

**Universidad de Matanzas**

**“Camilo Cienfuegos”**

**Facultad de Ingenierías.**

**Departamento de Ingeniería Mecánica.**

**Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT).**



**PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN DEL  
FARGO EXPUESTO EN  
EL MUSEO DE LA REVOLUCIÓN.**

**Autor:** Cynthia Santana Hernández.

**Tutor:** Ing. Idaelsys López Arias.

*Profesor Asistente.*

*Doctor en Ciencias Técnicas.*

**Matanzas, 2014.**

### **Declaración de autoría.**

Yo, Cynthia Santana Hernández, me declaro como la única autora de este Trabajo de Diploma, por lo tanto autorizo para su consulta a todo aquel que la necesite, ya sea instituciones, profesionales, técnicos y demás personas que deseen hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que se estime conveniente, quedando prohibida la reproducción total o parcial de este documento.

Firma: \_\_\_\_\_.

**Cynthia Santana Hernández.**

Facultad de Ingenierías. Universidad de  
Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

**Notas de Aceptación.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Tribunal:

---

Firma:

---

Miembro del Tribunal:

---

Firma:

---

Miembro de Tribunal:

---

Firma:

Provincia: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

## **Pensamiento.**

*“Ciencia y libertad son las llaves maestras que han abierto las puertas por donde entran los hombres a torrentes, enamorados del mundo venidero. Diríase que al venir a la tierra tantas coronas de cabezas de reyes, las cogieron los hombres en sus manos y se han ceñido a las sienes sus fragmentos”*

*José Martí*

## **Dedicatoria.**

A mi abuelo que aunque no esté físicamente me impulsó a terminar la carrera y no desistir, su mayor anhelo era ver terminados los cinco años de estudio. Ojalá me oyera decir: ya terminé, ya soy ingeniera.

A mis padres que siempre tienen una forma de entender mis problemas, saben lo que quiero, aun cuando no encuentran el modo de expresarlo y quienes disfrutarán del éxito de esta tesis como lo haré yo.

A mi hermano por confiar en mí,

A mi abuela, tía, primos,...los quiero mucho a todos !!! .

A mi Patria, la que me hace ser cada día más cubana.

## **Agradecimientos.**

Una obra como esta es imposible realizarla, sin el apoyo desinteresado y leal de un grupo de compañeros que han contribuido a que terminara esta investigación, a todos, muchas gracias y afectuoso agradecimiento.

- A mis padres Ana Margarita y Waldo por llevarme hasta donde estoy con su esfuerzo, paciencia, dedicación, sacrificio, cariño, consejos, fuente de amor interminable, siéntanse orgullosos de mí como yo lo estoy de ustedes al tener el enorme privilegio de ser su hija.
- A mi tutora Idaelsys López Arias por su guía indiscutiblemente ejemplar, por su crítica necesaria y tremendamente benéfica, por haber confiado en mí a pesar de las dificultades que se presentan en la vida, por haberme dado la posibilidad de realizarme profesionalmente, para usted mis respetos.
- A todos los profesores que de muchas maneras influyeron en mi formación profesional y cada cual aportó su granito de arena en esta profesional que se lanza al mudo.
- A mi hermano Denys, mi abuela Rosita, mi tía Elba, mi tío Josué, mis primos Deyvid, Analilian, Alessandro, Isabela y Cesar Alejandro, a mi novio Orlando, los cuales de una forma u otra han sido mi razón de ser y de creer que era posible llegar hasta aquí con mi esfuerzo.
- Agradecer en especial a la Revolución y a su máximo guía Fidel, por haber acercado tanto, tan solo a la distancia del empeño, los sueños de muchos jóvenes que, como yo, están convencidos que el futuro se construye con nuestras propias manos.
- A todas esas personas que dentro y fuera de la escuela han sido la razón de ser y de creer que era posible llegar hasta aquí con mi esfuerzo, a aquellos que me han enseñado que en la vida todo se puede con esfuerzo y sacrificio, a los que han caminado a mi lado, a los que desean que cada día crezca como persona, como profesional, como amiga,

A todos de corazón, muchas gracias, simplemente por estar ahí. Los quiero.

## Resumen

En la actualidad existen una gran variedad de museos: museos de arte, museos históricos, museos de ciencias y técnica, museos de historia natural, museos dedicados a personalidades y museos arqueológicos, entre otros. Los museos históricos poseen colecciones que han sido concebidas y presentadas dentro de una perspectiva histórica. Estos contienen gran variedad de objetos, incluidos los documentos, artefactos de todo tipo, arte y objetos arqueológicos en general. Como ejemplo se encuentra el Museo de la Revolución ubicado dentro de nuestro país en la ciudad de la Habana. En este trabajo se analiza el deterioro por corrosión del transporte de reparto Fargo, utilizado por José Antonio Echeverría y un grupo de revolucionarios en las acciones del 13 de marzo de 1957, expuesto en las áreas del mismo y se hace una propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación con vistas a disminuirlo. Además es realizado un diagnóstico del estado actual del transporte, donde se tratan aspectos sobre materiales, tipos de corrosión, problemas de diseño anticorrosivo y se analizan los gastos de materiales para llevar a cabo la conservación, con la valoración económica de la propuesta. Los productos que se proponen para llevar a cabo la conservación son de producción nacional, por lo que se sustituyen importaciones de acuerdo a lo propuesto en los lineamientos del Partido Comunista de Cuba. También se valora el impacto social de la conservación del transporte que se atesora en esta instalación, por su valor histórico-social.

