

## Trabajo Fin de Grado

Efectos de la climatología semidesértica en zona de costa en el material y las instalaciones de un Regimiento de Infantería

CAC D. Antonio Salvador Alonso

Director académico: Dr. D. Miguel Urbiztondo Castro

Director militar: Capitán D. Jesús García Morencos

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021





## Agradecimientos

Primero, quiero agradecer y reconocer el esfuerzo de todo el personal del Regimiento de Infantería 'Soria' 9 que, durante mis prácticas allí en Fuerteventura, me han hecho sentir uno más como si estuviese en mi casa, volcándose al completo en mejorar mi formación como oficial de Infantería. En especial, quiero mencionar a la 1ª Compañía 'Guirre' en la que me encontraba encuadrado y con los que compartía mi día a día en la isla, mi familia durante las 6 semanas que duraron las prácticas.

Por otro lado, agradecer a mi profesor el Dr. Miguel Urbiztondo, por su ayuda y comprensión durante la realización de este proyecto, estando disponible siempre para cualquier consulta que necesitaba hacerle.

Finalmente, darles las gracias a mis compañeros de la LXXVII promoción de Infantería por ser apoyo moral cada día los unos de los otros para terminar consiguiendo nuestra primera gran meta en nuestra vida militar, alcanzar el empleo de teniente.





## RESUMEN

Hoy en día, muchos de los conflictos en los que participa el Ejército de Tierra, se encuentran en zonas desérticas. Este tipo de zonas requiere de un mantenimiento y un cuidado del material más exhaustivo que en zonas comunes de la Península Ibérica. En España, tenemos la isla de Fuerteventura, donde se encuentra el Regimiento de Infantería 'Soria' 9, que tiene el clima y la orografía propios del desierto, sumándole las características del clima en zona de costa, con el salitre como principal factor. Por esto, se ha elegido Fuerteventura como zona de estudio.

Este proyecto se ha centrado en identificar los problemas que genera el clima semidesértico en zona de costa en el material de un Batallón de Infantería con la finalidad de ponerles una solución para disminuir los costes de mantenimiento y que no disminuya la operatividad de la Unidad.

Para identificar los problemas, se han realizado: entrevistas diariamente con el personal de la Unidad observando el óxido presente en los vehículos BMR y las principales averías por las que quedan inoperativos y necesitan ir al 2º EMAN; un experimento de movilidad con los vehículos atravesando dunas de arena en el que se comprobó que los ligeros Aníbal Santana quedaban varados sin poder salir por sus propios medios; un ejercicio de fuego real donde se vio que, debido al polvo y a la arena, los fusiles y las ametralladoras sufren multitud de interrupciones al disparar. Una vez identificados los problemas, se ha procedido a buscarles solución.

Para la corrosión en los BMR, se han estudiado posibles opciones comparándolas entre ellas con parámetros como el coste o la dificultad de llevarlas a cabo, las elegidas para estudio por una encuesta a personal de la unidad han sido: una lona de protección transpirable y el método de pintado por cataforesis. Tratando la movilidad de los vehículos en las dunas, se ha propuesto incluir planchas de desatasco en el kit de rescate de cada Aníbal, se han valorado 3 opciones, pero, por su bajo coste y su efectividad se ha elegido la de la marca Bulltrax. En cuanto a las interrupciones, se ha realizado una serie de consignas que deben cumplir los fusileros para reducir al mínimo el número de veces en las que el fusil se interrumpa.

Las conclusiones extraídas han sido que este tipo de zonas sí que genera problemas que deben de evitarse o atrasar su aparición de manera que se mantenga la operatividad del material y se alargue su vida útil.

## Palabras clave

Corrosión, óxido, arena, desierto, salino, humedad, mantenimiento



## ABSTRACT

Nowadays, many of the conflicts in which the Army participates are in desert areas. This type of areas requires a more exhaustive maintenance and care of the material than in common areas of the Iberian Peninsula. In Spain, we have the island of Fuerteventura, where the Infantry Regiment 'Soria' 9 is located, which has the climate and orography of the desert, adding the characteristics of the climate in a coastal area, with saltpeter as the main factor. For this reason, Fuerteventura has been chosen as a study area.

This project has focused on identifying the problems generated by the semi-desert climate in coastal areas in the material of an Infantry Battalion in order to find a solution to reduce maintenance costs and not reduce the operability of the Unit.

In order to identify the problems, the following were carried out: daily interviews with the Unit's personnel, observing the rust present in the BMR vehicles and the main breakdowns due to which they become inoperative and need to go to the 2nd EMAN; a mobility experiment with the vehicles crossing sand dunes in which it was verified that the light Aníbal Santana were stranded without being able to leave by their own means; a live fire exercise where it was seen that, due to dust and sand, the rifles and machine guns suffer many interruptions when firing. Once the problems were identified, a solution was found.

For corrosion on BMRs, possible options have been studied and compared with parameters such as cost or difficulty of implementation, the ones chosen for study by a survey of unit personnel were a breathable protective tarpaulin and the cataphoresis painting method. Regarding the mobility of the vehicles in the dunes, it has been proposed to include unblocking plates in the rescue kit of each Hannibal, 3 options have been evaluated, but, due to its low cost and effectiveness, the Bulltrax brand has been chosen. Regarding interruptions, a series of instructions to be followed by the riflemen to reduce to a minimum the number of times the rifle is interrupted was carried out.

The conclusions drawn were that this type of area does generate problems that must be avoided, or their occurrence delayed in order to maintain the operability of the equipment and extend its useful life.

## KEYWORDS

Corrosion, oxide, sand, desert, saline, humidity, maintenance



## INDICE DE CONTENIDO

<b>Agradecimientos</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>III</b>
<b>Palabras clave</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IV</b>
<b>KEYWORDS</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>IX</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</b>	<b>X</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Características del clima	2
1.2 Características de la orografía	3
<b>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	3
2.2 METODOLOGÍA	4
<b>3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE</b>	<b>5</b>
3.1 Mantenimiento en el Ejército de Tierra	5
3.2 Mantenimiento de vehículos en el Regimiento de Infantería ‘Soria’ 9	6
3.3 EFECTOS DE LA CLIMATOLOGÍA	7
3.3.1 Erosión	7
3.3.2 Corrosión	8
3.4 EFECTOS DE LA OROGRAFÍA	9
3.4.1 Arena	9



<b>4</b>	<b>DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>10</b>
4.1	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS .....	10
4.2	PROBLEMAS	16
4.2.1	Armamento	17
4.2.2	Vehículos	17
4.3	SOLUCIONES	19
4.3.1	Armamento	19
4.3.2	Vehículos	22
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>29</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>30</b>
6.1	ANEXO A. Encuesta sobre posibles soluciones para la corrosión .....	30





## INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 CMT Pájara. Fuente	2
Ilustración 2. Parámetros climáticos de Fuerteventura Fuente	2
Ilustración 3. Blindados franceses en Mali. Fuente	3
Ilustración 4. Fusil de asalto HK G36E Fuente	3
Ilustración 5 Vehículo BMR Fuente	4
Ilustración 6. URO VAMTAC Fuente	7
Ilustración 7 Vehículo Santana Aníbal Fuente	7
Ilustración 8. Óxido en vehículo BMR. Elaboración propia	11
Ilustración 9. Óxido en eslingas de BMR. Elaboración propia	11
Ilustración 10. Mapa de situación Acuartelamiento del RI9. Elaboración propia	12
Ilustración 11. Vehículos BMR en CMT Pájara. Elaboración propia	13
Ilustración 12. Vehículo Aníbal Santana atrancado en la arena.	14
Ilustración 13. Fusil con pérdida de pavonado. Elaboración propia.	15
Ilustración 14. Fusil totalmente pavonado. Elaboración propia	15
Ilustración 15. Fusil HK G36E cubierto de polvo. Elaboración propia	16
Ilustración 16. Óxido en escape de gases. Elaboración propia	19
Ilustración 19. Consignas generales cuidado de armas. Elaboración propia.	20
Ilustración 20. Consignas de cuidado del fusil. Elaboración propia	20
Ilustración 21. Consignas de cuidado de ametralladoras. Elaboración propia	21
Ilustración 22. Aceite MILITEC-1. Fuente: RI 9	22
Ilustración 23. Plancha BULLTRAX. Fuente	23
Ilustración 24. Colocación de planchas. Fuente	24
Ilustración 25. Hidrolimpiadora Kärcher 5. Fuente	24
Ilustración 26. Valoración de los parámetros que debe de tener la propuesta. Elaboración propia	25



Ilustración 27. Media entre 1 y 5 de la puntuación total obtenida para las propuestas. Elaboración propia

