.
MANTO:	Mantenimiento.



1- INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo se ha desarrollado en el Regimiento Acorazado Alcázar de Toledo nº 61 (RAC 61), con base en la plaza de El Goloso, en Madrid. La realización del trabajo en esta unidad abarcó desde el 3 de septiembre al 20 de octubre de 2018 y se enfocó a hacia una mejora de los sistemas de defensa pasiva del carro de combate Leopard 2E.

Si bien el Leopard 2E es el vehículo más moderno que posee el Ejército de Tierra, su diseño data de los años 70. Vale la pena reseñar que el ciclo de vida medio de un carro de combate se estima en 30 años, aunque se recomienden modernizaciones a los 15 años de uso y actualizaciones de ciertos sistemas cada 8 años [2]. Los primeros Leopard 2E llegaron a las unidades acorazadas en el año 2005 y, en consecuencia, es necesario una modernización de estos.

1.1- OBJETIVOS Y ALCANCE.

Por todo ello, este trabajo tiene como principal objetivo el proponer una mejora del sistema de protección pasiva del Leopard 2E, aumentando su nivel de supervivencia ante las actuales amenazas (p. ej. Ruchnoy Protivotankovy Granatomyot (RPG) [3]. Siguiendo esta meta se ha concluido proponiendo dos sistemas de defensa pasiva: uno para ambiente convencional y otro para ambiente asimétrico. Asimismo, una vez fijados los sistemas (objetivo principal), se han concretado dos dispositivos (objetivo secundario), analizándose los riesgos de su inclusión en las Unidades Acorazadas del Ejército de Tierra.



Figura 1. Carro de combate Leopard 2E, con sus sistemas de defensa pasiva / Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C-16-C.Combate_Leopardo_2E-9.JPG.

Es importante mencionar que el Leopard 2E ya cuenta con varios sistemas de protección pasiva. Sirvan como botones de muestra su torre con blindaje en cuña con cámara de aire para modificar el ángulo



de impacto de las municiones tipo flecha, su blindaje formado por acero endurecido y tungsteno [3], un blindaje adicional pesado en la barcaza; o el aumento del grosor del blindaje en la zona de las escotillas para la protección contra los misiles de ataque picado (Figura 1). Además, también cuenta con un sistema antifragmentos en su interior, que evita que, en caso de impacto, el blindaje se desprenda y dañe a la tripulación (Figura 2). Asimismo, se han considerado mejoras introducidas por otras versiones del Leopard (p. ej. Leopard 2A7V) [4].



Figura 2. Sistema Antifragmentos interior del Leopard 2E / Fuente: el autor.

1.2- METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.

Para lograr este objetivo, se han analizado todos los tipos de sistemas de protección pasiva que se encuentran actualmente en el mercado, mediante el estudio de patentes, documentos, entrevistas y libros. Seguidamente, se identifican los stakeholders y sus requisitos, a través de informes del Ministerio de Defensa, una encuesta y entrevistas con expertos. Una vez obtenidos los requisitos, el empleo de una Matriz Comparativa de Requisitos permite discriminar los diferentes sistemas ofrecidos por el mercado, resultando dos sistemas: uno para ambiente convencional y otro para el asimétrico. En último término, el empleo de un diagrama impacto-probabilidad, y un diagrama causa-efecto, dentro del estudio o análisis de riesgos; permite obtener dos conclusiones; es decir, dos dispositivos, uno por ambiente (Figura 3).

Si, como dijo Dante, de esta pequeña chispa llega a prender una llama, el Leopard 2E demostraría estar en condiciones de hacer frente a las amenazas surgidas en los conflictos más recientes. Baste con la efectividad que el RPG ha demostrado sobre los Abrams americanos [5]. Además, se lograría todo ello disminuyendo el riesgo de bajas propias o civiles, como ocurre, por ejemplo, con los sistemas de protección activa.

En compilación, este proyecto está destinado a los sistemas de armas empleados por las unidades acorazadas del Ejército de Tierra de España, con el propósito de que sigan siendo “[el] factor de aproximación a la decisión” [6], o sea, que sea el carro el que facilite la acción de otras tropas.

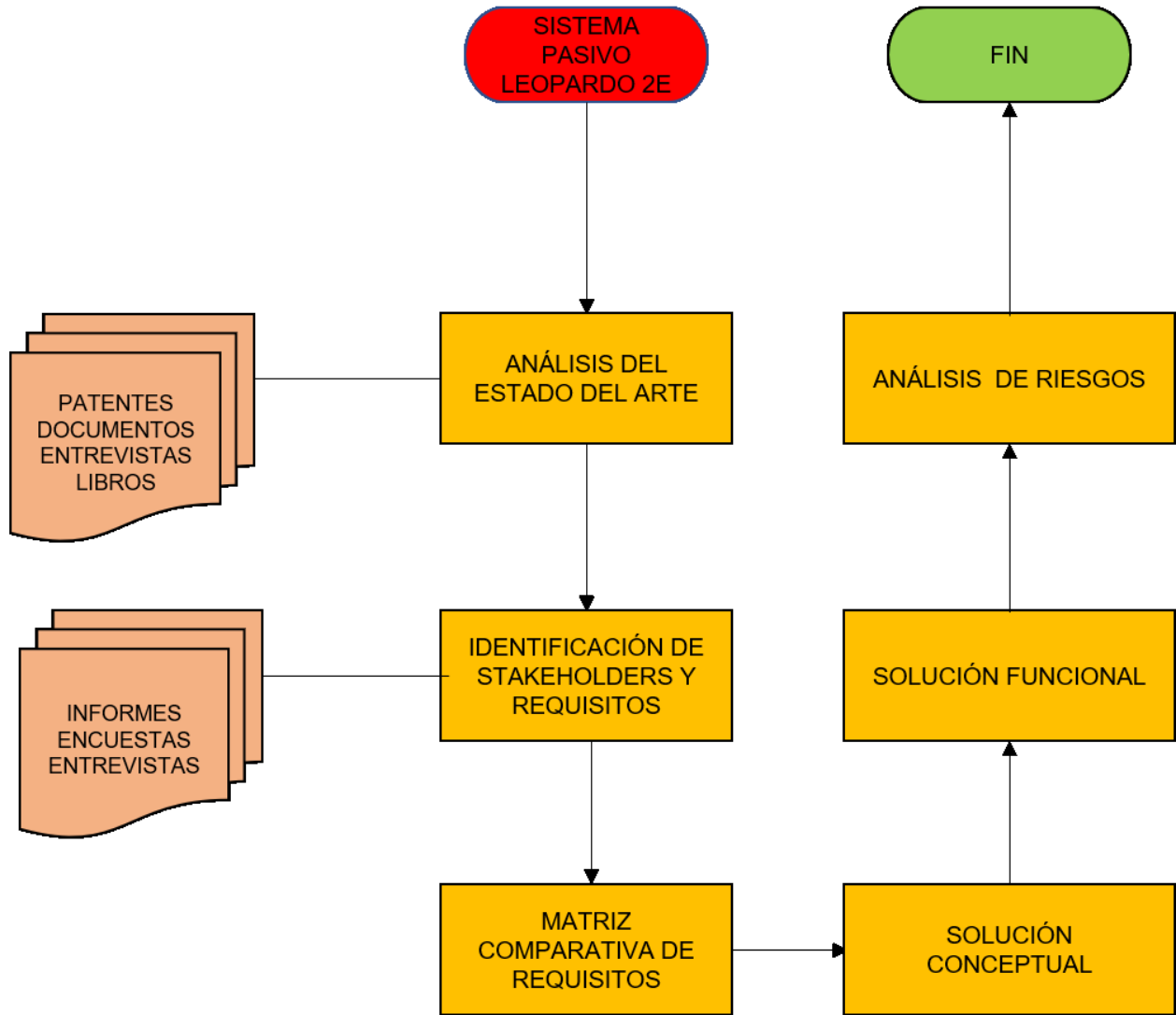


Figura 3. Diagrama de Flujo de la metodología del trabajo / Fuente: el autor.



2- ESTADO DEL ARTE

Si bien la defensa pasiva ha existido desde los inicios del carro de combate, cabe destacar que no existe un criterio común a la hora de definirla. En efecto, las fuentes consultadas no ofrecen una definición más extensa que la ofrecida por la Real Academia de Ingeniería, que lo define como el blindaje de acero tradicional del carro [7]. Empero, un sistema de protección pasiva abarca mucho más.

En consecuencia, el trabajo se basa en la definición dada por un experto en la materia; así, un sistema pasivo será aquel que “anule o reduzca los efectos de una amenaza inevitable y, consiguientemente, va más lejos del blindaje” [8]. De este modo, se eliminan de la definición todos aquellos sistemas que detecten cuando el enemigo ilumina con un telémetro al carro, o aquellos que detectan proyectiles enemigos para eliminarlos con contramedidas (p. ej. Trophy israelí). Asimismo, tampoco se incluye el blindaje reactivo, ya que, estrictamente hablando, no anula ni reduce los efectos del proyectil enemigo, ya que evita que estos efectos se produzcan¹.

Compilando, únicamente se ha analizado aquellos sistemas que, estando instalados en el carro, no eviten que un proyectil impacte contra el sistema de armas; sino que solo mitigue sus efectos. Por esto, se consideran en este estudio los sistemas SLAT ARMOR, contraminas (donde incluimos los sistemas de protección del tren de rodaje); reducción de firma infrarroja y visible, los sistemas Advanced Modular Armor Protection (AMAP); así como el propio blindaje.

Por otro lado, los modernos conflictos han demostrado la necesidad de instalar estos sistemas para hacer frente a determinadas amenazas (p. ej. RPG) [5]; consiguientemente, ha aflorado un nuevo interés centrado en su desarrollo e implementación. A continuación, se expone una relación que recoge un estudio del estado del arte del blindaje (apartado 2.1), contraminas (2.2), SLAT ARMOR (2.3) y reducción de las firmas visible e infrarroja (2.4). Finalmente, cabe destacar que se ha analizado material clasificado específico, que no puede ser mostrado debido a su naturaleza confidencial.

2.1- BLINDAJE

En relación con el blindaje, se han producido grandes cambios desde que el ‘Little Willie’ se convirtiese en el primer carro de combate en 1915. En efecto, desde entonces el diseño y composición del blindaje de los carros de combate se ha convertido en un elemento fundamental de los Ejércitos [9]. Antes bien, tradicionalmente el blindaje de los carros de combate ha sido de acero, planteando un problema debido a su alta densidad ($7,85 \text{ g/cm}^3$). Por tanto, se obtenían carros de combate de alto tonelaje en detrimento de otros atributos, como, por ejemplo, la movilidad.

Si bien el surgimiento de los proyectiles Armour Piercing Fin-Stabilised Discarding Sabot (APFSDS) en la década de los 80 suscitó una búsqueda de nuevos materiales para los blindajes², el acero es la aleación más utilizada, debido a su menor relación coste/prestaciones. No obstante, no es la única, ya que

¹ Un sistema reactivo está formado por módulos explosivos independientes del blindaje. Cuando un proyectil enemigo impacta sobre alguno de estos módulos, este explota y destruye el proyectil.

² Según [9], la capacidad de penetración en blindajes monolíticos de acero de los APFSDS sobrepasa las posibilidades de protección de plataformas terrestres.



la amenaza de los proyectiles flecha y las cargas huecas han llevado al empleo de los blindajes compuestos.

Por lo que se refiere a los blindajes compuestos, y siguiendo la descripción de [9], incluyen diferentes capas de distintos materiales con funciones específicas concretas, intentando optimizar pesos y precios. En la actualidad, los blindajes compuestos suelen combinar aleaciones de acero con materiales cerámicos, que protegen frente a los impactos de proyectiles de energía cinética (proyectiles APFSDS).

Como botón de muestra, la patente de EE. UU. N° 6203908 [10] presenta “un panel de blindaje que tiene un estrato exterior de acero, un estrato de una pluralidad de cuerpos cerámicos de gran densidad unidos entre sí, y un estrato interior de fibras de alta resistencia mecánica y antibalísticas, por ejemplo, el KEVLARTM”. Asimismo, esta invención es mejorada por la patente ES 2295376T3 [10] (véase información recogida en el Anexo 1.A) que “provee componentes cerámicos perfeccionados para [su] uso en sistemas de blindaje cerámico que incorporan componentes cerámicos para desviar y frustrar la acción de los proyectiles que impongan varios grados de amenazas. [...] provee también un estrato amortiguador para reducir conmociones y traumas y para proporcionar soporte al blindaje”. Además, se puede usar como blindaje adicional, reduce el peso de la invención anterior y desvía los proyectiles tras el impacto.

Hay que hacer notar que en los últimos años ha habido una tendencia hacia la mejora de las propiedades de la cerámica. Baste con mencionar la patente ES 2299958T3 [11] que “se refiere específicamente al aumento de dureza de la cara de impacto usando un revestimiento de diamante sobre el componente cerámico [...] pud[iendo] ser usado para revestir una placa de blindaje monolítica para protección personal o para tejas para una protección de un vehículo”.

Antes bien, según [12] los blindajes cerámicos son problemáticos frente a varios impactos, puesto que la placa de cerámica se fractura tras el primero, deteniendo al proyectil; empero, la placa queda destrozada. Consiguientemente, ahora se utilizan plaquetas (“tiles”) de pequeño tamaño (usualmente entre 10 x 10 cm² y 15 x 15 cm²) de manera que un impacto, que destroza una plaqueta deje sin embargo intactas a las plaquetas adyacentes y de esta forma el blindaje mantenga su capacidad de protección frente a impactos múltiples. De ahí la tendencia actual a emplear dos métodos: el MEXAS y el LIBA³; siendo una verbigracia de ello el sistema Advanced Modular Armour Protection (AMAP), compuesto por cerámicas y aleaciones de acero en forma de MEXAS.

