



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO CONTRA LA APARICIÓN DE ÓXIDO Y CORROSIÓN EN VEHÍCULOS ACORAZADOS Y LIGEROS EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS PERMANENTES

Autor

C.A.C. D. BELGALI MOHAMED ALLALI

Directores

Director académico: TCOL. D. CARLOS LUIS RUIZ LÓPEZ

Director militar: CAP. D. FERNANDO MORENO MARTOS

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a mis directores: a mi director académico, el Tcol. D. Carlos Luis Ruiz López, el cual con su guía y revisión constante hizo posible el aprovechamiento de todos los recursos disponibles a mi alcance y el correcto desarrollo de este TFG y a mi director militar, el Cap. D. Fernando Moreno Martos, que me facilitó la labor poniendo a mi disposición su escuadrón, haciéndome sentir parte de él desde un primer momento.

Me gustaría agradecer también su apoyo y disposición a todos los que sin dudarlo se prestaron a colaborar en este proyecto, dentro y fuera del Regimiento de Caballería Alcántara 10: cuadros de mando y personal de tropa de los distintos escuadrones, escalón de mantenimiento, ULOG, Comandancia de Obra de Melilla, etc.

Otro pilar fundamental que me ha posibilitado el desarrollo de este TFG es sin duda el CUD y sus profesores, sin sus enseñanzas no hubiese sido posible y por ello se lo agradezco.

Por último, no quería dejar pasar la oportunidad de agradecer sinceramente a mi familia (a mi mujer, mis padres y hermanos) por su paciencia y constante apoyo a lo largo de estos años de formación, sin ellos no me hubiera sido posible llegar hasta donde hoy me encuentro.





## RESUMEN

Este trabajo de investigación pretende ser un punto de referencia y de guía a la hora de abordar la degradación de las condiciones operativas por la aparición de óxido y corrosión en diferentes vehículos del Ejército de Tierra (ET), los cuales se encuentren expuestos a condiciones meteorológicas adversas permanentes.

La elaboración del estudio se ha centrado en los vehículos presentes en el Regimiento de Caballería Alcántara 10 (RC-10), ubicado en la plaza militar de la Ciudad Autónoma de Melilla, donde las características de la ciudad (alto porcentaje de humedad, alta temperatura, salinidad atmosférica, etc.) hacen que esta problemática esté acentuada de tal forma que el propio medio se convierte en uno de los vectores principales de agresión contra la integridad de los mismos. Los citados vehículos son los siguientes: el carro de combate Leopard 2A4, el vehículo de combate de caballería Pizarro, los vehículos Nissan Patrol Militar Modelos MC-4 y ML-6 y el vehículo Santana Aníbal Militar.

El objetivo principal de esta investigación es, tanto de forma preventiva como correctiva, hacer frente a la aparición de óxido y corrosión en una flota heterogénea de vehículos, de tal forma que se consiga salvaguardar las condiciones de operatividad de los mismos. Aun siendo tan localizado el estudio, los resultados son fácilmente extrapolables, con una pequeña adaptación, al resto de vehículos del ET en situaciones similares.

La metodología de trabajo empleada para abordar esta investigación ha sido el método científico analítico-sintético, el cual nos ha permitido alcanzar una profundización en el conocimiento de la problemática, en tanto además de su asimilación fenoménica, pudiendo explicar su estructura interna y relaciones entre sus partes, lo que ha hecho posible la adaptación de las conclusiones a diferentes escenarios.

Para alcanzar el objetivo anterior, dentro del marco metodológico citado, se procedió con un análisis pormenorizado de la situación, aplicando diferentes herramientas metodológicas tales como: diagrama de Gantt, grupos de expertos, entrevistas, análisis DAFO, brainstorming, diagramas causa-efecto, análisis de valor, entre otras.

El resultado del proyecto ha sido la selección, entre un grupo de posibles soluciones, de 2 medidas correctivas y preventivas contra la problemática: un dispositivo eléctrico de protección anticorrosiva para vehículos sometidos a situaciones climáticas que propicien la aparición de óxido y corrosión, y un kit de anticorrosión constituido por diferente herramental, material fungible y una guía de utilización.

Este plan de mantenimiento en concreto fue seleccionado tras obtener en los diferentes análisis unos resultados que muestran que la combinación de estas dos soluciones es lo más eficaz, viable y eficiente que se puede acometer en el regimiento en la actualidad, con una mayor relación calidad/precio.

Como línea futura, a largo plazo, quedó contemplada la posibilidad de implementar otras 2 medidas adicionales también estudiadas, que dependerá de la evolución de ciertas inviabilidades técnicas, operativas y económicas de ejecución. Estas medidas son: instalación de una purificadora de agua para el pretratamiento de la misma antes del lavado de los vehículos y la construcción de un hangar climatizado para alojar los vehículos y aislarlos de la climatología.

### Palabras clave

Óxido, corrosión, mantenimiento, vehículos.



## ABSTRACT

This research work aims to be a point of reference and guide when addressing the degradation of operating conditions due to the appearance of rust and corrosion in different vehicles of the Army, which are exposed to permanent adverse weather conditions.

The elaboration of the study has focused on the vehicles present in the Cavalry Regiment 10 of Alcántara, located in the Autonomous City of Melilla, where the characteristics of the city (high percentage of humidity, high temperature, atmospheric salinity, etc.) that this problem increases in such a way that the climate itself becomes one of the main vectors of aggression against its integrity. The vehicles mentioned are: the Leopard 2A4 combat tank, the Pizarro cavalry combat vehicle, the Nissan Patrol military vehicle models MC-4 and ML-6 and the Santana Anibal military vehicle.

The main objective of this research is, both preventively and correctively, to deal with the appearance of rust and corrosion in a heterogeneous fleet of vehicles in such a way as to safeguard their operating conditions. Even though the study is so localized, the results are easily extrapolated, with a small adaptation, to the rest of the ET vehicles in similar situations.

The work methodology used to address this research is: the analytical-synthetic scientific method, which allows us to achieve a deeper understanding of the problem, as well as its phenomenal assimilation, being able to explain its internal structure and relationships between its parts, which makes it possible to adapt the conclusions to different scenarios.

To achieve the above objective, within the aforementioned methodological framework, a detailed analysis of the situation was carried out, applying different methodological tools such as: Gantt chart, groups of experts, interviews, SWOT analysis, brainstorming, cause-effect diagrams, analysis value, among others.

The result of the project has been the selection, from a group of possible solutions, of 2 corrective and preventive measures against the problem: an electrical anti-corrosion protection device for vehicles subjected to climatic situations that favor the appearance of rust and corrosion, and a kit of anti-corrosion consisting of different tools, consumable material and a user guide.

This particular maintenance plan was selected after obtaining results from different analyzes that show that the combination of these two solutions is the most effective, viable and efficient thing that can be undertaken in the regiment today, with a higher quality/performance ratio price.

As a future line, in the long term, the possibility of implementing another 2 additional measures also studied was contemplated, which will depend on the evolution of certain technical, operational and economic execution infeasibility. These measures are: installation of a water purifier for its pre-treatment before washing the vehicles and the construction of an air-conditioned hangar to house the vehicles and isolate them from the weather.

## Keywords

Rust, corrosion, maintenance, vehicles.



# ÍNDICE 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>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 CONTEXTO Y ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 Localización: Ciudad Autónoma de Melilla .....	1
<b>1.2 ÓXIDO Y CORROSIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 VEHÍCULOS ACORAZADOS Y LIGEROS</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 ÁMBITO DE APLICACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>1.6 DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	<b>4</b>
<b>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 ALCANCE</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 Alcance del producto .....	5
2.2.2 Alcance del trabajo .....	6
<b>2.3 METODOLOGÍA</b> .....	<b>7</b>
2.3.1 Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt .....	8
2.3.2 Grupo de expertos .....	8
2.3.3 Revisión bibliográfica .....	8
2.3.4 Documentación sobre el terreno .....	9
2.3.4.1 Observación directa .....	9
2.3.4.2 Entrevistas .....	9
2.3.5 Histograma .....	9
2.3.6 Diagrama causa-efecto.....	9
2.3.7 Brainstorming.....	10
2.3.8 Análisis DAFO .....	10
2.3.9 Simulación de casos prácticos .....	10
2.3.10 Estudio de viabilidad.....	10
2.3.11 Metodología de decisión. Análisis de valor.....	10
<b>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 OXIDACIÓN Y CORROSIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2 CONDICIONES PROPICIAS PARA EL ÓXIDO</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA CIUDAD DE MELILLA</b> .....	<b>14</b>
<b>3.4 VEHÍCULOS EN ESTUDIO</b> .....	<b>14</b>
<b>3.5 PLANES DE MANTENIMIENTO EXISTENTES</b> .....	<b>14</b>
<b>4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO. DIAGRAMA DE GANTT</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
4.2.1 Palabras clave y búsquedas .....	17
4.2.1.1 Servicio de documentación DIDOM .....	17
4.2.1.2 Web of Science.....	17
4.2.1.3 Patentscope .....	19
4.2.2 Estudios más relevantes en el campo.....	19



4.2.3	Patente más relevante en el campo .....	20
<b>4.3</b>	<b>DOCUMENTACIÓN SOBRE EL TERRENO.....</b>	<b>21</b>
4.3.1	Observación directa .....	21
4.3.2	Entrevistas.....	23
4.3.3	Brainstorming.....	24
<b>4.4</b>	<b>ANÁLISIS DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA EN MELILLA. APLICACIÓN DE ISO 9223 E ISO 9224.....</b>	<b>25</b>
<b>4.5</b>	<b>CAUSAS DE LA CORROSIÓN. DIAGRAMA ISHIKAWA .....</b>	<b>29</b>
<b>4.6</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES. BRAINSTORMING.....</b>	<b>29</b>
<b>4.7</b>	<b>ESTUDIO DE SOLUCIONES. ANÁLISIS DAFO.....</b>	<b>30</b>
<b>4.8</b>	<b>SIMULACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS. ANÁLISIS DE EFICACIA .....</b>	<b>32</b>
<b>4.9</b>	<b>ESTUDIOS DE LA VIABILIDAD DE LAS SOLUCIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>4.10</b>	<b>COMPARATIVA CALIDAD/PRECIO DE LAS SOLUCIONES. ANÁLISIS DE VALOR .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>PROPUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>MODELOS E INSTALACIÓN DISPOSITIVO COUPLERTEC .....</b>	<b>37</b>
5.1.1	CouplerTec modelo 4COMM y CouplerTec modelo 12COMM .....	37
5.1.2	Instalación CouplerTec .....	38
<b>5.2</b>	<b>KIT ANTICORROSIÓN 1ºEMAN.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>
	ANEXO I. MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANTICORROSIÓN.....	43
	ANEXO II. MANTENIMIENTO CORRECTIVO ANTICORROSIÓN .....	44
	ANEXO III. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO. DIAGRAMA DE GANTT.....	45
	ANEXO IV. ENTREVISTA TIPO 1 .....	46
	ANEXO V. ENTREVISTA TIPO 2 .....	47
	ANEXO VI. CAUSAS DE LA CORROSIÓN. DIAGRAMA ISHIKAWA.....	48
	ANEXO VII. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES. BRAINSTORMING .....	49
	ANEXO VIII. ANÁLISIS DAFO ACOPLAMIENTO CAPACITIVO COUPLERTEC.....	50
	ANEXO IX. ANÁLISIS DAFO KIT ANTICORROSIÓN DE 1ºEMAN.....	51
	ANEXO X. ANÁLISIS DAFO PURIFICADOR DE AGUA PARA LAVADO DE VEHÍCULOS.....	52
	ANEXO XI. ANÁLISIS DAFO HANGAR CLIMATIZADO PARA VEHÍCULOS MILITARES .....	53
	ANEXO XII. ANÁLISIS DE EFICACIA.....	54
	ANEXO XIII. ESTUDIOS DE VIABILIDAD.....	55
	ANEXO XIV. COMPARATIVA CALIDAD/PRECIO. ANÁLISIS DE VALOR.....	56
	ANEXO XV. MODELOS E INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO COUPLERTEC .....	57
	ANEXO XVI. KIT ANTICORROSIÓN 1ºEMAN .....	58
<b>9</b>	<b>DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....</b>	<b>59</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Valores climatológicos normales. Melilla .....	1
<b>Figura 2</b> Bajos oxidados de vehículo ligero. RC-10 .....	2
<b>Figura 3</b> Vehículos ligeros .....	3
<b>Figura 4</b> Vehículos acorazados .....	3
<b>Figura 5</b> Línea de Leopard 2A4. RC-10 .....	4
<b>Figura 6</b> Ruta de la investigación [enfoque] .....	7
<b>Figura 7</b> Inestabilidad de los materiales en oxígeno .....	12
<b>Figura 8</b> Resistividad a la corrosión .....	12
<b>Figura 9</b> Correlación salinidad-corrosión .....	13
<b>Figura 10</b> Registros por año de publicación. Búsqueda 1 .....	18
<b>Figura 11</b> Registros por año de publicación. Búsqueda 2 .....	18
<b>Figura 12</b> Registros de patentes por países y años .....	19
<b>Figura 13</b> Resultado de aplicar la protección de acoplamiento capacitivo .....	21
<b>Figura 14</b> Valores climatológicos semana de octubre. Melilla .....	22
<b>Figura 15</b> Línea de vehículos. RC-10 .....	22
<b>Figura 16</b> Alojamiento barra de torsión. Pizarro. RC-10 .....	22
<b>Figura 17</b> Unión cabina de conducción con caja de personal. Santana Aníbal. RC-10 .....	22
<b>Figura 18</b> Diagrama proceso brainstorming modificado .....	24
<b>Figura 19</b> Variación de CL- en la atmosfera con la distancia a la costa .....	26
<b>Figura 20</b> Humectación diaria en Melilla durante el año 2021 .....	27
<b>Figura 21</b> Histograma Corrosividad atmosférica para el acero en Melilla durante el año 2021 .....	27
<b>Figura 22</b> Histograma Corrosividad atmosférica para el cinc y el cobre en Melilla durante el año 2021 .....	28
<b>Figura 23</b> Histograma Corrosividad atmosférica para el aluminio en Melilla durante el año 2021 .....	28
<b>Figura 24</b> Diagrama causa efecto de la aparición de corrosión en vehículos del ET en Melilla .....	29
<b>Figura 25</b> Diagrama de ideas para evitar y corregir la corrosión de vehículos del ET en Melilla. Brainstorming .....	29
<b>Figura 26</b> Símbolos .....	30
<b>Figura 27</b> DAFO acoplamiento capacitivo CouplerTec .....	30
<b>Figura 28</b> DAFO kit anticorrosión de 1ºEMAN para vehículos .....	31
<b>Figura 29</b> DAFO Limpieza y depuración del agua usada para lavar los vehículos .....	31
<b>Figura 30</b> DAFO Hangar climatizado para vehículos militares .....	31
<b>Figura 31</b> CouplerTec 4COMM .....	37
<b>Figura 32</b> CouplerTec 12COMM .....	38
<b>Figura 33</b> Manual y videotutorial de instalación .....	38
<b>Figura 34</b> Herramientas y fungibles. Kit anticorrosión .....	39



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 0</b> Escalones de mantenimiento.....	15
<b>Tabla 1</b> Tareas a realizar en el trabajo .....	16
<b>Tabla 2</b> Diagrama de Gantt.....	16
<b>Tabla 3</b> Categoría de corrosividad atmosférica .....	25
<b>Tabla 4</b> Clasificación tiempo humectación .....	25
<b>Tabla 5</b> Clasificación de la contaminación por nivel de SO <sub>2</sub> .....	25
<b>Tabla 6</b> Clasificación de la contaminación por nivel de CL- .....	25
<b>Tabla 7</b> Clasificación de la corrosividad atmosférica para el acero- .....	26
<b>Tabla 8</b> Clasificación de la corrosividad atmosférica para el cinc y el cobre- .....	26
<b>Tabla 9</b> Clasificación de la corrosividad atmosférica para el aluminio- .....	26
<b>Tabla 10</b> Corrosividad atmosférica mensual para el acero, cinc, cobre y aluminio en Melilla durante el año 2021 .....	28
<b>Tabla 11</b> Asignación numérica según porcentaje de eficacia .....	32
<b>Tabla 12</b> Eficacia de cada solución en condiciones ideales de aplicación .....	32
<b>Tabla 13</b> Eficacia conjunta de cada combinación posible de soluciones en condiciones ideales de aplicación.....	32
<b>Tabla 14</b> Eficacia conjunta para casuísticas más negativas de cada solución .....	33
<b>Tabla 15</b> Estudio de viabilidad de las soluciones propuestas .....	34
<b>Tabla 16</b> Puntuación en calidad de diferentes propiedades según su valor .....	35
<b>Tabla 17</b> Clase calidad de cada solución disponible .....	36
<b>Tabla 18</b> Clase precio de cada solución disponible.....	36
<b>Tabla 19</b> Adecuación del precio de cada solución disponible .....	36
<b>Tabla 20</b> Características CouplerTec 4COMM.....	37
<b>Tabla 21</b> Características CouplerTec 12COMM.....	38
<b>Tabla 22</b> Kit de instalación para modelos 4COMM y 12COMM .....	38
<b>Tabla 23</b> Herramientas y productos para instalación .....	38
<b>Tabla 24</b> Instrucciones de instalación.....	38
<b>Tabla 25</b> Herramientas y fungibles. Kit anticorrosión .....	39
<b>Tabla 26</b> Guía de usuario. Kit anticorrosión .....	39



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<b>1ºEMAN</b> .....	1º Escalón de Mantenimiento
<b>2ºEMAN</b> .....	2º Escalón de Mantenimiento
<b>3ºEMAN</b> .....	3º Escalón de Mantenimiento
<b>4ºEMAN</b> .....	4º Escalón de Mantenimiento
<b>AALOG</b> .....	Agrupación de Apoyo Logístico
<b>AEMET</b> .....	Agencia Estatal Meteorológica
<b>AP</b> .....	Adecuación del Precio
<b>Col</b> .....	Coronel
<b>COLAG</b> .....	Complejo Logístico de Apoyo General
<b>CP</b> .....	Clase de Precio
<b>CQ</b> .....	Clase de Calidad
<b>CUD</b> .....	Centro Universitario de la Defensa
<b>DAFO</b> .....	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
<b>DIDOM</b> .....	Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales
<b>ET</b> .....	Ejército de Tierra
<b>IPC</b> .....	International Patent Classification
<b>ISO</b> .....	International Organization for Standardization
<b>MADOC</b> .....	Mando de Adiestramiento y Doctrina
<b>OAE,s</b> .....	Órganos de Alta Especialización Logística de la Fuerza
<b>OLC,s</b> .....	Parques y Centros de Mantenimiento
<b>OMPI</b> .....	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
<b>RC-10</b> .....	Regimiento de Caballería número 10
<b>Subt. Scc. Manto</b> .....	Subteniente jefe de la Sección de Mantenimiento
<b>TN</b> .....	Territorio Nacional
<b>TO</b> .....	Teatro de Operaciones
<b>Tte. ING PTec</b> .....	Teniente Ingeniero Politécnico
<b>ULOG</b> .....	Unidad Logística
<b>UNIZAR</b> .....	Universidad de Zaragoza
<b>WoS</b> .....	Web of Science



# 1 INTRODUCCIÓN

Con el propósito de entender el objeto de la realización de este proyecto, se presentará un pequeño esbozo de la situación que ha justificado la realización del mismo mediante la contextualización de la problemática, definición de conceptos clave y su ámbito de aplicación. Todo ello de forma escueta ya que se tratará en profundidad en el marco teórico del trabajo.

Así mismo se presentará la estructura del trabajo, enunciando las partes que lo componen de forma clara y concisa para una mayor comprensión del enfoque tomado en su desarrollo.

## 1.1 CONTEXTO Y ANTECEDENTES

El ET español dispone de diferentes flotas de vehículos constituidas cada una de forma heterogénea y ubicadas por distintas zonas del Territorio Nacional (TN) y por otras tantas de los Teatros de Operaciones (TO) en los que participa.

Un aspecto fundamental e imperativamente necesario para el ET es mantener en un alto grado la operatividad de estos vehículos de forma que puedan ser empleados en cualquier momento. Para ello es imprescindible la realización de un mantenimiento preventivo y correctivo eficaz y eficiente que lo permita.

La heterogeneidad de estas flotas, constituidas por diferentes tipos de vehículos, así como las diferentes condiciones meteorológicas de los emplazamientos de los mismos, hacen necesario que estas tareas de mantenimiento sean modulables y que hagan hincapié en uno u otro aspecto según las necesidades específicas de cada caso.

En el caso que nos atañe, nos encontramos enfrentados a la aparición de óxido y corrosión en diferentes tipos de vehículos expuestos permanentemente a unas condiciones meteorológicas adversas que propician esta problemática. Y donde el plan de mantenimiento en este sentido es insuficiente provocando la inoperatividad de los mismos.

### 1.1.1 Localización: Ciudad Autónoma de Melilla

En concreto nos encontramos en la ciudad española de Melilla, ciudad costera ubicada al sur del Mar de Alborán, al noreste del Magreb y en la base del Cabo Tres Forcas. Con una superficie aproximada de 12,15 km<sup>2</sup> y una altitud máxima de un centenar de metros.

La climatología de este territorio es Mediterráneo semiárido y se caracteriza por su alto porcentaje de humedad y alta temperatura. Datos obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (Ver figura 1).

Mes	T	TM	Tm	R	H	Leyenda
Enero	13.3	16.7	9.9	58	72	T Temperatura media mensual/anual (°C)
Febrero	13.8	17.0	10.6	57	74	TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Marzo	15.2	18.5	11.9	44	73	Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
Abril	16.6	20.1	13.2	36	69	R Precipitación mensual/anual media (mm)
Mayo	19.1	22.5	15.7	20	67	H Humedad relativa media (%)
Junio	22.4	25.8	19.0	7	67	
Julio	25.3	28.9	21.7	1	66	
Agosto	25.9	29.4	22.4	4	69	
Septiembre	23.8	27.1	20.5	16	72	
Octubre	20.4	23.7	17.2	40	75	
Noviembre	17.0	20.3	13.7	57	74	
Diciembre	14.6	17.8	11.2	50	73	
Año	18.9	22.3	15.6	391	71	

Figura 1 Valores climatológicos normales. Melilla.  
Fuente: (Agencia Estatal de Meteorología, 2022)

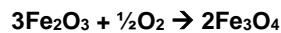
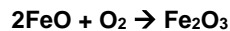
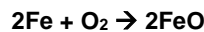


## 1.2 ÓXIDO Y CORROSIÓN

Para comprender ambos conceptos y diferenciarlos podemos decir que la oxidación es la reacción que se produce entre el oxígeno, generalmente presente en el aire o en el agua, y un material, mientras que la corrosión por su lado es el deterioro ocasionado como resultado de esa oxidación prolongada en el tiempo. (Ver figura 2).