26



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escalones de Mantenimiento. Elaboración propia .....	6
Tabla 2. Media de la valoración de cada problema. Elaboración propia .....	17
Tabla 3. Propuestas de lubricantes para las armas. Elaboración propia. ....	21
Tabla 4. Propuestas de planchas de desatasco. Elaboración propia .....	23
Tabla 5. Propuesta de fundas de protección. Elaboración propia .....	27



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

**BIPROT** – Batallón de Infantería Protegida

**BMR** – Blindado Medio Ruedas

**CMT** – Campo de Maniobras y Tiro

**EMAN** – Escalón de Mantenimiento

**ET** – Ejército de Tierra

**HK** – Heckler and Koch

**ICON** – Instrucción Continuada

**MADOC** – Mando de Adiestramiento y Doctrina

**PVC** – Policloruro de vinilo

**RI** – Regimiento de Infantería

**USMC** – Cuerpo de Marines de los Estados Unidos

**ZO** - Zona de Operaciones



# 1 INTRODUCCIÓN

En los tiempos actuales, está habiendo gran variedad de conflictos armados de características muy distintas por todo el mundo. Dependiendo de esas características: tipo de enemigo, asimétrico<sup>1</sup> o convencional<sup>2</sup>; tipo de terreno, montañoso o donde predominan extensos llanos; el clima, si es en un desierto donde predominan las dunas y el calor o es un lugar donde predominen las nevadas y las temperaturas bajas; habrá que prepararse de manera diferente. Dos ejemplos de conflictos actuales muy distintos son; la actual guerra en Ucrania, un conflicto convencional entre dos grandes ejércitos, donde está habiendo numerosas bajas y en un invierno muy frío donde muchas de las zonas de combate se encuentran nevadas; y, por otro lado, están los conflictos en el Sahel, una zona desértica y calurosa en la que el enemigo es asimétrico. Para ambas situaciones los procedimientos militares serán totalmente distintos.

Independientemente de la zona donde se desarrolle el conflicto, la logística es parte fundamental. Se pueden tener gran cantidad de vehículos y de armas pero el apoyo logístico puede determinar la pérdida de la capacidad operativa. Por ello, la función logística de mantenimiento<sup>5</sup> es fundamental en todo momento y lugar, tanto en misiones complejas en el extranjero como en territorio nacional dentro de nuestros cuarteles durante el periodo de instrucción.

Esta función logística en el Ejército de Tierra (ET) se lleva a cabo por los distintos escalones de mantenimiento, la gestión y aplicación de esto tiene unos costes elevados así que, el Ejército debe tener especial cuidado en crear más costes de los necesarios. Para cumplir con este propósito, es esencial llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo para conseguir tener el armamento y material operativo siempre listo para el cumplimiento de una determinada misión.

Este proyecto se centre en los efectos que crea en el material e instalaciones un tipo de escenario particular. Un escenario semidesértico con una climatología costera, situación que puede multiplicar los posibles factores que pueden afectar tanto al material como a las instalaciones. Esto hace que en las zonas con estas características el mantenimiento preventivo tenga que ser mucho más exhaustivo. Son zonas en las que los materiales sufren mucho debido a la gran erosión y corrosión por parte del viento, humedad, salinidad, sol y arena. Además, las dunas de arena por las que tienen que circular los vehículos pueden dejarlos inoperativos durante un tiempo ya que estos pueden atascarse, algo que, durante las maniobras no supondrá más que un atraso en los ejercicios, pero, en una misión real en ZO pondría en peligro a las tropas si no se solventa con la mayor brevedad.

En España, tenemos una zona con estas características climatológicas, se trata de la isla de Fuerteventura donde se encuentra el Regimiento de Infantería "Soria" nº 9, la unidad en activo

---

<sup>1</sup> Un conflicto asimétrico es aquel en el que un Estado o un Ejército se enfrenta a un grupo insurreccional.

<sup>2</sup> Un conflicto convencional es aquel en el que se enfrentan dos o más ejércitos regulares.

<sup>5</sup> Es la función logística que se encarga de realizar los cuidados necesarios para que el material siga funcionando correctamente.



más antigua del mundo, habiéndose creado en 1509. Aquí se encuentra el CMT 'Pájara', donde, además de instruirse esta Unidad, también llegan a instruirse continuamente el RI 'Canarias' nº50 y el RI "Tenerife" nº49, así como también algunas Unidades del resto de la península y de Ceuta. Todo esto es debido a que, actualmente, gran parte de las zonas en la que está desplegado el ET son semidesérticas y esta isla es idónea para instruirse en este ambiente.



Ilustración 1 CMT Pájara. [Fuente](#)

## 1.1 Características del clima

Este clima se caracteriza principalmente por: la cantidad de precipitaciones anuales mínimas, por debajo de 400 mm; las temperaturas con una media anual de más de 18°C; la humedad relativa del 70% y una media mensual de 238 horas de sol.

Parámetros climáticos promedio de Aeropuerto de Fuerteventura 25m (1981-2010) <span>[ocultar]</span>													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	28.5	30.8	34.0	36.0	36.8	41.6	43.0	41.0	37.9	36.5	34.8	29.5	43.0
Temp. máx. media (°C)	20.6	21.0	22.2	22.9	24.1	25.8	27.3	27.8	27.5	26.1	24.0	22.0	24.3
Temp. media (°C)	17.6	17.9	18.9	19.5	20.6	22.5	24.0	24.6	24.4	22.9	20.9	18.9	21.1
Temp. mín. media (°C)	14.7	14.8	15.5	16.0	17.1	19.1	20.8	21.5	21.2	19.8	17.7	15.9	17.8
Temp. mín. abs. (°C)	8.0	8.0	8.0	9.5	11.6	13.0	14.0	15.0	15.0	12.0	10.5	9.0	8.0
Lluvias (mm)	14	16	12	5	1	0	0	0	2	8	13	26	97
Días de lluvias (≥ 1 mm)	2.5	2.4	1.9	1.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.5	1.7	2.2	3.2	15.7
Horas de sol	190	190	233	242	280	285	294	289	246	227	203	186	2836
Humedad relativa (%)	68	69	68	65	66	67	69	71	72	73	71	71	69

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología<sup>1</sup>

Ilustración 2. Parámetros climáticos de Fuerteventura [Fuente](#)

Debido a estos parámetros, surgen efectos que afectan negativamente al material como la erosión y la corrosión de los materiales, debido a exponerse a la salinidad por estar en zona de costa, el sol durante el día y la humedad por la noche, así como los fuertes vientos con arena creando los problemas que se tratarán más adelante.



## 1.2 Características de la orografía

Otro de los factores a tener en cuenta es la orografía del terreno que puede estar constituido por extensas llanuras, tener zonas con dunas de arena o barrancos secos intransitables, afectando gravemente a la movilidad de nuestros vehículos si no están bien preparados para circular por esos terrenos, pudiendo quedar varados teniendo que reconducir la operación si no se dispone del material adecuado para continuar el trayecto.



*Ilustración 3. Blindados franceses en Mali. [Fuente](#)*

## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal de este proyecto es estudiar los efectos de la climatología semidesértica en zona de costa en el material e instalaciones, que hay en dotación en un Regimiento de Infantería, y proponer posibles soluciones a estos efectos. Se centrará en armamento, como el fusil HK G36E o las ametralladoras ligeras HK MG4 y MG-42 y, en los vehículos Aníbal Santana y BMR.



*Ilustración 4. Fusil de asalto HK G36E [Fuente](#)*



*Ilustración 5 Vehículo BMR [Fuente](#)*

Para cumplir con el objetivo principal, se proponen los siguientes objetivos parciales:

- Observar e identificar los problemas generados por el clima y la orografía.
- Jerarquizar los problemas con idea de proponer soluciones a los más importantes.
- Analizar las distintas soluciones propuestas, teniendo en cuenta factores como el presupuesto, la dificultad de llevarlas a cabo y comprobar si solucionan el problema por completo o parcialmente, buscando la más idónea.

Debido al ajustado presupuesto del que dispone el Ministerio de Defensa, el objetivo final no es llevar a cabo todas las soluciones que se proponen en este trabajo, sino simplemente, dar un abanico de posibilidades para mejorar la operatividad de la Unidad y aumentar la vida útil del armamento y los vehículos en dotación.

## 2.2 METODOLOGÍA

Para cumplir el objetivo principal del proyecto, la metodología se ha dividido en 4 grandes fases relacionadas con los objetivos específicos planteados:

- **Fase 1.** Identificación de los problemas que se producen en las instalaciones, vehículos y armamento. Esta fase se ha basado en la observación propia del día a día viendo los problemas que presentan los vehículos en el acuartelamiento junto con los encargados de vehículos de las distintas Compañías, en distintas ICON <sup>6</sup>en el CMT de Pájara viendo las vicisitudes que afectan a la movilidad de los vehículos y al armamento después de estar expuestos a la intemperie, viendo cómo influye cada factor.