Otro punto en boga actualmente es la modificación de la disposición de los materiales, usando capas de distintos componentes. En particular, la patente ES 2621895 T3 [13] (véase información recogida en el Anexo 1.B) presenta un blindaje conformado por material a granel (con unas propiedades amortiguadoras conocidas) cuyo objetivo es “crear una protección de vehículos y objetos contra amenazas militares, por ejemplo, cargas huecas, minas o proyectiles de impacto, que sea poco costosa en su fabricación y que se pueda adaptar fácilmente a estructuras complicadas, vehículos o construcciones”. Además, el material a granel puede ser metálico, cerámico o sintético, teniendo el conjunto buenas propiedades amortiguadoras. Como colofón, este blindaje puede venir directamente instalado en el carro, o en forma de módulos que

³ El LIBA es un diseño que comprende una pluralidad de píldoras cerámicas en una matriz de caucho. Mientras que el MEXAS es un diseño que comprende una pluralidad de plaquetas cerámicas planas y cuadradas. Las plaquetas tienen unas dimensiones típicas de 2,54 cm x 2,54 cm (1" x 1"), 5,08 cm X 5,08 cm (2" x 2"), o 10,16 cm x 10,16 cm (4" x 4"). Ambos tienen como objetivo frustrar la acción de un proyectil [10].



se añaden o retiran en función de su utilidad; tanto en su zona exterior como interior, destacándose por su protección frente las amenazas mencionadas anteriormente.

Hay que hacer notar que la propia forma de los materiales del blindaje ha sido objeto de estudio reciente. Baste con la patente ES 2370650T3 [14] que, en pocas palabras, presenta componentes cerámicos con nódulos (según información Anexo 1.C). Estos nódulos “añade[n] la capacidad de desvío al componente cerámico y al blindaje que utilizan componentes cerámicos. [...] cambian el ángulo del proyectil que impacta y frenan el paso del proyectil a través del componente cerámico” [14]. En conclusión, protege al carro de combate (que lo puede usar de manera adicional sin revestimiento interior) desviando y neutralizando los proyectiles enemigos.



Figura 4. Carro de combate Leopard 2 con sistema AMAP-B / Fuente: https://www.rheinmetall-chempro.com/en/rhc/systeme_und_produkte/produktuebersicht/amap_b/index.php.

Para concluir, la empresa Rheinmetall Chempro [15] desarrolló recientemente un nuevo blindaje, conocido como AMAP-B (Figura 4), que ofrece una óptima protección frente cargas huecas, cohetes y otros tipos de proyectiles. Hay que tener en

cuenta que es modular, con lo que se puede reparar fácilmente.

Además, en combinación con el

blindaje de serie del carro, cumple con los requisitos de protección fijados por el STANAG para los niveles 1-4 y 5 [16]. Según la propia empresa: la protección se obtiene combinando materiales caracterizados por su resistencia a los impactos (p. ej. acero), así como por su bajo peso (p. ej. cerámica).

2.2- CONTRAMINAS

El siguiente punto trata de una de las principales amenazas que, recientemente, se cierne sobre los carros de combate: las minas. Así, el pasado 31 de enero de 2018 el periódico británico ‘Daily Mail’ mostró imágenes de unos carros de combate Leopard 2A4 turcos destruidos por el Daesh en el norte de Siria [3]. Según el periódico, el Daesh afirmó haber destruido diez Leopard 2 turcos, algunos mediante el uso de minas (Figura 5). Vale la pena decir que, a pesar de su protección, hace diez años (2008) el conductor de un Leopard 2 danés murió por la explosión de una mina en Afganistán [17]; Por consiguiente, la mejora del blindaje inferior del carro aumentaría su supervivencia del carro en conflictos caracterizados por el uso de minas o Improvised Explosive Devices (IED).

De entrada, el daño producido por la explosión de una mina se debe a dos elementos: en primer lugar, a la onda de presión que genera y, en último término, a la metralla que libera [18]; siendo el primero el único que produce daños a un carro de combate. Hay que destacar que, según [19] y [18], la onda de presión generada produce la oscilación violenta del suelo del carro, deformando sus paredes. Por tanto, algunos elementos del interior del carro salen despedidos y dañan a la tripulación. Para evitar estos



efectos, recientemente se han ideado protecciones en forma de sándwich (según información Anexo 1.D), esto es, módulos formados por 2 ó 3 capas que absorben la onda de presión generada por la explosión; o se ha modificado la sujeción de los elementos internos del carro (p. ej. asientos suspendidos).

No obstante, “estas disposiciones se refieren solamente al planteamiento del cometido de defenderse contra la amenaza de una mina explosiva o bien de reducir al mínimo su repercusión sobre el vehículo blindado” [19]. Dicho de otra manera, estos últimos inventos no serían eficaces contra las minas de carga plana (mina FL) o minas que forman proyectiles (minas de carga P). Puesto que el principio de actuación de estas minas se basa en crear un proyectil que alcanza altas velocidades (desde los 1800 m/s hasta más de 2000 m/s) la onda de percusión no sería el único daño que recibiría el carro.



Figura 5. Carro de combate Leopard 2 turco destruido por una mina durante la operación Euphrates Shield, en Siria / Fuente: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-5332247/The-4million-German-tank-embarrassed-Syria.htm>.

Con motivo de estas amenazas han surgido inventos como el propuesto en [19], que describe un sistema sándwich contraminas (según información Anexo 1.E). El conjunto cuenta con una primera capa de acero, “con un espesor de al menos el espesor equivalente al acero del revestimiento de la mina que forma proyectil”; una segunda capa cuyo material “permanece bajo carga dinámica plásticamente fluida o bien dinámicamente erosionable” y una tercera capa funcional, seguida por otra de acero.

En compilación, actualmente existen estructuras sándwich como dispositivos contraminas (p. ej. sistema AMAP-M⁴) que inhiben los daños producidos tanto por las ondas de presión como por los proyectiles generados por las minas FL y de carga P. Además, estas estructuras sándwich pueden ser fijas o adaptables, instalándose cuando sean necesarias y facilitando la función logística de transporte⁵.

2.3- SLAT ARMOR



Figura 6. Vehículo protegido mediante un sistema SLAT ARMOR / Fuente: SHEPARD (2011), [38].

El siguiente punto trata del empleo de rejillas como protección adicional del blindaje de los carros (Figura 6). Si bien surge durante la Segunda Guerra Mundial para hacer frente a los nuevos Bazucas estadounidenses y los Panzerfaust y Panzerschreck alemanes [21], sigue siendo un sistema efectivo en los conflictos actuales. Vale la

⁴ Sistema de la empresa Rheinmetall Chempro formado por aleaciones de acero, cerámica y otros materiales proporcionando una protección próxima al 100%. [20]

⁵ Por ejemplo, no superando los límites de peso de los puentes.



pena decir que este sistema es específico contra la carga hueca [22], funcionando como se describe a continuación.

El SLAR ARMOR, al rodear la estructura del carro, es el primero en recibir el impacto del misil o carga hueca. De este modo, o bien se aplasta la cabeza del artefacto (cortocircuitándolo); o bien provoca la detonación del proyectil a una distancia segura del sistema de armas.

Un buen ejemplo es la patente DE-A-688526, que se describe en [21] como un dispositivo según el cual “se colocaron barras de acero macizas y cuerpos prismáticos sobre el objeto a proteger, que debían desviar particularmente proyectiles de cañones antitanque”. Este último invento sería mejorado más tarde mediante el empleo de materiales que aguantasen el calor mejor que el acero; en particular materiales cerámicos.

Tras casi 80 años, el blindaje de rejilla o el añadido de faldones metálicos siguen empleándose en conflictos contemporáneos como el sirio [23]; siendo esto así debido a su efectividad y bajo coste. En la actualidad, la mayoría de los avances en este campo se refieren al método de montaje. Así, por ejemplo, en [39] según información Anexo 1.F) se describe un método de fabricación más económico. Asimismo, también se están produciendo avances en el terreno de los materiales, en busca de una mayor resistencia frente a las modernas cargas huecas (p. ej. misil Kornet).



Figura 7. Vehículo protegido mediante un sistema SLAT ARMOR (en la esquina derecha del vehículo puede observarse una malla QuickShield de la empresa AmSafe) / Fuente: SHEPARD (2011), [38]).

Vale la pena decir que, más recientemente, hay empresas que desarrollan mallas metálicas (cfr. malla metálica de la casa RUAG [24]) que se combinan con las rejillas, evitando que la carga hueca impacte directamente en la malla [25] (Figura 7). De este modo, los espacios entre rejillas quedan cubiertos por la malla, aumentando la efectividad del SLAT ARMOR.

2.4- REDUCCIÓN FIRMAS VISIBLES E INFRARROJAS

El campo de los dispositivos de reducción de la firma está muy avanzado actualmente. Así, abarca desde las huellas dejadas en el suelo (o el humo levantado por las cadenas) hasta las fuentes de calor generadas por los carros. Es meritorio de mención que, en los últimos años, está recibiendo mucha atención debido a la existencia de cámaras y sistemas térmicos que detectan fuentes de calor a grandes distancias (ej. gases de escape) [26].

En lo que respecta a la refrigeración de los gases de escape, existen un gran número de invenciones. De este modo, por ejemplo, en [26] se menciona “un dispositivo eficaz de dilución uniforme de los gases de escape de un vehículo militar. El aire se enfría en un área de refrigeración y después se expulsa hacia el exterior por una salida dotada de persianas”. Sin embargo, esta invención presenta



algunos defectos (ej. persianas difíciles de realizar en los espesores debidos y elevado número de persianas) que afectan a la movilidad de los carros. Otro ejemplo sería el invento propuesto en la patente DE 3221378 [26], que propone el empleo de un recipiente en el que se mezclen los gases de escape y de refrigeración, reduciéndose el número de persianas; expulsando el aire enfriado por la parte inferior. De esta manera se resuelven los inconvenientes de la invención anterior. Empero, este último ingenio presenta el inconveniente de que los gases expulsados siguen estando a altas temperaturas y pueden incendiar plantas situadas bajo el carro.

Con miras a suplir estos defectos [26] propone una invención (según información Anexo 1.G), basada en un dispositivo de “mejora [de] la furtividad de un vehículo militar realizando un ocultamiento de la zona de emisión, aun conservando una protección balística lo más eficaz posible”. Luego, en el sector de la emisión de los gases de escape, se parte de este dispositivo, que refrigera los gases de escape en un recipiente que se acopla al carro; por lo que no hay que desmontar el carro para su instalación.

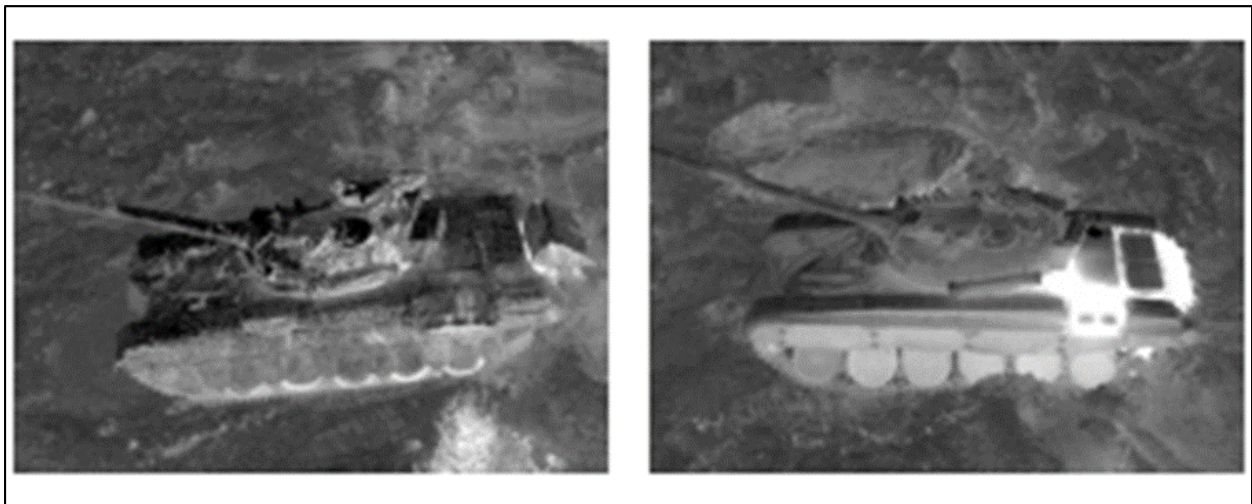


Figura 8. Vista con cámara térmica de un carro de combate con sistema Barracuda (izquierda) y sin él (derecha) / Fuente: <http://www.army-guide.com/eng/article/article.php?forumID=3169>.

Dentro del sector de la firma infrarroja, algunas empresas comienzan a presentar invenciones para impedir ser detectados por sistemas infrarrojos. Por un lado, la empresa SAAB [27], a instancias de Krauss-Maffei Wegmann GmbH (KMW) [28], ha desarrollado el sistema The Barracuda Mobile Camouflage System (MCS) [29] (Figura 8). Este sistema disminuye la probabilidad de que el enemigo detecte al vehículo mediante el uso de una protección multispectral. También disminuye la temperatura interna del carro de combate, aumentando el confort y efectividad de la tripulación. Según la propia empresa, el MCS consiste en paneles entrelazados, unidos al vehículo mediante una variedad de técnicas (no especificadas), que no requiere de la modificación de los vehículos [30].

Así, el MCS permite al carro moverse sin ser detectado por las cámaras térmicas de otros carros de combate y, lo que es más importante, por los sensores de los misiles enemigos, sin que sus propiedades operativas se vean afectadas (p. ej. se limite el movimiento del cañón).