Sin entrar en mucho detalle podemos entonces definir la oxidación como una reacción química o electroquímica superficial de un material en contacto con el oxígeno que provoca su transformación en óxidos complejos debido a que estos materiales buscan alcanzar un estado de menor potencial energético, es decir, tratan de alcanzar su estado natural, lo que les permite estabilizarse termodinámicamente.

El caso del hierro es particularmente sensible ya que se produce una evolución de sus diferentes óxidos produciendo fracturas que permiten la continuación de la oxidación:



De tal forma la corrosión quedaría definida como el proceso de deterioro de materiales metálicos (incluyendo tanto metales puros, como aleaciones de estos), mediante reacciones químicas y electroquímicas (Revie & Ughlig, 2008).



Figura 2 Bajos oxidados de vehículo ligero. RC-10. Fuente: elaboración propia

## 1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO

El mantenimiento es uno de los aspectos fundamentales para preservar la operatividad de las unidades militares y por lo tanto consume la parte más importante de los recursos económicos destinados a materiales. Es de vital importancia tener una planificación de mantenimiento minuciosa y adaptada a cada necesidad para no desperdiciar estos recursos. Para ello debemos distinguir al menos entre:

- Mantenimiento correctivo: restituir las condiciones de servicio del material averiado.
- Mantenimiento preventivo: conservar en condiciones de servicio y proteger el material.

## 1.4 VEHÍCULOS ACORAZADOS Y LIGEROS

Como se ha comentado en apartados anteriores, el ET dispone una gran variedad de flotas de vehículos que a su vez están conformadas por distintos tipos de vehículos.

Para poder hacer una elaboración más clara y concisa de las necesidades de estos vehículos y sus vulnerabilidades al proceso de corrosión, los clasificaremos a groso modo en:

- Vehículos ligeros: son vehículos especialmente acondicionados para el transporte de mercancías y/o personal. En nuestro caso: los vehículos Nissan Patrol Militar Modelos MC-4 y ML-6 y el vehículo Santana Aníbal Militar. (Ver figura 3).



Figura 3 Vehículos ligeros. Fuente: (ET MADOC, 2022)

- Vehículos acorazados: son vehículos de combate con protección en forma de blindaje, además disponen de diverso armamento para combatir. En nuestro caso: el carro de combate Leopard 2A4 y el vehículo de combate de caballería Pizarro. (Ver figura 4).



Figura 4 Vehículos acorazados. Fuente: (ET MADOC, 2022)

## 1.5 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El trabajo de investigación está centrado en los vehículos presentes en el Regimiento de Caballería Alcántara 10, ubicado en la plaza militar de la Ciudad Autónoma de Melilla, afectados por el óxido y la corrosión, y por tanto los resultados, conclusiones y posibles propuestas de implementación son de directa aplicación para dicho regimiento.

Aun así, los resultados y propuestas de implementación son fácilmente extrapolables, con una pequeña adaptación, al resto de vehículos del ET que se encuentren expuestos a situaciones meteorológicas similares.



## 1.6 DESARROLLO DEL PROYECTO

El trabajo está estructurado de forma que presenta una línea clara entre la investigación y los resultados de la misma, en pro de la resolución del problema en cuestión. A lo largo de la progresión de esa línea continuista de soluciones se introducirá diferentes perspectivas de análisis que abordarán la temática con diferentes enfoques dándole mayor profundidad y valor al análisis. Podemos por tanto mencionar las partes componentes del trabajo de la siguiente manera:

- Introducción: en este apartado se presenta la justificación de la elaboración del trabajo, exponiendo los principales conceptos que nos dan las claves del tema en cuestión, así como la estructura del mismo.
- Objetivos y metodología: aquí se expondrá el planteamiento y alcance del trabajo, haciendo hincapié en las metodologías usadas, definiendo los objetivos generales y específicos de forma concreta, viable, clara y concisa, y describiendo hasta dónde va a llegar el desarrollo del trabajo (hitos a conseguir y tareas a realizar en el tiempo con los medios disponibles).
- Antecedentes y marco teórico: estudio del estado de las investigaciones en curso (estado del arte) tanto de fuentes abiertas como internas del ET y documentación sobre el terreno.
- Desarrollo (análisis y resultados): definición de la problemática, preguntas de investigación e hipótesis de causas; desarrollo y prueba de las hipótesis; planteamiento y análisis de posibles soluciones; desarrollo de casos prácticos y estudio de resultados; y respuestas a las preguntas de investigación.
- Propuestas de implementación: formulación de plan de actuación y medios.
- Conclusiones: aportaciones del trabajo y consecución de objetivos.



Figura 5 Línea de Leopard 2A4. RC-10. Fuente: elaboración propia



## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS

Ante la situación expuesta en el apartado anterior de introducción, e identificando a groso modo la problemática que ocasiona la corrosión en los vehículos presentes en esas condiciones meteorológicas tan agresivas, el presente trabajo plantea diversos objetivos:

Como objetivo general, elaborar un paquete de medidas de mantenimiento contra la oxidación y corrosión en vehículos ligeros y acorazados, maximizando de esta manera la operatividad de la flota de vehículos.

Para alcanzar este objetivo general es necesario subdividirlo en los siguientes objetivos específicos:

- Conocer los fundamentos científicos de los procesos por los que surge la corrosión.
- Conocer y analizar las causas por las que los vehículos se ven tan afectados por la corrosión.
- Analizar los distintos tipos de vehículos y en qué forma son afectados por la corrosión.
- Plantear medidas correctivas y analizar su viabilidad.
- Plantear medidas preventivas y analizar su viabilidad.

Cabe destacar que la orientación de estos objetivos viene condicionada por la petición expresa del Regimiento de Caballería Alcántara 10 de realizar un estudio en este ámbito.

### 2.2 ALCANCE

Este apartado tiene como finalidad presentar, tras recopilar y estudiar los requisitos del proyecto, una descripción de una solución concreta que nos permitirá llegar a los resultados óptimos esperados.

Se hará distinción entre el alcance del producto, que recoge las características y funciones que deben esperarse del producto resultante del trabajo (paquete de medidas de mantenimiento contra la oxidación y corrosión); y el alcance del trabajo, que son las tareas necesarias a desarrollar para entregar el producto.

Esta descripción detallada del producto y del trabajo nos indica que está y no está incluido, proporcionando un conocimiento común del alcance entre todos los interesados en el mismo.

#### 2.2.1 Alcance del producto

El producto en cuestión al que está encaminado el proyecto es un plan de mantenimiento contra la oxidación y corrosión de los vehículos ligeros y acorazados, de tal manera que de forma correctiva sea capaz de devolver a condiciones óptimas el estado de los vehículos afectados por esta problemática y a su vez elaborar una serie de medidas y recursos de mantenimiento encaminados a la prevención de la aparición de dicho óxido y corrosión.

Como requisito excluido del producto, tenemos que mencionar que: no se contempla el mantenimiento para vehículos los cuales sufren un nivel de corrosión tan elevado que haya provocado la destrucción de gran parte de sus componentes y que por tanto suponga inviable técnicamente su reparación por los especialistas de la propia unidad (segundo escalón de



mantenimiento con dependencia orgánica de la unidad (2º escalón)).

No obstante, nuestro producto se compromete a detener y devolver a condiciones óptimas en cuanto a niveles de oxidación a los vehículos que, dentro de la gravedad de su afección sean reparables a lo sumo por el 2º escalón. Así como a prevenir que vuelva a surgir dicha corrosión.

## 2.2.2 Alcance del trabajo

Para poder conocer la solución propuesta, en forma de tareas, para alcanzar los objetivos planteados, seguiremos un orden "cronológico relativo" en tanto en cuanto a la necesidad de simplificar y expresar de forma clara el alcance del trabajo, pero sin olvidar las diferentes dependencias que existen entre cada una de las áreas y los recursos disponibles.

Primeramente se procederá con el trabajo documental, donde se recoge información técnica de diferentes fuentes tanto abiertas como propias del ET y que a su vez abarcan diferentes dimensiones. El estudio se enfocará en los siguientes aspectos técnicos:

- Procesos de oxidación y corrosión.
- Causas climatológicas que propician la problemática.
- Características de los vehículos y planes de mantenimiento existentes.
- Instalaciones existentes en el RC-10.
- Dispositivos y productos anticorrosivos.

Los recursos y fuentes disponibles para la obtención de dicha información los podemos resumir en: fuentes abiertas, intranet del ET, observación directa, grupos de expertos, Unidad Logística de Melilla (ULOG), Comandancia de Obra de Melilla y 2º escalón de mantenimiento del RC-10, entre otros.

Seguidamente el proyecto tomará un carácter más empírico, donde mediante un análisis, basado en el marco teórico-práctico estudiado, profundizará en la casuística y contrastará las hipótesis establecidas anteriormente con el fin de acotar la solución a los objetivos propuestos.

Finalmente, el trabajo alcanzará su etapa culmen, elaborando el producto o solución a la problemática y estableciendo una hoja de ruta para su puesta en práctica.

Como requisitos excluidos del proyecto, estableciendo explícitamente lo que queda fuera del alcance del trabajo, debemos mencionar que la corrosión en sí provoca el deterioro de diferentes componentes del vehículo; este deterioro puede hacer que la funcionalidad de estos componentes sea irrecuperable o que por su parte sea necesaria la intervención de escalones de mantenimiento superiores a los de la unidad. En estos casos queda fuera del alcance del trabajo el tratamiento necesario para recuperar la operatividad de dichos vehículos. Aun siendo cierto que la aplicación de este proyecto a tiempo puede evitar que se alcance esa situación.

Como hipótesis de partida estableceremos según el juicio de los expertos consultados, la experiencia de los stakeholders y mi propia experiencia en la temática, que el mantenimiento que existe actualmente en el ET contra la corrosión en vehículos es insuficiente en las plazas con características meteorológicas adversas y por tanto ha de plantearse la adaptación del mismo o la creación de un nuevo plan más agresivo en este aspecto.

Como restricciones del proyecto a las que nos enfrentaremos, cabe destacar:

- Limitación temporal: la recopilación de datos y trabajos de campo en la unidad queda restringida a las fechas comprendidas entre el 03/09/22 y el 15/09/22.



- Limitación de localización: al emplazarse el RC-10 en la ciudad de Melilla, dada su condición extrapeninsular es más complicado realizar comparativas sobre el terreno para diferentes condiciones meteorológicas.
- Limitaciones en recursos financieros y/o de personal para acometer ciertas fases del trabajo.

## 2.3 METODOLOGÍA

Para responder a las preguntas de investigación nos basaremos en el método científico analítico-sintético que consiste en un procedimiento que logra la descomposición de una integridad en sus partes y relaciones componentes (análisis), complementado con el procedimiento de síntesis, que permite la integración de las partes constitutivas del objeto. En esta nueva comprensión del todo se alcanza una profundización en el conocimiento del mismo, en tanto además de su asimilación fenoménica, pudiendo explicar su estructura interna y relaciones entre sus partes.

Este método es el idóneo ya que permitirá, en la investigación científica, penetrar en los aspectos que pueden constituir causas del fenómeno, y así, desentrañar los elementos que son necesarios modificar para cambiar el comportamiento del todo, en estrecha relación con sus partes constitutivas.

De esta manera, en el siguiente diagrama (Figura 6) podemos ver en su conjunto como aplicaremos el método analítico-sintético:



Figura 6 Ruta de la investigación [enfoque]. Fuente: elaboración propia



### 2.3.1 Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt

A la hora de planificar el proyecto es esencial tener una buena gestión del tiempo y para ello un adecuado control del cronograma. En nuestro caso este aspecto es de vital importancia ya que disponemos de una limitación temporal bastante significativa. Por ello haremos uso de una útil herramienta que nos permita elaborar dicho cronograma (diagrama de Gantt).

El diagrama de Gantt se constituye como una herramienta la cual de una forma gráfica nos permite planificar y controlar la ejecución de las tareas de un proyecto delimitándolas en un determinado periodo de tiempo, de tal forma que con un rápido vistazo conozcamos fácilmente su información crítica (fecha de inicio y de fin de cada tarea, estimación precisa del tiempo en acometer cada fase, personal implicado en cada tarea, superposición de tareas, interdependencia, progreso del flujo de trabajo, etc.) (Sancho Val, 2020).

### 2.3.2 Grupo de expertos

A la hora de elaborar el proyecto, tanto en la recopilación de información como en la dirección a seguir a lo largo de la investigación, se optará por conformar un grupo de expertos en diferentes disciplinas cuyas apreciaciones serán tomadas en cuenta de tal manera que aparezcan de forma transversal en cada uno de los apartados de este trabajo, así como en el propio enfoque del mismo.

La selección del grupo de expertos queda condicionada por diferentes factores de tal manera que su disposición final es la siguiente:

- **Grupo 1, jefes departamentales** (conocedores a nivel más alto de la problemática y de las medidas aplicadas actualmente):
  - Coronel jefe de la Unidad Logística de Melilla (Col. ULOG).
  - Teniente ingeniero politécnico de la Comandancia de Obra de Melilla (Tte. ING PTec.).
  - Subteniente jefe de la sección de mantenimiento del RC-10 (Subt. Scc. Manto).
- **Grupo 2, especialistas** (expertos en el mantenimiento):
  - Especialista responsable del área de manto. de barcaza del 2º escalón del RC-10.
  - Especialista responsable del área de manto. de torre del 2º escalón del RC-10.
  - Especialista responsable del área de chapa y pintura del 2º escalón del RC-10.
- **Grupo 3, tripulaciones** (conocedores de primera mano de los fallos y carencias actuales ante esta problemática):
  - Conductor de Carro de Combate Leopard 2A4.
  - Conductor de Vehículo de Combate de Caballería Pizarro.
  - Conductor de Vehículo ligero.

### 2.3.3 Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica es un apartado esencial en este proyecto ya que en ella se fundamentan el análisis y resultados obtenidos para alcanzar los objetivos propuestos. Por esta razón su uso estará presente de forma transversal en todos los apartados del trabajo.



Como ya se ha comentado con anterioridad las fuentes serán tanto libres como internas del ET.

Por la importancia que tiene para nuestro proyecto, esta revisión bibliográfica supondrá el desarrollo de diferentes apartados donde se recopila y estudia dicha información.

### **2.3.4 Documentación sobre el terreno**

Otra fuente fundamental de información del presente trabajo, es la adquirida directamente del terreno durante el periodo de prácticas externas en el RC-10 de Melilla.

Esta información, al igual que la bibliografía, es usada de forma transversal en todo el desarrollo del trabajo. Quedando recopilada en diferentes apartados.

#### **2.3.4.1 Observación directa**

Para la recopilación de dicha información sobre el terreno nos valdremos de la observación directa de los diferentes medios afectados por la problemática, de las condiciones a las que se encuentran expuesto y de las medidas existentes de mantenimiento correctivo y preventivo.

Para que la información a obtener por este método sea lo más veraz posible y no quede adulterada por la acción del observador o por el simple hecho de su presencia, se procede de tal manera que sea una observación no intrusiva, sin participación del observador, de larga duración y diferenciando la información objetiva de la subjetiva.

#### **2.3.4.2 Entrevistas**

Con las entrevistas lo que se pretende es obtener esa información del terreno que con la observación directa no se puede recabar, así como conocer la opinión de los entrevistados con respecto a la temática para posteriormente compararla y analizarla con respecto al resto de información.

Las entrevistas se realizarán de forma individualizada a los componentes de los grupos de expertos de forma presencial.

### **2.3.5 Histograma**

Con esta herramienta dispondremos de una representación gráfica que nos permite analizar la distribución de las frecuencias de un suceso particular y delimitar así su comportamiento. (Acero, et al., 2017).

En nuestro caso nos valdrá para analizar la frecuencia en la que las condiciones meteorológicas de Melilla son propensas a acentuar los procesos de oxidación y corrosión en los vehículos, delimitando así su comportamiento a lo largo del tiempo.

### **2.3.6 Diagrama causa-efecto**

Con este método determinamos, visualizamos y analizamos de forma clara las causas que provocan un determinado efecto, partiendo de toda la información recabada con anterioridad. (Acero, et al., 2017).

Con esta herramienta veremos de forma gráfica las causas primarias, desglosadas a su vez en secundarias, que provocan el óxido y la corrosión en los vehículos del ET ubicados en Melilla.



### **2.3.7 Brainstorming**

Herramienta que nos facilita la búsqueda de ideas para resolver problemas determinados. Para ello se conforma un grupo de miembros especializados en diferentes campos guiados por un moderador de tal manera que durante un periodo prefijado se lancen dichas ideas (Acero, et al., 2017).

Este método de trabajo en grupo nos será de utilidad a la hora de elaborar un listado de posibles soluciones contra la corrosión de los vehículos. Para lo cual antes de comenzar la sesión se le explicará a cada integrante del grupo el análisis previo de las causas de esta problemática.

Debido a restricciones de tiempo, espacio y disponibilidad del personal, se adaptará la herramienta de la siguiente manera:

Cada individuo de cada grupo será consultado 2 veces, cada individuo conocerá las aportaciones que realizaron los anteriores participantes antes de dar su contribución y se procederá en el siguiente orden: grupo 1 a cada integrante de forma individualizada en diferentes emplazamientos, grupo 2 al completo en un emplazamiento y grupo 3 al completo en otro emplazamiento. Tras la aportación de todos se volverá a realizar una nueva ronda de consultas en el mismo orden.

### **2.3.8 Análisis DAFO**

Este análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades nos permite evaluar la situación actual en busca de tomar la decisión idónea en una disyuntiva.

Nos valdremos del análisis DAFO para evaluar las posibles soluciones halladas y posteriormente tomar una decisión respecto a ellas.

### **2.3.9 Simulación de casos prácticos**

Con el fin de comprobar los posibles resultados de aplicar las soluciones encontradas en diferentes casuísticas se ha planteado una serie de casos prácticos en las que poner a prueba en qué medida son de aplicación y con qué nivel de calidad responden a ciertas exigencias.

Dadas las limitaciones existentes en el ámbito económico, temporal y de material, no se contempla la posibilidad de aplicación de ciertos diseños de experimento, y por tanto se realizarán algunas de estas simulaciones de forma teórica basadas en la experiencia, otros experimentos ya realizados y en la base documental existente.

### **2.3.10 Estudio de viabilidad**

El objetivo de este apartado es proporcionar la información suficiente para determinar si la aplicación de las soluciones encontradas debe de ejecutarse o no. Para ello se realizará: un análisis técnico, operativo, económico y financiero para verificar la posibilidad de realización.

### **2.3.11 Metodología de decisión. Análisis de valor**

En este último apartado se realizará un análisis para decidir cuán beneficiosa sería la implantación de cada solución, especificando su relación calidad/precio. Para ello se aplicará un análisis de valor donde se estudien y comparen la calidad y el precio del producto obteniendo una valoración de cuanto se adecua a nuestras necesidades.



## 3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

En este apartado, esencial para comprender el enfoque tomado a la hora de abordar el proyecto, se presentan los fundamentos teóricos en los que se basa el hecho de que diferentes vehículos del Regimiento de Caballería Alcántara 10, ubicado en la Ciudad Autónoma de Melilla, sufran de un deterioro de su operatividad debido a la acción del óxido y la corrosión sobre ellos. Para dicha tarea se realizará un esfuerzo de análisis que descompondrá todas las partes componentes que integran esta problemática justificándolas dentro de este marco de referencia mediante la aproximación al estado del arte de la investigación.

### 3.1 OXIDACIÓN Y CORROSIÓN

Como una primera aproximación teórica a la problemática comenzaremos con el estudio de los fundamentos del proceso de oxidación y corrosión.

Como ya se comentó en el apartado introductorio, la oxidación es la reacción que se produce entre el oxígeno y un material, mientras que la corrosión por otro lado es el deterioro ocasionado como resultado de esa oxidación prolongada en el tiempo en un material metálico.

Cuando hablamos de materiales metálicos hay que tener presente que estos son obtenidos a través del procesamiento de minerales y menas, pasando de encontrarse en su estado natural a un estado de mayor energía. Debido a esto, con el paso del tiempo, dichos materiales buscan alcanzar un estado energético de menor potencial volviendo a su estado natural y permitiéndoles así estabilizarse termodinámicamente (Javaherdashti, 2008).

Distingamos ahora entre oxidación seca, donde el material reacciona con el oxígeno atmosférico, y corrosión electroquímica o húmeda, que corresponde a la oxidación de un metal en presencia de un medio conductor eléctrico (electrolito).

- **En la oxidación seca** el metal reacciona con el oxígeno atmosférico a alta temperatura quedando descrita dicha reacción de forma general de la siguiente manera:

Reacción química de oxidación simplificada:  $M + O \rightarrow MO$

1. El metal "M", pasa a convertirse en un ion cediendo electrones "e":  
 $M \rightarrow Mn_+ + ne.$
2. El oxígeno "O" capta esos electrones cedidos por el metal y forma el ion:  
 $1/2O_2 + 2e. \rightarrow O_2.$

Reacción:  $2Mn_+ + n \cdot O_2 \rightarrow M_2O_n$

Esta reacción química genera una capa de óxido que recubre al metal, la cual puede funcionar como capa protectora que evita que continúe el proceso de oxidación en el metal ya que lo aísla del oxígeno. Que suceda esto dependerá de diferentes factores como: buena adherencia al metal, que el óxido tenga un alto punto de fusión, una baja presión de vapor, cierta plasticidad, baja conducción eléctrica y bajos coeficientes de difusión para aniones (oxígeno) y cationes (metal) y que los coeficientes de expansión térmica del óxido y del metal sean semejantes (Ríos Jordana, 2014). En caso contrario, como sucede con los metales ferrosos, se produce una evolución de sus diferentes óxidos permitiendo que la oxidación continúe en el metal.