---

<sup>6</sup> Jornada de instrucción durante 24 horas.





- **Fase 2.** A través de encuestas al personal se ha analizado la importancia de cada tipo de problema para solo considerar los que los usuarios consideran más graves. Primero, se han dividido los problemas en tres tipos según dónde surgen, en instalaciones, en vehículos y en material. Una vez divididos, se ha realizado una encuesta a personal del Regimiento pertenecientes a las tres escalas para conocer su opinión sobre los problemas que consideran más necesarios a resolver .

- **Fase 3.** Entrevistas al personal encargado del armamento y los vehículos para averiguar qué tipo de mantenimiento se está utilizando. Para esta fase, también se ha realizado una encuesta a personal del primer y del segundo EMAN, para conocer si hay un plan de mantenimiento especial y ver si los usuarios lo están realizando

- **Fase 4.** Identificación y análisis de posibles soluciones para prevenir y solventar esos problemas. Se basa en utilizar diversas fuentes de información como:

- Experiencia personal de militares destinados en el Regimiento de Infantería 'Soria' nº9, mediante encuestas personales de manera presencial a expertos de esta temática. Hay que destacar la encuesta realizada al Cabo 1º del segundo EMAN del Regimiento, experto en la materia gracias a sus diversos despliegues en misiones internacionales y encargado de realizar lecciones aprendidas confidenciales sobre el mantenimiento del armamento en el desierto en misiones como Afganistán o Irak además de, la encuesta realizada al Teniente Jefe de la III Sección de la 1ª Cía. Guirre del BIPROT I9, encargado de vehículos con el curso de BMR y curso de conducción todoterreno.

- Consulta de manuales militares del ET y de otros Ejércitos con información relativa al combate en desierto.

- Consulta de lecciones aprendidas de misiones en el desierto y documentación confidencial realizadas por expertos en el tema.

### 3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Para entender el estado del arte, primero hay que conocer cómo funciona el mantenimiento en el ámbito del Ejército de Tierra y cómo se organiza. Por esto, este capítulo se explica brevemente los distintos escalones de mantenimiento, así como el mantenimiento que se realiza actualmente en el RI 'Soria' 9.

#### 3.1 Mantenimiento en el Ejército de Tierra

Para empezar, vamos a dar una definición al concepto de mantenimiento, que se definiría como el poner solución y prevenir posibles problemas que pueda haber en un determinado material, ya sea vehículos, armamento o instalaciones con el fin de alargar su vida útil o conservar su uso.

Se distinguen 3 tipos de mantenimiento: predictivo, cuya finalidad es detectar posibles averías que se puedan generar en un futuro; correctivo, aquel que se realiza una vez se ha producido el problema, por lo que es el que más costes genera por lo que nos interesa evitar siempre que se llegue a producir esa avería; y el preventivo, en el que nos vamos a centrar a continuación.

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza para evitar que se produzcan averías que impidan que nuestro material funcione correctamente. Es el más exigente debido a que se



requiere una gran supervisión continuamente y de un plan continuo a realizar con el fin de disminuir el mantenimiento correctivo a realizar evitando así que la Unidad tenga que dedicar más presupuesto del estrictamente necesario a estas labores.

Por ello, es de vital importancia la disciplina de nuestro personal a la hora de cumplir con el plan de mantenimiento preventivo del material, por lo que hay que dedicar unas horas de nuestro trabajo a realizar este tipo de actividades ya que, aunque la misión fundamental sea combatir, sin el material operativo no podemos hacerlo. (PREMETAL, 2017).

	1º EMAN	2º EMAN	3º EMAN	4º EMAN
<b>Quién lo compone</b>	El operador de ese material.	Personal del Cuerpo de Especialistas de cada Unidad.	Agrupaciones Logísticas y Unidades de Apoyo Logístico Operativas.	Los Parques y Centros de Mantenimiento y los Órganos Logísticos Centrales.
<b>Tareas</b>	Mantenimiento preventivo del día a día.	Mantenimiento preventivo y correctivo siempre y cuando no se requiera de instalaciones ni material específico.	Mantenimiento correctivo y predictivo en el cual ya requiere de instalaciones y herramientas especializadas para las reparaciones.	Mantenimiento correctivo y predictivo. Modificaciones de piezas grandes, reconstrucciones y grandes averías.

*Tabla 1 Escalones de Mantenimiento. Elaboración propia*

### 3.2 Mantenimiento de vehículos en el Regimiento de Infantería ‘Soria’ 9

Del Regimiento cuelga el BIPROT ‘Fuerteventura’ I/9 que es la Unidad sobre la que se ha realizado el estudio. Actualmente, el Batallón está formado por una Compañía de Mando y Apoyo, una Compañía de Servicios en la que se encuentra el 2º EMAN de la Unidad, y tres Compañías de fusiles. La unidad dispone de vehículos URO VAMTAC, ligeros Aníbal Santana y BMR, habiéndonos centrado en los dos últimos.



*Ilustración 6. URO VAMTAC [Fuente](#)*



*Ilustración 7 Vehículo Santana Aníbal [Fuente](#)*

Actualmente, dispone de un Segundo Escalón que se encarga principalmente del mantenimiento correctivo del armamento y los vehículos una vez que quedan inoperativos y no se pueden usar para la instrucción diaria. Además, se encargan de realizar un plan de mantenimiento preventivo específico para que los operadores realicen a los vehículos diariamente.

El plan está hecho para que lo realicen los encargados de vehículos de cada Compañía, suelen ser tropa con experiencia dirigidos por un suboficial u oficial. Consiste principalmente en el lavado del exterior y del motor del vehículo, comprobación de los niveles de aceite y filtros, y engrase del sistema hidráulico.

### 3.3 EFECTOS DE LA CLIMATOLOGÍA

#### 3.3.1 Erosión

El desgaste por erosión se entiende como la pérdida de masa en la superficie de un cuerpo producida por la acción de un agente externo. Los agentes corrosivos más comunes son los cambios de temperatura frío-calor, el agua y el viento.

Este proceso de erosión hay que revisarlo continuamente ya que, a largo plazo, puede



disminuir la vida útil de nuestro material. (PEÑA, 2011)

### 3.3.2 Corrosión

Por definición, la corrosión es un proceso que, por reacción química o electroquímica, va destruyendo los metales de manera gradual. De otra forma, puede decirse que el metal refinado tiende a buscar su forma más estable, es decir, buscar regresar a su estado natural. La forma general en la que se suele producir la corrosión es la oxidación del metal. (Bardhal Industria, 2020).

La oxidación implica la reacción entre un metal y el aire o el oxígeno en una fase acuosa. También se denomina corrosión en seco. A una temperatura normal, los óxidos de los metales suelen ser más estables que los propios metales. La velocidad de oxidación de un metal a altas temperaturas depende de la naturaleza de la capa de óxido que se forma en la superficie del metal.

En gran parte de los metales se forma una capa de óxidos en su superficie que evitan que continúe esa oxidación. Sin embargo, en el hierro no sucede así, ya que sus diferentes óxidos van evolucionando, creando facturas de manera que continúa la oxidación. (Aguilar Schafer, 2014).

Los tipos más comunes de corrosión son:

- Corrosión electroquímica: ocurre cuando en una superficie se crea una diferencia de potencial en zonas muy cercanas estableciéndose una migración electrónica desde la que tiene el potencial de oxidación más elevado.
- Corrosión por oxígeno: suele ocurrir en superficies que están expuestas al oxígeno diatómico<sup>7</sup> disuelto en agua o aire viéndose favorecido si hay altas temperaturas y presión elevada.
- Corrosión por microbiológica: creado por algunas especies hidrógeno dependientes que provocan una diferencia de potencial en el medio mediante el hidrógeno disuelto en agua que usan para sus procesos catabólicos.
- Corrosión galvánica: se produce cuando dos actúan entre sí dos metales distintos, actuando uno como cátodo<sup>8</sup> y otro como ánodo<sup>9</sup>. El que tenga el potencial de reducción<sup>10</sup> más negativo será el que se oxide, cediendo sus electrones mientras que el de potencial de reducción más positivo será el que los acepte. (Lumitos, 2017)

---

<sup>7</sup> El oxígeno diatómico es aquel que se compone de dos átomos de oxígeno.