Por otro lado, la empresa BAE Systems ha presentado su nuevo sistema Adaptiv (ver Imagen 6), que permite engañar a los sistemas térmicos e infrarrojos enemigos captando la temperatura de su alrededor e imitándola. Básicamente, el sistema está formado por unos módulos de bajo peso, que se



Figura 9. Vista con cámara térmica de un Vehículo de Combate de Infantería (VCI) sin sistema Adaptiv (izquierda) y con el sistema, simulando ser un coche (derecha) / Fuente: <https://www.baesystems.com/en/feature/adativ-cloak-of-invisibility>.

instalan entorno al carro de combate, y una serie de sensores que captan la temperatura del entorno. Una vez conocida la temperatura del entorno a través de los sensores, se puede modificar la temperatura de cada módulo mediante la fuente eléctrica

interna del carro [31]; lo que permite modificar la imagen que de un carro obtendría una cámara térmica. Los módulos son de metal, por lo que también actúan como blindaje adicional frente a los impactos y, en caso de destrucción de uno de estos módulos, pueden cambiarse rápidamente. Aunque este sistema únicamente proporciona protección en el infrarrojo, BAE Systems ha prometido ampliarla a todo el espectro electromagnético, lo que haría invisible al carro de combate. Una buena definición de su funcionamiento la dio Mike Sweeney, jefe de comunicaciones de BAE Systems: "La 'piel' del carro esencialmente se convierte en una gran televisión infrarroja, puedes mostrar todo lo que desees, incluida una vaca, mientras el resto del vehículo se mezcla con el fondo" [32]. Por último, es importante saber que se necesitarían unos 1000 módulos para cubrir un carro [33].

Otra forma de evitar ser vistos por el enemigo es mediante el empleo de redes multispectrales que, si bien no pertenecen al camuflaje del carro, protegen contra los detectores que trabajan dentro del espectro electromagnético. En particular, sus rangos de protección son el visual, infrarrojo, térmico y radárico. Es importante el caso particular de la red presentada por la empresa Teyde [34] (Figura 10), que sirve como muestra de lo avanzado de esta tecnología. Si bien tradicionalmente estas redes han funcionado absorbiendo las ondas electromagnéticas, este dispositivo las dispersa; evitando de esta forma que se pierdan sus propiedades (lo que ocurre con las de absorción) [34].



Figura 10. Vehículo cubierto por una red multispectral. En la esquina inferior derecha, vista térmica del vehículo / Fuente: <http://www.teyde.es/producto.php?id=268>.

Otro ejemplo actual sería la red de Camuflaje Multiespectral móvil (MMCC) que, a pesar de funcionar por absorción, facilita las labores de mantenimiento debido a que cada red es única para cada carro. Además, se puede desmontar e instalar en aproximadamente 20 minutos [35]. Finalmente, siempre ha habido de tractores de este tipo de redes ya que se consideraba que influían negativamente en el camuflaje del

carro. Sin embargo, "las redes de camuflaje multispectrales [están] formada[s] por un material textil [que]



tiene una función puramente estructural, permit[iendo] aplicaciones de uso específico con diferentes diseños, sin comprometer la eficiencia del camuflaje” [36].



3- IDENTIFICACIÓN DE PARTES INTERESADAS Y RECOPIACIÓN DE REQUISITOS

3.1- STAKEHOLDERS.

Este apartado trata de exponer una comparación entre los distintos sistemas de defensa pasiva que existen actualmente. Dado que la táctica y empleo del Leopard 2E depende en gran medida de su protección, se ha considerado a los mandos (Sargento, Sargento 1º, Teniente y Capitán) como los principales stakeholders. Por esto, este punto se apoyará sobre las opiniones expresadas por estos mandos del RAC 61. Vale la pena decir que, si bien son un grupo de interés, no se realizó la encuesta al personal de tropa debido a su desconocimiento de lo que es un sistema de defensa pasivo.

3.2- RECOPIACIÓN DE REQUISITOS

Como se ha observado en el estudio del arte, existe una gran variedad de sistemas de defensa pasiva en el mercado; razón por la cual se ha disminuido el número de sistemas a comparar. Así pues, esta disminución se ha realizado basándose en tres criterios y/o fuentes de información: primeramente, documentos de uso oficial del MADOC y del Ministerio de Defensa; seguidamente, el juicio de los mandos del RAC 61 (mediante una encuesta y entrevistas); y, finalmente, la opinión de un experto entrevistado⁶.

3.2.1- INFORMES

En este punto se analiza la información de dos documentos. El primero, fue enviado a las unidades acorazadas por el Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) vía email el 5 de febrero de 2018, y lleva por título "*Modernización del carro Leopard 2E*". Como se desprende del título, su objeto es proponer una serie de equipos y sistemas que permitan actualizar el carro para los siguientes 20 años. El segundo documento tiene autoría del Teniente Coronel José Pinto Gómez, estando fechado a 18 de enero de 2018. Su asunto principal es la protección del sistema de armas Leopard 2E, informando de los distintos sistemas para hacer frente a diferentes tipos de amenazas (p. ej. RPG o IED).

En lo que respecta al documento del MADOC [2], posee una gran importancia a consecuencia de que trata la necesidad de modernización del carro de combate Leopard 2E; o sea, se presenta como clave a la hora de proponer una mejora de dicho sistema de armas. Por más que en el documento se hace referencia a la necesidad de instalar sensores y sistemas de defensa activa, también contempla una serie de mejoras de los sistemas pasivos.

En primer lugar, menciona la necesidad de instalar un sistema que reduzca "*las señales acústicas, térmica y radar*", proponiendo una serie de soluciones (p. ej. pinturas especiales o redes multiespectrales). Asimismo, propone instalar algún sistema de "*aislamiento térmico del cañón y de la cámara del motor*", lo que dificultaría la detección por parte del enemigo pues son las principales fuentes de calor del carro.

En segundo lugar, y a veces en combinación con el punto anterior, se trata el tema de la salida de humos. El documento propone como soluciones la instalación de "*deflectores que desvíen la salida de los gases de escape*", esto es, un sistema de ocultación de la emisión de gases similar al propuesto en [26]. Además, el texto propone recuperar algunos sistemas empleados en el pasado, a saber, el sistema usado para ocultar los humos de escape en los carros de combate M-48 y M-60. En estos sistemas de armas se

⁶ El Sargento Primero Rubén López Gancedo ha dedicado toda su carrera militar a las fuerzas acorazadas, realizando varias investigaciones relacionadas con el fin de mejorar la defensa pasiva del carro Leopard 2E.



inyectaba gasoil en los escapes del carro aumentando su nivel de ocultación diurna; sin embargo, esta ocultación solo era visual, por lo que el carro se podía localizar mediante el empleo de sistemas térmicos e infrarrojos.

En tercer lugar, menciona la posibilidad de implementar un sistema Advanced Modular Armor Protection (AMAP). En consecuencia, se “aumentar[ía] la protección frente a proyectiles penetrantes o perforantes” mediante el empleo de faldones pesados en los costados y parte superior de la torre. Estos faldones pesados ya se emplean en la defensa frontal del carro, por lo cual, su eficacia ha sido probada experimentalmente. Si bien esto aumentaría notablemente el peso del carro, el Sargento Primero Rubén López afirma que la extraordinaria relación potencia peso del Leopardo permite aumentar su peso sin perder movilidad [8].

Para terminar, refiere una mayor protección inferior contra IED y minas, proponiendo modificar la disposición de algunos elementos internos del vehículo (p. ej. asientos diseñados para absorber la onda de presión). Consiguientemente, se disminuirían los daños que sufre la tripulación del carro como consecuencia de las oscilaciones violentas producidas por la deformación del casco. Además, propone la instalación de rejillas tipo SLAT ARMOR alrededor del casco y de la torre, como medida de protección frente a las cargas huecas (véase apartado 2.3).

Vale la pena decir que el documento da primacía a dos de los sistemas mencionados: aquéllos destinados a disminuir la firma térmica y los destinados a la ocultación de los humos. En efecto, de los seis puntos que el documento dedica a los sistemas de defensa pasiva, tres son dedicados a estos sistemas; por ello, estos sistemas se incluirán en la comparación.

Por lo que se refiere al documento escrito por el Teniente Coronel José Pinto Gómez [37], parte de una investigación inicial de los sistemas de defensa del Leopardo 2E, llegando a la conclusión de que las principales amenazas son los IED, minas y ataques contra su parte trasera y lateral a corta distancia.

Así pues, con la finalidad de aumentar la capacidad de supervivencia de los Leopardo 2E, este documento propone una serie de sistemas pasivos. El primero de ellos es un SLAT ARMOR, que aumentaría la protección contra las cargas huecas. Según el documento, es un sistema que permitiría tanto dar protección a las zonas vulnerables del carro, como mejorar sus zonas más protegidas. Lo más importante de este sistema es su reducido peso, facilidad de montaje y bajo coste. Por el contrario, estos sistemas pueden dificultar las labores de mantenimiento de primer y segundo escalón, alargándolas; y, lo que es más importante, no hace frente a todas las amenazas. Como muestra de esto último baste la siguiente afirmación del texto: “debido a su principio de funcionamiento no es efectivo frente a otros sistemas equivalentes [al RPG]”. Esto es debido a que no todas las cargas huecas son iguales entre sí [37], por lo que, las dimensiones y materiales de las rejillas deberían variar según la amenaza. Empero, dependiendo del punto de impacto, eventualmente podría reducir la capacidad de perforación.

En segundo término, el documento trata la protección frente a las minas e IED. Como se ha dicho en el apartado 2.2, en los conflictos más recientes el Leopardo 2 se ha mostrado vulnerable frente a este tipo de amenazas. El documento, basándose en estas experiencias recientes, propone la instalación de un sistema contraminas de la empresa Rheinmetall Chempro, que comportaría una serie de modificaciones. En primer lugar, se deberían soldar módulos de blindaje adicional en la parte inferior de la barcaza,



similares a los expuestos en [18]. Seguidamente, habría que modificar el interior del carro, fijando aquellos elementos que, por acción de la oscilación, pudiesen salir despedidos dañando a la tripulación. Además, este sistema consigue proporcionar protección completa de niveles 3 y 4 del STANAG 4569; en otras palabras, cumple las exigencias de la OTAN.

El documento no menciona ningún otro sistema de defensa pasiva, por lo que deducimos que da notoriedad a estos dos. Consiguientemente, del estudio de estos documentos se extraen los siguientes requisitos:

- Protección frente a minas e IED.
- Protección frente a cargas huecas.
- Protección frente a proyectiles penetrantes (APFSDS).
- Reducción de la firma visible.
- Reducción de las firmas acústicas, térmicas y radar.

3.2.2- ENCUESTA

En lo que atañe a la encuesta, su ficha técnica se recoge en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**; además, y a modo de compilación, la encuesta, así como los resultados comentados en el trabajo, se encuentran recogidos en el Anexo B.

FICHA TÉCNICA DE ENCUESTA

TÉCNICA:	Vía internet mediante la plataforma Google Drive.
ÁMBITO GEOGRÁFICO:	Plaza de El Goloso (Madrid).
UNIVERSO:	Capitanes, Tenientes, Sargentos Primero y Sargentos.
NÚMERO DE ENTREVISTAS:	14
TRABAJO DE CAMPO:	5 al 15 de octubre de 2018, tras el anuncio de pregunta.

Tabla 1. Ficha técnica de la encuesta / Fuente: el autor.

En cuanto a las respuestas, hay que destacar que el 64,3% de los mandos encuestados consideran que el Leopard 2E no es eficaz frente a las amenazas actuales. Por consiguiente, sus propuestas de mejora de la defensa pasiva adquieren una gran importancia. En conjunto, de las propuestas de mejora de la defensa pasiva del carro se extraen dos nuevos requisitos:

- Protección de la parte superior, esto es la parte superior de la torre y la barcaza.
- Protección de la parte lateral, es decir, de la zona lateral de la barcaza y la torre.

Si bien algunas respuestas proponen una defensa contra cohetes, esta no se reconoce como requisito ya que un cohete no deja de ser una carga hueca (p. ej. RPG). Asimismo, algunos encuestados proponen sistemas capaces de detectar y eliminar la amenaza, es decir, proponen sistemas de protección activa y, por tanto, no contemplados en este estudio.

En segundo lugar, en el cuarto ítem los encuestados han calificado de 1 a 5 una serie de requisitos. Considerando que ha habido 14 encuestados, la puntuación de cada uno de los factores se encontrará entre 14 y 70 puntos; en pocas palabras, una puntuación de 42 equivale a un cinco en una escala de 0 a 10. Por consiguiente, los requisitos de coste, grado de instrucción y modular, que no han alcanzado los 42 puntos, han sido eliminados. Además, muchos de los requisitos propuestos coinciden con los extraídos anteriormente, por ello, de esta pregunta obtenemos lo que sigue

- Que haya sido probado en combate.



En tercer término, de la pregunta 5 se extraen requisitos para evitar posibles efectos negativos con la instalación de un nuevo sistema de protección. De este modo, se obtienen dos requisitos más a añadir en la lista:

- Existencia de sistemas estándar, que supongan el uso de repuestos disponibles comercialmente.
- Compatibilidad con requisitos logísticos, por ejemplo, el transporte se puede ver afectado por un aumento del peso del carro, no admisible por los puentes; o por un aumento de las dimensiones del vehículo, que impida su entrada en los túneles o que choque con las catenarias del tren.

Finalmente, de la propuesta de otros sistemas pasivos (pregunta 6) y de las posibles amenazas futuras (pregunta 10), se extraen los dos últimos criterios que, según los encuestados, debería cumplir un nuevo sistema de defensa pasiva para el Leopardo 2E.

- Protección del tren de rodaje, esto es, de las cadenas y ruedas de marcha del carro, que pueden ser dañados por una mina o un IED.
- Uso de materiales resistentes al paso del tiempo, o sea, que no se oxiden o se vean dañados por una situación climática adversa.

3.2.3- ENTREVISTA EXPERTO

A continuación, se exponen las ideas expresadas por el Sargento Primero Rubén López en una entrevista personal el día 2 de octubre de 2018. El Sargento Primero ha servido toda su vida en unidades acorazadas, destacándose por su actividad en el campo de la protección pasiva. Asimismo, pertenece a grupos de trabajo dedicados al área de la protección del Leopardo 2E, cuyos experimentos e invenciones no pueden ser tratados en este trabajo por motivo de su confidencialidad.