Es condición necesaria para que se produzca esta reacción que la variación de la energía libre del sistema sea negativa  $\Delta G < 0$ . En la figura 7 podemos ver la inestabilidad de algunos



materiales en oxígeno según su energía de formación de óxido.

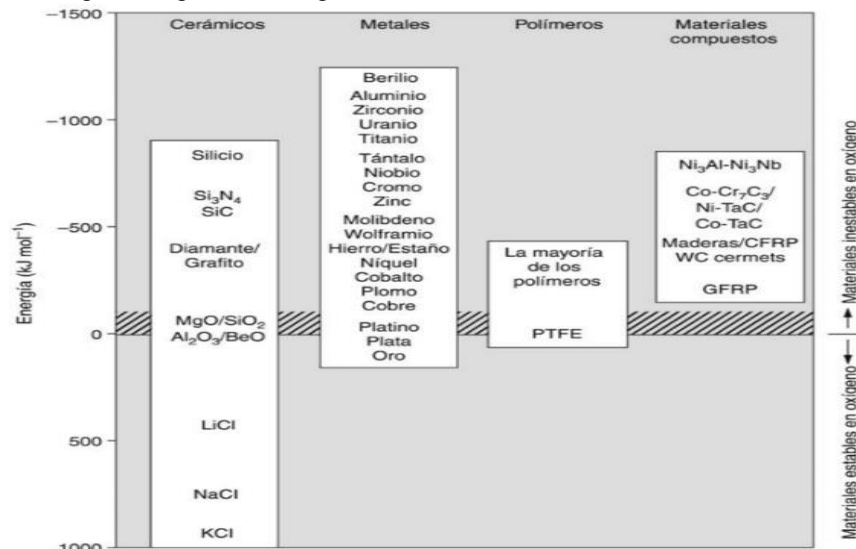


Figura 7 Inestabilidad de los materiales en oxígeno. Fuente: (Varona Ruiz, et al., 2011)

- **La corrosión húmeda** es el proceso de corrosión predominante a temperatura ambiente que necesita de la presencia de un electrolito para la oxidación del metal.

Cuando a la oxidación seca, cuyos efectos son relativamente ligeros, le añadimos los factores de temperatura y humedad, la situación cambia de forma que con el aumento de estas dos variables se produce un aumento en la intensidad de la corrosión. Siendo esto lo que sucede con la corrosión electroquímica.



Dado que se trata de una reacción electroquímica, esta involucra reacciones de reducción-oxidación, de forma que existe un intercambio de electrones entre el ánodo y el cátodo (ECCA, 2011). Por ello el potencial electroquímico de un material metálico definirá su susceptibilidad o resistividad a la corrosión. A mayor valor positivo de dicho potencial más noble (resistente) es el material a la corrosión, mientras que a menor valor negativo del mismo será más reactivo a la corrosión (Salazar Jiménez, 2015).

En la figura 8 podemos observar una serie electroquímica de algunos metales ordenados según su potencial electroquímico y por tanto ordenados según su resistividad a la corrosión.

	Reacción de oxidación (corrosión)	Potencial de electrodo, E <sup>0</sup> (voltios frente a electrodo estándar de hidrógeno)
Más catódico (menor tendencia a la corrosión)	Au → Au <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>	+1,498
	2H <sub>2</sub> O → O <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 4e <sup>-</sup>	+1,229
	Pt → Pt <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+1,200
	Ag → Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	+0,799
	2Hg → Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+0,788
	Fe <sup>2+</sup> → Fe <sup>3+</sup> + e <sup>-</sup>	+0,771
	4(OH) <sup>-</sup> → O <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O + 4e <sup>-</sup>	+0,401
	Cu → Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+0,337
	Sn <sup>2+</sup> → Sn <sup>4+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+0,150
	H <sub>2</sub> → 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0,000
Más anódico (mayor tendencia a la corrosión)	Pb → Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-0,126
	Sn → Sn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-0,136
	Ni → Ni <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-0,250
	Co → Co <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-0,277
	Cd → Cd <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-0,403
	Fe → Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-0,440
	Cr → Cr <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>	-0,744
	Zn → Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-0,763
	Al → Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>	-1,662
	Mg → Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	-2,363
Na → Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	-2,714	

Figura 8 Resistividad a la corrosión. Fuente: (Varona Ruiz, et al., 2011)



Para acabar de entender por completo la corrosión veamos, por último, las formas más usuales en las que puede aparecer y sus causas:

- Corrosión uniforme y generalizada: es la más común pero menos peligrosa, fácil de predecir y paliar (herrumbre del acero y el hierro).
- Corrosión galvánica o bimetálica: producida cuando dos metales están en contacto en presencia de un electrolito (tuerca y tornillo).
- Corrosión por picadura: localizado y difícil de detectar.
- Corrosión por resquicios: aparece en hendiduras, rendijas y demás recovecos donde pueden quedar soluciones estancadas.
- Corrosión por erosión: proceso que acelera la velocidad de la corrosión debido al movimiento relativo de un fluido sobre una superficie metálica.
- Corrosión por rozamiento o desgaste: proceso que acelera la velocidad de la corrosión debido al desgaste metálico por sometimiento de cargas en vibración y deslizamiento.

### 3.2 CONDICIONES PROPICIAS PARA EL ÓXIDO

Una vez entendido los procesos por los que se produce la oxidación, veamos que catalizadores aceleran este proceso o simplemente que condiciones son las más propicias para su aparición.

- La temperatura; como hemos visto, forma parte intrínseca del proceso de corrosión en los metales, de tal manera que un aumento de la misma propicia el aumento de la velocidad de las reacciones químicas y electroquímicas de la corrosión.
- La humedad; como también hemos visto, propicia con valores elevados los procesos electroquímicos de la corrosión.
- Contaminación del aire; no es más que partículas suspendidas en la atmósfera producidas por la actividad humana, como: el dióxido de azufre  $SO_2$ , proveniente de la quema de combustible, capaz de acelerar el proceso catódico presente en la corrosión actuando como oxidante; o el óxido de nitrógeno  $NO$ , proveniente del humo de los vehículos y que reaccionando con la luz ultravioleta y la humedad generan sustancias químicas en forma de aerosoles que impregnan con una película electrolítica los metales.
- Atmósferas marinas; la salinidad atmosférica es un factor fundamental en la intensidad con la que se produce la corrosión metálica, podemos ver la correlación lineal que existe entre ambas variables en la figura 9. "Los iones cloruro abundan en las atmósferas marinas. El depósito de estas partículas sobre la superficie de materiales metálicos intensifica el proceso de corrosión por variados mecanismos: aumento de la conductividad del electrolito, formación de productos de corrosión solubles, etc." (Chico, et al., 1998).

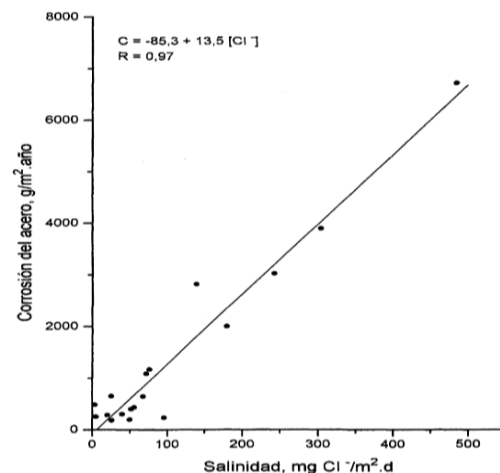


Figura 9 Correlación salinidad-corrosión. Fuente: (Chico, et al., 1998)



### 3.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA CIUDAD DE MELILLA

Veamos entonces las condiciones existentes en la Ciudad de Melilla y así entender mejor el contexto donde surge este problema. Y como ya hemos podido comprobar, el estudio de la situación climática es un factor de vital importancia para ello.

Melilla es una ciudad costera cuyo punto más alejado de la costa se encuentra a no más de 3,0 Km de la misma. Esto condiciona su climatología caracterizándose por sus altas temperaturas y alto porcentaje de humedad relativa, como ya se dijo en el apartado introductorio del presente trabajo.

Si profundizamos más en el análisis de la climatología de la ciudad, existe un factor más que propicia el contexto ideal para una fuerte aceleración de los procesos de corrosión:

- La salinidad atmosférica; es una característica intrínseca de una ciudad tan próxima a la costa. Cuando las partículas se depositan sobre la superficie metálica aceleran la corrosión ya que producen compuestos solubles. De igual manera, los cloruros disueltos en la capa húmeda elevan la conductividad de la película del electrolito sobre el metal. (Rivero, et al., 2007).

Aún condicionado por otros factores que no se han mencionado, tenemos las condiciones idóneas, con unas temperaturas altas y junto con la humedad relativa de aproximadamente el 78 % que es la de equilibrio con una solución saturada de NaCl, para sufrir una fuerte aceleración de los procesos de corrosión (Ambler & Bain, 1955).

### 3.4 VEHÍCULOS EN ESTUDIO

Para conocer en profundidad el objeto de estudio que sufre este mal, los vehículos ligeros y acorazados y sus características, nos hemos valido de la documentación técnica existente sobre ellos en la intranet del ET. Específicamente del manual técnico MT7-019 para los vehículos ligeros Nissan Patrol Militar Modelos MC-4 y ML-6; los manuales técnicos MT6-047, MT6-048 y MT6-064 para el vehículo Santana Aníbal Militar; los manuales técnicos MT6-049, MT6-050, MT6-051, MT6-052 y MT6-053 para el carro de combate Leopard 2A4 y los manuales técnicos MT-103-2E, MT-104-TI, MT-104-TII, MT-105-TI y MT-105-TII para el vehículo de combate de caballería Pizarro. (ET MADOC, 2022).

### 3.5 PLANES DE MANTENIMIENTO EXISTENTES

Ahora veamos los planes de mantenimiento existentes para prevenir y corregir la aparición de óxido y corrosión en estos vehículos.

Como ya se dijo en el capítulo introductorio, existe a groso modo dos tipos de mantenimiento: el manto. correctivo y el manto. preventivo.

Es necesario definir ahora el concepto de escalón de mantenimiento, el cual consiste en el escalonamiento de las tareas de mantenimiento según el grado de complejidad y el órgano de ejecución. (Ruiz Lopez, 2020) Quedando por tanto de la siguiente manera:

- 1º escalón de mantenimiento (1ºEMAN): mantenimiento orgánico de la unidad que tiene asignado el material; operador-usuario, sobre el material a su cargo.



- 2º escalón de mantenimiento (2ºEMAN): mantenimiento orgánico de la unidad que tiene asignado el material; personal especializado y técnicamente capacitado de entidad Batallón/Regimiento con órganos de ejecución de mantenimiento (sección de manto. del escuadrón de servicios).
- 3º escalón de mantenimiento (3ºEMAN): grupo de mantenimiento de una agrupación de apoyo logístico (AALOG), Unidad de la Fuerza en Operaciones (ULOG/ALOG), Complejo Logístico de Apoyo General (COLAG). Medios específicos de la subdirección de mantenimiento SUMANTO: Unidades móviles e instalaciones fijas.
- 4º escalón de mantenimiento (4ºEMAN): parques y centros de mantenimiento (OLC,s) y Órganos de Alta Especialización Logística de la Fuerza (OAE,s), sólo para su material especial de dotación o del que son cabecera técnica. Medios específicos del subsistema de mantenimiento (SUMANTO): Instalaciones fijas, y equipos móviles constituidos al efecto.

Podemos ver en la tabla 0 un resumen de esta clasificación.

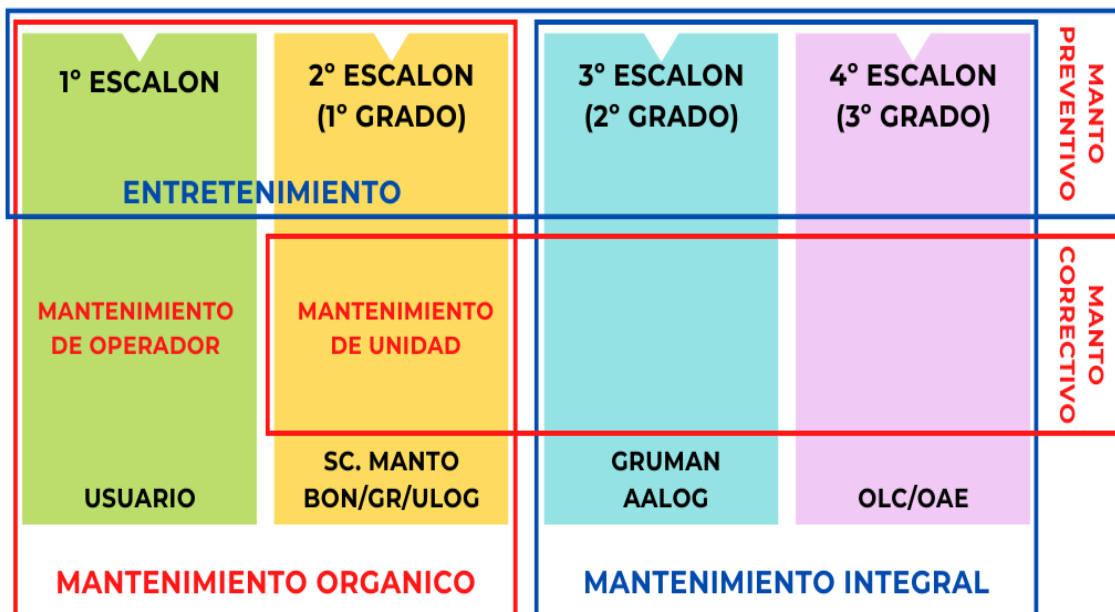


Tabla 0 Escalones de mantenimiento. Fuente: (Ruiz Lopez, 2020)

En la documentación técnica de los vehículos ligeros analizados podemos encontrar las medidas de mantenimiento existentes de ámbito preventivo, dedicadas al 1ºEMAN, y correctivo, del 2ºEMAN:

- Preventivo 1ºEMAN (ver más detalladamente en [anexo I](#)): como ayudar a evitar la corrosión (lave su vehículo frecuentemente, elimine los depósitos de cuerpos extraños, si descubre rayaduras u otros daños en la pintura reparar inmediatamente, mantener limpio el compartimento de pasajeros y el de carga, usar guardabarros y guardagravas y almacenar el vehículo sobre un lugar seco y bien ventilado).
- Correctivo 2ºEMAN (ver más detalladamente en [anexo II](#)): tratamiento anticorrosivo (lijar la superficie retirando todo el óxido, limpiar y preparar las superficies metálicas, aplicar imprimador, aplicar sellador, aplicar color, aplicar compuesto anticorrosivo y aplicar una capa protectora).



## 4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado se argumentarán las ideas principales y secundarias del trabajo de investigación detallando el proceso que se ha llevado a cabo y los resultados obtenidos de la metodología adoptada. Siguiendo una línea continuista se presentarán los datos más relevantes del proceso llevado a cabo, examinando las variables y cómo se relacionan entre sí.

### 4.1 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO. Diagrama de Gantt

Como primer paso, mostraremos la planificación temporal elaborada para la realización del trabajo, donde se pueden observar las tareas realizadas y grupos a los que pertenecen, sus fechas de inicio y de fin, la superposición y relación entre las tareas citadas y el flujo de trabajo que se ha seguido (Ver tablas 1 y 2). Puede encontrar el diagrama de Gantt al completo en el [anexo III](#).

	Tarea	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Observaciones	
Tareas de estructuración del trabajo	A1	Planificación del proyecto	06.09.2022	06.09.2022	Diagrama de Gantt
	A2	Definir objetivos y alcance	05.09.2022	05.09.2022	Consulta DIRMIL
	A3	Estructurar indice de contenido	05.09.2022	06.09.2022	
	A4	Establecer grupos de expertos	07.09.2022	07.09.2022	Selección y disponibilidad
Tareas de documentación bibliográfica y sobre el terreno	B1	Revisión bibliográfica	08.09.2022	24.09.2022	Fuentes abiertas e intranet ET
	B2	Observación directa	08.09.2022	23.09.2022	Documentación sobre el terreno
	B3	Entrevistas Tipo 1	20.09.2022	21.09.2022	Fuera del RC-10
	B4	Entrevistas Tipo 2	21.09.2022	23.09.2022	En el RC-10
Tareas de análisis de información	C1	Análisis climático	25.09.2022	25.09.2022	Histograma
	C2	Análisis de causas	25.09.2022	26.09.2022	Diagrama causa-efecto
	C3	Recopilación de soluciones	26.09.2022	30.09.2022	Brainstorming
	C4	Análisis de soluciones	01.10.2022	02.10.2022	DAFO
Tareas de análisis de soluciones	D1	Simulación casos prácticos	08.10.2022	10.10.2022	De forma teórica
	D2	Estudios de viabilidad	09.10.2022	10.10.2022	Técnico y económico
	D3	Análisis de valor	10.10.2022	11.10.2022	De las posibles soluciones
Tareas de elaboración de conclusiones	E1	Propuestas de implementación	12.10.2022	14.10.2022	
	E2	Elaboración de conclusiones	12.10.2022	14.10.2022	

Tabla 1 Tareas a realizar en el trabajo. Fuente: elaboración propia

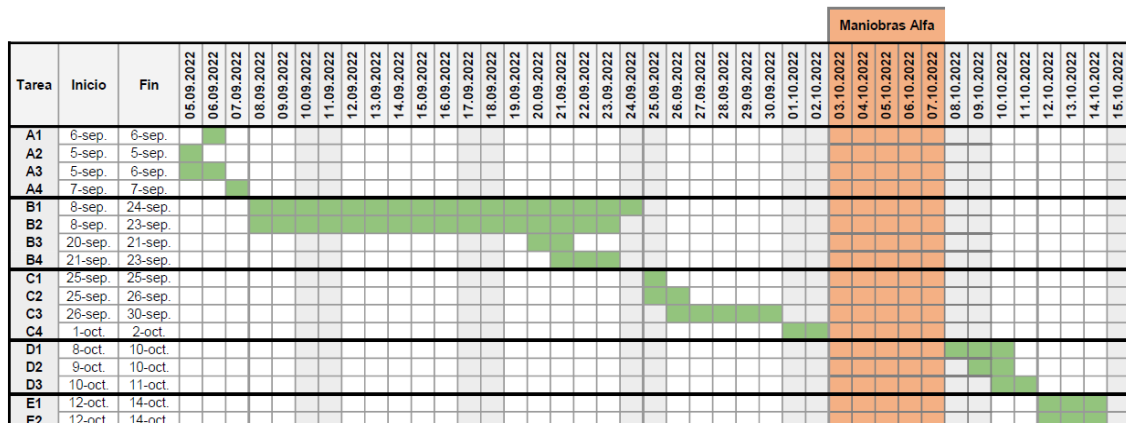


Tabla 2 Diagrama de Gantt. Fuente: elaboración propia



## 4.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Tras planificar el proyecto, se comenzará con la bibliografía, que como ya se introdujo es parte fundamental del presente trabajo de investigación. Por lo tanto, es esencial ser meticulosos y escrupulosos a la hora de hacer uso de las diferentes herramientas las cuales nos brindan dicha información. Por este motivo a continuación se relacionan y analizan las búsquedas que se acometerán para dicho propósito.

### 4.2.1 Palabras clave y búsquedas

Para obtener toda la documentación que se empleará en la elaboración de este trabajo se realizarán diferentes búsquedas en diferentes bases de datos, con el propósito de recopilar toda la información relevante, variada y actual disponible a nuestro alcance en las fuentes bibliográficas existentes. A continuación, enumeraremos las diferentes búsquedas y los resultados de ellas, agrupadas por fuentes.

#### 4.2.1.1 Servicio de documentación DIDOM

En primer lugar, a partir de la Sección de Gestión del Conocimiento del ET a través de su servicio de documentación DIDOM, se realizó una petición puntual de información mediante el formulario de solicitud de información del mismo. Este servicio realiza una búsqueda en diferentes fuentes de información (abiertas e internas de defensa) sobre el tema solicitado y se remite al usuario enlaces a los documentos disponibles sobre dicho tema. Este servicio cubre una necesidad de información concreta y en un momento determinado.

La búsqueda solicitada contiene los siguientes parámetros:

- **Temas:** manuales técnicos de vehículos ligeros y acorazados del ET; corrosión en materiales y vehículos del ET; y mantenimiento correctivo y preventivo contra la corrosión.
- **Países:** España y Estados Unidos.
- **Idiomas:** español e inglés.
- **Periodo temporal:** últimos 5 años.

Los resultados obtenidos fueron de un total de 176 agrupados en: documentos procedentes de fuentes abiertas, documentos procedentes de la intranet del ET “biblioteca virtual”, intranet “foro de materiales”, intranet “normativa ET”, intranet “proquest” y noticias intranet.

#### 4.2.1.2 Web of Science

En este caso usamos una de las dos principales bases de datos mundiales de referencias bibliográficas y citas de publicaciones periódicas la Web of Science (WoS). El acceso a esta base de datos, de contenido científico relevante para la investigación, nos es posible al pertenecer al Centro Universitario de la Defensa (CUD) adscrito a la Universidad de Zaragoza (UNIZAR).

Las búsquedas están orientadas de acuerdo con todos los aspectos técnicos de la investigación que estamos llevando a cabo sobre la problemática de la corrosión, así como el intervalo temporal de publicación de artículos (2017-2022).

La restricción de los años de publicación entre 2017-2022 se debe a la necesidad de cribar y seleccionar la información más reciente y relevante, ya que la rápida evolución de la “ola



tecnológica” ha provocado que los registros actuales sean evoluciones de los anteriores. También es posible que los anteriores, debido a esta rápida evolución, se hayan ido quedando obsoletos. Se han elaborado las siguientes cadenas de búsqueda avanzada:

- **Cadena de búsqueda 1** (base teórico científica del proceso de oxidación y/o corrosión):

TS = (“corrosion process” OR “oxidation process” OR “conditions to rust” OR “dry oxidation process” OR “wet corrosion process” OR “electrochemical corrosion process”) AND PY = (2017-2022).