<sup>8</sup> Electrodo que sufre una reacción de reducción

<sup>9</sup> Electrodo que sufre una reacción de oxidación

<sup>10</sup> El potencial de reducción es la tendencia que tiene un metal a que ocurra la reacción reducción-oxidación



Los principales factores que producen la corrosión son los siguientes:

- **El agua.** Bien sea en forma de lluvia, de rocío o condensación.
- **La temperatura.** Como norma general, la corrosión se dobla por cada 10°C, es decir, si a 20°C la velocidad de corrosión es x, a 30°C será 2x.
- **La humedad relativa.** A mayor humedad relativa, mayor será la corrosión, debido a un fenómeno llamado deliquesencia<sup>11</sup>
- **Contaminación del aire.** Hay ciertas sustancias generadas por la actividad industrial que actúan como contaminantes, un ejemplo es el dióxido de azufre que se comporta como oxidante.

En Fuerteventura, se dan 2 de estos factores, que son: la humedad relativa, que, aunque llueva muy poco, se mantiene en una media de 70% anual como podemos observar en la Ilustración X, por lo que hay que tenerlo en cuenta ya que la corrosión se ve agravada al superar el 60% de humedad relativa en el ambiente; la temperatura elevada, con una media anual mayor de 18°C; además, a estos dos factores se les suma el salitre<sup>12</sup> que es propio de zonas costeras.

### 3.4 EFECTOS DE LA OROGRAFÍA

#### 3.4.1 Arena

Otro de los factores importantes a tener en cuenta que nos encontramos en un ambiente semiárido son la arena y el polvo, debido a que suponen uno de los mayores peligros para el funcionamiento óptimo de nuestro armamento y material.

Desde el punto de vista del armamento, es de vital importancia el usar lubricantes de la viscosidad adecuada y mantenerlos el mínimo tiempo en partes móviles que estén expuestas ya que el polvo puede quedar adherido a su superficie y provocar interrupciones en el armamento. En la Ilustración 10, se observa un fusil HK G36E que ya se ha cubierto de polvo cuando tan solo llevaba 1 hora fuera del armero sin haberse descolgado del hombro en la ICON del 28 de septiembre de 2021, por ello hay que tener en cuenta este factor (BIPROT 'Fuerteventura' I/9, 2012).

Por otro lado, para los vehículos supone también un gran problema para la movilidad. Los levantamientos de polvo son muy frecuentes por lo que el conductor y el jefe del vehículo que van con la cabeza por fuera es de obligatorio cumplimiento el llevar gafas de protección para evitar daños en los ojos, así como mantener más distancia entre vehículos para evitar que se disminuya la visibilidad por la columna de polvo levantada por el vehículo de delante.

---

<sup>11</sup> Se le denomina deliquesencia al proceso en el cual, una sal, cuando el ambiente supere un umbral de humedad relativa, creará una solución líquida, afectando al tiempo de humedad en el material.

<sup>12</sup> El salitre son conjuntos de partículas marinas que suelen viajar por el aire adhiriéndose a superficies y provocando daños en pinturas y metales.



Las dunas de arena son muy comunes y en ellas la conducción requiere de mucha más atención por parte del conductor debido a la dificultad para moverse en ellas porque se pierde mucha tracción con la arena, por esto, se recomienda conducir de noche ya que al bajar las temperaturas e irse el sol, es cuando la arena se encuentra más húmeda y conseguimos mayor tracción. Además de esto, también se recomiendan medidas preventivas para no quedarse atrancado como el desinflar los neumáticos y entrar en las dunas con una marcha que proporcione el máximo par de fuerza posible a las ruedas. (USMC, 1996)

Así que, es primordial contar con vehículos con una alta capacidad todoterreno para evitar tener que ser recuperados en mitad de una duna o tardar el menor tiempo posible en salir de ese estancamiento para continuar con el combate. Los vehículos Aníbal Santana suelen tener más problemas de este tipo debido a su menor capacidad todoterreno.

## **4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### **4.1 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS**

Para conseguir identificar posibles problemas generados por el clima y la orografía se han seguido una serie de pasos.

Primero, se realizó un recorrido por la zona de vehículos junto con el personal responsable de mantenimiento de la 1ª Cía, mediante observación directa se identificaron los siguientes problemas (P\*, donde \* es el número correlativo de cada problema):

- P1. Corrosión en la carrocería del BMR
- P2. Corrosión en elementos exteriores del BMR como las eslingas de recuperación o los anclajes de remolque.





*Ilustración 8. Óxido en vehículo BMR. Elaboración propia*



*Ilustración 9. Óxido en eslingas de BMR. Elaboración propia*

Tras esto, se procede a realizar entrevistas al personal destinado en el 2º EMAN del RI9 con el fin de ver las averías procedentes del clima que dejaban los vehículos inoperativos:



- P3. Rotura de los manguitos del circuito de refrigeración.
- P4. Fugas en el sistema de escape de gases.

Finalmente, en el acuartelamiento, durante el uso de las instalaciones deportivas en la zona de deporte en la que hay barras de dominadas, pista de 400 metros, pista de obstáculos, porterías fútbol y canastas de baloncesto, se encuentran los siguientes problemas:

- P5. Óxido en las barras de dominadas.
- P6. Óxido en las canastas.
- P7. Redes de las porterías y de las canastas desgastadas debido a la exposición al sol y al viento.
- P8. Pista de 400 metros se llena de arena constantemente y provoca que se pierda el ritmo de carrera



*Ilustración 10. Mapa de situación Acuartelamiento del RI9. Elaboración propia*

Por otro lado, para identificar los problemas que genera la orografía de estas zonas, fue necesario desplazarse al CMT 'Pájara' para una ICON.





*Ilustración 11. Vehículos BMR en CMT Pájara. Elaboración propia*

Hay que tener en cuenta las dificultades que nos podemos encontrar con un vehículo, en este caso la principal es la movilidad. En este proyecto, se ha tomado como referencia, dunas de arena debido a que se ha considerado el terreno más difícil a atravesar por un vehículo y en el que es más fácil necesitar una recuperación.

Se han tratado dos vehículos, el BMR y el Aníbal Santana que son de los que dispone la 1ª Cía del BIPROT 9. En la ICON del día 14 de septiembre donde se desplazó a la unidad al CMT Pájara, se sometió a los conductores de estos dos vehículos a una prueba en la que tenían que superar dos dunas de arena sin necesitar ser recuperados. Primero, se procedió a cruzar las dunas sin parar el vehículo, el BMR, en este caso, no tuvo ningún problema debido a su alta capacidad todoterreno, sin embargo, el Aníbal quedó varado en la segunda duna como podemos observar en la Ilustración 12 sin ser capaz de salir por sus propios medios, teniendo que recurrir al BMR para remolcarlo. Por último, se realizó el mismo paso de dunas, pero, esta vez, parando el vehículo en mitad e intentando salir de ahí, en este caso el BMR sí que sufrió dificultad, pero, dado la alta preparación de los conductores, logró salir por sí solo sin necesidad de ser recuperado, esta vez no se intentó con el Aníbal debido al fracaso en el primer experimento.



*Ilustración 12. Vehículo Aníbal Santana atrancado en la arena.*

Se puede deducir que hay un gran problema en vehículos ligeros en este aspecto, debido a que, quedar varado en mitad de territorio enemigo necesitando la ayuda de otro vehículo con mejor preparación todoterreno para salir, es un gran problema que puede suponer perder la batalla.

El equipo de recuperación en dotación de los vehículos ligeros Aníbal, solo está compuesto por un gato de recuperación, calzos para las ruedas, unos tacos de madera sobre los que situar el gato de recuperación y un cable cabestrante para ser remolcado. Con este material, no es suficiente en este tipo de terreno, se intentó recuperar el vehículo con cartones, con maderas y los calzos para crear mayor adherencia en las ruedas, pero, sin un resultado positivo. El BMR, además, dispone de unas eslingas de recuperación, observables en la Ilustración 9, con las que se procedió al remolcado del Aníbal.

Aquí, nos encontramos con un problema que surge de la falta de adherencia de las ruedas en la arena impidiendo el seguir avanzando, afectando, gravemente, a la movilidad de los vehículos ligeros.

En cuanto a armamento, el principal problema detectado son las interrupciones al efectuar el disparo, sobre todo, en ametralladoras al disparar a ráfaga y llevar la munición al descubierto. Por otro lado, debido al pavonado<sup>13</sup> del metal en las armas, no sufren de

---

<sup>13</sup> El pavonado se trata de una técnica mediante la cual se cubre al metal de magnetita evitando

problemas como la corrosión u oxidación debido a este clima. En las siguientes ilustraciones se puede observar la diferencia de color entre un fusil con pavonado y otro que lo está perdiendo, corriendo el riesgo de oxidarse.



*Ilustración 14. Fusil totalmente pavonado. Elaboración propia*



*Ilustración 13. Fusil con pérdida de pavonado. Elaboración propia.*

Durante la mañana del día 25 de septiembre de 2021 se llevó a cabo un ejercicio de fuego real en el que se simulaba el asalto a una posición defensiva en un terreno desértico con mucha arena en el CMT 'Pájara' con la 3ª Sc de fusiles de la 1ª Cía del BIPROT 9. En este ejercicio, los fusileros iban avanzando, dando saltos hasta la posición, lanzándose al suelo varias veces hasta llegar a la posición, mientras reciben apoyo de sus compañeros para el avance.