PRIORIDADES DEFENSA PASIVA	
CONVENCIONAL	ASIMÉTRICO
1º FIRMA INFRARROJA	1º SLAT ARMOR
2º FIRMA VISIBLE	2º CONTRAMINAS
3º BLINDAJE ADICIONAL	3º FIRMA INFRARROJA
4º CONTRAMINAS	4º FIRMA VISIBLE
5º SLAT ARMOR	5º BLINDAJE ADICIONAL

Tabla 2. Prioridades de defensa pasiva según el ambiente de combate / Fuente: el autor.

El objetivo principal de este punto es ofrecer su visión del problema. Por ello, es muy importante saber que, dependiendo del ambiente en el que se combate, existen amenazas muy dispares. Si bien los mandos encuestados (ver apartado 3.2.2) coinciden en que el Leopardo 2E es especialmente

vulnerable en ambiente urbano, el experto indica que también tiene grandes carencias en el combate convencional. Por ello, se comenzará distinguiendo entre las prioridades de defensa pasiva en uno y otro ambiente (ver Tabla 2).

- AMBIENTE CONVENCIONAL

En el caso particular de un combate en ambiente convencional, las principales prioridades en defensa pasiva serían los sistemas de reducción de firma visible e infrarroja. En particular, dos razones respaldan esta afirmación: primeramente, las principales amenazas para el Leopardo son otro carro, o bien, un helicóptero; teniendo ambas cámaras térmicas. Finalmente, en un combate convencional la supervivencia del carro es inversamente proporcional a la rapidez con la que es localizado por el enemigo; en particular, por drones y aviones de reconocimiento. Sin embargo, aunque estos medios de reconocimiento poseen cámaras térmicas, con motivo de su velocidad y techo de vuelo, trabajan con



medios ópticos, limitándose a la búsqueda e interpretación de indicios (p.ej. rodadas). En consecuencia, el objetivo no es evitar que vean al carro (algo casi imposible), sino que el enemigo tarde más en saber qué es lo que ha localizado; así, se tiene más tiempo para hacer frente a estas amenazas (p. ej. derribando el dron).

Seguidamente, a consecuencia de la amenaza siempre presente de las minas y la munición APFSDS, se da prioridad a los sistemas contraminas y los sistemas AMAP. Si bien el Leopard 2E contiene ya sistemas contraminas (p. ej. recubrimiento interior para evitar que el blindaje se desprenda) son necesarias mejoras, como lo demuestran las experiencias recientes en Siria o Afganistán [3]. Acerca del blindaje adicional, con motivo del incremento de la efectividad de las municiones, se hace necesaria una mejora de su grado de protección. Antes bien, esto entraña el problema de un aumento de peso, lo que conlleva una disminución de la movilidad y complicaciones en determinadas labores de mantenimiento (p. ej. quitar eslabones de la cadena). Por último, pero no menos importante, es necesario que este blindaje se instale tanto en la barcaza como en la torre, así como que tenga forma de cuña para desviar los proyectiles.

Finalmente, a fuerza de que el uso de cargas huecas es bajo, el SLAT ARMOR pierde importancia. Ahora bien, los misiles lanzados por helicópteros, y algunas municiones de los carros (p. ej. High Explosive Anti Tank HEAT), son de carga hueca. Si bien el principio de actuación del SLAT ARMOR es provocar la explosión de la carga hueca antes de que llegue al carro, se ha demostrado que funciona contra las cargas tándem de los misiles. Por razón de la velocidad y diseño, los misiles se desestabilizan al impactar contra un solo preblindaje (p. ej. SLAT ARMOR). Además, hay que tener en cuenta que los misiles llevan combustible que, al detonar la primera carga, se incendian provocando que todo el misil detone prematuramente. Como botón de muestra, el misil Spyke pierde eficacia cuanto más cerca esté del objetivo, debido a que tiene más combustible.

- AMBIENTE URBANO Y ASIMÉTRICO

En cuanto al combate en zonas urbanas, la proximidad y tipo de armamento enemigo cambia completamente el orden de las prioridades de sistemas de defensa pasiva. Consiguientemente, el sistema SLAT ARMOR toma el relevo a los sistemas de reducción de la firma térmica, visto que las cargas huecas (cfr. RPG) son ahora la principal amenaza. Hay que hacer notar que este sistema permite hacer frente a otras amenazas que han surgido en los últimos conflictos de Irak y Siria, a saber, lanzamientos de minas con imanes para adherirse al carro.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el uso de IED, minas y trampas ha proliferado, los sistemas contraminas adquieren una gran importancia. Con motivo del conflicto de Afganistán, se extrajo la lección de que, en un ambiente no convencional, este tipo de dispositivos se convierten en una gran amenaza para los carros de combate debido a los efectos que produce en su interior. Consiguientemente, los sistemas contraminas se sitúan en segundo lugar de prioridad.

En tercer término, el bajo nivel tecnológico de los enemigos, y el hecho de que la presencia del carro de combate sea evidenciada ora por los civiles, ora por el ruido de los vehículos; hace que los sistemas de reducción de firma térmica e infrarroja carezcan de importancia en este tipo de ambiente.



Finalmente, el experto hizo hincapié en la necesidad de proteger la óptica del carro, muy vulnerable en un ambiente caracterizado por el combate próximo. Baste con mencionar el conflicto de Irak, donde se emplearon piedras y grasa incandescente para dañar los cristales y lentes de los carros. Por consiguiente, sería la recomendable la instalación de un pequeño blindaje SLAT ARMOR para el PERI, y de un plástico transparente en las lentes que resistiese la grasa lanzada a los carros. Sin embargo, la primera solución podría dificultar la visión en campo estrecho, esto es, cuando se activase el zoom; mientras que el plástico, a pesar de ser transparente, daría lugar a que la cámara térmica no funcionase.

En compilación de todo lo referido por el experto, se extraen los siguientes requisitos. Hay que destacar que únicamente se mencionan aquellos requisitos que no se han extraído de los puntos anteriores:

- Protección frente misiles aire-tierra o tierra-tierra, ya que no dejan de ser cargas huecas en tándem.
- Protección de los medios de visión, que en el caso del carro son el PERI, el EMES, el FERRO y los episcopios.
- No afecte a la movilidad ni al mantenimiento, es decir, que no dificulten los movimientos del carro y que no impidan a los mecánicos el acceso al motor u otras zonas.
- Protección frente artefactos lanzados a corta distancia como, por ejemplo, grasa incandescente o artefactos que se pegan en las ruedas de marcha.

3.2.4- LISTADO DE REQUISITOS

De todo el estudio realizado, como conclusión, se obtiene el listado de requisitos recogido en la Tabla 3. Ahora bien, no todos los requisitos tienen la misma importancia a la hora de proteger el carro, de ahí la inclusión de este factor.

		IMPORTANCIA (1-5)	
		CONVENCIONAL	ASIMÉTRICO
	REQUISITOS		
LOGÍSTICA	MOVILIDAD	5	5
	MANTENIMIENTO	5	5
	TRANSPORTE	5	5
	REPUESTOS	5	5
FIRMA	INFRARROJA	5	1
	RADAR	5	1
	ACÚSTICA	3	1
	VISIBLE	5	2
ZONAS	SUPERIOR	1	3
	LATERAL	2	5
	PANZA	1	4
	ÓPTICA	1	3
	TREN DE RODAJE	1	3
	FRONTAL	5	3
MUNICIÓN	MISILES	5	1
	MINAS/ IED	2	5
	CARGA HUECA	1	5
	APFSDS	5	1
	ARTEFACTOS ⁷	1	3
	FIABILIDAD	5	5

Tabla 3. Lista de Requisitos y su Importancia / Fuente: el autor

⁷ Se refiere a los artefactos lanzados a corta distancia.



4- MATRIZ COMPARATIVA DE REQUISITOS Y SOLUCIÓN CONCEPTUAL

En este apartado se lleva a cabo una comparativa entre los diferentes sistemas. Por ello, se ha creado una matriz en la que se comparan los sistemas estudiados en el apartado 2 (estudio del estado del arte) en función de los requisitos obtenidos en el apartado 3; a partir de las necesidades obtenidas tras el análisis de las partes interesadas.

En compilación, las fuentes consultadas consideran que todos los sistemas propuestos tienen una importancia dependiente del ambiente en el que se empleen. Por consiguiente, se ha dividido la comparativa en dos bloques: uno convencional y otro asimétrico; donde se incluye, por simplicidad, el combate en zonas urbanizadas. Globalmente se ha sintetizado toda la información expuesta anteriormente en dos Matrices Comparativas de Requisitos (Tabla 3 y Tabla 4), de las cuales se extraerán dos sistemas, uno por cada ambiente. En particular, la puntuación se ha obtenido sumando la importancia de los requisitos que cumple cada sistema.

		SISTEMAS							
		SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP		
REQUISITOS	LOG.	MOVILIDAD	5	✓		✓	✓	✓	
	LOG.	MANTO.	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		TRANSPORTE	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		REPUESTOS	5	✓	✓	✓		✓	✓
		FIRMA	INFRARROJA	5			✓	✓	
	RADAR		5			✓	✓		
	ACÚSTICA		3					✓	
	VISIBLE		5			✓		✓	
	ZONAS	SUPERIOR	1						✓
		LATERAL	2	✓					✓
		PANZA	1		✓				
		ÓPTICA	1	✓					
		TREN DE RODAJE	1		✓				✓
		FRONTAL	5	✓					✓
	MUNICIÓN	MISILES	5	✓					✓
		MINAS/ IED	2		✓				
		CARGA HUECA	1	✓					
		APFSDS	5						✓
		ARTEFACTOS	1	✓		✓			
		FIABILIDAD	5	✓	✓	✓		✓	✓
PUNTUACIÓN TOTAL			40	28	41	25	28	39	

Tabla 4. Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente convencional / Fuente: el autor.



		SISTEMAS						
		IMPORTANCIA (1-5)	SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP
REQUISITOS								
LOG.	MOVILIDAD	5	✓		✓	✓	✓	
	MANTO.	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	TRANSPORTE	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	REPUESTOS	5	✓	✓	✓		✓	✓
FIRMA	INFRARROJA	1			✓	✓		
	RADAR	1			✓	✓		
	ACÚSTICA	1					✓	
	VISIBLE	2			✓		✓	
ZONAS	SUPERIOR	3						✓
	LATERAL	5	✓					✓
	PANZA	4		✓				
	ÓPTICA	3	✓					
	TREN DE RODAJE	3		✓				✓
	FRONTAL	3	✓					✓
MUNICIÓN	MISILES	1	✓					✓
	MINAS/ IED	5		✓				
	CARGA HUECA	5	✓					
	APFSDS	1						✓
	ARTEFACTOS	3	✓		✓			
FIABILIDAD		5	✓	✓	✓		✓	✓
PUNTUACIÓN TOTAL			45	32	32	17	28	36

Tabla 5. Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente asimétrico / Fuente: el autor.



4.1- PROTECCIÓN

Debido a la diferencia de amenazas que existen en el ambiente convencional (p. ej. APFSDS) y el asimétrico (p. ej. cargas huecas), existe una gran disparidad en los valores de la importancia de la protección. Por ello, en este punto se diferenciará entre el ambiente convencional y el ambiente asimétrico (véanse Tabla 6 y Tabla 7).

- **AMBIENTE CONVENCIONAL**

		SISTEMAS							
REQUISITOS	ZONAS	MUNICIÓN	IMPORTANCIA (1-5)	SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP
					SUPERIOR		1		
	LATERAL		2	✓					✓
	PANZA		1		✓				
	ÓPTICA		1	✓					
	TREN DE RODAJE		1		✓				✓
	FRONTAL		5	✓					✓
	MISILES		5	✓					✓
	MINAS/ IED		2		✓				
	CARGA HUECA		1	✓					
	APFSDS		5						✓
	ARTEFACTOS		1	✓		✓			
PUNTUACIÓN TOTAL				15	4	1	0	0	19

Tabla 6. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente convencional, correspondiente a la Protección / Fuente: el autor.

En lo que respecta al ambiente convencional, el sistema que mejor protección ofrece es el blindaje modular AMAP. Hay que tener en cuenta que el sistema AMAP es especialmente eficaz frente proyectiles flecha (APFSDS) y que, si bien no es igual de efectivo que un sistema SLAT ARMOR, también aumenta la supervivencia frente las cargas huecas [8]. Por otro lado, y con motivo de su carácter modular, el sistema AMAP puede proteger cualquier zona de la barcaza (cuando protege la panza se le considera parte de un sistema contraminas); sin embargo, no puede proteger medios ópticos, ya que impediría su movimiento.

En segundo término, gracias a que provoca la detonación prematura de la carga hueca, el sistema SLAT ARMOR se presenta como la mejor solución frente a estas amenazas. Aunque en algunas fuentes se mencione como desventaja la corta distancia de separación entre el carro y las barras (así la predetonación es muy corta y seguiría afectando al carro), el experto consultado afirma que la amenaza quedaría neutralizada. Además, un Sistema SLAT ARMOR ofrece buena protección frente a los misiles. Verbigracias de su eficacia se encuentran en la Guerra de Irak (2003), donde se instalaron rejas en los VCI Stryker como medida de protección frente los RPG. Tras un período de seis meses, a pesar de la inutilización de un Stryker, no murió ningún tripulante [38]; razón por la cual, se deduce un alto grado de protección.



Como colofón, los sistemas contraminas ofrecen una óptima protección contra los diferentes tipos de mina, IED o trampas (ver apartado 2.2); así como contra sus dos tipos de efectos (p. ej. invención propuesta en [19]). Mientras, los sistemas de reducción de firma infrarroja y visible no suponen ningún incremento de la protección del carro.

- **AMBIENTE ASIMÉTRICO**

		SISTEMAS								
PROTECCIÓN	REQUISITOS	ZONAS	MUNICIÓN	IMPORTANCIA (1-5)	SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP
					SUPERIOR	3				
LATERAL	5	✓							✓	
PANZA	4		✓							
ÓPTICA	3	✓								
TREN DE RODAJE	3		✓						✓	
FRONTAL	3	✓							✓	
MISILES	1	✓							✓	
MINAS/ IED	5		✓							
CARGA HUECA	5	✓								
APFSDS	1								✓	
ARTEFACTOS	3	✓		✓						
PUNTUACIÓN TOTAL					20	12	3	0	0	16

Tabla 7. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente asimétrico, correspondiente a la protección / Fuente: el autor.