La búsqueda ha proporcionado un total de 11.416 resultados, los cuales se encuentran distribuidos por años según la figura 10.



Figura 10 Registros por año de publicación. Búsqueda 1. Fuente: (Web of Science, 2022)

Si analizamos la búsqueda realizada, el número de registros publicados en función de los años tiende a aumentar, lo que pone de manifiesto el creciente interés en la temática.

- **Cadena de búsqueda 2** (soluciones contra la oxidación y/o la corrosión):

TS = (anticorrosion OR antioxidation OR “corrosion inhibitors” OR “sacrificial anode” OR “antirust” OR “remove rust”) AND PY = (2017-2022).

La búsqueda ha proporcionado un total de 9.510 resultados, los cuales se encuentran distribuidos por años según la figura 11.



Figura 11 Registros por año de publicación. Búsqueda 2. Fuente: (Web of Science, 2022)



Si analizamos la búsqueda realizada, el número de registros publicados en función de los años tiende a aumentar, lo que pone de manifiesto el creciente interés en la temática.

#### 4.2.1.3 Patentscope

Ahora usaremos el sistema de búsqueda Patentscope, sistema de búsqueda de patentes que ofrece la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y que constan en las colecciones nacionales y regionales de patentes de los países participantes.

El objetivo de esta búsqueda es localizar, si existe, algún dispositivo ideado expresamente para evitar la aparición de óxido y corrosión en los vehículos. Para ello realizamos la siguiente búsqueda:

FP:(device for impeding oxidation or corrosion) AND DP:([01.01.2000 TO 31.12.2022]).

La búsqueda ha proporcionado un total de 957 resultados comprendidos entre los años 2000 y 2022. En la figura 12 podemos observar el número de patentes según país y año.

Countries		Publication Dates	
United States of America	262	2013	39
Japan	198	2014	48
PCT	128	2015	42
European Patent Office	99	2016	39
China	70	2017	38
Canada	49	2018	27
Australia	35	2019	27
Republic of Korea	20	2020	46
United Kingdom	18	2021	21
Germany	13	2022	14

Figura 12 Registros de patentes por países y años. Fuente: (OMPI, 2022)

#### 4.2.2 Estudios más relevantes en el campo

En estas diferentes búsquedas de información, entre los resultados tenemos varios artículos que han sido citados en numerosas ocasiones y publicados en la revista número uno del primer cuartil (Q1) tanto en el ámbito de la ingeniería como de la química y ciencia de los materiales.

Si tenemos que mencionar alguno de los documentos encontrados más relevantes para el desarrollo de nuestra investigación, podemos nombrar, entre otros, los siguientes:

- Los manuales técnicos de mantenimiento de los diferentes escalones para los vehículos en estudio. Procedentes de la normativa ET en la intranet (ET MADOC, 2022).
- Salitre, enemigo silencioso. (Urbano Becerril, 2017). Lo podemos encontrar en el foro de materiales de la intranet.
- Corrosion test facility helps extend vehicle life. Presente en la sección de proyectos de la intranet (Anonymous, 2000).
- Problemas de tecnología de materiales. (Ríos Jordana, 2014).
- Corrosion basics - Understanding the basic principles and causes of corrosion. (Anonymous, 2008).
- Initial corrosion behavior of pure zinc in simulated tropical marine atmosphere. (Yin, et al., 2019).



- Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. (Salazar Jiménez, 2015).
- The Basics of Corrosion. Technical Paper. (ECCA, 2011).
- Fundamentals of Corrosion – Mechanisms, Causes and Preventive Methods. (Schweitzer, 2009).
- Effect of marine aerosol on atmospheric corrosion (Chico, et al., 1998).
- Design of New Al Photoanode Composite for Cathodic Protection Based on Photocatalytic Material and Sacrificial Anode. (Xie, et al., 2019).
- Design of Polymeric Corrosion Inhibitors Based on Ionic Coumarate Groups. (Udabe, et al., 2021).

#### 4.2.3 Patente más relevante en el campo

Este apartado tiene una importancia crucial en la investigación, ya que en él se encuentra una de las claves para conseguir alcanzar el objetivo principal de esta.

En este análisis, realizado sobre la base de datos de Patentscope, cobran mayor importancia las patentes que están relacionadas fundamentalmente con la química y metalurgia (International Patent Classification IPC C23F), dentro de esta categoría nos centramos en el subapartado 13/00 (Inhibiting corrosion of metals by anodic or cathodic protection).

Una vez focalizada nuestra búsqueda, encontramos diferentes patentes, de las cuales una de ellas se nos podría presentar como posible solución a nuestra problemática. (Richardson, 2008). La patente en cuestión se trata de:

##### **AU2007236536 - AN ELECTRICAL DEVICE FOR IMPEDING CORROSION.**

- **Patentado** en Australia con fecha de publicación 27/03/2008.
- **IPC:** C23F 13/02 cathodic; Selection of conditions, parameters or procedures for cathodic protection, e.g. of electrical conditions: y C23F 13/04 Controlling or regulating desired parameters.
- **Solicitante:** CouplerTec Pty Ltd.
- **Inventor:** Richardson, Robin.
- **Enlace:** <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=AU194322620>.
- **Finalidad:** La presente invención se refiere a un dispositivo eléctrico para impedir la corrosión de un cuerpo metálico. Tiene una aplicación particular, aunque no exclusiva, para impedir la corrosión de vehículos de motor.
- **Descripción técnica:** la tecnología de CouplerTec proporciona un acoplamiento capacitivo que interfiere con la carga eléctrica entre el metal y el oxígeno lo que hace difícil que estos elementos puedan combinarse y así formar óxido. La tecnología interfiere con la capacidad del metal para reaccionar con el oxígeno. El sistema está constituido por 2 componentes: el módulo eléctrico (de bajo consumo) que genera señales de frecuencia en el rango de 200Khz transfiriéndolas al segundo componente el acoplamiento capacitivo que se adhieren al metal y que actúa como placa positiva del capacitador induciendo la carga electrostática a la superficie metálica de la estructura. (Ver figura 13) (Se profundizará más en sus características y posibles aplicaciones en apartados posteriores).

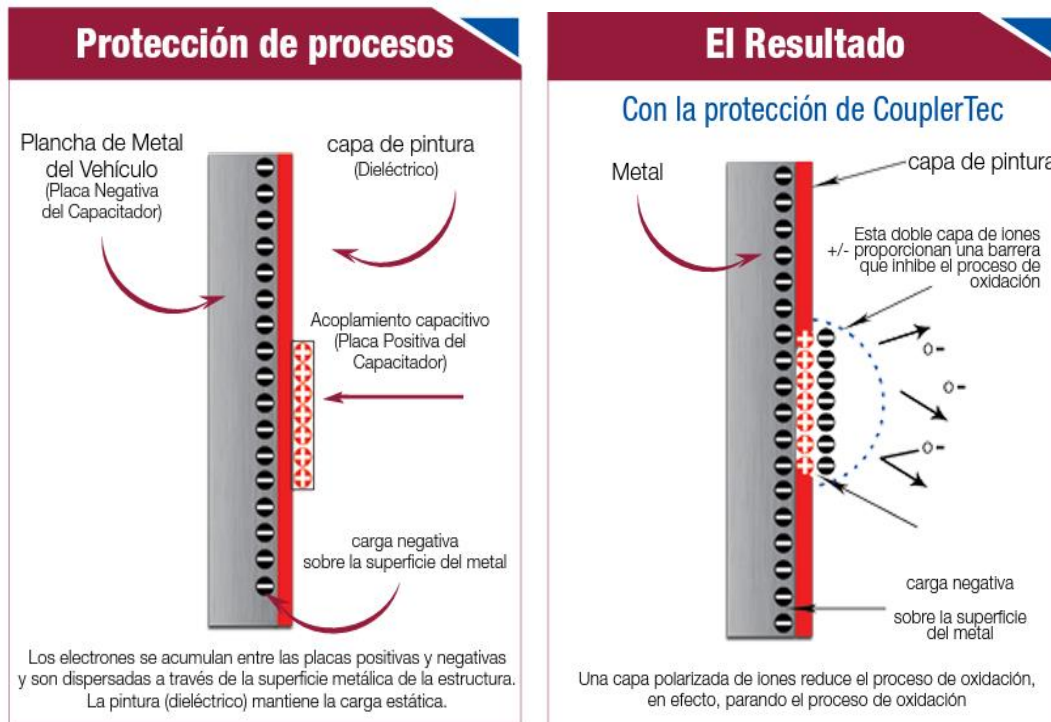


Figura 13 Resultado de aplicar la protección de acoplamiento capacitivo. Fuente: (CouplerTec, 2022)

## 4.3 DOCUMENTACIÓN SOBRE EL TERRENO

De una manera simultánea a la realización de la revisión bibliográfica, se procede a ejecutar la obtención de información sobre el terreno de forma que se recopile los fundamentos del problema de la corrosión investigados empíricamente en el Regimiento de Caballería Alcántara 10 ubicado en la plaza de Melilla. Estos datos son recogidos durante el periodo de prácticas externas comprendido entre el día 5 de septiembre del 2022 hasta el día 14 de octubre del mismo año. Los principales métodos usados para recopilar dicha información son los de observación directa y entrevistas a los grupos de expertos además de reuniones para realizar brainstorming.

### 4.3.1 Observación directa

Se comenzará por exponer las condiciones meteorológicas soportadas en Melilla durante este periodo. Si bien no son extrapolables a las condiciones existentes durante todo el año, ya que oscilan según la estación en la que nos encontremos, podemos hacer apreciaciones según los datos obtenidos empíricamente y los existentes en las bases de datos de históricos climáticos de la Agencia Estatal de Meteorología AEMET.

Durante este periodo de prácticas ya mencionado, la temperatura horaria estuvo comprendida entre un máximo de 40°C y un mínimo de 15°C y la humedad relativa horaria entre el 97% y el 55% (ver figura 14 donde se muestra los datos para una semana del mes de octubre del 2022 en Melilla). Por observación directa se puede comprobar que los vehículos se encuentran mojados por el rocío a primera hora de la mañana. Además, las precipitaciones son escasas debido al clima semiárido de la ciudad y a la sequía estival lo que propicia la deposición de partículas sobre los vehículos que favorecen la corrosión.



C.A.C. Belgali Mohamed Allali

lun.	mar.				mié.		jue.		vie.	sáb.	dom.
18-24 h	00-06 h	06-12 h	12-18 h	18-24 h	00-12 h	12-24 h	00-12 h	12-24 h			
21°C	20°C	24°C	22°C	20°C							
Probabilidad de precipitación											
0%											
Cota de nieve a nivel de provincia (m)											
Temperatura mínima y máxima (°C)											
18 / 32	19 / 26				18 / 26		19 / 30		20 / 27	18 / 27	17 / 25
Sensación térmica mínima y máxima (°C)											
19 / 32	19 / 25				18 / 26		19 / 30		20 / 27	18 / 27	17 / 25
Humedad relativa mínima y máxima (%)											
60 / 85	60 / 95				55 / 85		55 / 80		55 / 80	60 / 85	60 / 85
Dirección y velocidad del viento (km/h)											
O 25	O 15	N 5	O 15	C 0	NO 5	S 5	S 10	O 10	E 10	NE 10	NO 10

Figura 14 Valores climatológicos semana de octubre. Melilla. Fuente: (Agencia Estatal de Meteorología, 2022)

La línea de vehículos acorazados y ligeros del RC-10 se encuentra bajo un techo a dos aguas, aun así, los vehículos son expuestos en gran medida a las inclemencias meteorológicas. (ver figura 15).



Figura 15 línea de vehículos. RC-10. Fuente: elaboración propia

Los vehículos aún bajo un mantenimiento diario de 1ºEMAN, sufren de las secuelas de la oxidación lo cual es apreciable con una inspección superficial en los vehículos ligeros y algo más detallada en los vehículos acorazados. (ver figura 16 y 17).



Figura 16 Alojamiento barra de torsión. Pizarro. RC-10. Fuente: elaboración propia



Figura 17 Unión cabina de conducción con caja de personal. Santana Aníbal. RC-10. Fuente: elaboración propia



### 4.3.2 Entrevistas

Para recopilar la máxima información posible sobre el terreno, se realiza también una serie de entrevistas a los grupos de expertos, entrevista tipo 1 al grupo de expertos 1 y entrevista tipo 2 a los grupos de expertos 2 y 3. Para información más detallada sobre la estructura de las entrevistas, consultar anexos IV y V.

Se establece esta distinción en el tipo de entrevistas a realizar para adecuarlas lo mejor posible a las características de cada grupo de expertos y así obtener el máximo rendimiento de ellas. (grupo 1 con conocimientos más teóricos y visión global de la situación; y grupo 2 y 3 con conocimientos más prácticos y visión más centrada en su ámbito de trabajo).

Las entrevistas se ejecutan de forma individualizada, cada uno de los expertos desconoce las respuestas del resto y de esta manera se evita que queden condicionados a ellas.

Los resultados más relevantes de las entrevistas se encuentran recopilados a continuación y agrupados según tipo.

#### ➤ **Resultados de las entrevistas tipo 1:**

- El problema de la corrosión en los vehículos militares emplazados en Melilla es un mal reconocido abiertamente en todos los niveles de la institución militar.
- El gran problema que ocasiona es el descenso del nivel de operatividad de la flota de vehículos existente.
- El origen del problema en Melilla proviene principalmente de la situación climática de la ciudad que propicia los procesos de oxidación y corrosión, haciendo muy difícil combatirlos. Además, es un factor muy importante y que cabe mencionar, que el agua usada para lavar los vehículos militares en Melilla proviene de la desalinizadora de la ciudad por lo cual es posible que aun habiendo sido tratada en dichas instalaciones su porcentaje de salinidad y otros compuestos propicie la oxidación tras el dicho lavado de los vehículos.
- El plan existente actualmente para la prevención de esta problemática es el que estipula el ET para todo el territorio nacional, que consiste en unas medidas de limpieza y tratamiento estándares.
- Los vehículos que más sufren de esta afección son los vehículos ligeros.
- Entre las propuestas de mejora encontramos: tratamiento de las aguas prelavado de vehículos y estacionamientos herméticos regulados en humedad y temperatura.

#### ➤ **Resultados de las entrevistas tipo 2:**

- Los vehículos que sufren mayor corrosión son los vehículos ligeros.
- El origen del problema proviene de: humedad, acumulación de agua en ciertas partes del vehículo, desgaste de algunas partes del vehículo.
- Actualmente se realiza tanto en el 1ºEMAN y en el 2ºEMAN el tratamiento existente del ET para corregir y evitar la corrosión.
- En los vehículos ligeros las principales zonas donde ataca el óxido y la corrosión son: los bajos, los travesaños, las puertas y las zonas de unión entre elementos del chasis.
- En el Pizarro, las principales zonas donde ataca el óxido y la corrosión son: el cañón,



las piezas móviles del sistema de armas como el cierre, las zonas de almacenaje exteriores y rendijas donde la goma de estanqueidad ha cedido.

- En el Leopard, las principales zonas donde ataca el óxido y la corrosión son: elementos exteriores (lanzaingenios, escotillas, periscopios), zonas donde se acumula el agua y partes dañadas o desgastadas por el uso.
- Propuestas de solución: secar los vehículos después de lavarlos usando pistolas de aire para remover partículas depositadas, aceitar y engrasar bien el arma y dotar de material específico al 1ºEMAN para tratamiento preventivo y correctivo de la oxidación y corrosión.

### 4.3.3 Brainstorming

Por último, quedaría por mencionar la información a obtener en la realización del brainstorming, cuya ejecución fue ligeramente diferente a lo usual por los motivos ya comentados en el apartado 2.3.7 (ver figura 18). El objetivo de su ejecución es elaborar un intercambio de ideas con los grupos de expertos para concretar un listado de posibles soluciones a la problemática. El análisis de los resultados del mismo se estudiará en el apartado 4.6.

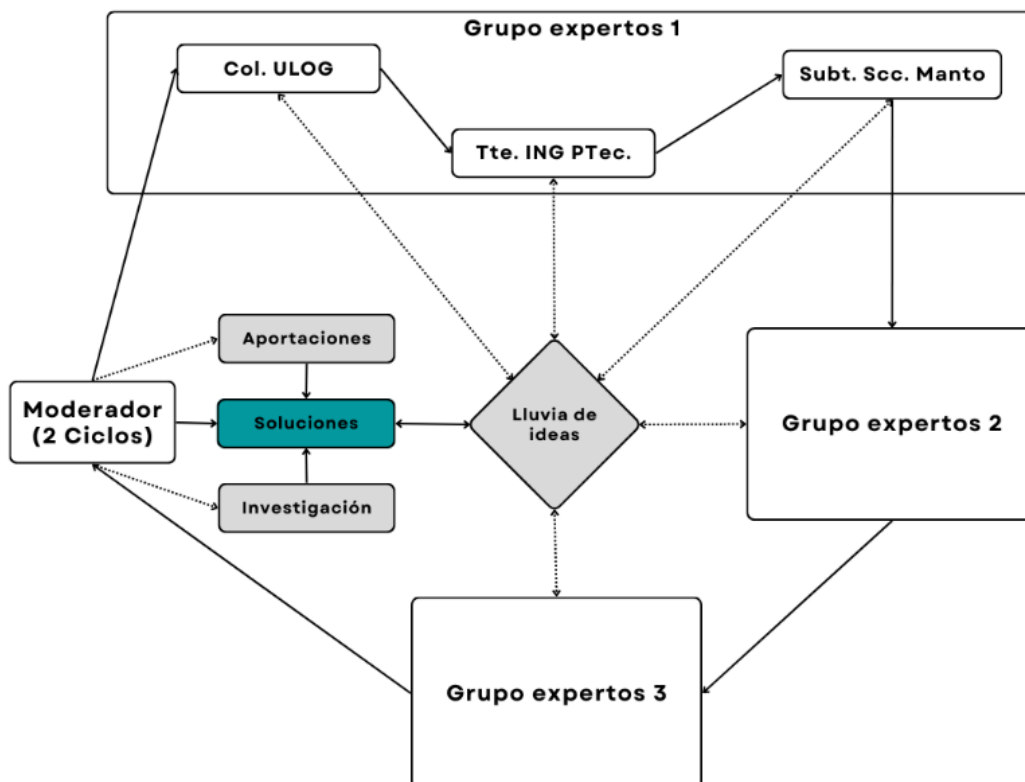


Figura 18 Diagrama proceso brainstorming modificado. Fuente: elaboración propia

Esta información recopilada tanto por observación directa como mediante entrevistas será de vital importancia a la hora de elaborar y estudiar las posibles soluciones, es por ello que para el resto de análisis y estudios del trabajo, se hará uso de ella de forma transversal, de tal manera que el propio enfoque del análisis de los resultados estará condicionado a ella.



## 4.4 ANÁLISIS DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA EN MELILLA. Aplicación de ISO 9223 e ISO 9224

Ahora, tras toda la recopilación documental teórica y empírica expuesta en los apartados anteriores, expondremos el análisis de las cualidades que tiene la atmósfera de Melilla que propician la aparición del óxido y la corrosión. Para ello nos valdremos de las normas ISO 9223 y 9224, definidas por la Organización Internacional de Normalización, para el estudio de la corrosividad atmosférica (International Organization for Standardization, 2022).

Se muestra de forma gráfica la frecuencia en la que las condiciones meteorológicas de Melilla son propensas a acentuar los procesos de oxidación y corrosión en los vehículos, delimitando así su comportamiento a lo largo del tiempo.

Los datos necesarios para la realización de este análisis se han obtenido de la base de datos de libre acceso de la agencia estatal de meteorología AEMET. Para que el análisis fuera lo más realista y actual posible, se han analizado los datos por horas y días comprendidos en el periodo entre el día 1 de enero del año 2021 y el 31 de diciembre del mismo año.

Dentro de cada atmósfera existen numerosos factores que afectan a la corrosión y que dependen de la evolución de la zona bajo estudio, lo que dificulta una evaluación de validez permanente. Pero, aun así, los ensayos naturales in situ valoran la agresividad atmosférica llegando a admitirse que se mantendrá aproximadamente constante (González, 1989).

Como indicador para clasificar la corrosividad atmosférica del ambiente se aplicará el criterio de corrosividad atmosférica de las normas (ISO 9223, 2012) e (ISO 9224, 2012). Para ello definiremos **C<sub>n</sub>**, **T<sub>n</sub>**, **P<sub>n</sub>** y **S<sub>n</sub>**.

**C<sub>n</sub>**: categoría de **corrosividad atmosférica**. Pudiendo tomar valores de (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> y C<sub>5</sub>). (Ver tabla 3).

**T<sub>n</sub>**: clasificación por el tiempo de **humectación** (% de horas diario donde la humedad es igual o mayor al 80% y la temperatura superior a 0°C). Pudiendo tomar valores de (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>). (Ver tabla 4).

**P<sub>n</sub>**: clasificación de la contaminación por nivel de **SO<sub>2</sub>**. Pudiendo tomar valores de (P<sub>0</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub>). (Ver tabla 5).

**S<sub>n</sub>**: clasificación de la contaminación por nivel de **Cl<sup>-</sup>**. Pudiendo tomar valores de (S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>). (Ver tabla 6).

Categoría	Corrosividad
C 1	Muy baja
C 2	Baja
C 3	Media
C 4	Alta
C 5	Muy alta

Tabla 3 Categoría de corrosividad atmosférica. Fuente: (ISO 9223, 2012)

Categoría	Tiempo de humectación %
T1	$\tau < 0.1$
T2	$0.1 \leq \tau \leq 3$
T3	$3 \leq \tau \leq 30$
T4	$30 \leq \tau \leq 60$
T5	$\tau > 60$

Tabla 4 Clasificación tiempo humectación. Fuente: (ISO 9224, 2012)

Categoría	Depositación SO <sub>2</sub> mg/m <sup>2</sup> día	Concentración SO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>
P0	$P \leq 10$	$P \leq 0.012$
P1	$10 < P \leq 35$	$0.012 < P \leq 0.04$
P2	$35 < P \leq 80$	$0.04 < P \leq 0.09$
P3	$80 < P \leq 200$	$0.09 < P \leq 0.250$

Tabla 5 Clasificación de la contaminación por nivel de SO<sub>2</sub>. Fuente: (ISO 9224, 2012)

Categoría	Depositación de Cl <sup>-</sup> mg/m <sup>2</sup> día
S0	$S \leq 3$
S1	$3 < S \leq 60$
S2	$60 < S \leq 300$
S3	$300 < S \leq 1500$

Tabla 6 Clasificación de la contaminación por nivel de CL<sup>-</sup>. Fuente: (ISO 9224, 2012)



Ahora se muestra la clasificación, según la norma ISO 9223 de la corrosividad atmosférica  $C_n$ , para cada uno de los 4 metales estructurales típicos (acero al carbón, cinc, cobre y aluminio), según los valores de  $T_n$ ,  $P_n$  y  $S_n$ . (Ver tablas 7, 8 y 9).