Mientras se realiza el asalto, se va observando que numerosos fusileros tienen problemas al disparar, teniendo que volver a montar<sup>14</sup> el arma varias veces, así como, también, las ametralladoras cesaban el fuego perdiendo el apoyo que tienen los fusileros para el avance. Una vez terminó el ejercicio se procedió a ver el porqué de los silencios de las ametralladoras y resultó ser que una de las ametralladoras había sufrido 5 interrupciones y las otras dos, 3. Además, se preguntó a los fusileros si habían sufrido interrupciones, el resultado fue que, de 27, todos habían sufrido, al menos, 1 interrupción, y, 25 de ellos, más de 2.

Tras ver esto, una vez terminado el asalto, junto con el sargento Manrique responsable de

---

así la corrosión y mejorando su aspecto, dándole un color negro azulado.

<sup>14</sup> Acción de volver a introducir un cartucho en recámara llevando el cierre hacia atrás.

armamento de la 1ª Cía, se procedió a pasar revista a las armas. Se observó que había polvo y arena tanto en el cierre de todas las armas como en las cintas de munición de las ametralladoras que están al descubierto.



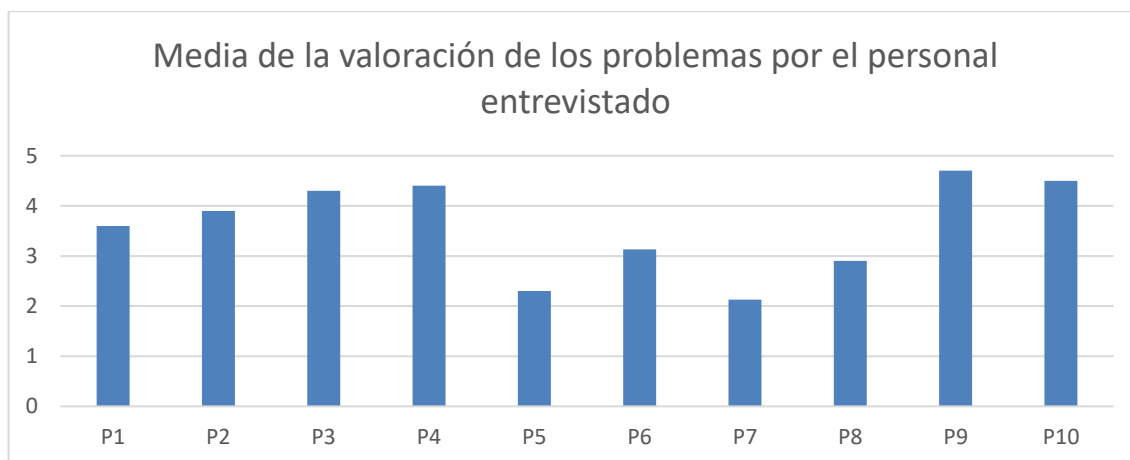
*Ilustración 15. Fusil HK G36E cubierto de polvo. Elaboración propia*

Durante la fase de observación en el CMT 'Pájara' nos encontramos dos problemas:

- P9. Falta de movilidad, por parte de vehículos ligeros en dunas de arena.
- P10. Interrupciones en el tiro en fusiles de asalto y ametralladoras.

## **4.2 VALORACIÓN DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS**

Producto de las entrevistas con el personal del RI 9, se detectan tres principales tipos de problemas: los generados en instalaciones (P5, P6, P7 y P8), los generados en vehículos (P1, P2, P3, P4 y P9); y los generados en el armamento (P10). Para elegir los tipos de problemas a tratar en este proyecto, se realizó una encuesta a 23 militares en el que se valoraba del 1 al 5, siendo 1 muy poco importante y 5 muy importante, la importancia de cada problema, quedando así:



*Tabla 2. Media de la valoración de cada problema. Elaboración propia*

Tras ver las respuestas de los encuestados, se aprecia que los dos problemas más importantes según el personal del RI9 son P9 y P10, seguidos de P1, P2, P3 y P4. Se procede a agrupar P1, P2, P3, P4 y P9 por un lado y, P10 por otro, para estudiarlos separando entre vehículos y armamento. P5, P6, P7 y P8, vemos que están peor valorados por lo que no se tratarán en este proyecto.

#### 4.2.1 Armamento

De la revista que se realizó en el ejercicio de tiro mencionado en el apartado 4.1, se dedujo que:

- Por un lado, la arena en el cierre provocaba que éste no realice su función de extraer la vaina de la recámara e introducir otro cartucho del cargador esto genera que el fusilero tenga que llevarlo hacia atrás manualmente para poder realizar otro disparo perdiendo así los dos modos principales de estos fusiles, el automático y el semiautomático.
- Por otro lado, la munición en las cintas de las ametralladoras necesita estar lubricada para el buen funcionamiento del disparo a ráfaga, al estar lubricada la arena adhiere con mayor facilidad. El cartucho, al estar cubierto de polvo, aumenta sus dimensiones por lo que al realizar el disparo es probable que, al obturarse, la vaina se quede atrancada en la recámara teniendo que sacarla de manera manual.

De esto, se extrae que el problema principal es la adherencia del polvo y la arena a las partes móviles y a la munición.

#### 4.2.2 Vehículos

En cuanto a vehículos, los problemas se han dividido en los generados por la orografía y los generados por el clima ya que, la forma en que se han tratado ha sido distinta.

Por otro lado, para detectar los problemas generados por el clima se entrevistó a los





especialistas del 2º EMAN del RI9 pidiéndoles cuáles eran las averías más comunes que presentan los vehículos BMR que tienen que ser reparados y se ha escogido los que están relacionados con el clima de la isla:

- Rotura manguitos del circuito de refrigeración.
- Corrosión en la carrocería.
- Corrosión en elementos exteriores como las eslingas de recuperación o los anclajes de remolque.

Los manguitos del circuito de refrigeración es la avería más común que deja inoperativos los vehículos en Fuerteventura, a pesar de no estar expuestos directamente al sol, el rocío y la humedad de por la noche hacen que se emblandezcan y el salitre y el calor consiguen que se acaben despedazando. Esto provoca que no se realice correctamente la refrigeración del motor porque no llega bien el líquido refrigerante entonces, se sobrecalienta y puede llegar a quemarse.

En relación con la corrosión, nos encontramos con que el principal causante es la radiación solar propia de estas zonas junto con las altas temperaturas desgastando la capa de pintura del vehículo haciendo que pierda su resistencia y propiedades siendo más propenso a la aparición de óxido.

Al desgastarse la pintura, el salitre y el rocío, acumulado durante la noche debido a la humedad, provocan reacciones químicas actuando como agentes corrosivos y provocando la aparición del óxido. Por lo que se concluye que la exposición a las condiciones climatológicas de estas zonas afecta directamente a este problema.

A corto plazo, el problema del óxido no supone un gran problema ya que, el vehículo sigue siendo operativo pudiendo cumplir con su función y sin afectar a su subsistema de armas. Sin embargo, a largo plazo o poniendo al límite sus funciones sí que terminaría suponiendo un problema ya que este desgaste del metal haría que se alterasen sus propiedades disminuyendo su funcionalidad.

El óxido termina debilitando el metal y haciendo que pierda estabilidad. Poniendo como ejemplo, el óxido en las eslingas de recuperación: estas herramientas se usan para remolcar un vehículo que no puede moverse por sí solo, por consiguiente, se les somete a una fuerza que tienen que aguantar, si la oxidación es grave, disminuirá el umbral de resistencia que pueden soportar las eslingas haciendo que si se supera, terminen partiendo. Por otro lado, se puede observar en la siguiente Ilustración que, el óxido también está presente en una parte del sistema de escape de gases, pudiendo provocar fugas que lleven a problemas mayores.



*Ilustración 16. Óxido en escape de gases. Elaboración propia*

### 4.3 SOLUCIONES PROPUESTAS

En este apartado, producto de las entrevistas realizadas con los expertos de la unidad y la investigación sobre los procedimientos de otros ejércitos, se tratarán las medidas más adecuadas a adoptar para solucionar los problemas que produce el clima y la orografía del desierto. Para un mejor entendimiento, se explicarán, por un lado, las propuestas para armamento y, por otro, las de vehículos.

#### 4.3.1 Armamento

Para hacer frente al problema de las interrupciones, se han diseñado una serie de consignas de prevención a cumplir por los usuarios del armamento generales y específicas para cada tipo de armamento a partir de la experiencia y los conocimientos del cabo 1º especialista en armamento del RI 9.