En estos escenarios, y a consecuencia del predominio de las cargas huecas, el sistema SLAT ARMOR toma el relevo al AMAP. Además, hay que hacer notar que un sistema SLAT ARMOR permite mantener alejado cualquier elemento que el enemigo, en combate próximo, pueda lanzar contra los elementos sensibles del carro (p. ej. óptica).

Por otro lado, la preminencia por el uso de IED o minas por parte del enemigo asimétrico hace necesaria la mejora de la defensa en la panza de los carros.

4.2- PESO Y DIMENSIONES

Como se indicó anteriormente, el carro de combate Leopard 2E se caracteriza por tener un peso elevado (62,5 Tn), razón por la cual un aumento considerable del mismo acarrearía problemas en la movilidad del vehículo, así como problemas logísticos. En efecto, un aumento del peso del carro supondría problemas en áreas como, por ejemplo, el transporte, ya que habría puentes que no aguantarían el aumento de peso.

Consecuencias similares se extraerían de un aumento sustancial de las dimensiones que, si bien no tiene porqué suponer un gran aumento del peso, sí que impondría limitaciones al carro. Así la logística y movilidad también se verían afectados; ora no pudiendo entrar en túneles (cfr. transporte), ora dificultando su movimiento en lugares estrechos.



		SISTEMAS								
PESO Y DIMEN.	LOG.	REQUISITOS	IMPORTANCIA (1-5)	SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP	
		MOVILIDAD		5	✓		✓	✓	✓	
		MANTO.		5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		TRANSPORTE		5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		REPUESTOS		5	✓	✓	✓		✓	✓
PUNTUACIÓN TOTAL				20	15	20	15	20	15	

Tabla 8. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos correspondiente al Peso y Dimensiones / Fuente: el autor.

Como podemos ver en la Tabla 8, tres son los sistemas que destacan en esta clase de requisitos. Primeramente, por más que un sistema SLAT ARMOR suponga un aumento de las dimensiones del carro, su carácter modular hace que no afecte negativamente a ningún factor relacionado con la logística; ocurriendo lo mismo en los sistemas AMAP y contraminas. Asimismo, el sobredimensionamiento del carro por el uso de un sistema SLAT ARMOR no influiría en la movilidad, como demuestra su empleo en combate urbano [38].

Acerca de los sistemas de reducción de la firma visible e infrarroja, estos siempre se han caracterizado por su bajo peso e influencia en la movilidad (p. ej. el peso del sistema Adaptiv es 270 g/m²) y, consecuentemente, alcanzan la máxima puntuación en estos requisitos.

Para concluir, se encuentran los sistemas AMAP y contraminas que, a fuerza de su peso, imponen limitaciones a la movilidad del carro. En particular, un sistema contraminas varía las dimensiones de la panza, de este modo es más probable que la panza toque con el suelo, impidiendo el movimiento del carro. Asimismo, visto el gran aumento de peso que supone y las zonas que recubre, un sistema AMAP limita la maniobrabilidad del Leopard 2E, así como el movimiento de su torre.

4.3- REDUCCIÓN DE FIRMAS

Por lo que se refiere a este campo, se han tenido en consideración las capacidades de los diferentes sistemas para reducir las firmas visibles, radar, infrarrojas y acústicas. Como se puede apreciar en Tabla 9 y Tabla 10, aunque en ambiente convencional estas características cobran una gran relevancia, en ambiente asimétrico pierden importancia, como consecuencia de la proximidad de los combates.

A pesar de la diferencia de importancia de los requisitos, tanto en ambiente convencional como asimétrico el mejor sistema es el de redes multiespectrales; ya que permite reducir tres de las cuatro firmas que denotan la presencia de un carro de combate.

En segundo término, los modernos sistemas de reducción de firma infrarroja (p. ej. Adaptiv) se muestran muy efectivos, siendo capaces de confundir a los medios infrarrojos enemigos. Con todo, estos sistemas no disminuyen ni las firmas acústicas ni visibles y, consecuentemente, pierden efectividad.



		SISTEMAS								
CONVENCIONAL	REQUISITOS		IMPORTANCIA (1-5)	SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP	
	FIRMA	INFRARROJA		5			✓	✓		
		RADAR		5			✓	✓		
		ACÚSTICA		3					✓	
		VISIBLE		5			✓		✓	
PUNTUACIÓN TOTAL			0	0	15	10	8	0		

Tabla 9. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente convencional, correspondiente a la reducción de la firma / Fuente: el autor.

		SISTEMAS								
ASIMÉTRICO	REQUISITOS		IMPORTANCIA (1-5)	SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP	
	FIRMA	INFRARROJA		1			✓	✓		
		RADAR		1			✓	✓		
		ACÚSTICA		1					✓	
		VISIBLE		2			✓		✓	
PUNTUACIÓN TOTAL			0	0	4	2	3	0		

Tabla 10. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos en ambiente asimétrico, correspondiente a la reducción de la firma / Fuente: el autor.

Para terminar, los sistemas de reducción de firma visible no contribuyen a disminuir las firmas radar e infrarroja, por lo que la única utilidad que pueden tener en combate convencional es aumentar el tiempo que tarda el enemigo en localizarnos con medios ópticos. Además, debido a la proximidad que caracteriza el combate asimétrico, estos sistemas pierden todo su valor en este tipo de ambiente.

4.4- FIABILIDAD

Como consecuencia del coste y carácter destructivo de los ensayos y experimentos, se considera como sistema fiable a aquél que haya sido probado con éxito en combate. La comparativa entre los diferentes sistemas se puede ver en la Tabla 11.

Primeramente, los sistemas más modernos de reducción de la firma infrarroja (p. ej. Barracuda) no han sido probados en combate, puesto que no son más que meros prototipos. Por otro lado, el resto de



los sistemas adquieren la máxima puntuación en este requisito ya que, como se vio en el apartado 2, todos fueron concebidos hace tiempo y mejorados a través de las lecciones aprendidas en combate.

		SISTEMAS					
REQUISITOS	IMPORTANCIA (1-5)	SLAT ARMOR	CONTRAMINAS	RED MULTIESPECTRAL	ADAPTIV/ BARRACUDA	REDUCCIÓN FIRMA VISIBLE	AMAP
FIABILIDAD	5	✓	✓	✓		✓	✓
PUNTUACIÓN TOTAL		5	5	5	0	5	5

Tabla 11. Sección de la Matriz Comparativa de Requisitos correspondiente a la fiabilidad / Fuente: el autor.



5- CONCLUSIÓN CONCEPTUAL

En relación con la “Matriz Comparativa de Requisitos”, se han obtenido dos sistemas, uno para un ambiente convencional y otro para un ambiente asimétrico. Es importante mencionar que la elección de estos sistemas es consecuencia de las puntuaciones vistas en el apartado 4 y, consecuentemente, en este apartado solo se presentan las principales características de los sistemas seleccionados.

5.1- AMBIENTE CONVENCIONAL

Acerca del ambiente convencional el sistema más puntuado ha sido la red multiespectral. Visto que su grado de protección es prácticamente nulo, se deduce que la seguridad que ofrece radica en su capacidad para evitar que el enemigo detecte con facilidad al carro.

Es muy importante destacar que este sistema protege tanto de los principales medios de ataque enemigos, o sea, de los carros de combate, los helicópteros y misiles (que usan preferentemente medios infrarrojos); así como de sus medios de reconocimiento, que usa medios ópticos (cfr. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)). Por todo ello, se considera normal la obtención de este resultado.

5.2- AMBIENTE ASIMÉTRICO

Si bien suele ser considerado como un método de protección provisional [38], su efectividad contra las cargas huecas convierte al sistema SLAT ARMOR como el mejor en estos conflictos. En efecto, se trata de un sistema que surge en la Segunda Guerra Mundial con el propósito de proteger a los carros de combate contra las cargas huecas.

Actualmente, este sistema puede seguir haciendo frente a las modernas cargas huecas, principal amenaza en un ambiente asimétrico, modificando el material del que están formado; así como sus dimensiones. Por último, es digno de mención su capacidad modular, que permite instalarlo en todas las zonas de la barcaza (excepto panza); lo que adquiere gran relevancia en combates urbanos (p. ej. ataques desde azoteas).



6- PROPUESTA DE SOLUCIÓN FUNCIONAL

El objetivo principal de este punto es elegir dos dispositivos específicos, es decir, uno por cada ambiente. Si bien ya se han determinado dos sistemas, hay que considerar que, dentro de cada sistema, hay una amalgama de dispositivos con diferentes prestaciones. Empero, hay que hacer notar que la introducción de estos dispositivos puede acarrear el riesgo de incumplimiento de algún requisito. Por consiguiente, se realizará un Diagrama de Ishikawa para conocer estos riesgos, que se evaluarán posteriormente mediante una matriz de riesgos. Asimismo, en este apartado se recogen los aspectos más importantes relacionados con los riesgos; no obstante, en el Anexo C se adjunta el Análisis de Riesgos de cada ambiente, donde se ofrece mucha más información.

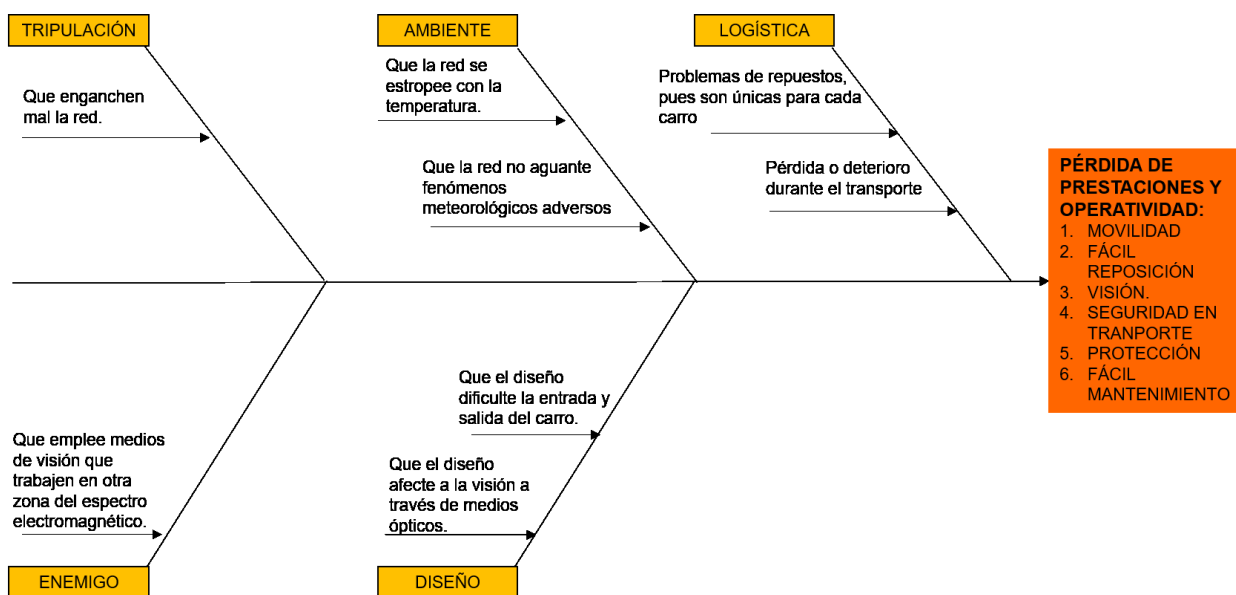


Figura 11. Diagrama de Ishikawa para ambiente convencional / Fuente: el autor.

6.1- AMBIENTE CONVENCIONAL

Este punto se basa en la hipótesis de que se hubiese elegido un dispositivo de red multiespectral para ser usado en ambiente convencional. En particular, se ha elegido la red multiespectral móvil (MMCC) de la empresa SSZ Technology AG [39], ya que es una de las redes más avanzadas que se puede encontrar en el mercado. En efecto, la MMCC es una red absorbente (se estropea menos) que trabaja en todo el espectro electromagnético que abarcan los actuales medios ópticos (radar, infrarrojo, visual y térmico) [35]. Ahora bien, como se observa en el Diagrama de Ishikawa existen diversos factores que pueden llevar a un incumplimiento de los requisitos marcados por los stakeholders.

Primeramente, se puede dar el caso de que la tripulación, puesto que nunca ha trabajado con este material, monte mal la red. Esto acarrearía una pérdida del grado de protección, ya que quedarían zonas sin proteger. Empero, es fácil mitigar este riesgo mediante la instrucción del personal; lo que haría que desapareciese con el tiempo.

En segundo término, se puede dar el caso de que el enemigo emplee nuevos medios ópticos que trabajen en otras zonas del espectro electromagnético. Esto sería un riesgo muy grave para la protección,



que haría perder toda la eficacia de la MMCC y que únicamente se podría paliar mediante el desarrollo de una nueva red.

Por lo que respecta al diseño, a pesar de que en [35] se mencione que las redes son únicas para cada carro, se puede dar el caso de que sus medidas impidan la visión de algún medio óptico (PERI, EMES o FERO); o incluso que limite la entrada o salida del carro. Esto afectaría a la visión del carro, no obstante, es fácil de solucionar poniéndose en contacto con la empresa, para que modifiquen la red. Asimismo, es importante recordar que la probabilidad de este riesgo es baja, pues las redes se hacen a medida.

Considerando el ambiente, hay que hacer notar que la red está fabricada con unos materiales que se pueden dañar por una climatología adversa. A pesar de que la empresa afirme que los materiales aguantan, no hay que descartar un riesgo de rotura debido a temperaturas extremas, que provocaría una pérdida de protección. Este riesgo se puede aceptar, debido a su baja probabilidad, ya que la empresa ha pasado controles de calidad a sus materiales.