	T1			T2			T3			T4			T5		
	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3
P0-P1	1	1	1-2	1	2	3-4	2-3	3-4	4	3	4	5	4	5	5
P2	1	1	1-2	1-2	1-2	3-4	3-4	3-4	4-5	4	4	5	5	5	5
P3	1-2	1-2	2	2	3	4	4	4-5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 7 Clasificación de la corrosividad atmosférica para el acero. Fuente: (ISO 9223, 2012)

	T1			T2			T3			T4			T5		
	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3
P0-P1	1	1	1	1	1-2	3	3	3	3-4	3	4	5	4	5	5
P2	1	1	1-2	1-2	2	3	3	3-4	4	3-4	4	5	5	5	5
P3	1-2	2	2	3	3-4	3	3-4	4	4-5	5	5	5	5	5	5

Tabla 8 Clasificación de la corrosividad atmosférica para el cinc y el cobre. Fuente: (ISO 9223, 2012)

	T1				T2				T3				T4				T5			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
P0-P1	1	1	2	2	1	1	2-3	4	3	3	3-4	4	3	3-4	3-4	5	4	5	5	5
P2	1	1	2	2-3	1-2	1-2	3-4	4	3	3	4	4-5	3-4	4	4	5	4	5	5	5
P3	1	1	2-3	3	2	3-4	4	4	3	4	4-5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 9 Clasificación de la corrosividad atmosférica para el aluminio. Fuente: (ISO 9223, 2012)

En cuanto a la clasificación de la contaminación por  $SO_2$  diaria para el año 2021 en la ciudad de Melilla, basándonos en la campaña calidad del aire de Melilla 2021, podemos afirmar que se encuentra con carácter constante en la categoría P1, según lo expuesto en la tabla 5 del presente documento, debido a que la media diaria se encuentra centrada en  $3 \mu g/m^3$  y que sus valores picos inferiores y superiores se encuentran acotados entre  $2 \mu g/m^3$  y  $4 \mu g/m^3$  (Universidad de Granada - Campus de Melilla, 2021).

En cuanto a la clasificación de la contaminación por  $Cl^-$  diaria para el año 2021 en la ciudad de Melilla, dado que no existen datos de estudio sobre este contaminante nos basaremos en los resultados de un proyecto de la Comisión Europea (EUR 7433, 1981) que estudió la salinidad de la atmósfera con respecto a la distancia a la costa en 29 regiones típicas de la costa europea, obteniendo que el nivel de cloruros es muy alto cerca de la orilla del mar y que a partir de 10 Km tierra adentro el nivel desciende de  $10 mg/m^2/día$  (ver figura 19) (Morcillo, 2018).

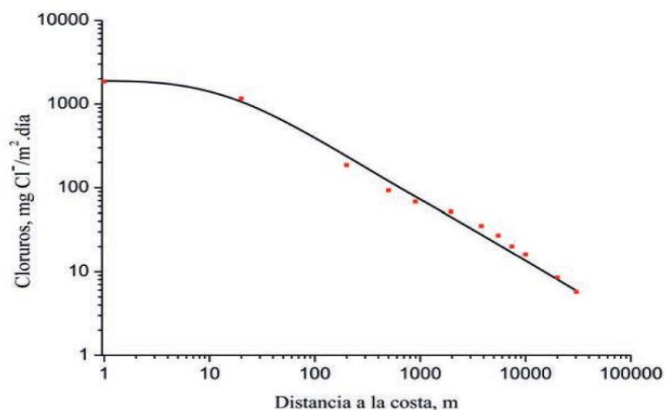


Figura 19 Variación de  $Cl^-$  en la atmósfera con la distancia a la costa. Fuente: (EUR 7433, 1981)



Visto el estudio anterior y sabiendo que el punto más alejado de la costa en Melilla se encuentra a no más de 3.0 Km, podemos afirmar que los valores de salinidad en la atmósfera en término medio serán de entre 60 y 1000 mg/m<sup>2</sup>día de Cl<sup>-</sup>. Esto implica que la clasificación de la contaminación por nivel de CL<sup>-</sup>, según la tabla 6 del presente documento, se encuentre entre S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>. En nuestro caso usaremos por defecto S<sub>2</sub>.

Para el estudio de la clasificación del tiempo humectación nos valdremos de los datos aportados por la agencia estatal de meteorología AEMET, obteniendo las horas diarias de humedad relativa igual o por encima del 80% con temperatura superior a 0°C, (Ver figura 20).

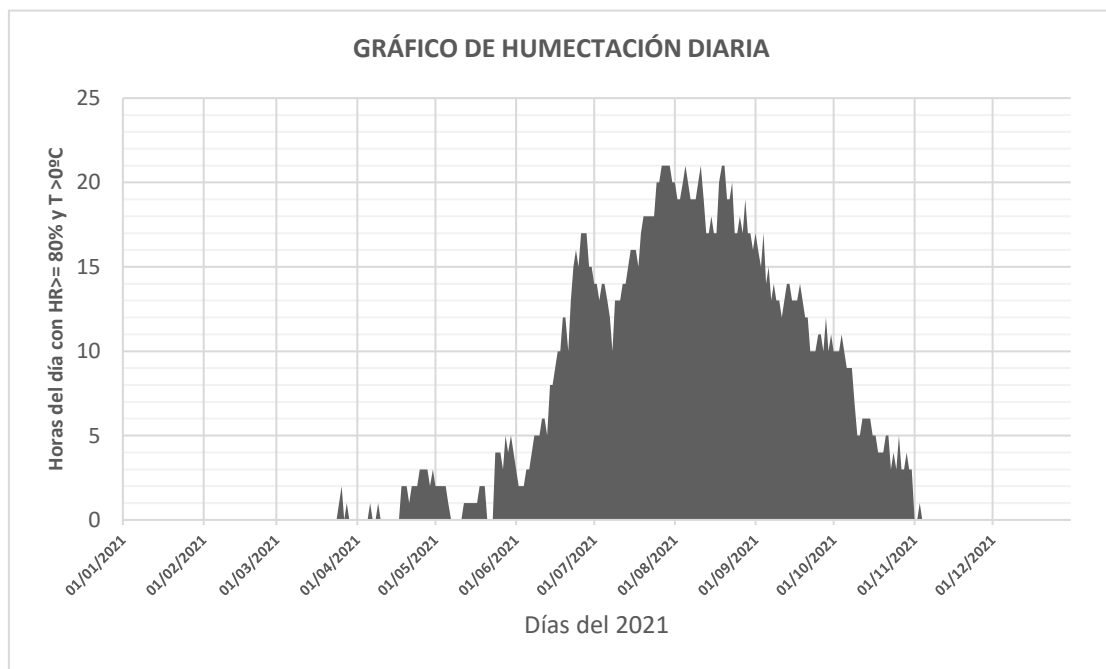


Figura 20 Humectación diaria en Melilla durante el año 2021. Fuente: elaboración propia

Vista toda la información anterior, se realizará el cálculo de la corrosividad atmosférica diaria para cada uno de los 4 metales mencionado en las tablas 7, 8 y 9, y de forma simplificada se mostrarán en 3 histogramas que expondrán la distribución de las frecuencias relativas de los rangos de corrosividad establecidos. (Ver figuras 21, 22 y 23).

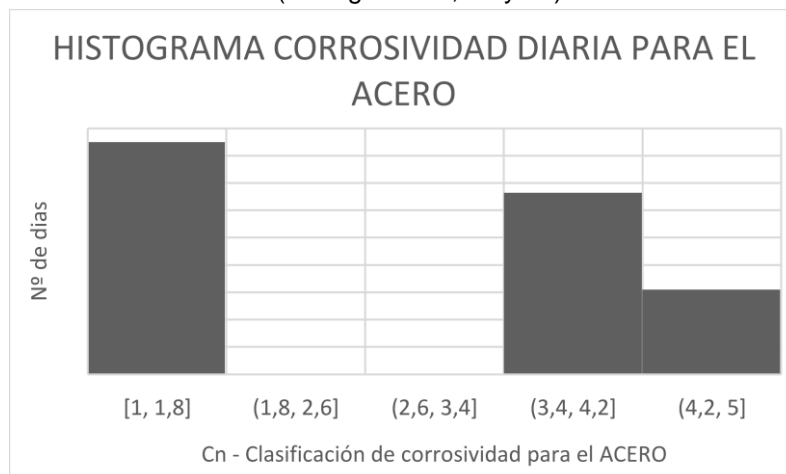


Figura 21 Histograma Corrosividad atmosférica para el acero en Melilla durante el año 2021. Fuente: elaboración propia

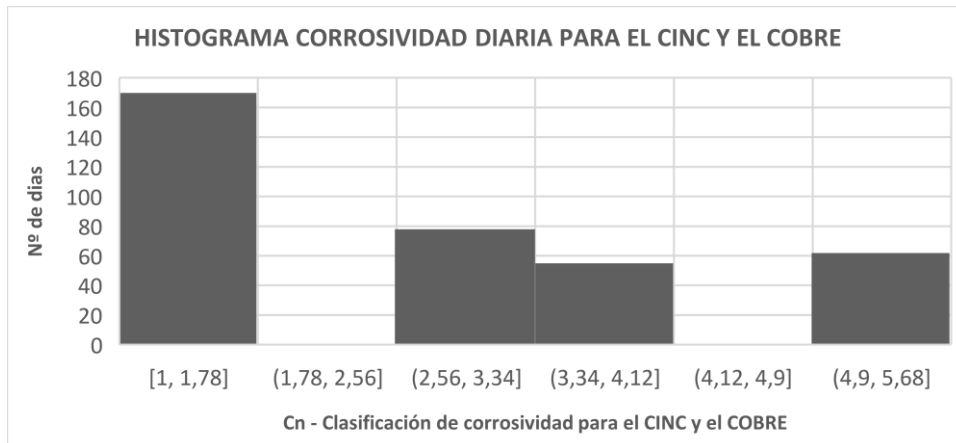


Figura 22 Histograma Corrosividad atmosférica para el cinc y el cobre en Melilla durante el año 2021. Fuente: elaboración propia

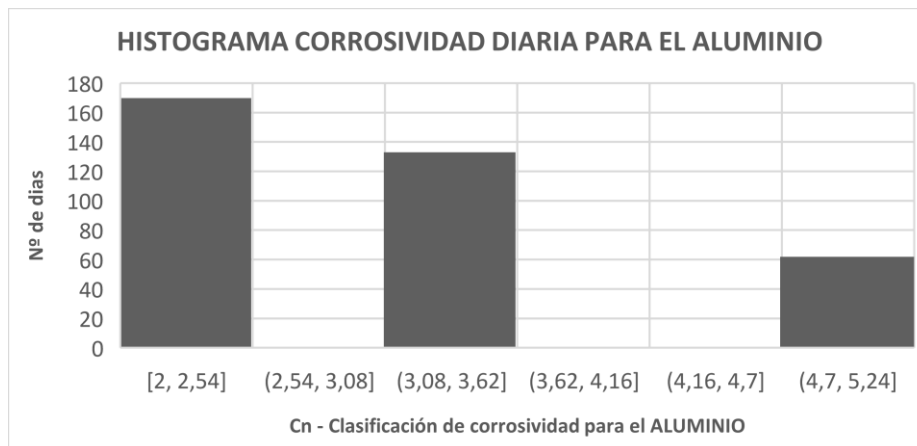


Figura 23 Histograma Corrosividad atmosférica para el aluminio en Melilla durante el año 2021. Fuente: elaboración propia

Se puede ver que existe un salto bastante abrupto en los valores que va tomando este índice de corrosividad de forma que independientemente del metal estudiado, a lo largo del año 2021 en Melilla principalmente existen o días de corrosividad baja o días de corrosividad alta o muy alta. De forma que, y más notoriamente para el acero, más de la mitad de los días del año el índice de corrosividad atmosférica es alto o muy alto y en la otra mitad es bajo. Estos días coinciden con los meses de mayor humectación (ver tabla 10).

Mes	Cn ACERO	Cn CINCO y COBRE	Cn ALUMINIO
Ene.	Muy baja	Muy baja	Baja
Feb.	Muy baja	Muy baja	Baja
Mar.	Baja	Muy baja o baja	Baja o media
Abr.	Media o alta	Media	Media o alta
May.	Media o alta	Media	Media o alta
Jun.	Alta	Alta	Media o alta
Jul.	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Ago.	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Sep.	Alta	Alta	Media o alta
Oct.	Media o alta	Media	Media o alta
Nov.	Baja	Muy baja o baja	Baja o media
Dic.	Muy baja	Muy baja	Baja

Tabla 10 Corrosividad atmosférica mensual para el acero, cinc, cobre y aluminio en Melilla durante el año 2021. Fuente: elaboración propia



## 4.5 CAUSAS DE LA CORROSIÓN. Diagrama Ishikawa

Seguidamente a los apartados anteriores, tras el análisis de la información teórica y empírica y del estudio de diferentes condicionantes existentes en la zona de estudio, se expondrá de forma gráfica las causas que provocan la aparición del óxido y la corrosión en los vehículos del ET ubicados en Melilla (Ver figura 24). Podrá encontrar también el diagrama en el anexo VI.



Figura 24 Diagrama causa efecto de la aparición de corrosión en vehículos del ET en Melilla.

Fuente: elaboración propia

## 4.6 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES. Brainstorming

Una vez obtenido del apartado anterior las causas que originan la problemática estudiada, es hora de elaborar un listado de posibles soluciones a este problema de corrosión de los vehículos del ET en Melilla. Para ello se realizó una tormenta de ideas con los integrantes de todos los grupos de expertos (Brainstorming optimizado). Puede encontrar un resumen de las ideas que surgieron en la aplicación de esta herramienta en el anexo VII (ver figura 25).



Figura 25 Diagrama de ideas para evitar y corregir la corrosión de vehículos del ET en Melilla. Brainstorming.

Fuente: elaboración propia



Como se puede observar en el gráfico anterior, muchas de las ideas recogidas guardan una estrecha relación entre ellas, por este motivo atendiendo a sus características y fundamentado en todo el estudio realizado hasta el momento, se plantean las siguiente 4 posibles soluciones contra la aparición de óxido y corrosión en vehículos del ET en Melilla:

- Acoplamiento capacitivo CouplerTec.
- Kit anticorrosión de 1ºEMAN para vehículos (con manual de mantenimiento).
- Purificador de agua para el lavado de vehículos.
- Hangar de almacenamiento con climatización controlada para vehículos militares.

#### 4.7 ESTUDIO DE SOLUCIONES. Análisis DAFO

Tras la obtención de las posibles soluciones halladas en el apartado anterior, procederemos ahora a analizarlas para de manera posterior tomar una decisión respecto a ellas. El método de estudio de las susodichas soluciones será el análisis DAFO, el cual aplicaremos a cada una de ellas de manera individualizada.

Antes de exponer los análisis definamos algunos símbolos utilizados (ver figura 26).

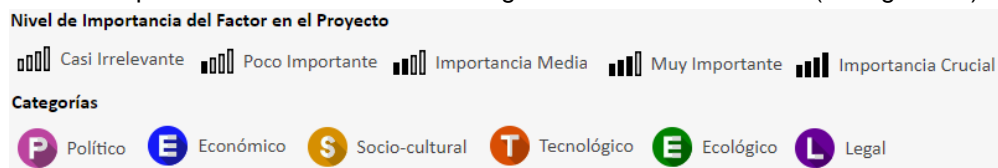


Figura 26 Símbolos. Fuente: elaboración propia

- Acoplamiento capacitivo CouplerTec. Anexo VIII. (ver figura 27).

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalación en vehículos acorazados más compleja</li> <li>Acoplamiento puede soltarse con conducción de combate del vehículo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incompatibilidad con algun componente electrónico del vehículo</li> </ul>
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo muy poca energía, no hay posibilidad que descargue la batería del vehículo</li> <li>Existen diferentes tipos para diferentes vehículos</li> <li>Vida útil indefinida</li> <li>Precio por vehículo asequible</li> <li>Buena reputación como producto eficaz</li> <li>Faciles de instalar</li> <li>Sigue las normas de calidad ISO 9001 y las Normas de compatibilidad electromagnética CISPR 25</li> <li>Protege el vehículo dentro y fuera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sinérgico con otras medidas preventivas</li> <li>Reduce la exigencia de dedicación a tareas de mantenimiento</li> <li>Extiende la vida útil operativa del vehículo</li> <li>Reduce los costes de mantenimiento por oxidación y corrosión</li> </ul>

Figura 27 DAFO acoplamiento capacitivo CouplerTec. Fuente: elaboración propia



- Kit anticorrosión de 1ºEMAN para vehículos (con manual de mantenimiento). Anexo IX. (ver figura 28).

Debilidades	Amenazas
■ ■ ■ Ineficaz contra oxidación avanzada	■ ■ ■ <b>T</b> El lijado de pavonado expone el metal a la oxidación
■ ■ ■ Necesidad de reposición de fungibles	
■ ■ ■ El uso de aerosoles anticorrosivos puede ser nocivo	
Fortalezas	Oportunidades
■ ■ ■ Bajo coste de implementación	■ ■ ■ <b>T</b> Sinérgico con otras medidas
■ ■ ■ Respuesta rápida contra el óxido	■ ■ ■ <b>E</b> Reducción del coste de mantenimiento 2ºEMAN por corrosión
■ ■ ■ Intercambiable entre vehículos de distinto tipo	
■ ■ ■ Facilidad de uso	

Figura 28 DAFO kit anticorrosión de 1ºEMAN para vehículos. Fuente: elaboración propia

- Limpiar y purificar el agua para el lavado de vehículos. Anexo X. (ver figura 29).

Debilidades	Amenazas
■ ■ ■ Solo es preceptivo para las partes exteriores del vehículo	■ ■ ■ <b>T</b> Posible necesidad de adaptación de los lavaderos existentes
■ ■ ■ Uso técnico difícil	
■ ■ ■ Altas necesidades de mantenimiento	
■ ■ ■ Instalación compleja	
Fortalezas	Oportunidades
■ ■ ■ Sistema sin sales que perjudiquen al lavadero	■ ■ ■ <b>E</b> Reducción de costes de mantenimiento contra el óxido
■ ■ ■ Solo 2 instalaciones, uno para el lavadero de ligeros y otro para el labadero de acorazados	■ ■ ■ <b>T</b> Sinérgico con otras medidas
■ ■ ■ Mayor eficiencia y más rentable el lavado	
■ ■ ■ Evita el secado, ahorrando materiales	
■ ■ ■ Evita la deposición de sales en los vehículos que propicien la aparición de óxido	

Figura 29 DAFO Limpieza y depuración del agua usada para lavar los vehículos. Fuente: elaboración propia

- Hangar de almacenamiento con climatización controlada para vehículos militares. Anexo XI. (ver figura 30).

Debilidades	Amenazas
■ ■ ■ Reducción de la velocidad de puesta en movimiento de los vehículos	■ ■ ■ <b>E</b> Acumulación de gases en el hangar ■ ■ ■ <b>T</b> Uso indevido manteniendo portones abiertos por necesidad
■ ■ ■ Necesidad de manteber cerrado el hangar para mantener condiciones óptimas	
■ ■ ■ Costoso en consumo eléctrico	
■ ■ ■ Desembolso inicial muy alto	
Fortalezas	Oportunidades
■ ■ ■ Vehículos protegido contra inclemencias meteorológicas	■ ■ ■ <b>T</b> Aumento de la vida útil operativa del vehículo
■ ■ ■ Reduce los requisitos de mantenimiento	■ ■ ■ <b>E</b> Reducción del coste de mantenimiento a largo plazo
■ ■ ■ Rentabilidad a largo plazo	■ ■ ■ <b>T</b> Sinérgico con otras medidas
■ ■ ■ Protección natural contra la corrosión y el envejecimiento	

Figura 30 DAFO Hangar climatizado para vehículos militares. Fuente: elaboración propia



## 4.8 SIMULACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS. Análisis de eficacia

Seguidamente, tras el análisis realizado en el apartado anterior sobre las 4 posibles soluciones, proseguimos su estudio con la realización de una serie de simulaciones de casos prácticos para evaluar sus eficacias (capacidad correctiva y preventiva anticorrosión). Debido a las limitaciones existentes en diferentes ámbitos y por tanto a la imposibilidad de realizar ciertos diseños de experimentos, se ha procedido a la elaboración de las simulaciones a partir de un método inductivo-deductivo basado en la lógica.

Este método, de elaboración propia, consiste en una cuantificación de la capacidad de las soluciones para evitar o corregir la corrosión, y el estudio de la variación de esa capacidad según diferentes casuísticas. Se tendrá en cuenta también la capacidad sinérgica de las mismas y por tanto se planteará a su vez la eficacia de todas las posibles combinaciones de ellas.

En primer lugar, definiremos los valores posibles de eficacia en la prevención y corrección del óxido y la corrosión en vehículos militares y le asignaremos un valor entero positivo para poder realizar posteriormente las operaciones pertinentes. (Ver tabla 11).

EFICACIA	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
% Eficacia	$E < 15$	$15 \leq E < 30$	$30 \leq E < 60$	$60 \leq E < 90$	$E \geq 90$
Asignación	0	1	2	3	4

Tabla 11 Asignación numérica según porcentaje de eficacia. Fuente: elaboración propia

Según la base teórico-práctica de la problemática y los análisis realizados, se establece para condiciones ideales de aplicación de cada una de las soluciones los siguientes valores de eficacia (ver tabla 12).