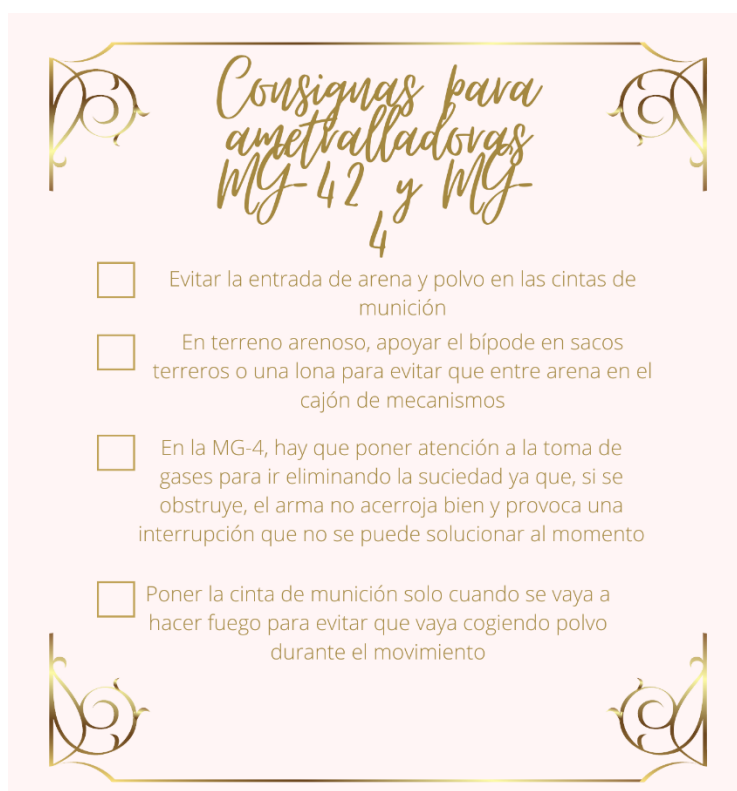


*Ilustración 17. Consignas generales cuidado de armas. Elaboración propia.*



*Ilustración 18. Consignas de cuidado del fusil. Elaboración propia*





*Ilustración 19. Consignas de cuidado de ametralladoras. Elaboración propia*

Tras investigar sobre aceites y limpiadores que usan, para ambiente árido, ejércitos como el de Estados Unidos o el de Arabia Saudí, se proponen los dos siguientes:

MARCA	PRECIO	PROTEGE CONTRA ARENA	PREVIENE ÓXIDO	PERJUDICA EL PAVONADO	EXPERIENCIA EN OTROS EJÉRCITOS
MILITEC 1	17 euros por 1 oz	Sí	Sí	No	Sí
“CLP-2” BREAK FREE	19 euros por cada 4 oz	No	Sí	No	No

*Tabla 3. Propuestas de lubricantes para las armas. Elaboración propia.*

Es de vital importancia para prevenir estas interrupciones la lubricación en seco, que es lo que proporciona protección frente a la arena, de las partes metálicas móviles, se ha elegido el aceite MILITEC-1 usado por otros ejércitos como el estadounidense en sus diversos despliegues en zonas desérticas a partir de las necesidades que encontraban en estos terrenos. Se trata de un lubricante sintético que, mediante un proceso de adherencia molecular, protege al metal al reducir su fricción. A una temperatura mayor de 36º C, se adhiere al metal formando una capa de protección molecular dentro de los microporos del metal sin afectar a sus tolerancias mínimas. (Militec Inc, s.f.)



Para aplicar este tipo de lubricante, se deben seguir tres pasos: Primero, limpiar y secar todas las partes metálicas del arma con un paño humedecido. Segundo, aplicar unas gotas de lubricante sobre todas las piezas móviles, de metal y las partes que pegan con el metal. Y, por último, si el disparo no va a ser inmediato, exponer al fusil a una fuente de calor externa que haga que se forme la capa protectora. Si se está en el campo, para aplicar calor, se puede poner el fusil al sol debajo de un plástico negro.

A pesar de que es la opción más cara, es la que nos ofrece una protección segura contra la arena y el polvo que es lo que genera el principal problema. Aún así, se podría adquirir también el otro aceite, de esta manera se podría usar el CLP-2 BREAK FREE para limpiar el fusil una vez que se va a guardar en el armero y el MILITEC 1 usarlo solo cuando se vaya a utilizar, de esta manera se abaratarían los costes.



*Ilustración 20. Aceite MILITEC-1. Fuente: RI 9*

#### 4.3.2 Vehículos 4

Respecto al problema encontrado en la movilidad de los vehículos ligeros, se plantea una reestructuración en el equipo de recuperación de cada vehículo, centrado en solucionar la pérdida de adherencia al terreno de las ruedas. Durante un curso de conducción todo terreno impartido por la empresa TERRANATUR, se explicaron diversos métodos para añadirle adherencia a las ruedas y salir de un terreno embarrado o arenoso.

Por un lado, se plantearon opciones más caseras como son: las alfombrillas del coche, que resultaron bastante útiles en terreno con barro; cartones y troncos; piedras; e, incluso, esterillas de acampada. A pesar de que, en numerosos casos funcionaron, no garantizan el éxito por lo que no son una herramienta segura para utilizar.



Ilustración 21. Plancha BULLTRAX. [Fuente](#)

Como opción segura, se ofrecen estas 3 planchas de desatasco:

MARCA	PRECIO	DIMENSIONES	PESO	PLEGABLE	DIMENSIONES PLEGADAS
BULLTRAX	135 EUROS	122 x 37 x 12 cm (largo x ancho x alto)	3,9 KG	NO	IGUAL
MAXTRAXX MKII	326 EUROS	115 x 33 x 6,5 cm (largo x ancho x alto)	3,4 KG	NO	IGUAL
BUSHRANGER X-TRACK II	217 EUROS	140 x 30 x 5 cm (largo x ancho x alto)	8,2 KG	SÍ	50 x 30 x 14 cm (largo x ancho x alto)

Tabla 4. Propuestas de planchas de desatasco. Elaboración propia

Se recomiendan las de la marca BULLTRAX por ser las más económicas que es el parámetro más importante que deben cumplir según los usuarios de los vehículos. Este sistema de recuperación es de última generación e innovador su superficie fabricada con polipropileno de alta resistencia y con una superficie con relieve que se coge a la banda de rodadura del neumático proporcionando una base fija para que el vehículo ligero pueda continuar la marcha.

Estas planchas tienen un peso de 3,9 kilogramos cada una y unas dimensiones de 122 x 37 x 12 cm (largo x ancho x alto). Resisten cualquier tamaño de vehículos atascado en barro, arena o nieve y han sido probados en maniobras militares con buenos resultados, por lo que son la mejor opción a tener en cuenta.

El precio del par de planchas, que sería lo recomendado a dotar para el equipo de recuperación de cada vehículo, ronda los 135 euros, encontrándose en oferta. Teniendo en cuenta el presupuesto anual de las unidades y que este material tiene una larga duración, es asequible invertir este dinero en adquirir este sistema dado el alto grado de fiabilidad para solucionarnos un problema en el desierto. Además, debido a su alta resistencia, también se puede usar en vehículos más pesados como el BMR o el futuro vehículo Dragón 8x8. (Promyges, 2022)



*Ilustración 22. Colocación de planchas. [Fuente](#)*

Para tratar el problema de la corrosión, primero se debería de ofrecer un método de limpieza especial en esta zona que se basaría en una limpieza exhaustiva y día a día del vehículo para eliminar los restos de salitre que se pegan a la pintura y atrasar esa aparición del óxido. En la península se podría realizar con máquinas de lavado a presión tipo Kärcher, el problema en Fuerteventura es que, debido a la ausencia de ríos y fuentes de agua natural, el agua proviene de plantas desalinizadoras teniendo capacidad abrasiva por lo que ayudaría a deteriorar la pintura del vehículo así que no es una opción óptima a tener en cuenta.



*Ilustración 23. Hidrolimpiadora Kärcher 5. [Fuente](#)*

Tras analizar los problemas encontrados generados por la corrosión, se ha procedido a realizar una encuesta (ANEXO A) a personal de la Unidad.

La encuesta se divide en 4 bloques:

**Bloque 1.** Su objetivo es dividir a los encuestados según su escala y su experiencia para usar la información de manera más eficaz. Las preguntas se basan en ver si tiene el



carné de BMR, si han realizado formación específica y si tiene experiencia en el extranjero. De los 26, 23 disponen del carné de BMR, los 26 han recibido formación específica sobre el mantenimiento preventivo de primer escalón de este vehículo, y los 26 han realizado ejercicios en Mauritania o han sido desplegados de misión internacional en zonas desérticas como Mali o Irak.