Finalmente, como consecuencia de su diseño único por carro, existe el riesgo logístico de haya una inexistencia de repuestos. Su probabilidad de ocurrencia sería media, afectando a una fácil reposición. Sin embargo, se podría mitigar este riesgo adquiriendo dos o tres redes por carro. Además, hay que hacer referencia a la posible pérdida o deterioro del material durante su transporte a zona de operaciones (p. ej. que el material no aguante la sal en un transporte marítimo). Este es un riesgo de probabilidad baja como consecuencia de los controles de calidad de la empresa, y fácil de mitigar si el personal encargado de su transporte es informado de su importancia.

		Probabilidad			Estadística	
Probabilidad	3	0	0	0	Clase riesgo	Nr
	2	0	0	0	Alto (rojo)	0
	1	1	3	4	Alto - medio (naranja)	0
		Low	Medium	High	Medio (amarillo)	7
		Impacto			Bajo (verde)	1
					Total:	8

Tabla 12. Matriz riesgos del proyecto en ambiente convencional / Fuente: el autor.



6.2- AMBIENTE ASIMÉTRICO

Con respecto al ambiente asimétrico, se considera la elección del dispositivo SLAT ARMOR L-ROD

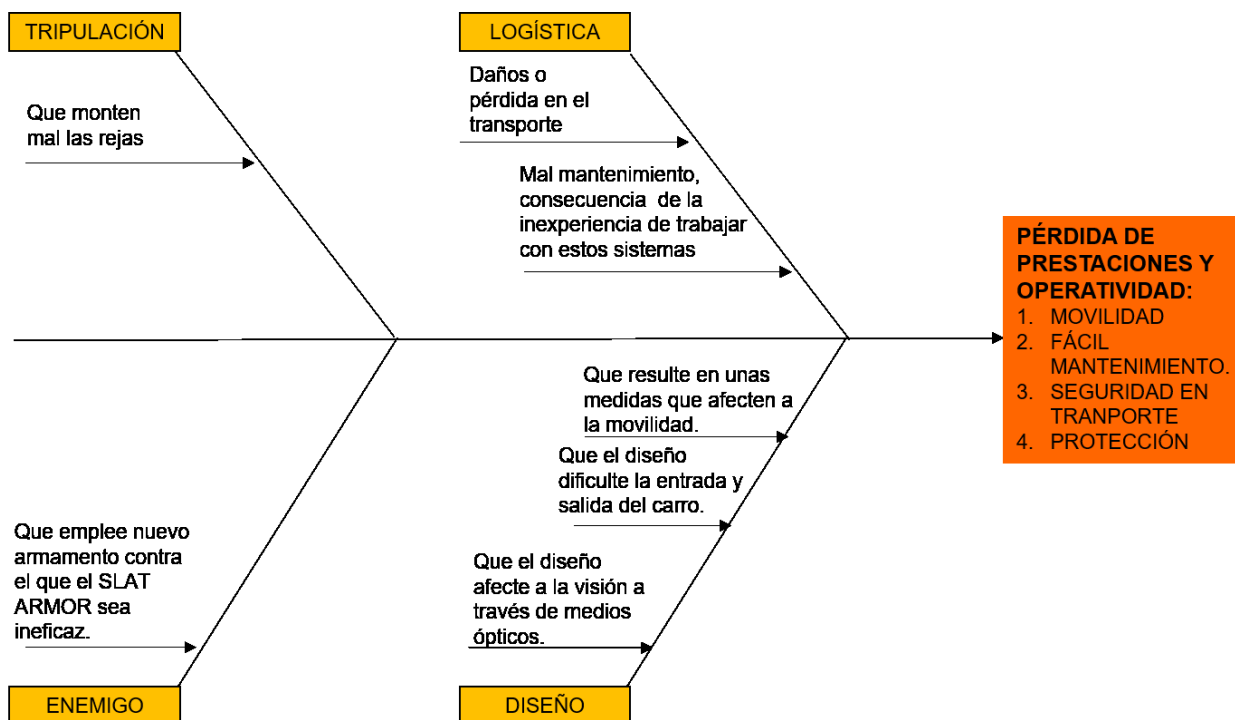


Figura 12. Diagrama de Ishikawa en ambiente asimétrico / Fuente: el autor.

de la empresa BAE Systems [40], ya que ha sido probada con éxito en operaciones internacionales (p. ej. Afganistán) [41]. Además, ha resultado ser efectiva contra las cargas huecas tipo RPG [38], por lo que, sería un buen sistema a implantar en el Leopard 2E. A pesar de todo, existen una serie de riesgos cuya probabilidad e impacto se analizará a continuación, mostrándose, posteriormente, en un Diagrama Impacto-Probabilidad.

En primer lugar, se puede dar el caso de que la tripulación monte mal las rejjas, como consecuencia de que nunca se ha trabajado con este material. Si bien este riesgo tiene un impacto medio, pues disminuiría la protección que ofrece, es importante saber que su probabilidad de ocurrencia es baja. Además, con una mínima instrucción se mitigaría el riesgo.

En lo que respecta al enemigo, se puede dar el caso de que comience a emplear un nuevo tipo de carga hueca y, como se afirma en [8], haya que cambiar el tipo de reja instalada, ya que no protegería al carro. Por más que su impacto sea alto, es importante saber que la probabilidad de que un enemigo asimétrico adquiera nuevo armamento es baja. Sirva como botón de muestra Afganistán, donde, según [38] el Ejército estadounidense no se vio obligado a cambiar sus sistemas SLAT ARMOR.

En tercer término, el diseño plantea varios riesgos. Por un lado, se puede dar el caso de que sus medidas afecten a la movilidad del vehículo (p. ej. en calles estrechas). El impacto de este riesgo sería alto, llegando incluso a dejar inoperativo el carro, empero su probabilidad es baja si se lleva a cabo un buen estudio del terreno. Por otro lado, se puede dar el caso de que las rejjas dificulten la visión a través de los medios ópticos (PERI, EMES y FER) o, incluso, a la accesibilidad del carro. En el primer caso, el



impacto del riesgo sería alto, pudiendo llevar a la desinstalación del dispositivo; ahora bien, su probabilidad es muy baja, puesto que estos sistemas ya han sido probados en el Leopard 2 en otros países (p. ej. Dinamarca [37]). En el segundo caso, tanto el impacto del riesgo, como su probabilidad de ocurrencia sería bajo, por la misma razón dada en el caso anterior.

Finalmente, en el aspecto logístico, la pérdida del dispositivo durante el transporte es un riesgo de impacto alto, como consecuencia de que perderíamos la protección del dispositivo. Sin embargo, es un riesgo que hay que aceptar para llevar el L-ROD a Zona de Operaciones (ZO). En última instancia, un mal mantenimiento de los materiales acarrearía una pérdida de protección. Además, si este mantenimiento resulta complicado se acabaría con uno de los requisitos de los interesados (fácil mantenimiento). Con todo, este riesgo, de impacto medio y probabilidad baja, es fácil de mitigar enseñando a las tripulaciones como mantener en buen estado el dispositivo.

Probabilidad	3	0	0	0
	2	0	0	0
1	1	1	5	
		Low	Medium	High
		Impacto		

Clase riesgo	Nr
Alto (rojo)	0
Alto - medio (naranja)	0
Medio (amarillo)	6
Bajo (verde)	1
Total:	7

Tabla 13. Matriz riesgos del proyecto en ambiente asimétrico / Fuente: el autor.



7- CONCLUSIONES DEL TRABAJO

Como se expuso en el primer punto (Introducción), este trabajo partía con la premisa de encontrar un sistema de protección pasiva para el Leopard 2E. Además, el sistema seleccionado debía ser útil para los escenarios en los que se encuentra actualmente desplegado el Ejército de Tierra Español.

Para lograr la meta propuesta, este trabajo comenzó analizando los diferentes sistemas pasivos que existen actualmente. Este profundo estudio del estado del arte se basó en patentes, revistas, libros y páginas web, lo que dio como resultado cinco sistemas diferentes, que abarcan toda la amalgama de sistemas pasivos. A continuación, se procedió a la identificación de stakeholders y de sus requisitos; por ello, se revisaron dos informes, se realizó una encuesta a personal de unidades acorazadas y, finalmente, se entrevistó a un Sargento Primero, experto en la materia. De este modo, el trabajo cumplió su primer hito, determinando cuales son las necesidades de los escenarios en los que puede intervenir el Leopard 2E; de ahí se dedujo la necesidad de distinguir entre un ambiente convencional y otro pasivo.

Seguidamente, y considerando los requisitos obtenidos, se compararon los distintos sistemas mediante una matriz comparativa de requisitos. Del estudio realizado se dedujo que no todos los requisitos tenían la misma importancia en la defensa del carro, y que, además, esta variaba con el ambiente en el que se combatía; razón por la cual se decidió dar a cada requisito un valor de importancia cualitativa entre el 1 y el 5, siendo 5 muy importante. Esta variación de la importancia se explica por la gran disparidad existente entre las amenazas que hay en cada ambiente. Una vez ponderadas y consideradas las importancias que tenía cada sistema, se obtuvieron dos sistemas resultantes: SLAT ARMOR para un ambiente asimétrico y MMCC para un ambiente convencional. Así, se logró el objetivo de alcanzar un sistema asequible, requisito recogido en la comparativa.

En último término, se analizaron los riesgos de adquisición de un dispositivo perteneciente a los sistemas obtenidos, proponiendo las medidas y responsables necesarias para evitar, transferir, mitigar o proponer planes de respuesta o de contingencia ante los mismos. En consecuencia, el trabajo fue un paso más allá de los objetivos fijados, al plantear las dificultades de una posible compra por parte del Ejército y, sobre todo, proponiendo soluciones para mitigar dichos riesgos.

Solo resta preguntarse por el futuro del trabajo realizado. En este sentido, sería recomendable incentivar investigaciones en materiales, que permitiesen mejorar las prestaciones de los sistemas ya existentes (más ligeros o más resistentes a los impactos). Por otro lado, podría iniciarse la investigación y desarrollo de un sistema de defensa activo (p. ej. Trophy) que complementase a los sistemas de defensa pasiva. Finalmente, es necesario mejorar la capacidad de defensa próxima del Leopard en ambiente urbano, por ejemplo, mediante cámaras que permitan ver los ángulos muertos de sus medios de visión, por lo que otra línea de actuación a corto-medio plazo estaría focalizada en dicho objetivo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] J. PANDO DESPIERTO, *Medios Acorazados. Diseño, Estrategia y Función*. MADRID: SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL EME, 1991.
- [2] MADOC, «MODERNIZACIÓN DEL CARRO LEOPARDO 2E», 05-feb-2018.
- [3] «The £4million German tank being embarrassed in Syria | Daily Mail Online». [En línea]. Disponible en: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-5332247/The-4million-German-tank-embarrassed-Syria.html>. [Accedido: 04-oct-2018].
- [4] «Army Guide». [En línea]. Disponible en: <http://www.army-guide.com/eng/product3171.html>. [Accedido: 07-sep-2018].
- [5] D. Hambling, «Russia Unveils “Abrams Killer” Rocket», *Wired*, 28-nov-2008.
- [6] M. SEBASTIÁN TATO, «Los blindados en operaciones urbanas». [En línea]. Disponible en: <http://www.ecsbddefesa.com.br/arq/Art%2065.htm>. [Accedido: 05-oct-2018].
- [7] «blindaje pasivo | Real Academia de Ingeniería». [En línea]. Disponible en: <http://diccionario.raing.es/es/lema/blindaje-pasivo>. [Accedido: 17-sep-2018].
- [8] R. LÓPEZ, «Sistemas de defensa pasiva», 02-oct-2018.
- [9] I. Crouch, *The Science of Armour Materials*. Woodhead Publishing, 2016.
- [10] P. G. LUCUTA, V. LUCUTA, y G. PAGEAU, «Sistemas de blindajes cerámicos con un estrato de desconchadura y un estrato amortiguador.», 2 295 376, 16-abr-2008.
- [11] V. LUCUTA y P. G. LUCUTA, «Componentes cerámicos con revestimiento de diamante para aplicaciones de blindaje.», 2 299 958, 01-jun-2008.
- [12] V. SÁNCHEZ GÁLVEZ, *MATERIALES PARA LA DEFENSA*. MADRID: FUNDACIÓN ROGELIO SEGOVIA PARA EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES, 2012.
- [13] J. WEBER y N. KEIL, «Módulo de protección con material a granel», 2 621 895, 25-ene-2017.
- [14] P. G. LUCUTA, V. LUCUTA, y G. PAGEAU, «Una placa de blindaje para su utilización en el blindaje de personas o vehículos.», 2 370 650, 07-jun-2006.
- [15] «Rheinmetall Chempro». [En línea]. Disponible en: <https://www.rheinmetall-chempro.com/en/rhc/home.php>. [Accedido: 01-nov-2018].
- [16] «RH Chempro – AMAP-B». [En línea]. Disponible en: https://www.rheinmetall-chempro.com/en/rhc/systeme_und_produkte/produktuebersicht/amap_b/index.php. [Accedido: 10-sep-2018].
- [17] «Germany’s Leopard 2 Tank Was Considered One of the Best — Until It Went to Syria | War Is Boring». [En línea]. Disponible en: <https://warisboring.com/germanys-leopard-2-tank-was-considered-one-of-the-best-until-it-went-to-syria/>. [Accedido: 04-oct-2018].
- [18] G. KELLNER, «Placa sandwich para protección contra minas explosivas.», 2 221 100, 16-dic-2004.
- [19] G. KELLNER, «Dispositivo de protección contra minas», 2 391 267, 22-nov-2012.
- [20] «RH Chempro – AMAP-M». [En línea]. Disponible en: https://www.rheinmetall-chempro.com/en/rhc/systeme_und_produkte/produktuebersicht/amap_m/index.php. [Accedido: 04-oct-2018].
- [21] RUAG SCHWEIZ AG (100.0%), «Protección de un objeto frente a cargas huecas y procedimiento para su fabricación.», 2 406 759, 20-feb-2013.
- [22] «Slat Armor». [En línea]. Disponible en: <https://www.globalsecurity.org/military/intro/armor-slat.htm>. [Accedido: 04-oct-2018].
- [23] Y. R. Rodríguez, «Las novedades tácticas de la Guerra de Siria (I)», 06-oct-2017. .
- [24] «RUAG | RUAG». [En línea]. Disponible en: <https://www.ruag.com/en>. [Accedido: 30-oct-2018].
- [25] Y. R. Rodríguez, «Enfrentamientos entre Carros de Combate en la Guerra de Siria (II)», 12-dic-2016. .