EFICACIA EN CONDICIONES IDEALES DE APLICACIÓN DE LA SOLUCIONES			
SOLUCIONES	INDICATIVO	EFICACIA PREVENTIVA	EFICACIA CORRECTIVA
Acople Capacitivo CouplerTec	S1	4	1
Kit anticorrosión	S2	2	3
Purificador de agua	S3	3	0
Hangar de almacenaje	S4	4	0

Tabla 12 Eficacia de cada solución en condiciones ideales de aplicación. Fuente: elaboración propia

Dadas las propiedades y características de cada solución se puede afirmar que existe una sinergia entre ellas que provoca que la implementación simultánea de soluciones resulte en la suma directa de sus eficacias. De esta manera podemos definir la eficacia conjunta **EC** a partir de la eficacia de cada una de las  $n$  soluciones **ES<sub>i</sub>** aplicadas simultáneamente (ver figura 31):

$$\sum_{i=1}^n ES_i > 4 \rightarrow EC = 4$$

Figura 31 Cálculo de eficacia conjunta  $E_C$ . Fuente: elaboración propia

$$\sum_{i=1}^n ES_i \leq 4 \rightarrow EC = \sum_{i=1}^n ES_i$$

Veamos ahora una tabla que muestra las eficacias conjuntas aplicando la fórmula a todas las combinaciones posibles de soluciones en sus condiciones ideales de aplicación (Ejemplo: aplicar conjuntamente CouplerTec y el Hangar sería S1+S4). Se encuentran sombreadas las soluciones de mayor eficacia. (ver tabla 13).

Tabla 13 Eficacia conjunta de cada combinación posible de soluciones en condiciones ideales de aplicación. Fuente: elaboración propia

CONDICIONES IDEALES		
SOLUCIÓN	E PREVENTIVA	E CORRECTIVA
S1	4	1
S2	2	3
S3	3	0
S4	4	0
S1+S2	4	4
S1+S3	4	1
S1+S4	4	1
S2+S3	4	3
S2+S4	4	3
S3+S4	4	0
S1+S2+S3	4	4
S1+S2+S4	4	4
S1+S3+S4	4	1
S2+S3+S4	4	3
S1+S2+S3+S4	4	4



Estudiamos finalmente las casuísticas más negativas para la eficacia de cada una de las soluciones y por tanto a su vez para las eficacias conjuntas de todas las combinaciones posibles de soluciones de las mismas (ver tabla 14).

- C1: El Hangar permanece abierto toda la jornada laboral (8 horas aproximadamente) reduciendo la eficacia preventiva (E PRE.) de S4 a 2.
- C2: Varios acoples del dispositivo CouplerTec se sueltan reduciendo la eficacia preventiva E PRE. de S1 a 2 y la eficacia correctiva (E COR.) a 0.
- C3: Realización de un tratamiento inadecuado en una zona afectada por el óxido reduciendo la eficacia preventiva (E PRE.) de S2 a 0 y eficacia correctiva (E COR.) a 2.
- C4: El purificador de agua pierde rendimiento y expulsa agua con cierta dureza reduciendo la eficacia preventiva (E PRE.) de S3 a 1.
- C5: Peor escenario con la combinación de las casuísticas C1, C2, C3 y C4.

C1			C2			C3			C4		
SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.	SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.	SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.	SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.
S1	4	1	S1	2	0	S1	4	1	S1	4	1
S2	2	3	S2	2	3	S2	0	2	S2	2	3
S3	3	0	S3	3	0	S3	3	0	S3	1	0
S4	2	0	S4	4	0	S4	4	0	S4	4	0
S1+S2	4	4	S1+S2	4	3	S1+S2	4	3	S1+S2	4	4
S1+S3	4	1	S1+S3	4	0	S1+S3	4	1	S1+S3	4	1
S1+S4	4	1	S1+S4	4	0	S1+S4	4	1	S1+S4	4	1
S2+S3	4	3	S2+S3	4	3	S2+S3	3	2	S2+S3	3	3
S2+S4	4	3	S2+S4	4	3	S2+S4	4	2	S2+S4	4	3
S3+S4	4	0	S3+S4	4	0	S3+S4	4	0	S3+S4	4	0
S1+S2+S3	4	4	S1+S2+S3	4	3	S1+S2+S3	4	3	S1+S2+S3	4	4
S1+S2+S4	4	4	S1+S2+S4	4	3	S1+S2+S4	4	3	S1+S2+S4	4	4
S1+S3+S4	4	1	S1+S3+S4	4	0	S1+S3+S4	4	1	S1+S3+S4	4	1
S2+S3+S4	4	3	S2+S3+S4	4	3	S2+S3+S4	4	2	S2+S3+S4	4	3
S1+S2+S3+S4	4	4	S1+S2+S3+S4	4	3	S1+S2+S3+S4	4	3	S1+S2+S3+S4	4	4

C5		
SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.
S1	2	0
S2	0	2
S3	1	0
S4	2	0
S1+S2	2	2
S1+S3	3	0
S1+S4	4	0
S2+S3	1	2
S2+S4	2	2
S3+S4	3	0
S1+S2+S3	3	2
S1+S2+S4	4	2
S1+S3+S4	4	0
S2+S3+S4	3	2
S1+S2+S3+S4	4	2

Tabla 14 Eficacia conjunta para casuísticas más negativas de cada solución. Fuente: elaboración propia

En cada uno de los supuestos analizados las soluciones que reportan mayor eficacia en la prevención y corrección de la corrosión se encuentran sombreadas.

Como conclusión de este estudio de eficacia, expondremos aquellas combinaciones de soluciones que reporten mejores resultados. El criterio a seguir en caso de que varias de ellas empaten en eficacia será elegir aquella en la que intervengan menos soluciones. Puede encontrar el resultado en el anexo XII.

- C1 y C4: en estos casos prácticos la combinación de las soluciones que aporta mayor eficacia con el mínimo número de soluciones es S1 (CouplerTec) + S2 (Kit anticorrosión) con una eficacia conjunta preventiva y correctiva 4 (muy alta).
- C2 y C3: en estos casos prácticos la combinación de las soluciones que aporta mayor eficacia con el mínimo número de soluciones es S1 (CouplerTec) + S2 (Kit anticorrosión) con una eficacia conjunta preventiva 4 (muy alta) y correctiva 3 (alta).
- C5: en este caso práctico la combinación de las soluciones que aporta mayor eficacia con el mínimo número de soluciones es S1 (CouplerTec) + S2 (Kit anticorrosión) + S4 (hangar de almacenaje) con una eficacia conjunta preventiva 4 (muy alta) y correctiva 2 (media).



## 4.9 ESTUDIOS DE LA VIABILIDAD DE LAS SOLUCIONES

Tras los resultados del apartado anterior donde se estudió la eficacia de las 4 soluciones planteadas, ahora es el turno de analizar sus viabilidades de ejecución. Para ello nos basaremos en sus necesidades técnicas, operativas, económicas y financieras. Puede encontrar este estudio de viabilidad en el [anexo XIII](#) (ver tabla 15).

Cuestiones de viabilidad	Viabilidad de las soluciones propuestas			
	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4
	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificador de agua	Hangar de almacenaje
¿El marco normativo interno vigente permite la implantación de la solución?	✓	✓	✓	?
¿Resolverá la solución los problemas de corrosión por sí sola?	✗	✗	✗	✗
¿Es la solución fiable y sostenible?	✓	✓	✓	✓
¿Es la solución interoperable con otras?	✓	✓	✓	✓
¿El RC-10 cuenta con los recursos materiales que la solución requiere?	✗	✗	✗	✗
¿El RC-10 cuenta con los recursos humanos que la solución requiere?	✓	✓	✗	✗
¿El equipo tiene la experiencia técnica necesaria para implementar la solución?	✓	✓	✗	✗
¿El RC-10 cuenta con la infraestructura tecnológica que la solución requiere?	✓	✓	✓	✗
¿El RC-10 cuenta con una estrategia para la administración del cambio para asegurar el éxito?	✓	✓	✓	✗
¿Justifica la solución su propio coste?	✓	✓	✓	✓
¿El RC-10 cuenta con los recursos económicos que la solución requiere?	✓	✓	✗	✗
¿Se cuenta con el plazo de tiempo suficiente para la realización de la solución?	✓	✓	✓	✓
¿El RC-10 cuenta con la capacidad para administrar la implantación de la solución?	✓	✓	✓	✗
Solución interinstitucional ¿existe apoyo de las instituciones participantes?	✓	✓	✓	✓
<b>Viabilidad de ejecución</b>	<b>VIABLE</b>	<b>VIABLE</b>	<b>VIABLE CONDICIONAL</b>	<b>INVIABLE</b>

Tabla 15 Estudio de viabilidad de las soluciones propuestas. Fuente: elaboración propia

Tras el análisis de viabilidad de las posibles soluciones se descarta la implantación del hangar de almacenaje de vehículos por diferentes motivos que imposibilitan su ejecución. Así mismo se establece la viabilidad condicional del purificador de agua en función de la evolución de ciertos impedimentos de carácter económico y técnico.



## 4.10 COMPARATIVA CALIDAD/PRECIO DE LAS SOLUCIONES. Análisis de valor

Tras el estudio de viabilidad realizado en el apartado anterior, actualmente contamos con 3 posibles soluciones a nuestra problemática. Se realizará de ellas un análisis de valor, como último estudio al que las someteremos, y con el que conseguiremos obtener sus relaciones calidad/precio denominándose Adecuación del Precio (AP). (Acero, et al., 2017).

Debido a la naturaleza del cálculo del AP necesitaremos establecer en concreto, dentro de la solución, el producto en sí y sus diferentes características de precio de venta y precio máximo y mínimo de productos similares.

El análisis de mercado necesario para la elección del producto es un factor que aun siendo muy importante intentaremos mantener con cierto grado de generalidad, por ello dispondremos de los datos necesarios directamente de la selección disponible del ET para los productos en cuestión que se adapten mejor a las necesidades de nuestro contexto.

Para poder realizar el cálculo de dicho AP necesitaremos hallar en primer lugar otras dos variables: Clase de Precio (CP) (que consiste en evaluar el precio respecto del máximo y mínimo precio de productos similares) y la Clase de Calidad (CQ) (que consiste en una puntuación de cómo el producto en cuestión se adapta a nuestras necesidades):

- **CP: clase de precio.**

$P_p$ : precio del producto propio.

$P_{m\acute{a}x}$  y  $P_{m\acute{i}n}$ : son los precios máximo y mínimo de los productos semejantes.

$$CP = 3 \cdot \left[ \frac{P_p - P_{m\acute{i}n}}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}} \right] + 1$$

Los valores de CP estarán comprendidos entre 4 (para el producto más caro) y 1 (para el más barato).

- **CQ: clase de calidad.**

$$CQ = \frac{\text{Suma de puntos}}{\text{Número de propiedades}}$$

Los valores de CQ estarán comprendidos entre 3 (para el producto de más calidad) y 1 (para el de menos calidad).

PUNTUACIÓN EN CALIDAD DE CADA PROPIEDAD			
Propiedad \ puntuación	1	2	3
Consumo eléctrico	Alto	Medio	Bajo
Vida útil	Baja	Media	Alta
Reputación	Baja	Media	Alta
Facilidad de instalación	Baja	Media	Alta
Protección preventiva	Baja	Media	Alta
Protección correctiva	Baja	Media	Alta
Facilidad de uso	Baja	Media	Ala
Nivel de reposición fungibles	Alta	Media	Baja
Toxicidad	Alto	Medio	Bajo
Mantenimiento	Alto	Medio	Bajo
Dependencia de otros	Alto	Medio	Bajo
Protección total	Bajo	Medio	Alto

Tablas de propiedades y puntuaciones según su calidad (ver tabla 16).

Tabla 16 Puntuación en calidad de diferentes propiedades según su valor. Fuente: elaboración propia



- **AP: adecuación del precio.**

$$AP = CQ / CP$$

Empezaremos ahora calculando el valor de CQ para cada solución, aplicando la fórmula expresada con anterioridad. (ver tabla 17).

Propiedad	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificadora de agua
Consumo eléctrico	3	3	1
Vida útil	3	2	1
Reputación	3	1	2
Facilidad de instalación	2	3	1
Protección preventiva	3	1	3
Protección correctiva	1	3	1
Facilidad de uso	3	3	3
Nivel de reposición fungibles	3	1	1
Toxicidad	3	2	2
Mantenimiento	2	2	1
Dependencia de otros	3	2	1
Protección total	3	1	1
CQ	2,666666667	2	1,5

Tabla 17 Clase calidad de cada solución disponible. Fuente: elaboración propia

Calculemos ahora la clase de precio CP para cada una de las soluciones. (ver tabla 18):

- Para el caso del acoplamiento capacitivo solo existe un producto en el mercado ya que se encuentra patentado (CouplerTec).
- En cuanto a la purificadora de agua se ha seleccionado la máquina de Ósmosis inversa RO TW-Y, utilizada usualmente en lavaderos de vehículos industriales y un ablandador de aguas desionizante que tienen las prestaciones ideales para nuestro propósito.
- Finalmente, el kit anticorrosivo se ha compuesto por diferentes materiales de diferentes marcas que se detallarán más adelante en el punto 5 del presente documento.

Precios en € por unidad	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificadora de agua
Pp	1500	265	9819
Pmín	1500	180	5465
Pmáx	1500,01	520	15719
CP	1	1,75	2,273844353

Tabla 18 Clase precio de cada solución disponible. Fuente: elaboración propia

Finalmente calculemos la adecuación del precio de cada una de las soluciones (ver tabla 19).

Adecuación del precio	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificadora de agua
QP	2,666666667	2	1,5
CP	1	1,75	2,273844353
AP	2,666666667	1,142857143	0,659675759

Tabla 19 Adecuación del precio de cada solución disponible. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar la adecuación del precio AP es mayor para la solución del acople capacitivo CouplerTec lo que significa que es este el que presenta mejor relación calidad precio de las 3 soluciones, seguido por el kit anticorrosión y por último por la purificadora de agua. Puede encontrar este estudio de la adecuación del precio en el anexo XIV.



## 5 PROPUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN

Llegados a este punto, una vez realizado en su conjunto el análisis de las causas y el estudio de las posibles soluciones, es momento de formular una solución concreta y aplicable de forma que su implementación haga posible el cumplimiento eficaz y eficiente del objetivo general del presente trabajo de investigación: la elaboración de medidas de mantenimiento contra la oxidación y corrosión en vehículos ligeros y acorazados que maximice la operatividad de la flota de vehículos. La elección de estas medidas queda argumentada y sostenida por todo el trabajo anterior de investigación.

Cabe recordar que esta propuesta sería de directa aplicación para el Regimiento de Caballería Alcántara 10, no obstante, es posible su aplicación, con cierta adaptación, para vehículos que se encuentren en situaciones similares a las que se encuentran los del regimiento.

La propuesta de mantenimiento consta de 2 medidas: Instalación **del dispositivo de acoplamiento capacitivo CouplerTec** en los vehículos y dotación de un **Kit anticorrosión para el 1ºEMAN**.

Como línea futura, a largo plazo, queda contemplada la posibilidad de implementar otras 2 medidas adicionales también estudiadas, que dependerá de la evolución de ciertas inviabilidades técnicas, operativas y económicas de ejecución. Estas medidas son: instalación de una purificadora de agua para el pretratamiento de la misma antes del lavado de los vehículos y la construcción de un hangar climatizado para alojar los vehículos y aislarlos de la climatología.

### 5.1 MODELOS E INSTALACIÓN DISPOSITIVO COUPLERTEC

Para la correcta implementación de este dispositivo será necesario hacer distinción entre los distintos vehículos, agrupándolos en: vehículos ligeros en general y vehículos acorazados (Leopard 2A4 y Pizarro). El modelo elegido para cada tipo será el que mejor se adapte a sus especificaciones técnicas. Puede encontrar esta selección de CouplerTec en el [anexo XV](#).

Su instalación, aunque sea sencilla, deberá ser ejecutada por el 2ºEMAN dada la especificidad técnica de algunos pasos.

#### 5.1.1 CouplerTec modelo 4COMM y CouplerTec modelo 12COMM

- **Vehículos ligeros:** modelo elegido y sus características (ver tabla 20 y figura 31).

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	4COMM
Código de producto	4COMMSFK
Descripción	CouplerTec Commercial Heavy Duty Electronic Rustproofing System
Acoples capacitivos	4
Precio (Sin IVA)	1.330,83 €

Tabla 20 Características CouplerTec 4COMM.

Fuente: elaboración propia



Figura 31 CouplerTec 4COMM.

Fuente: (CouplerTec, 2022)



- **Vehículos acorazados:** modelo elegido y sus características (ver tabla 21 y figura 32).

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	12COMM
Código de producto	12COMMSFK
Descripción	CouplerTec Commercial Heavy Duty Electronic Rustproofing System
Acoples capacitivos	12
Precio (Sin IVA)	1.933,47 €

Tabla 21 Características CouplerTec 12COMM.  
Fuente: elaboración propia



Figura 32 CouplerTec 12COMM.  
Fuente: (CouplerTec, 2022)

- **Kit de instalación:** componentes suministrados por el proveedor en ambos modelos (ver tabla 22).

COMPONENTES DEL KIT			
COMPONENTE	Cantidad (4COMM)	Cantidad (12COMM)	
Módulo CouplerTec	1	1	
Acople capacitivo	4	12	
Cubierta de acople	4	12	
Almohadilla de limpieza con alcohol	4	12	
Portafusible con terminal de anillo	1	1	
Fusible (2 Amp)	1	1	
Terminal de anillo termorretráctil	3	3	
Conector termorretráctil de crimpado	9	25	
Tornillo autorroscante de cabeza hexagonal	12	28	

Tabla 22 Kit de instalación para modelos 4COMM y 12COMM.  
Fuente: elaboración propia

### 5.1.2 Instalación CouplerTec

Para ejecutar la instalación debemos proveernos de las siguientes herramientas y productos. Común para ambos modelos (ver tabla 23).

PRODUCTOS REQUERIDOS	HERRAMIENTAS
Cable para automóvil con doble aislamiento de 4 mm	Taladro eléctrico
Bridas	Broca de 6mm
Tubo de telar dividido	Casquillo hexagonal de 8 mm (5/16")
Silicona de curado neutro	Cortacables
	Pelacables
	Cortacables
	Crimpadora
	Pistola de calor o soplete de gas

Tabla 23 Herramientas y productos para instalación. Fuente: elaboración propia



Listado de los pasos a seguir para la instalación, común para ambos modelos diferenciándose simplemente en el número de acoples capacitivos a colocar y sus posiciones (ver tabla 24). Así mismo nos remitiremos al manual y videotutorial del proveedor donde se detallan los pasos a seguir (ver figura 33).

INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN	
N	DESCRIPCIÓN
1	Seleccionar un sitio para ubicar el Módulo CouplerTec
2	Seleccionar los sitios donde ubicar los acopladores capacitivos
3	Montar el módulo CouplerTec
4	Conectar el módulo a la batería/baterías
5	Enrutamiento de los cables AZULES del acoplador capacitivo
6	Ajustar el acoplador capacitivo y las cubiertas
7	Tender el cable de tierra VERDE/AMARILLO
8	Enrutamiento de los cables BLANCOS del acoplador capacitivo
9	Ajustar el acoplador capacitivo y las cubiertas
10	Tender el cable de tierra VERDE
11	Comprobar la instalación
12	Insertar el fusible

Installation Guide Video



<http://bit.ly/1znHN3w>

Figura 33 Manual y videotutorial de instalación. Fuente: (Manuales CouplerTec, 2022)

Tabla 24 Instrucciones de instalación.  
Fuente: elaboración propia



## 5.2 KIT ANTICORROSIÓN 1ºEMAN

Esta medida de mantenimiento consiste en la elaboración de una caja de herramientas específicas contra el óxido y la corrosión, así como una pequeña guía de uso. Este kit es completamente compatible con las medidas ya existentes que podemos encontrar en los anexos I y II.

A continuación, puede encontrar el listado de herramientas y fungibles por los que está compuesto el kit anticorrosión (ver tabla 25 y figura 34). Además de una sencilla guía de utilización (ver tabla 26). Todas estas instrucciones las puede encontrar en el anexo XVI.

KIT ANTICORROSIÓN 1ºEMAN			
Herramientas	Precio aproximado	Fungibles	Precio aproximado
Baul de herramientas	20 €	Mascarilla	5 €
Gafas de protección	5 €	Lijas	15 €
Guantes de trabajo	5 €	Trajos	5 €
Pistola de aire a presión	85 €	Removedor de óxido	20 €
Juego de espátulas	10 €	Imprimación Epoxi	35 €
Brochas	10 €	Sellador	25 €
		Pintura	Provista organicamente
		Anticorrosivo (Cera penetrante)	10 €
		Capa protectora anticorrosión	15 €
Total herramientas	135 €	Total fungibles	130 €
<b>Coste Total</b>	<b>265 €</b>		

Tabla 25 Herramientas y fungibles. Kit anticorrosión. Fuente: elaboración propia

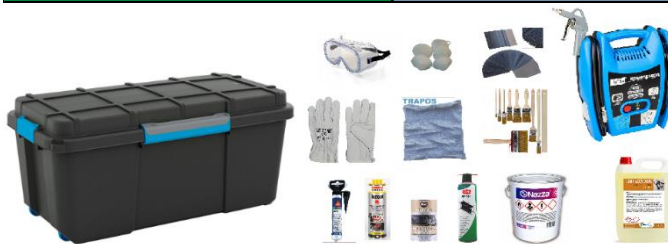


Figura 34 Herramientas y fungibles. Kit anticorrosión. Fuente: elaboración propia

GUIA DE USUARIO DEL KIT ANTICORROSIÓN		
N	Instrucciones	Herramientas Observaciones
0	Prelavar el vehículo	Lavadero de vehículos y pistola de aire a presión Lavar periódicamente, aun si su uso no es asiduo, para retirar partículas depositadas por la atmosfera que provocan la oxidación (sales, etc.) y eliminar los depósitos de cuerpos extraños. Poner atención a los bajos del vehículo y orificios de drenaje. Si el agua usada para el lavado no está purificada entonces asegurarnos de secar en la medida de lo posible el vehículo
1	Inspeccionar el vehículo	Poner especial atención en las zonas más propensas de aparición de óxido (Zonas recientemente reparadas o piezas reemplazadas; zonas desnudas del metal; abolladuras; rayaduras; uniones en puertas (escotillas), borde del capó (camara motor) y entre paneles y zona de contacto entre metales (interior de puertas y larguero lateral), lanzaingenios, periscopio, cañon)
2	Ponerse el EPI	Gafas de protección, guantes de trabajo y mascarilla Equiparse con el equipo de protección individual
3	Rascado y limpieza	Lijas, trapos, espátulas, removedor de óxido y pistola de aire a presión Eliminación de residuos y óxido mediante, producto químico removedor de óxido, rascado y aire a presión, de las zonas afectadas encontradas en el paso 1. No lijar con excesiva fuerza para no rayar el metal. Para el uso de productos quimicos seguir las instrucciones del fabricante.
4	Aplicar imprimación	Imprición y brocha Aplicar imprimación antioxidante sobre la superficie tratada en el paso 3. Leer instrucciones particulares del producto
5	Aplicar sellador	Sellador y brocha Aplicar en las uniones que venian selladas de fabrica y que en el paso 1 se ha apreciado su deterioro, aplicar paso 3 y 4 antes en la zona. Zonas usuales (puertas (escotillas), bordes del capó (camara motor), paneles, etc). También de aplicación en las soldaduras. Leer instrucciones particulares del producto
6	Aplicar pintura	Pintura y brocha Aplicar pintura en las partes necesarias. Usar técnicas normales de terminación
7	Aplicar anticorrosivo	Cera penetrante Aplicar cera penetrante en las zonas en tratamiento donde existan superficies de metal en contacto unas con otras, usualmente (interior de puertas, largueros, lanzaingenios, etc.
8	Aplicar capa protectora	Capa protectora Aplicar con cuidado evitando que no entre zonas sensibles como el motor, amortiguador, piezas rotatorias, etc.