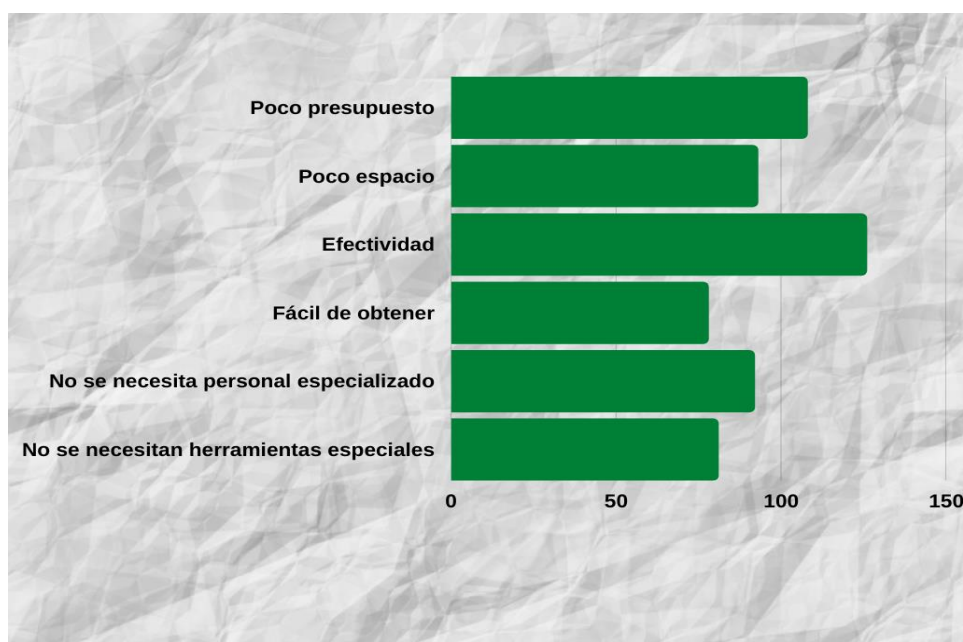
**Bloque 2.** En esta parte, se busca conocer con dos preguntas, qué métodos para evitar la corrosión se conocen y qué características se consideran más importantes para elegir una propuesta de mejora, eligiendo como parámetros: que requiera de poco presupuesto, que ocupe poco espacio, la efectividad, que sea fácil de realizar esa propuesta, la facilidad en obtener esa mejora, que no se requiera ni personal ni herramientas especiales. Para cada una de esas características se le dan valores del 1 al 5, siendo 1 muy poco importante y 5 muy importante.

**Bloque 3.** Aquí se ha buscado ver cuál de las soluciones de mejora para la corrosión en los vehículos consideran más adecuado el personal. Para ello, primero se les ha explicado cada una de las propuestas para que las conozcan si no las conocían, y se les ha dado que le den un valor a cada una de ellas del 1 al 5, siendo 1 muy deficiente y 5 muy eficiente

**Bloque 4.** En este bloque, los resultados obtenidos anteriormente se someten a un análisis multicriterio, se trata de un método de ayuda a la toma de decisiones para elegir la solución óptima. Se consideran un número variable de criterios y se evalúan las diversas posibles soluciones. En este caso utilizamos los métodos de prevención de la corrosión según sus características para ver cuál será el más óptimo.

De los 26 encuestados, 23 piensan que no se realiza un mantenimiento adecuado a los vehículos. Las causas principales que exponen son la falta de tiempo que tienen que dedicar para la instrucción en combate y la falta de herramientas específicas para ello.

A partir de aquí, se procede a dar a conocer las posibles soluciones al problema de corrosión a los encuestados y se realiza una estimación de cuáles son los parámetros más importantes a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo las propuestas de solución valorándolos del 1 al 5.



*Ilustración 24. Valoración de los parámetros que debe de tener la propuesta. Elaboración propia*

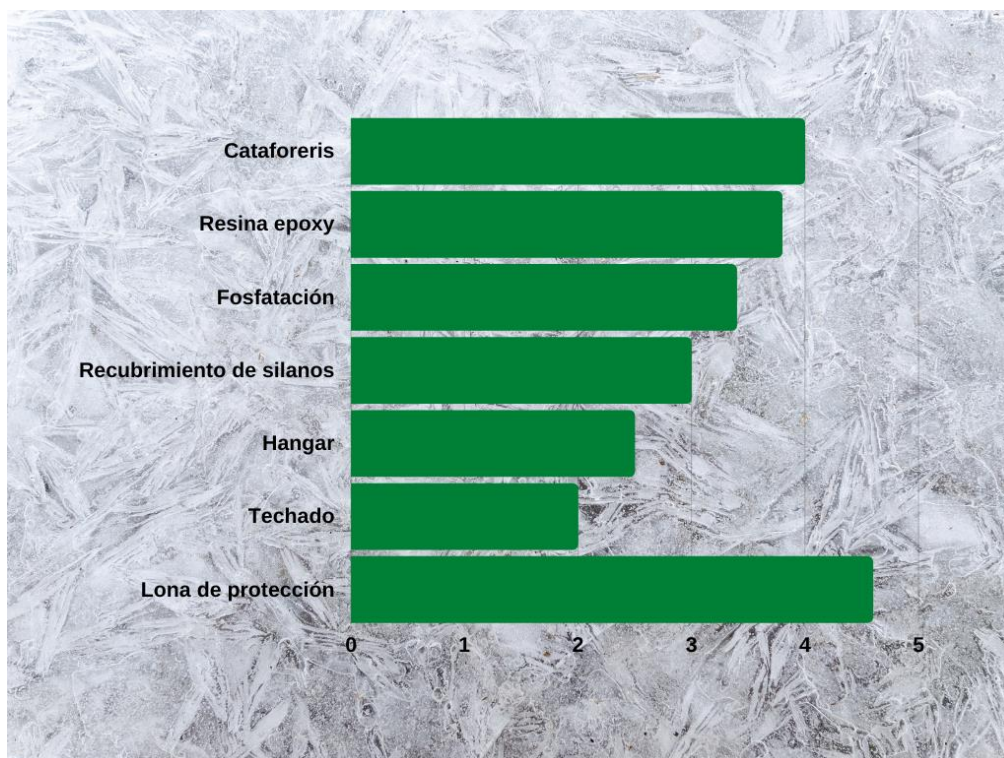
Como se puede observar, los parámetros mejor valorados son que se requiera de poco





presupuesto para llevarlo a cabo y su grado de efectividad para solucionar el problema.

Tras esto, se procede a que los encuestados valoren, según el grado de importancia, distintas soluciones al problema, realizando la media del total de puntos recibidos de cada una para tratar solo 3 de ellas.



*Ilustración 25. Media entre 1 y 5 de la puntuación total obtenida para las propuestas. Elaboración propia*

Tras los resultados, las 2 mejor valoradas son: una lona de protección para los vehículos y el proceso de cataforesis. Por lo cual, a continuación, se analizarán estas 2 opciones.

#### 4.3.2.1 Electrodeposición catódica o Cataforesis

Se trata de un método de pintado por inmersión y se basa en el desplazamiento de partículas cargadas dentro de un campo eléctrico hacia el polo del signo opuesto. El proceso que se sigue es el siguiente (TAMECO, 2020):

- Se somete a las piezas a un proceso de desgrase y fosfatado para asegurar que la pintura se ancla al metal.
- En una cuba con agua desmineralizada, ligante catiónico y pasta pigmentada compuesta por resinas y pintura en polvo pigmentos se inicia el baño de cataforesis a las piezas.
- Cuando se termina el baño, se somete a las piezas a distintos lavados donde se enjuagan las piezas para eliminar los sólidos de pintura que hayan podido quedar.
- Tras la primera capa de pintura, se le aplica una segunda capa que se deposita sobre la



primera y la cual no necesita ser lavada de nuevo.

- Para terminar, se somete a un proceso de horneado a 180° durante más de 20 minutos.

Con este proceso se alcanza un alto grado de protección contra la corrosión, llegando a zonas que serían casi inaccesibles en un pintado manual. Además, es un proceso automatizado, reduciendo así los costes de personal. (PINCASA, s.f.)

El inconveniente de este proceso es que en vehículos actuales sería necesario desmontarlos por completo, por lo que aumentaría mucho su coste y debería ser llevado a cabo por personal del Tercer y Cuarto EMAN. Sin embargo, sí que sería una opción a tener en cuenta para vehículos nuevos que se adquirieran, exigir que vengan con este tipo de pintado y acabar con el problema de la corrosión en los vehículos en Fuerteventura, debería de exigirse en los futuros vehículos Dragón 8x8 que esperan recibirse para el BIPROT 9.