- [26] J. JACQUEMONT y X. POIRMEUR, «Dispositivo de reducción de la firma visible e infrarroja de vehículos militares.», 2 272 918, 01-may-2007.
- [27] «Saab Defence and Security | It's a human right to feel safe». [En línea]. Disponible en: <https://saab.com/>. [Accedido: 30-oct-2018].
- [28] «Home | KMW». [En línea]. Disponible en: <https://www.kmweg.com/>. [Accedido: 30-oct-2018].
- [29] «Army Guide - SAAB Receives Order From KMW For Mobile Camouflage Systems». [En línea]. Disponible en: <http://www.army-guide.com/eng/article/article.php?forumID=3169>. [Accedido: 07-sep-2018].
- [30] «Army Guide». [En línea]. Disponible en: <http://www.army-guide.com/eng/product5922.html>. [Accedido: 24-oct-2018].
- [31] «BAE's ADAPTIV technology renders vehicles invisible to infrared». [En línea]. Disponible en: <https://newatlas.com/adaptiv-ir-invisibility-cloak/19748/>. [Accedido: 12-sep-2018].
- [32] M. Brown, «BAE invisibility cloak hides vehicles as scenery, cars and cows», *Wired UK*, 05-sep-2011.
- [33] D. Lee, «Tanks test infrared invisibility», *BBC News*, 05-sep-2011.
- [34] «Teyde». [En línea]. Disponible en: <http://www.teyde.es/producto.php?id=268>. [Accedido: 05-oct-2018].
- [35] «CAMUFLAJE Y RED MULTIESPECTRAL - Lonas técnicas para usos militares». [En línea]. Disponible en: <http://www.omicron-iniciativasempresariales.es/2.html>. [Accedido: 05-oct-2018].
- [36] «camuflaje estático 3d - Las redes de camuflaje multiespectrales se basan en una estructura recubierta, formada por un material textil de varias capas.» [En línea]. Disponible en: <https://www.ssz-camouflage.ch/es/produkte/003-netze-3d-mscn>. [Accedido: 05-oct-2018].
- [37] J. PINTO GÓMEZ, «SIAM 570/80/PROT LEO», Ministerio de Defensa, Madrid, ene. 2018.
- [38] G. Sarpen, «Stryker slat armor protects troops», *Adv. Mater. Process.*, vol. 3, p. 2, oct. 2005.
- [39] «SSZ Camouflage Technology AG». [En línea]. Disponible en: <https://www.ssz-camouflage.ch/de/startseite>. [Accedido: 30-oct-2018].
- [40] «Home», *BAE Systems | International*. [En línea]. Disponible en: <https://www.baesystems.com/en/home>. [Accedido: 30-oct-2018].
- [41] P. DONALDSON, «AN UNBREAKABLE BOND», *LAND WARFARE INTERNATIONAL*, vol. 2, n.º 3, jul-2011.
- [42] R. CZULDA, «Passive and Active Vehicle Protection Survey». [En línea]. Disponible en: <https://www.monch.com/mpg/news/land/687-passive-and-active-vehicle-protection-survey.html>. [Accedido: 06-sep-2018].



ANEXO A

DETALLE DE INFORMACIÓN DE PATENTES ANALIZADAS

A	PATENTE NÚMERO: ES 2 295 376 T3.	
NOMBRE: Sistemas de blindajes cerámicos con un estrato de desconchadura y un estrato amortiguador.	DESCRIPCIÓN: Vista lateral de un sistema de protección frente una alta amenaza (p. ej. RPG).	
	LEYENDA	
	1710	VISTA LATERAL
	1712	ESTRATO FRONTAL DE DESCONCHURA
	1714	1ª CAPA MATERIAL CERÁMICO (CERAMORTM V)
	1718	2ª CAPA MATERIAL CERÁMICO (CERAMORTM V)
	1720	3ª CAPA MATERIAL CERÁMICO (CERAMORTM L)
	1722	CAPA MATERIAL AMORTIGUADOR
	1724	CONJUNTO CAPAS (SISTEMA LAP)
	B	PATENTE NÚMERO: ES 2 621 895 T3.
NOMBRE: Módulo de protección con material a granel.	DESCRIPCIÓN: Vista interna de un módulo AMAP relleno de material a granel.	
	LEYENDA	
	1	CONTENEDOR DE MATERIAL
	2	MATERIAL A GRANEL

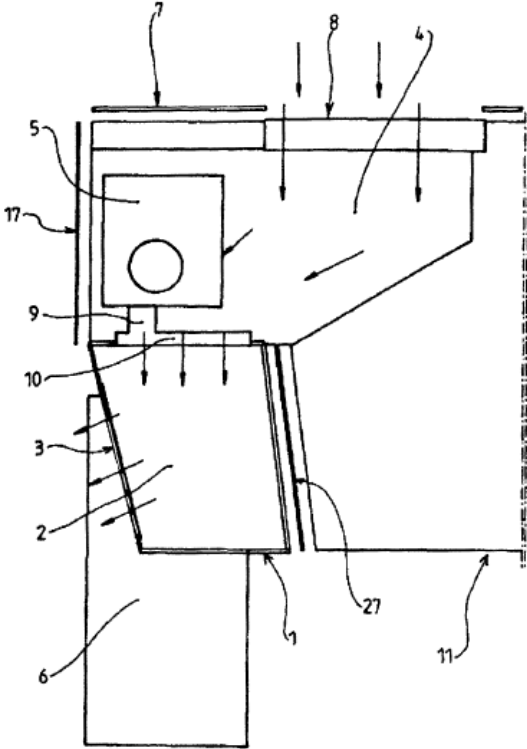


C	PATENTE NÚMERO: ES 2 370 650 T3															
NOMBRE: Una placa de blindaje para su utilización en blindaje de personas o vehículos.	DESCRIPCIÓN: Vista frontal (izquierda) y sección transversal (derecha) de un blindaje sándwich con nódulos.															
	LEYENDA															
	<table border="1"> <tr> <td>310</td> <td>MATERIAL CERÁMICO</td> </tr> <tr> <td>312</td> <td>BASE CERÁMICA CUADRADA</td> </tr> <tr> <td>314</td> <td>NÓDULO ESFÉRICO</td> </tr> <tr> <td>1110</td> <td>CAPA MONOLÍTICA CON NÓDULOS</td> </tr> <tr> <td>1310</td> <td>CONJUNTO DE CAPAS (SISTEMA LAP)</td> </tr> <tr> <td>1311</td> <td>MATERIAL PLÁSTICO</td> </tr> <tr> <td>1312</td> <td>POLÍMERO</td> </tr> <tr> <td>1314</td> <td>MATERIAL POLIMÉRICO-CERÁMICO</td> </tr> </table>	310	MATERIAL CERÁMICO	312	BASE CERÁMICA CUADRADA	314	NÓDULO ESFÉRICO	1110	CAPA MONOLÍTICA CON NÓDULOS	1310	CONJUNTO DE CAPAS (SISTEMA LAP)	1311	MATERIAL PLÁSTICO	1312	POLÍMERO	1314
310	MATERIAL CERÁMICO															
312	BASE CERÁMICA CUADRADA															
314	NÓDULO ESFÉRICO															
1110	CAPA MONOLÍTICA CON NÓDULOS															
1310	CONJUNTO DE CAPAS (SISTEMA LAP)															
1311	MATERIAL PLÁSTICO															
1312	POLÍMERO															
1314	MATERIAL POLIMÉRICO-CERÁMICO															
D	PATENTE NÚMERO: ES 2 221 100 T3.															
NOMBRE: Placa sandwich para protección contra minas explosivas.	DESCRIPCIÓN: Sección transversal de un dispositivo contraminas.															
	LEYENDA															
	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>PARED INTERNA DEL VEHÍCULO</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CAPA LIGNOSTONE</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ESPUMA DURA (10 mm ESPESOR)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>CUATRO PLACAS ALUMINIO</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>PLACA CONTRAMETRALLA</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ESPUMA DURA</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>PLACA ACERO</td> </tr> </table>	1	PARED INTERNA DEL VEHÍCULO	2	CAPA LIGNOSTONE	3	ESPUMA DURA (10 mm ESPESOR)	4	CUATRO PLACAS ALUMINIO	5	PLACA CONTRAMETRALLA	6	ESPUMA DURA	7	PLACA ACERO	
1	PARED INTERNA DEL VEHÍCULO															
2	CAPA LIGNOSTONE															
3	ESPUMA DURA (10 mm ESPESOR)															
4	CUATRO PLACAS ALUMINIO															
5	PLACA CONTRAMETRALLA															
6	ESPUMA DURA															
7	PLACA ACERO															



E		PATENTE NÚMERO: ES 2 391 267 T3.	
NOMBRE: Dispositivo de protección contra minas.		DESCRIPCIÓN: Sistema de protección frente minas explosivas y P.	
		LEYENDA	
		5	ONDA EXPLOSIVA
		6	PROYECTIL CARGA P
		8	DIRECCIÓN EFECTO CARGA P
		9	PRIMERA CAPA (ABRASIÓN)
		10	SEGUNDA CAPA
		11	TERCERA CAPA (DE APOYO Y COMPENSACIÓN)
		12	SUPERFICIE DE UNIÓN DE CAPAS 9 Y 10
		12A	CAPA DESLIZANTE ENTRE 9 Y 10
		13	SUPERFICIE DE UNIÓN DE CAPAS 10 Y 11
13A	CAPA DESLIZANTE ENTRE 10 Y 11		
F		PATENTE NÚMERO: ES 2 406 759 T3.	
NOMBRE: Protección de un objeto frente a cargas huecas y procedimiento para su fabricación.		DESCRIPCIÓN: Principio de funcionamiento del SLAT ARMOR. Vista en alzado (izquierda) y de perfil (derecha).	
		LEYENDA	
		1	CAPA DE PROTECCIÓN
		2	PLACA BASE
		3	BARRA REDONDA DE ACERO
		4	BRIDA
		101	CUBIERTA (CARGA HUECA)
102	ESPOLETA DE PERCUSIÓN (CARGA HUECA)		



G		PATENTE NÚMERO: ES 2 272 918 T3.	
NOMBRE: Dispositivo de reducción de la firma visible e infrarroja de vehículos militares.		DESCRIPCIÓN: Sistema de refrigeración de los humos de escape.	
		LEYENDA	
		1	CAJÓN DE DILUCIÓN.
		2	RECIPIENTE.
		3	PERSIANA EN PAREZ EXTERNA DEL VEHÍCULO.
		4	RECIPIENTE REFRIGERACIÓN
		5	MOTOR DE ESCAPE
		6	NEUMÁTICO
		7	BLINDAJE
		8	PERSIANA BALÍSTICA EN PAREZ SUPERIOR DE LA CARROCERÍA
		9	SILENCIADOR
		10	MEDIO DE DILUCIÓN
		11	CARROCERÍA
17	BLINDAJE QUE SUSTITUYE A LAS PERSIANAS DE LAS ANTERIORES INVENCIONES		
27	BLINDAJE ENTRE 11 Y 1		

ANEXO B

ENCUESTA

Encuesta sobre sistemas de protección pasiva

Con el fin de analizar y proponer un nuevo sistema de protección pasiva para el carro de combate Leopard 2E queremos llevar a cabo esta encuesta dirigida a los mandos del Regimiento Acorazado 'Alcázar de Toledo' nº61; aprovechando su experiencia diaria y en operaciones.

Esta es una encuesta anónima en la que deberá responder a una serie de preguntas relacionadas con los sistemas de protección pasiva en medios acorazados y, en ocasiones, más particularmente del Leopard 2E. A la hora de responder las preguntas considere el grado de protección que, en su opinión, necesita tener un carro de combate frente a las diferentes amenazas.

***Obligatorio**

1. ¿Cómo definiría usted un sistema de protección pasiva para un carro de combate?

2. ¿Cree que se debería mejorar la protección pasiva del Leopard 2E? (Tanto en respuesta afirmativa como negativa, razone la respuesta. En caso afirmativo Indique también cómo lo mejoraría)

3. De los siguientes medios de protección pasiva, señale aquellos que considere que se deberían instalar en el carro de combate Leopard 2E.*

Selecciona todos los que correspondan.

Rejas

Sistema contraminas (mejorando el blindaje de la parte inferior)

Sistemas para la reducción de la firma visible e infrarroja (ej. sistemas reductores de ruido, que dificulten la detección del carro mediante sistemas térmicos e infrarrojos, etc.)

Añadir más blindaje al carro

4. Evalúe del 1 (no importante) al 5 (muy importante) los criterios de selección que tendría en cuenta a la hora de elegir un sistema de protección pasiva *

Marca solo un cuadrado por fila.

	1	2	3	4	5
GRADO DE PROTECCIÓN					
COSTE					
PESO Y DIMENSIONES					
POLIVALENTE (que se pueda usar en diferentes ambientes: urbano, convencional, etc.)					
NO LIMITE LAS CAPACIDADES DEL CARRO					
MODULAR					
FÁCIL MANTENIMIENTO					
QUE NO REQUIERA UNA GRAN MODIFICACIÓN DEL GRADO DE INSTRUCCIÓN DEL PERSONAL					
FIABILIDAD (baja probabilidad de fallo)					

5. ¿En qué aspectos cree usted que puede afectar negativamente una mejora de la defensa pasiva del Leopard 2E? (ej. a nivel logístico, posible modificación en la instrucción de las tripulaciones, etc.)