Tabla 26 Guía de usuario. Kit anticorrosión. Fuente: elaboración propia



## 6 CONCLUSIONES

Llegados a este punto, tras el desarrollo de este trabajo de investigación queda por cerrar lo que ha sido un estudio en profundidad tanto desde una perspectiva teórica como desde la práctica y desde la experimentación in situ.

El proyecto comenzó con un título y con un interés común: la necesidad de entender los motivos que originan la degradación tan acentuada por oxidación y corrosión de los vehículos presentes en el Regimiento de Caballería Alcántara 10 con plaza en Melilla. Sumado a la necesidad de encontrar una respuesta eficaz que permita detener esa tendencia y así conseguir que la flota de vehículos vuelva a niveles de operatividad aceptables.

A lo largo de la ejecución de este trabajo se han ido alcanzando resultados que dentro de una línea continuista han ido dando respuesta a esas preguntas de investigación planteadas, contrastando las hipótesis iniciales y alcanzando los objetivos propuestos, de forma que en su conjunto nos hemos elevado hasta ese título inicial satisfaciendo el interés común.

Sigamos por tanto esa línea continuista desde su inicio y analicemos como los resultados obtenidos en el progreso nos han permitido avanzar hasta completar el alcance del trabajo y por ende el alcance del producto, generado como propuesta de implementación.

Desde un primer instante nuestra preocupación se centró en el conocimiento, en obtener los fundamentos teórico-prácticos y para ello se realizó un profundo estudio bibliográfico y sobre el terreno, lo que nos permitió alcanzar el primer objetivo: conocer los fundamentos científicos de los procesos por los que surge la corrosión.

Seguidamente, ya con esa base de conocimiento, ampliamos aún más nuestro saber con un análisis particular y focalizado de la corrosividad atmosférica de Melilla, que se fundamentó en las normas de estandarización internacionales ISO9223 e ISO9224. Este análisis concluye con unos resultados que enfocan nuestra mirada hacia la humectación y las atmósferas salinas y por tanto orientó el rumbo de la investigación y nos permitió alcanzar el segundo objetivo: conocer las causas por la que los vehículos se ven tan afectados por la corrosión.

Mediante la ejecución de una serie de entrevistas a distintos grupos de expertos se concluyeron diferentes factores casuísticos, lo que nos llevó a alcanzar el tercer objetivo: conocer cómo son afectados por la problemática los distintos tipos de vehículos.

La recopilación de todo ello en un análisis de causa/efecto, unido a una nueva consulta a los expertos, mediante un brainstorming, hizo salir a la luz las posibles soluciones. Esto nos evocó a 4 posibilidades que fueron analizadas minuciosamente mediante: un análisis DAFO, análisis de eficacia (de elaboración propia), análisis de viabilidad y finalmente análisis de valor. Concluyéndose entonces la supremacía de 2 medidas de mantenimiento preventivo y correctivo y por tanto alcanzando sobradamente los 2 últimos objetivos específicos: plantear medidas correctivas y preventivas a la problemática y analizarlas.

La línea de investigación acaba con la materialización de todo el estudio previo mediante la propuesta de implementación de unas medidas de mantenimiento correctivo y preventivo basadas en esas soluciones halladas: la instalación de un dispositivo eléctrico de protección anticorrosivo en cada vehículo, junto con un kit anticorrosivo de 1ºEMAN. Esto provocó por tanto la consecución del objetivo general de la presente investigación: la elaboración de un paquete de medidas de mantenimiento contra corrosión en vehículos. Además, se propuso una línea futura de implementación: purificadora de agua para lavado de vehículos y hangar climatizado de almacenaje, condicionado a solventar sus inviabilidades técnicas, operativas y económicas.



## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Acero, R., Pastor, J., Sancho, J. & Torralba, M. (2017).** *Ingeniería de la Calidad*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- **Agencia Estatal de Meteorología (2022).** *Valores climatológicos normales*. Melilla. Disponible en: <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=6000A>. [Consultado: 05 09 2022].
- **Ambler, H. R. & Bain, A. A. J. (1955).** *Corrosion of metals in the tropics*. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jctb.5010050901>. [Consultado: 05 09 2022].
- **Anonymous (2000).** Corrosion test facility helps extend vehicle life. En: *Army Logistician; Fort Lee Tomo 32, N.º 5*. Madrid: Intranet ET.
- **Anonymous (2008).** Corrosion basics - Understanding the basic principles and causes of corrosion. *Materials Performance*, 47(3), p. 80.
- **Chico, B., Otero, E., Mariaca, L. & Morcillo, M. (1998).** *La corrosión en atmósferas marinas. Efecto de la distancia a la costa*. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/revmetalm.1998.v34.iExtra.711>. [Consultado: 05 09 2022].
- **CouplerTec (2022).** *Electronic RustProofing*. Disponible en: <http://www.couplertec.eu/>. [Consultado: 05 09 2022].
- **ECCA (2011).** *The Basics of Corrosion*. Disponible en: <https://prepaintedmetal.eu/repository/downloads/1.%20The%20Basics%20of%20Corrosion.pdf> [Consultado: 05 09 2022].
- **ET MADOC (2022).** *Manuales técnicos de mantenimiento de primer escalón de vehículos*, Madrid: Intranet ET.
- **EUR 7433 (1981).** *The characterization of corrosion test sites in the Community*, Luxembourg: Commission of the European Communities.
- **González, J. A. (1989).** *Control de la corrosión: estudio y medida por técnicas electroquímicas*, Madrid: CENIM.
- **International Organization for Standardization (2022).** *ISO*. Disponible en: <https://www.iso.org/home.html>. [Consultado: 05 09 2022].
- **ISO 9223 (2012).** *Classification of corrosivity categories of atmospheres*, Ginebra: ISO.
- **ISO 9224 (2012).** *Guiding values for the corrosivity categories of atmospheres*, Ginebra: ISO.
- **Javaherdashti, R. (2008).** *Microbiologically Influenced Corrosion - An Engineering Insight*. London: Springer.
- **Manuales CouplerTec (2022).** Disponible en: <http://www.couplertec.eu/brochures-instructions-product-information-sheets/>. [Consultado: 05 09 2022].



- **Morcillo, M. C. (2018).** *La corrosión atmosférica del acero al carbono en ambientes costeros.* Madrid: CSIC.
- **OMPI (2022).** *PatentScope.* Disponible en: <https://patentscope.wipo.int/>. [Consultado: 05 09 2022].
- **Revie, R. W. & Ughlig, H. H. (2008).** *Corrosion and Corrosion Control – An Introduction to Corrosion Science and Engineering.* USA: Wiley & Sons.
- **Richardson, R. (2008).** *An electrical device for impeding corrosion.* Australia, Patente nº AU2007236536.
- **Ríos Jordana, R. (2014).** *Problemas de tecnología de materiales.* Primera ed. Zaragoza: Textos docentes (Universidad de Zaragoza). Tecnológicas.
- **Rivero, S., Chico, B., de la Fuente, D. & Morcillo, M. (2007).** *Corrosión atmosférica del acero bajo en carbono en un ambiente marino.* Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/21129/1/81.pdf>. [Consultado: 05 09 2022].
- **Ruiz Lopez, C. (2020).** *Apuntes Logística para la Defensa,* Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- **Salazar Jiménez, J. A. (2015).** *Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica).* Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/catart?codigo=5212750>. [Consultado: 05 09 2022].
- **Sancho Val, J. (2020).** *Apuntes Oficina de Proyectos.* Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- **Schweitzer, P. A. (2009).** *Fundamentals of Corrosion.* Primera ed. Boca Raton: CRC Press.
- **Udabe, E., Somers, A., Forsyth, M. & Mecerreyes, D. (2021).** Design of Polymeric Corrosion Inhibitors Based on Ionic Coumarate Groups. *ACS Applied Polymer Materials*, 3(4), pp. 1739-1746.
- **Universidad de Granada - Campus de Melilla (2021).** *Portal Melilla.* Disponible en: [https://www.melilla.es/melillaPortal/contenedor.jsp?seccion=s\\_fdes\\_d4\\_v1.jsp&contenido=3703&tipo=6&nivel=1400](https://www.melilla.es/melillaPortal/contenedor.jsp?seccion=s_fdes_d4_v1.jsp&contenido=3703&tipo=6&nivel=1400). [Consultado: 05 09 2022].
- **Urbano Becerril, R. (2017).** *Salitre, enemigo silencioso.* Madrid: Intranet ET.
- **Varona Ruiz, J. M., Setién Marquín, J. & Casado del Prado, J. A. (2011).** *Apuntes Ciencia y Tecnología de los Materiales. Oxidación y Corrosión.* Cantabria: Universidad de Cantabria.
- **Web of Science (2022).** Disponible en: <https://www.webofscience.com/>. [Consultado: 05 09 2022].
- **Xie, X. y otros (2019).** Design of New Al Photoanode Composite for Cathodic Protection Based on Photocatalytic Material and Sacrificial Anode. *Electrochemical Society*, 166(5), pp. H3215-H3222.
- **Yin, Q., Wang, Z. & Pan, C. (2019).** Initial corrosion behavior of pure zinc in simulated tropical marine atmosphere. *Transactions of metals society of China*, 28(12), pp. 2582-2591.



## 8 ANEXOS

### ANEXO I. Mantenimiento preventivo anticorrosión

Es importante cuidar adecuadamente su vehículo para protegerlo de la corrosión. A continuación encontrará las instrucciones sobre como evitar la corrosión de su vehículo.

#### CAUSAS COMUNES DE LA CORROSION

1. La acumulación de sales, suciedad o humedad en lugares inaccesibles de la parte inferior de la carrocería.
2. Abolladuras, rayaduras y cualquier daño en las superficies metálicas tratadas o pintadas.

#### CONDICIONES AMBIENTALES QUE ACELERAN LA CORROSION

1. La alta concentración de sal de las zonas de mar.
2. La alta humedad cuando la temperatura esté por encima del punto de congelación.
3. Las temperaturas elevadas aceleran la corrosión de aquellas partes del vehículo que no estén suficientemente ventiladas.
4. La presencia de humedad en ciertas partes del vehículo durante un periodo prolongado.

Esta información nos muestra la importancia de mantener su vehículo (especialmente debajo de la carrocería), lo más limpio y seco posible, también es importante reparar rápidamente los daños en la pintura.

#### COMO AYUDAR A EVITAR LA CORROSION

##### Lave su vehículo frecuentemente.

La mejor manera de conservar su vehículo y evitar la corrosión es mantenerlo limpio mediante lavados frecuentes.

Si su vehículo es usado bajo condiciones severas de conducción la frecuencia de lavado deberá de aumentar.

##### Elimine los depósitos de cuerpos extraños.

Quite estos depósitos lo más pronto posible, podrían dañar el acabado de su vehículo. Si son difíciles de eliminar, se podría requerir el uso de algún limpiador adicional.

##### Daños en el acabado de su vehículo

Si descubre rayaduras u otros daños en la pintura, repare de inmediato para prevenir

la corrosión. Si las rayaduras dejan el metal al descubierto, solicite la reparación a un taller de confianza.

##### Mantenga limpios el compartimento de pasajeros y el de carga.

La humedad y la suciedad debajo de las alfombrillas del piso podrían causar la corrosión. De vez en cuando, revise debajo de las alfombrillas para comprobar si está limpio y seco.

Si transporta sustancias corrosivas, hágalo en recipientes sellados.

##### Use guardabarros y guardagravas.

El uso de guardabarros y guardagravas, ayudará a proteger su vehículo, sobre todo si acostumbra a transitar por caminos salinos o con gravas. Los herrajes de fijación deberán ser anticorrosivos.

##### Almacene su vehículo sobre un lugar seco y bien ventilado.

No estacione su vehículo en lugares húmedos o mal ventilados. No lo deje mojado en un garage cálido cuando la ventilación sea insuficiente.



## ANEXO II. Mantenimiento correctivo anticorrosión

Se ha realizado un tratamiento antioxidante de las planchas de acero. Para que tengan una mayor resistencia a la corrosión en el interior y/o exterior, estos materiales están galvanizados en ambos lados.

Por su gran protección contra la oxidación se aplican distintos tratamientos tales como los descritos a continuación:

- 1) Las hojas de acero tienen un tratamiento de electroimpresión catódica por su gran resistencia a la corrosión.
- 2) Se le aplica una capa de cera resistente a la oxidación en el interior de puertas y largueros laterales, donde tiende a acumularse la humedad.
- 3) Se aplica una capa vinílica en el interior de la carrocería y en el interior de la caja de rueda.
- 4) Se aplica sellador en el borde de las puertas, uniones de planchas del compartimiento del motor, y en lugares semejantes, para evitar que entre agua y se produzca la oxidación.

Cuando se tienen que reemplazar las planchas, o cuando se hace una reparación a consecuencia de un choque, si se deja parte de la reparación sin un tratamiento, quedará sin protección contra la oxidación y puede corroerse dicha parte. Por lo tanto, es parte esencial de todo trabajo de reparación el revestimiento de las superficies correspondientes.

Todas las planchas de metal están cubiertas con acondicionadores de metal y una capa de imprimación, en fábrica. Cuando se hacen reparaciones o se reemplazan las piezas, todas las superficies desnudas de metal deben limpiarse y cubrirse con imprimador antioxidante. Realice este trabajo antes de aplicar el sellador y la capa de cera anticorrosiva. Los selladores se aplican a las uniones específicas de un vehículo durante su producción en fábrica. El sellador evita que entre polvo en el vehículo y también actúa como barrera anticorrosiva. El sellador se aplica a las puertas, al borde del capó y entre paneles. Se deben corregir y reasentar las uniones originales, si están dañadas. Selle nuevamente las juntas de unión de una nueva plancha de repuesto y el borde de puertas o capó de repuesto.

Utilice selladores de calidad para sellar las uniones, superposición de uniones y soldaduras. El sellador debe tener características flexibles y absorber la pintura después de aplicarla en las partes reparadas.

Para sellar las uniones abiertas, utilice un material impermeable. Seleccione un sellador apropiado al lugar y propósito específico. Lea las instrucciones en la etiqueta del fabricante antes de usar el sellador.

Muchas veces se deben pintar los lugares reparados. En este caso se deben seguir las técnicas normales de terminación, pintura de color y capa protectora.

La cera anticorrosiva es un compuesto penetrante que se aplica en las superficies de metal a metal (interior de puerta y larguero lateral) donde no se pueden utilizar materiales de revestimiento normales. Por lo tanto, cuando se selecciona la cera a prueba de oxidación, ésta debe ser del tipo penetrante.

Cuando se coloca la capa protectora (capa vinílica), se debe hacer con cuidado para que no entre en las piezas del motor, montaje del amortiguador y piezas rotatorias.

Después de la capa protectora, se debe verificar que los orificios de drenaje en la carrocería no han quedado tapados. La secuencia de los pasos de aplicación de los materiales anticorrosivos es la siguiente:

- 1) Limpie y prepare las superficies metálicas.
- 2) Aplique imprimador.
- 3) Aplique sellador (todas las uniones selladas originalmente).
- 4) Aplique color en las partes donde sea necesario.
- 5) Aplique un compuesto anticorrosivo (cera penetrante).
- 6) Aplique una capa protectora (material a prueba de oxidación).

Cuando se realicen soldaduras o calentamiento y se quema la galvanización original o los materiales anticorrosivos en la superficie, se deben limpiar las partes afectadas.

La eliminación de residuos quemados debe realizarse cuidadosamente cuando el lugar a limpiar tiene forma de caja o una forma que hace difícil el acceso a su interior. En general se puede utilizar el siguiente método para eliminación de los residuos.

### ADVERTENCIA

**Se deben tomar las precauciones normales para el trabajo en el taller, en especial el uso de gafas protectoras, para hacer los trabajos mencionados anteriormente, para evitar el riesgo de sufrir heridas.**

Raspe las superficies a las que se pueda llegar fácilmente. Si un cuchillo o espátula normal no entra en el lugar, se puede utilizar una espátula más flexible o rascadores adecuados. Un chorro de aire comprimido puede eliminar la mayor parte de residuos y será efectivo en lugares cerrados. Sin embargo, este tipo de trabajo requiere absolutamente el uso de gafas protectoras.





## ANEXO IV. Entrevista tipo 1

### ENTREVISTA TIPO 1 – ESTUDIO DE CORROSIÓN

<b>NOMBRE DEL CANDIDATO</b>		<b>REALIZADO POR</b>	CAC. Belgali Mohamed Allali		
<b>FECHA DE LA ENTREVISTA</b>		<b>HORA INICIO ENTREVISTA</b>		<b>HORA FIN ENTREVISTA</b>	
<b>PUESTO QUE OCUPA</b>		<b>TAREAS PRINCIPALES</b>			
<b>DESCRIPCIÓN DEL PUESTO QUE SE ESTÁ CUBRIENDO</b>					
<b>ANTIGÜEDAD EN EL PUESTO</b>		<b>PUESTOS ANTERIORES</b>			
¿Conoce la problemática del óxido y la corrosión en los vehículos militares?					
¿Qué repercusiones tiene este problema para las unidades?					
En su opinión, ¿Cual es el origen del problema?					
¿Existe algún plan de acción contra esta problemática?					
¿Qué vehículos sufren más este problema?					
Propuesta de mejora para los métodos correctivos contra la aparición de óxido					
Propuesta de mejora para los métodos preventivos contra la aparición de óxido					
	<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MUY ALTO</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<b>ESTUDIOS</b>					
<b>EXPERIENCIA LABORAL</b>					
<b>MATERIALES DE TRABAJO</b>					
<b>PERSONAL DE TRABAJO</b>					
<b>COMENTARIOS</b>					
<b>NOMBRE DEL ENTREVISTADOR</b>	<b>TÍTULO</b>		<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>	
CAC. Belgali Mohamed Allali	Autor				



## ANEXO V. Entrevista tipo 2

### ENTREVISTA TIPO 2 – ESTUDIO DE CORROSIÓN

<b>NOMBRE DEL CANDIDATO</b>		<b>REALIZADO POR</b>	CAC. Belgali Mohamed Allali		
<b>FECHA DE LA ENTREVISTA</b>		<b>HORA INICIO ENTREVISTA</b>		<b>HORA FIN ENTREVISTA</b>	
<b>PUESTO QUE OCUPA</b>		<b>TAREAS PRINCIPALES</b>			
<b>DESCRIPCIÓN DEL PUESTO QUE SE ESTÁ CUBRIENDO</b>					
<b>ANTIGÜEDAD EN EL PUESTO</b>		<b>PUESTOS ANTERIORES</b>			
¿Qué vehículos sufren mayor corrosión u oxidación?					
En su opinión, ¿Cual es el origen del problema?					
¿Existe alguna medida preventiva contra la aparición de la corrosión?					
¿Qué medidas correctivas se realizan, en general, para eliminar la corrosión?					
En los vehículos ligeros ¿En qué zonas suele aparecer la corrosión?					
En el Pizarro ¿En qué zona suele aparecer la corrosión?					
En el Leopard. ¿En qué zona suele aparecer la corrosión?					
Sugerencias de actuación para 1°EMAN, para prevención y pretratamiento correctivo					
Propuesta de mejora para los métodos correctivos contra la aparición de óxido					
Propuesta de mejora para reducir la aparición de la corrosión					
	<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MUY ALTO</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<b>ESTUDIOS</b>					
<b>EXPERIENCIA LABORAL</b>					
<b>MATERIALES DE TRABAJO</b>					
<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>					
<b>RELACIÓN CON ESCALÓN SUPERIOR</b>					
<b>RELACIÓN CON ESCALÓN INFERIOR</b>					
<b>COMENTARIOS</b>					
<b>NOMBRE DEL ENTREVISTADOR</b>	<b>TÍTULO</b>		<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>	
CAC. Belgali Mohamed Allali	Autor				