#### 4.3.2.2 Lona para cubrir el vehículo

Una lona de protección para el vehículo, podría ser una solución idónea para este problema ya que, a priori, parece que evita la exposición a los efectos climatológicos de la isla, pero, hay que tener ciertos factores en cuenta.

Hay que ver el material y las propiedades de la lona. No valdría una lona normal de PVC porque, a pesar de que protege del sol, de la lluvia y el viento, debido a la humedad en el ambiente, puede crearse vapor de agua por dentro de la funda que no pueda salir debido a la impermeabilidad de la funda y que produzca el efecto contrario al deseado que sería aumentar la corrosión.

Habría que usar una funda de un material impermeable, pero, que permita que ese vapor de agua salga del interior hacia el exterior. Se podría realizar de material goretex, propio de fundas vivac, usadas por militares en sus maniobras, como la funda vivac de Trangoworld que hace que el vapor generado por tu calor corporal no se condense dentro y salga hacia el exterior.

Se proponen las 3 lonas de protección siguientes:

	TRANSPIRABLE	MATERIAL	PRECIO	VALORACIÓN
LAMEJORFUNDA	SÍ	POLIPROPILENO	200 EUROS	4,4 DE 5
HBCOLLECTION	SÍ	POLIETILENO	260 EUROS	4 DE 5
MAYPOLE MP9424	SÍ	POLIPROPILENO	250 EUROS	4,6 DE 5

*Tabla 5. Propuesta de fundas de protección. Elaboración propia*

La opción elegida es la funda de la empresa LAMEJORFUNDA ya que, además de ser impermeable e hidrófuga, es transpirable eliminando el problema de la humedad del interior, el precio de una funda para caravanas integrales que son de similares medidas al vehículo BMR ronda los 200 euros por funda, siendo la opción más económica. (LAMEJORFUNDA, 2021) Esto lo hace una opción muy barata a la vez que eficaz.



## 5 CONCLUSIONES

Actualmente, numerosos conflictos se están desarrollando en zonas con un clima desértico, en el Ejército de Tierra tenemos al Regimiento de Infantería 'Soria' 9, ubicado en la isla de Fuerteventura, la cual además de poseer las características del clima desértico también tiene las propias de una zona de costa. Esta Unidad se especializa en combate en desierto, lo que ha motivado a desarrollar este proyecto para ver las vicisitudes que se pueden encontrar en estas zonas. Se han extraído las siguientes conclusiones:

- A partir de entrevistas con personal de la Unidad y mediante la observación directa de los medios, se ha observado que este tipo de clima y de orografía sí que supone un problema en cuanto al mantenimiento del material. Lo que hace que se deba tener mayor cuidado que en otras unidades de la península a la hora del mantenimiento y del uso de los materiales de los que dispone el Batallón.
- Los principales problemas que se identificaron han sido: la corrosión en vehículos BMR, de manera que puede evitarse o atrasarse su aparición extremando el cuidado en su limpieza, con un proceso de pintado especial o con una lona de protección transpirable; interrupciones en el armamento debido a la arena y el polvo, para lo cual, es clave la disciplina del personal cumpliendo con las consignas dadas para evitar que pase; y, la movilidad de vehículos ligeros por dunas de arena, solucionándose incluyendo planchas de desatasque en el kit de rescate de los vehículos.
- Mediante encuestas de valoración, se procedió a elegir las propuestas de mejora más adecuadas para cada tipo de problema, dependiendo de varios parámetros, uno de ellos el presupuesto que fue elegido como el más importante a tener en cuenta por el personal.
- Habría métodos más eficaces para solucionar el problema de la corrosión como podría ser la construcción de un hangar, que eliminaría ese problema al no dejar expuestos los vehículos a las condiciones atmosféricas, pero, requiere de un gran presupuesto que es el mayor limitante del Ejército de Tierra para realizar cualquier mejora necesaria.





## 6 BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Schafer, J. A., 2014. *Oxidación y Corrosión*. s.l.:s.n.

Bardhal Industria, 2020. *Qué es la corrosión*. [En línea]  
Available at: <https://www.bardahlindustria.com/explicacion-corrosion/>

BIPROT 'Fuerteventura' I/9, 2012. *Manual de combate en desierto*. s.l.:s.n.

LAMEJORFUNDA, 2021. *LAMEJORFUNDA*. [En línea]  
Available at: <https://lamejorfunda.es/producto/funda-para-autocaravana-integral-economica/#PropiedadesTecnicas>

Lumitos, 2017. *Corrosión*. *Química.es*. [En línea]  
Available at: [https://www.quimica.es/enciclopedia/Corrosi%C3%B3n.html#Tipos\\_de\\_corrosi.C3.B3n](https://www.quimica.es/enciclopedia/Corrosi%C3%B3n.html#Tipos_de_corrosi.C3.B3n)

Militec Inc, s.f. *Información técnica del lubricante Militec-1*, s.l.: s.n.

PEÑA, D., 2011. INTRODUCCIÓN A LA EROSIÓN DE MATERIALES. *ION*, 17(1).

PINCASA, s.f. *PINCASA*. [En línea]  
Available at: <https://www.pincasa.es/ventajas-de-la-cataforesis/#:~:text=Ventajas%20de%20la%20cataforesis.%20Muy%20buen%20grado%20de,las%20deformaciones%20mec%C3%A1nicas.%20Proceso%20totalmente%20automatizado%20y%20fiable.>

PREMETAL, 2017. *PREMETAL*. [En línea]  
Available at: <https://premetal.es/blog/tipos-de-mantenimiento/>

Promyges, 2022. *Promyges 4x4*. [En línea]  
Available at: <https://www.promyges4x4.com/planchas-desatasco/5268-planchas-desatasco-bulltrax-x2.html>

TAMECO, 2020. *Tameco Mecánica Industrial*. [En línea]  
Available at: <https://tameco.es/que-es-la-cataforesis/>

USMC, 1996. *Field Manual. Desert operations*. s.l.:s.n.



## ANEXOS

### 6.1 ANEXO A. Encuesta sobre posibles soluciones para la corrosión.

#### Estudio sobre posibles soluciones para la corrosión en vehículos BMR

Estudio sobre posibles soluciones para la corrosión en vehículos BMR

**\*Obligatorio**

1. Correo electrónico \*

\_\_\_\_\_

2. ¿A qué escala pertenece? \*

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Oficiales  
☐ Suboficiales  
☐ Tropa

3. ¿Dispone del curso de conductor de BMR? \*

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Sí  
☐ No

4. Si ha respondido "Sí" a la anterior pregunta, indique hace cuánto tiempo

\_\_\_\_\_

5. ¿Ha recibido formación específica sobre mantenimiento de vehículos? \*

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Sí  
☐ No



6. Si ha respondido "Sí" a la anterior pregunta, indique qué tipo de formación

\_\_\_\_\_

7. ¿Ha estado de misión o ejercicios en el extranjero? \*

*Marca solo un óvalo.*

☐ Sí

☐ No

8. Si la respuestas anterior es "Sí", indique en qué ejercicio o misión

\_\_\_\_\_

9. ¿Cree que se realiza suficiente mantenimiento para evitar la corrosión en los  
vehículos? \*

*Marca solo un óvalo.*

☐ Sí

☐ No

☐ Tal vez

10. Si ha contestado "No" en la pregunta anterior, indique cuál de estos factores es  
la principal causa \*

*Marca solo un óvalo.*

☐ Falta de tiempo

☐ Falta de herramientas e instalaciones específicas

☐ Disciplina del personal

☐ Otro: \_\_\_\_\_



11. Indique qué soluciones de las propuestas para evitar la corrosión conocía antes de esta encuesta \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- ☐ Electrodeposición catódica o pintado por cataforesis
- ☐ Recubrimiento de resina epoxy
- ☐ Creación de un hangar
- ☐ Lona de protección para el vehículo
- ☐ Fosfatación
- ☐ Recubrimiento de silanos
- ☐ Creación de un techado
- ☐ Ninguna de las anteriores

12. De un valor 1 (muy poco importante) al 5 (muy importante) indique las características que deberían tener las soluciones propuestas \*

*Marca solo un óvalo por fila.*

	1	2	3	4	5
Poco presupuesto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ocupe poco espacio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Efectividad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fácil de obtener	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
No se necesite personal especializado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
No se necesiten herramientas especiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Antonio Salvador Alonso

13. Conociendo ya los siguientes métodos, indique con un valor del 1 (muy deficiente) al 5 (muy eficiente) según el grado de importancia que supondrían las siguientes soluciones para los actuales o futuros vehículos del Ejército \*

*Marca solo un óvalo por fila.*

	1	2	3	4	5
Cataforesis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recubrimiento de Resina Epoxy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fosfatación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recubrimiento de silanos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hangar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Techado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lona de protección para vehículo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>