6. Sin tener en cuenta los sistemas de protección pasiva expuestos en la pregunta 3, proponga usted otros que considere necesarios para el Leopard 2E.

7. ¿Cree usted que los sistemas de protección pasiva del Leopardo 2E son eficaces frente a las nuevas amenazas observadas en los conflictos actuales? *

Marca solo un cuadro.

<input type="checkbox"/>	SÍ
<input type="checkbox"/>	NO

8. ¿Por qué? (Solo si en la pregunta anterior se ha respondido negativamente)

9. ¿En qué ambiente considera usted más vulnerable al Leopardo 2E? (ej. urbano, etc.)

10. ¿A qué nuevas amenazas cree que se enfrentará el Leopardo 2E en los próximos 10 años?

RESPUESTAS

PREGUNTA 3.

De los siguientes medios de protección pasiva, señale aquellos que considere que se deberían instalar en el carro de combate Leopard 2E. (14 respuestas).

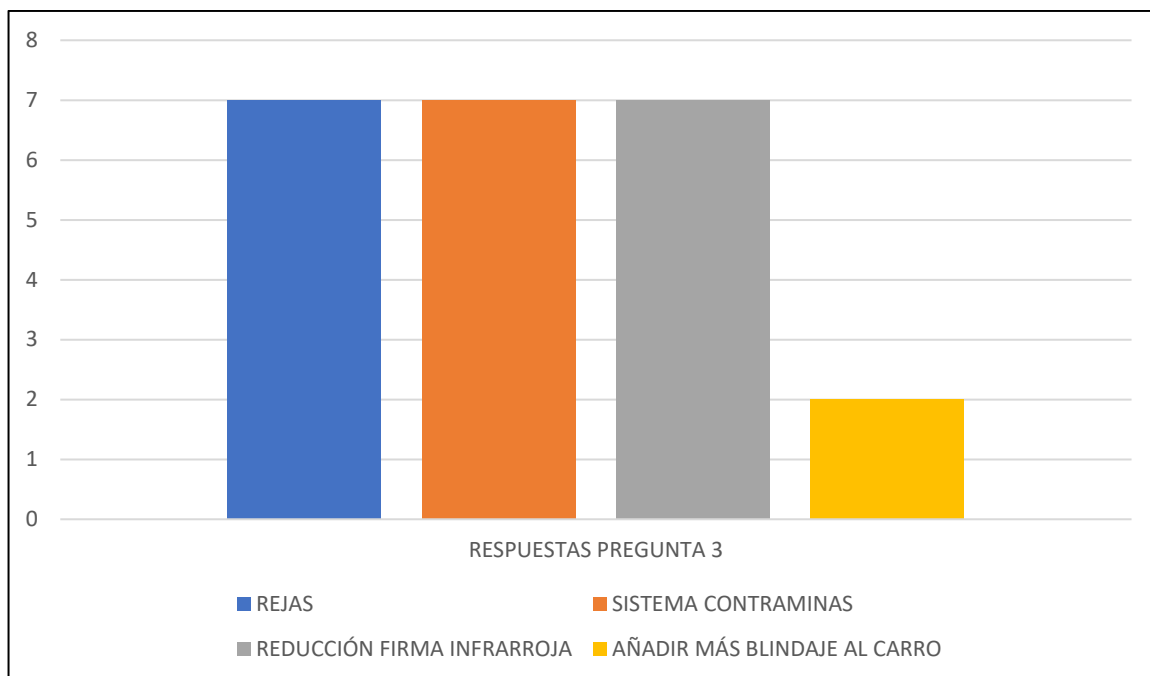


Figura 13. Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta / Fuente: el autor.

RESPUESTAS PREGUNTA 4

Evalúe del 1 (no importante) al 5 (muy importante) los criterios de selección que tendría en cuenta a la hora de elegir un sistema de protección pasiva. (14 respuestas).

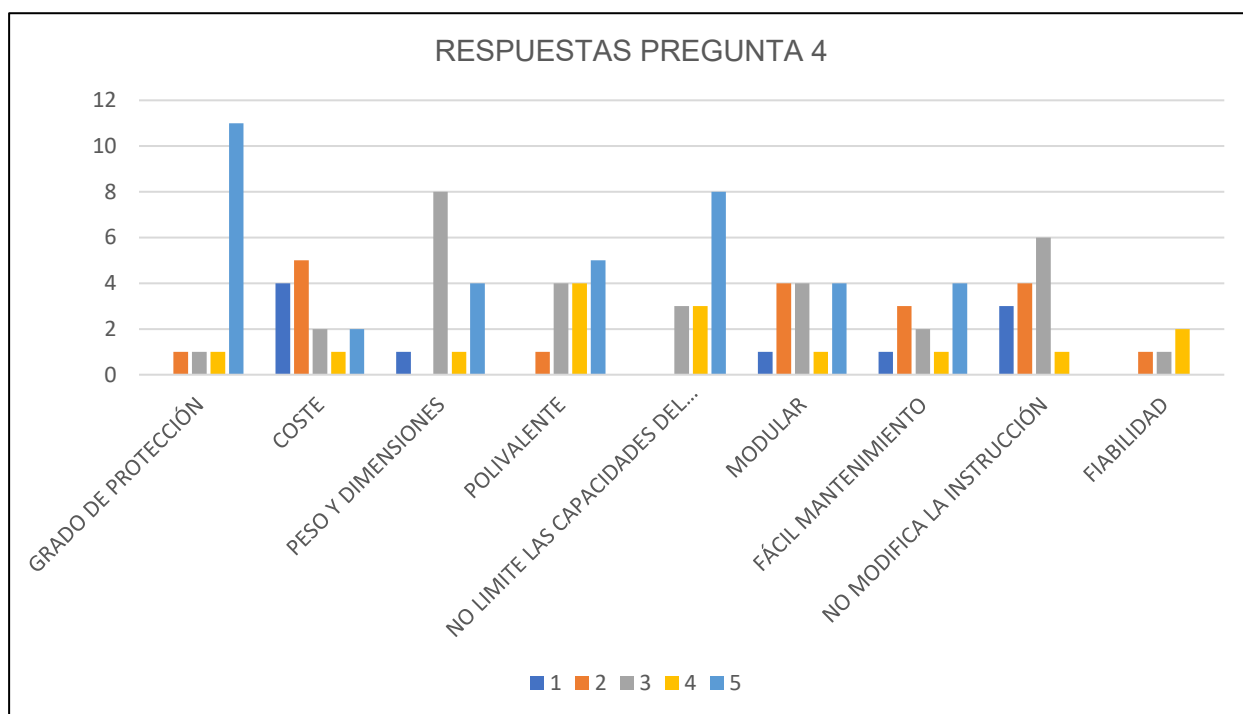


Figura 14. Respuestas a la pregunta 4 de la encuesta / Fuente: el autor.

RESPUESTAS PREGUNTA 7

¿Cree usted que los sistemas de protección pasiva del Leopardo 2E son eficaces frente a las nuevas amenazas observadas en los conflictos actuales? (14 respuestas).



Figura 15. Respuestas a la pregunta 7 de la encuesta / Fuente: el autor.

RESPUESTAS PREGUNTA 9

¿En qué ambiente considera usted más vulnerable al Leopardo 2E? (ej. urbano, etc.) (14 respuestas).

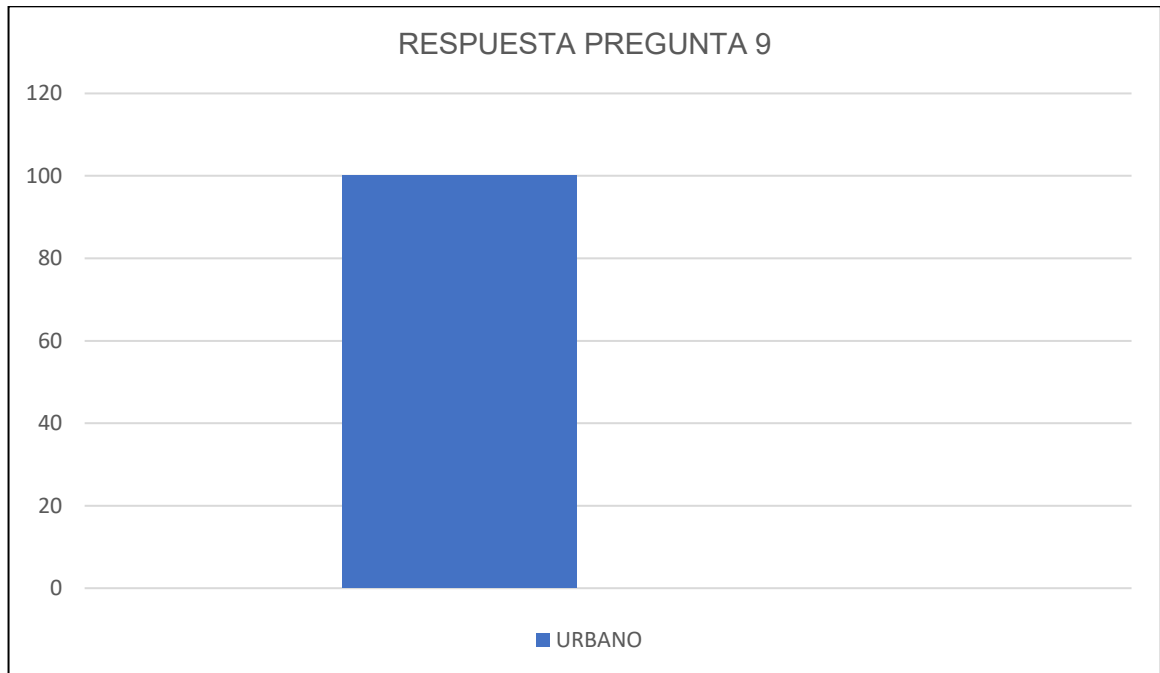


Figura 16. Respuestas a la pregunta 9 de la encuesta / Fuente: el autor.

ANEXO C
EVALUACIÓN DE RIESGOS

Evaluación de riesgos en ambiente asimétrico.									
ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida
1	Mal mantenimiento.	Logística.	Inexperiencia al trabajar con este tipo de sistema.	M	1	1M	Pérdida de protección.	Dar un curso a las tripulaciones, que enseñe como cuidar el nuevo material.	1L
2	Daños o pérdida en el transporte.	Logística.	El sistema se ha empaquetado mal o, en caso de transporte marítimo, caída del container al agua	H	1	1H	Pérdida de protección o del sistema.	Que un encargado vigile su buen empaquetamiento y que, en los barcos, se guarden bajo cubierta.	1L
3	Mal montaje de las rejas.	Tripulación	Inexperiencia al trabajar con este tipo de sistema.	H	1	1H	Pérdida de protección.	Dar un curso a las tripulaciones, que enseñe como montar el nuevo material.	1L
4	Empleo de nuevo armamento, contra el que el SLAT ARMOR sea ineficaz.	Enemigo	Adquisición, por parte del enemigo, de nuevos sistemas contracarro.	H	1	1H	Pérdida de protección.	Llevar a cabo misiones de obtención de información para conocer si el enemigo intenta conseguir nuevo armamento.	1M
5	Las medidas afectan a la movilidad	Diseño	Que el operario de la empresa haya tomado mal las rejas.	H	1	1H	Pérdida de protección.	Establecer una cláusula en el contrato según la cual repongan las rejas mal dimensionadas.	1L
6	Dificultad en la entrada y salida del vehículo.	Diseño	Que el operario de la empresa haya dimensionado mal las rejas.	L	1	1L	Pérdida de tiempo entrando o saliendo.	Establecer una cláusula en el contrato según la cual repongan las rejas mal dimensionadas.	1L
7	Pérdida de visión a través de los medios ópticos (PERI, FERRO o EMES).	Diseño	Que el operario de la empresa haya dimensionado mal las rejas.	H	1	1H	Pérdida de visión.	Establecer una cláusula en el contrato según la cual repongan las rejas mal dimensionadas.	1L

Evaluación de riesgos en ambiente convencional.

ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida
1	Problemas de repuestos.	Logística.	La red es única para cada carro.	M	1	1M	Pérdida de protección y dificulta el mantenimiento.	Comprar 5 redes por carro.	1L
2	Daños o pérdida en el transporte.	Logística.	El sistema se ha empaquetado mal o, en caso de transporte marítimo, caída del container al agua	H	1	1H	Pérdida de protección o del sistema.	Que un encargado vigile su buen empaquetamiento y que, en los barcos, se guarden bajo cubierta.	1L
3	Mal enganchado de la red.	Tripulación	Inexperiencia al trabajar con este tipo de sistema.	H	2	1H	Pérdida de protección.	Dar un curso a las tripulaciones, que enseñe como montar el nuevo material.	1L
4	La red se estropea con a la temperatura.	Ambiente	Materiales inadecuados	M	1	1M	Pérdida parcial de la protección.	Establecer una cláusula en el contrato según la cual repongan las redes estropeadas.	1L
5	La red no aguanta fenómenos meteorológicos adversos.	Ambiente	Materiales inadecuados	M	1	1M	Pérdida parcial de protección.	Establecer una cláusula en el contrato según la cual repongan las redes estropeadas.	1L
6	Dificultad en la entrada y salida del vehículo.	Diseño	Que el operario de la empresa haya dimensionado mal las redes.	L	1	1L	Pérdida de tiempo entrando o saliendo.	Establecer una cláusula en el contrato según la cual repongan las redes mal dimensionadas.	1L
7	Pérdida de visión a través de los medios ópticos (PERI, FERRO o EMES).	Diseño	Que el operario de la empresa haya dimensionado mal las redes.	H	1	1H	Pérdida de visión.	Establecer una cláusula en el contrato según la cual repongan las redes mal dimensionadas.	1L
8	Empleo de nuevos medios de visión, que trabajen en otra zona del espectro.	Enemigo	Adquisición, por parte del enemigo, de nuevos medios de visión infrarroja.	H	1	1H	Pérdida de protección	Llevar a cabo misiones de obtención de información para conocer si el enemigo intenta conseguir nuevos medios de visión.	1M