## ANEXO VI. Causas de la corrosión. Diagrama Ishikawa



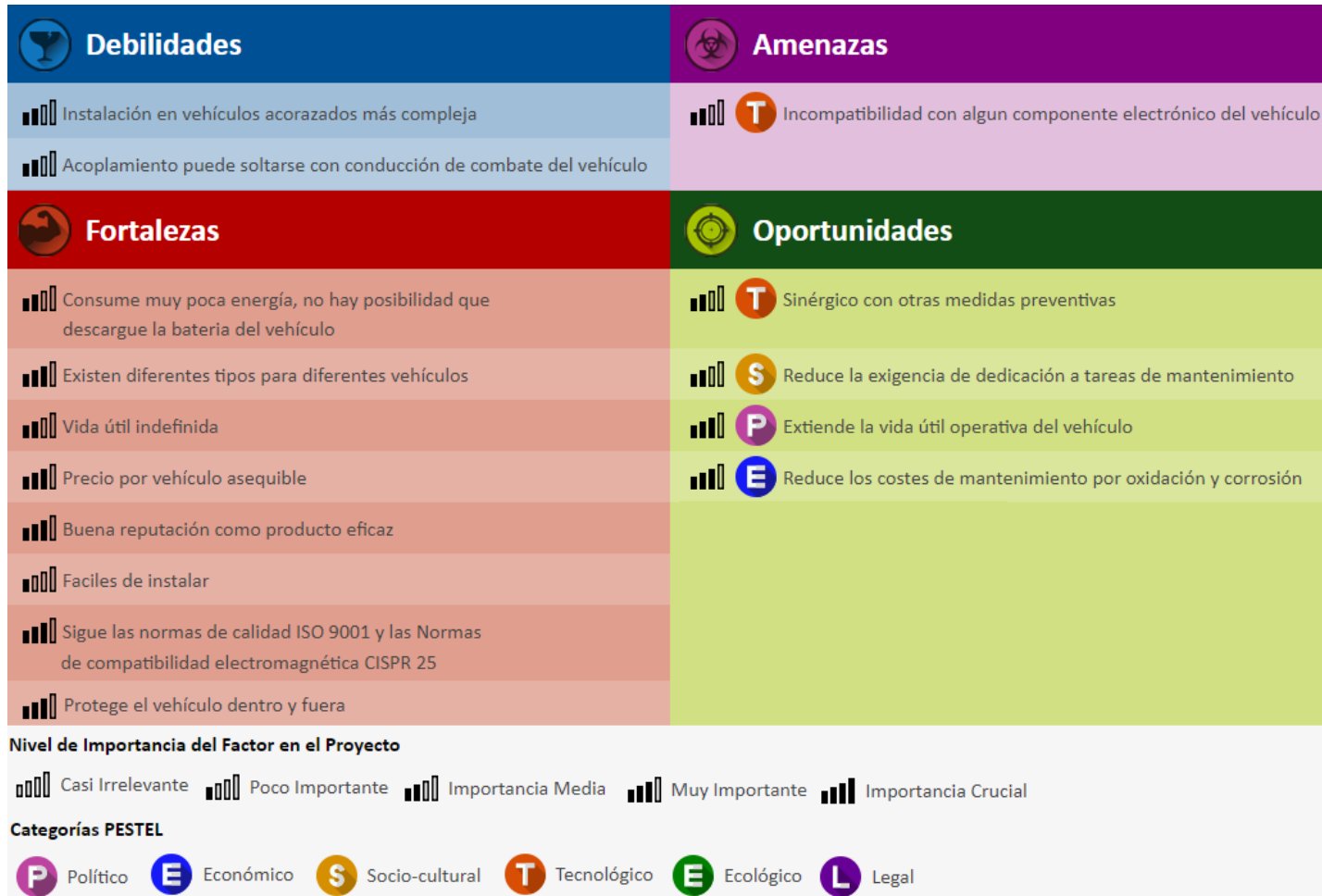


## ANEXO VII. Planteamiento de soluciones. Brainstorming





## ANEXO VIII. Análisis DAFO acoplamiento capacitivo CouplerTec





## ANEXO IX. Análisis DAFO kit anticorrosión de 1ºEMAN





## ANEXO X. Análisis DAFO purificador de agua para lavado de vehículos





## ANEXO XI. Análisis DAFO hangar climatizado para vehículos militares





## ANEXO XII. Análisis de eficacia

EFICACIA	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
% Eficacia	E < 15	15 <= E < 30	30 <= E < 60	60 <= E < 90	E >= 90
Asignación	0	1	2	3	4

EFICACIA EN CONDICIONES IDEALES DE APLICACIÓN DE LA SOLUCIONES			
SOLUCIONES	INDICATIVO	EFICACIA PREVENTIVA	EFICACIA CORRECTIVA
Acople Capacitivo CouplerTec	S1	4	1
Kit anticorrosión	S2	2	3
Purificador de agua	S3	3	0
Hangar de almacenaje	S4	4	0

CASUÍSTICAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>C1: El Hangar permanece abierto toda la jornada laboral (8 horas aproximadamente) reduciendo la eficacia preventiva (E PRE.) de S4 a 2.</li> <li>C2: Varios acoples del dispositivo CouplerTec se sueltan reduciendo la eficacia preventiva E PRE. de S1 a 2 y la eficacia correctiva (E COR.) a 0.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C3: Realización de un tratamiento inadecuado en una zona afectada por el óxido reduciendo la eficacia preventiva (E PRE.) de S2 a 0 y eficacia correctiva (E COR.) a 2.</li> <li>C4: El purificador de agua pierde rendimiento y expulsa agua con cierta dureza reduciendo la eficacia preventiva (E PRE.) de S3 a 1.</li> <li>C5: Peor escenario con la combinación de las casuísticas C1, C2, C3 y C4.</li> </ul>

CONDICIONES IDEALES			C1			C2		
SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.	SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.	SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.
S1	4	1	S1	4	1	S1	2	0
S2	2	3	S2	2	3	S2	2	3
S3	3	0	S3	3	0	S3	3	0
S4	4	0	S4	2	0	S4	4	0
S1+S2	4	4	S1+S2	4	4	S1+S2	4	3
S1+S3	4	1	S1+S3	4	1	S1+S3	4	0
S1+S4	4	1	S1+S4	4	1	S1+S4	4	0
S2+S3	4	3	S2+S3	4	3	S2+S3	4	3
S2+S4	4	3	S2+S4	4	3	S2+S4	4	3
S3+S4	4	0	S3+S4	4	0	S3+S4	4	0
S1+S2+S3	4	4	S1+S2+S3	4	4	S1+S2+S3	4	3
S1+S2+S4	4	4	S1+S2+S4	4	4	S1+S2+S4	4	3
S1+S3+S4	4	1	S1+S3+S4	4	1	S1+S3+S4	4	0
S2+S3+S4	4	3	S2+S3+S4	4	3	S2+S3+S4	4	3
S1+S2+S3+S4	4	4	S1+S2+S3+S4	4	4	S1+S2+S3+S4	4	3

C3			C4			C5		
SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.	SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.	SOLUCIÓN	E PRE.	E COR.
S1	4	1	S1	4	1	S1	2	0
S2	0	2	S2	2	3	S2	0	2
S3	3	0	S3	1	0	S3	1	0
S4	4	0	S4	4	0	S4	2	0
S1+S2	4	3	S1+S2	4	4	S1+S2	2	2
S1+S3	4	1	S1+S3	4	1	S1+S3	3	0
S1+S4	4	1	S1+S4	4	1	S1+S4	4	0
S2+S3	3	2	S2+S3	3	3	S2+S3	1	2
S2+S4	4	2	S2+S4	4	3	S2+S4	2	2
S3+S4	4	0	S3+S4	4	0	S3+S4	3	0
S1+S2+S3	4	3	S1+S2+S3	4	4	S1+S2+S3	3	2
S1+S2+S4	4	3	S1+S2+S4	4	4	S1+S2+S4	4	2
S1+S3+S4	4	1	S1+S3+S4	4	1	S1+S3+S4	4	0
S2+S3+S4	4	2	S2+S3+S4	4	3	S2+S3+S4	3	2
S1+S2+S3+S4	4	3	S1+S2+S3+S4	4	4	S1+S2+S3+S4	4	2

## RESULTADOS

- C1 y C4: en estos casos prácticos la combinación de las soluciones que aporta mayor eficacia con el mínimo número de soluciones es S1 (CouplerTec) + S2 (Kit anticorrosión) con una eficacia conjunta preventiva y correctiva 4 (muy alta).
- C2 y C3: en estos casos prácticos la combinación de las soluciones que aporta mayor eficacia con el mínimo número de soluciones es S1 (CouplerTec) + S2 (Kit anticorrosión) con una eficacia conjunta preventiva 4 (muy alta) y correctiva 3 (alta).
- C5: en este caso práctico la combinación de las soluciones que aporta mayor eficacia con el mínimo número de soluciones es S1 (CouplerTec) + S2 (Kit anticorrosión) + S4 (hangar de almacenaje) con una eficacia conjunta preventiva 4 (muy alta) y correctiva 2 (media).



### ANEXO XIII. Estudios de viabilidad

Cuestiones de viabilidad	Viabilidad de las soluciones propuestas			
	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4
	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificador de agua	Hangar de almacenaje
¿El marco normativo interno vigente permite la implantación de la solución?	✓	✓	✓	?
¿Resolverá la solución los problemas de corrosión por si sola?	✗	✗	✗	✗
¿Es la solución fiable y sostenible?	✓	✓	✓	✓
¿Es la solución interoperable con otras?	✓	✓	✓	✓
¿El RC-10 cuenta con los recursos materiales que la solución requiere?	✗	✗	✗	✗
¿El RC-10 cuenta con los recursos humanos que solución requiere?	✓	✓	✗	✗
¿El equipo tiene la experiencia técnica necesaria para implementar la solución?	✓	✓	✗	✗
¿El RC-10 cuenta con la infraestructura tecnológica que la solución requiere?	✓	✓	✓	✗
¿El RC-10 cuenta con una estrategia para la administración del cambio para asegurar el éxito?	✓	✓	✓	✗
¿Justifica la solución su propio coste?	✓	✓	✓	✓
¿El RC-10 cuenta con los recursos económicos que la solución requiere?	✓	✓	✗	✗
¿Se cuenta con el plazo de tiempo suficiente para la realización de la solución?	✓	✓	✓	✓
¿El RC-10 cuenta con la capacidad para administrar la implantación de la solución?	✓	✓	✓	✗
Solución interinstitucional ¿existe apoyo de las instituciones participantes?	✓	✓	✓	✓
<b>Viabilidad de ejecución</b>	<b>VIABLE</b>	<b>VIABLE</b>	<b>VIABLE CONDICIONAL</b>	<b>INVIABLE</b>

De las posibles soluciones se descarta la implantación del hangar de almacenaje de vehículos por diferentes motivos que imposibilitan su ejecución. Así mismo se establece la viabilidad condicional del purificador de agua en función de la evolución de ciertos impedimentos de carácter económico y técnico.



## ANEXO XIV. Comparativa calidad/precio. Análisis de valor

- **CP: clase de precio**
- **CQ: clase de calidad**

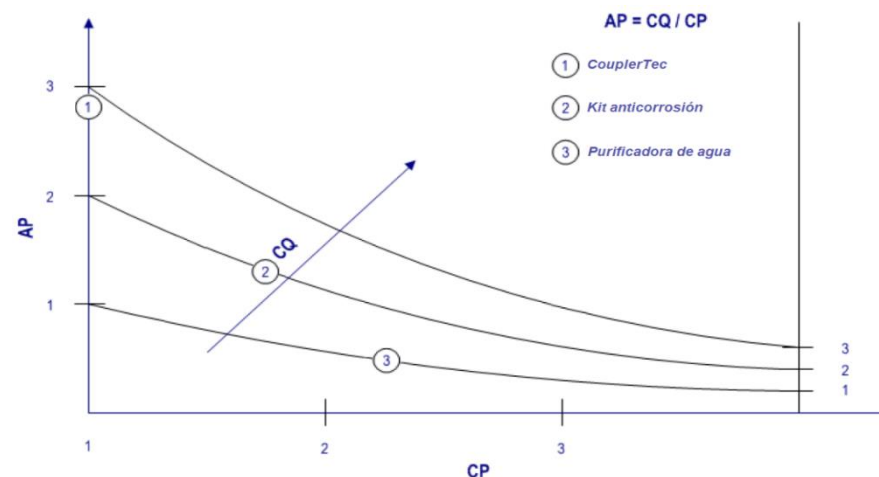
$$CP = 3 \cdot \left[ \frac{P_p - P_{mín}}{P_{máx} - P_{mín}} \right] + 1$$

$$CQ = \frac{\text{Suma de puntos}}{\text{Número de propiedades}}$$

EVALUACIÓN DE LA CQ DE CADA SOLUCIÓN			
Propiedad	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificadora de agua
Consumo eléctrico	3	3	1
Vida útil	3	2	1
Reputación	3	1	2
Facilidad de instalación	2	3	1
Protección preventiva	3	1	3
Protección correctiva	1	3	1
Facilidad de uso	3	3	3
Nivel de reposición fungibles	3	1	1
Toxicidad	3	2	2
Mantenimiento	2	2	1
Dependencia de otros	3	2	1
Protección total	3	1	1
<b>CQ</b>	<b>2,66666667</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>
Precios en € por unidad	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificadora de agua
Pp	1500	265	9819
Pmín	1500	180	5465
Pmáx	1500,01	520	15719
<b>CP</b>	<b>1</b>	<b>1,75</b>	<b>2,273844353</b>

Adecuación del precio	Acople capacitivo	Kit anticorrosión	Purificadora de agua
QP	2,66666667	2	1,5
CP	1	1,75	2,273844353
AP	2,66666667	1,142857143	0,659675759

PUNTUACIÓN EN CALIDAD DE CADA PROPIEDAD			
Propiedad \ puntuación	1	2	3
Consumo eléctrico	Alto	Medio	Bajo
Vida útil	Baja	Media	Alta
Reputación	Baja	Media	Alta
Facilidad de instalación	Baja	Media	Alta
Protección preventiva	Baja	Media	Alta
Protección correctiva	Baja	Media	Alta
Facilidad de uso	Baja	Media	Ala
Nivel de reposición fungibles	Alta	Media	Baja
Toxicidad	Alto	Medio	Bajo
Mantenimiento	Alto	Medio	Bajo
Dependencia de otros	Alto	Medio	Bajo
Protección total	Bajo	Medio	Alto



La adecuación del precio AP es mayor para la solución del acople capacitivo CouplerTec lo que significa que es este el que presenta mejor relación calidad precio de las 3 soluciones, seguido por el kit anticorrosión y por último por la purificadora de agua.



## ANEXO XV. Modelos e instalación del dispositivo CouplerTec



VEHÍCULOS LIGEROS CARACTERÍSTICAS	
Modelo	4COMM
Código de producto	4COMMSFK
Descripción	CouplerTec Commercial Heavy Duty Electronic Rustproofing System
Acoples capacitivos	4
Precio (Sin IVA)	1.330,83 €



VEHÍCULOS ACORAZADOS CARACTERÍSTICAS	
Modelo	12COMM
Código de producto	12COMMSFK
Descripción	CouplerTec Commercial Heavy Duty Electronic Rustproofing System
Acoples capacitivos	12
Precio (Sin IVA)	1.933,47 €

COMPONENTES DEL KIT		
COMPONENTE	Cantidad (4COMM)	Cantidad (12COMM)
Módulo CouplerTec	1	1
Acople capacitivo	4	12
Cubierta de acople	4	12
Almohadilla de limpieza con alcohol	4	12
Portafusible con terminal de anillo	1	1
Fusible (2 Amp)	1	1
Terminal de anillo termorretráctil	3	3
Conector termorretráctil de crimpado	9	25
Tornillo autorroscante de cabeza hexagonal	12	28

PRODUCTOS REQUERIDOS PARA LA INSTALACIÓN
Cable para automóvil con doble aislamiento de 4 mm
Bridas
Tubo de telar dividido
Silicona de curado neutro

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA LA INSTALACIÓN
Taladro eléctrico
Broca de 6mm
Casquillo hexagonal de 8 mm (5/16")
Cortacables
Pelacables
Crimpadora
Pistola de calor o soplete de gas



INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN	
N	DESCRIPCIÓN
1	Seleccionar un sitio para ubicar el Módulo CouplerTec
2	Seleccionar los sitios donde ubicar los acopladores capacitivos
3	Montar el módulo CouplerTec
4	Conectar el módulo a la batería/baterías
5	Enrutar los cables AZULES del acoplador capacitivo
6	Ajustar el acoplador capacitivo y las cubiertas
7	Tender el cable de tierra VERDE/AMARILLO
8	Enrutar los cables BLANCOS del acoplador capacitivo
9	Ajustar el acoplador capacitivo y las cubiertas
10	Tender el cable de tierra VERDE
11	Comprobar la instalación
12	Insertar el fusible

### ENLACE A INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

<http://www.couplertec.eu/brochures-instructions-product-information-sheets/>

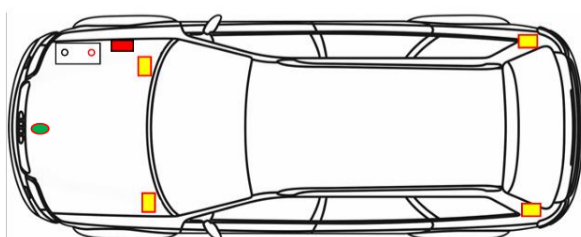
Installation Guide Video



<http://bit.ly/1znHN3w>

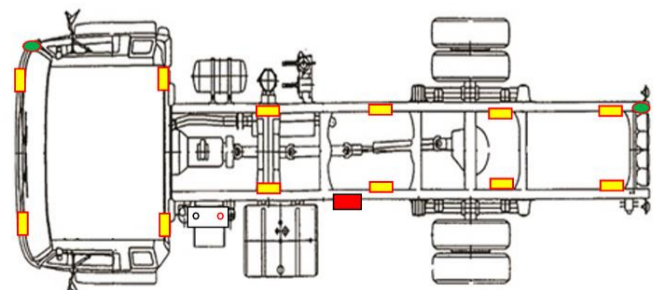
### EJEMPLO 4COMM

- Battery
- Modul
- Capacitive coupler
- Earth



### EJEMPLO 12COMM

- Battery
- Modul
- Capacitive coupler
- Earth





## ANEXO XVI. Kit anticorrosión 1ºEMAN



KIT ANTICORROSIÓN 1ºEMAN			
Herramientas	Precio aproximado	Fungibles	Precio aproximado
Baul de herramientas	20 €	Mascarilla	5 €
Gafas de protección	5 €	Lijas	15 €
Guantes de trabajo	5 €	Trapos	5 €
Pistola de aire a presión	85 €	Removedor de óxido	20 €
Juego de espátulas	10 €	Imprimación Epoxi	35 €
Brochas	10 €	Sellador	25 €
		Pintura	Provista orgánicamente
		Anticorrosivo (Cera penetrante)	10 €
		Capa protectora anticorrosión	15 €
Total herramientas	135 €	Total fungibles	130 €
<b>Coste Total</b>	<b>265 €</b>		

GUÍA DE USUARIO DEL KIT ANTICORROSIÓN			
N	Instrucciones	Herramientas	Observaciones
0	<b>Prelavar el vehículo</b>	<b>Lavadero de vehículos y pistola de aire a presión</b>	Lavar periódicamente, aun si su uso no es asiduo, para retirar partículas depositadas por la atmósfera que provocan la oxidación (sales, etc.) y eliminar los depósitos de cuerpos extraños. Poner atención a los bajos del vehículo y orificios de drenaje. Si el agua usada para el lavado no está purificada, entonces nos aseguramos de secar en la medida de lo posible el vehículo
1	<b>Inspeccionar el vehículo</b>		Poner especial atención en las zonas más propensas de aparición de óxido (zonas recientemente reparadas o piezas remplazadas; zonas desnudas del metal; abolladuras; rayaduras; uniones en puertas (escotillas), borde del capó (cámara motor) y entre paneles y zona de contacto entre metales (interior de puertas y larguero lateral), lanzaingenios, periscopio, cañón)
2	<b>Ponerse el EPI</b>	<b>Gafas de protección, guantes de trabajo y mascarilla</b>	Equiparse con el equipo de protección individual
3	<b>Rascado y limpieza</b>	<b>Lijas, trapos, espátulas, removedor de óxido y pistola de aire a presión</b>	Eliminación de residuos y óxido mediante, producto químico removedor de óxido, rascado y aire a presión, de las zonas afectadas encontradas en el paso 1. No lijar con excesiva fuerza para no rayar el metal. Para el uso de productos químicos seguir las instrucciones del fabricante
4	<b>Aplicar imprimación</b>	<b>Imprición y brocha</b>	Aplicar imprimación antioxidante sobre la superficie tratada en el paso 3. Leer instrucciones particulares del producto
5	<b>Aplicar sellador</b>	<b>Sellador y brocha</b>	Aplicar en las uniones que venían selladas de fábrica y que en el paso 1 se ha apreciado su deterioro, aplicar paso 3 y 4 antes en la zona. Zonas usuales (puertas (escotillas), bordes del capó (cámara motor), paneles, etc.). También de aplicación en las soldaduras. Leer instrucciones particulares del producto
6	<b>Aplicar pintura</b>	<b>Pintura y brocha</b>	Aplicar pintura en las partes necesarias. Usar técnicas normales de terminación
7	<b>Aplicar anticorrosivo</b>	<b>Cera penetrante</b>	Aplicar cera penetrante en las zonas en tratamiento donde existan superficies de metal en contacto unas con otras, usualmente: interior de puertas, largueros, lanzaingenios, etc.
8	<b>Aplicar capa protectora</b>	<b>Capa protectora</b>	Aplicar con cuidado evitando que no entre en zonas sensibles como el motor, amortiguador, piezas rotatorias, etc.



## 9 DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Declaro que he escrito el presente TFG de forma independiente y por mi cuenta. He marcado claramente cualquier lenguaje o ideas tomados de otras fuentes como no míos y he documentado dichas fuentes. El TFG no contiene ningún trabajo que haya entregado o que haya calificado como artículo anteriormente.

Soy consciente de que cualquier incumplimiento constituye plagio. El plagio es la presentación de los pensamientos o palabras de otra persona como si fueran míos, incluso si los resumo, parafraseo, condenso, acorto, reorganizo o altero de alguna otra manera.

Soy consciente de las consecuencias y sanciones que conlleva el plagio. Entre otras, las consecuencias pueden incluir la anulación del TFG. Estas consecuencias también se aplican retrospectivamente, es decir, si se descubre plagio después de que el TFG haya sido aceptado y calificado. Soy plenamente consciente del alcance de estas consecuencias.

Zaragoza, España en noviembre del 2022

El autor del TFG

Fdo.: CAC. Belgali Mohamed Allali