## **Summary**

At the present time there is a great variety of museums: art museums, historical museums, science and technique museums, museums of natural history, museums dedicated to personalities and archaeological museums, among others. The historical museums possess collections conceived and presented within a historical perspective. These contain a great deal of objects, including documents, all kinds of devices, art and archaeological objects in general. As an example we have the Museum of the Revolution located in Havana City. This work analyzes the wearing out by corrosion of the delivery vehicle Fargo, used by José Antonio Echeverría and a group of revolutionaries in the actions on March 13th, 1957, exhibited in the areas of the museum and a proposal of a System for Anticorrosive Protection and Conservation is proposed. A diagnosis of the current state of the vehicle is also carried out, where types of corrosion, problems in anticorrosive design and the expenses of materials are analyzed to carry out the conservation, with the economic valuation of the proposal. The products used to carry out the conservation are from national production, so that imports are substituted. The social impact of the conservation of the vehicle stored in this installation is also taken into account, for its historical and social value.



## Índice

<b>Introducción.</b> -----	1
<b>Capítulo 1: Análisis bibliográfico.</b> -----	3
1.1 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios. (García, et. al. 2012) -----	3
1.2 Agresividad corrosiva de la Isla de Cuba.-----	3
1.3 Corrosión atmosférica.-----	4
1.4 Factores que influyen en la corrosión atmosférica. (Méndez, et al. 2008) 5	
<b>1.4.1 Factores externos:</b> -----	5
<b>1.4.2 Factores internos:</b> -----	5
1.5 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica. (Méndez, et .al. 2008) -----	5
1.6 Aerosol marino y corrosión atmosférica. -----	15
1.7 Incidencia económica de la corrosión. -----	16
1.8 Principales problemas de diseño anticorrosivo. -----	17
1.9 Situación del mercado de los anticorrosivos en Cuba. (García, et. al. 2012) -----	19
1.10 Sistemas de protección anticorrosiva y de conservación. (Echeverría, et al. 2012).-----	20
1.11 Sistema de conservación DUCAR. (Echeverría, et al. 2012).-----	22
1.12 Procedimiento para la conservación del transporte en explotación (DUCAR). (Méndez, et al. 2008)-----	22
1.13 Comparación con otros servicios de conservación del transporte en otros países. (López, 2007) -----	24
1.14 Impacto social (Espinosa, 2013).-----	25
Conclusiones Parciales -----	27
<b>Capítulo II. Materiales y Métodos.</b> -----	28
2.1 Metodología general para el análisis y solución de problemas de corrosión. -----	28

2.2 Análisis de los productos empleados para la conservación del transporte terrestre del Museo de la Revolución. -----	45
2.3 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.-----	48
2.4 Metodología para el análisis económico.-----	49
Conclusiones Parciales -----	51
<b>Capítulo III: Análisis y discusión de los resultados.</b> -----	<b>52</b>
3.1 Agresividad corrosiva de la atmósfera. -----	53
3.2 Materiales de construcción. -----	54
3.3 Problemas de diseño anticorrosivo presentes en el Fargo y factores que influyen. -----	55
3.4 Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC). -----	61
3.5 Análisis económico. -----	62
3.6 Evaluación del impacto social.-----	65
Conclusiones Parciales -----	66
<b>Conclusiones</b> -----	<b>67</b>
<b>Recomendaciones</b> -----	<b>68</b>
<b>Bibliografía</b> -----	<b>69</b>
<b>Anexos</b> -----	<b>72</b>

## **Introducción.**

En nuestro país el Consejo Nacional de Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura de la República de Cuba, con sede en La Habana, es la instancia encargada de precisar y declarar los bienes que deben formar parte del patrimonio cultural de la nación, los cuales estarán sujetos a los preceptos de la Ley No. 1, “Ley de Protección al Patrimonio Cultural y su Reglamento”. Regir metodológicamente la investigación, el enriquecimiento, el rescate, la difusión y la protección del Patrimonio Cultural cubano en defensa de los valores esenciales de la identidad nacional, son funciones del Consejo Nacional del Patrimonio, para lo cual coordina y orienta los programas que desarrollan las entidades subordinadas a él. El Consejo Nacional de Patrimonio Cultural ejerce sus funciones a través de los Centros Provinciales de Patrimonio Cultural, a los cuales se adscriben los museos, los equipos técnicos de monumentos y los Registros Provinciales de Bienes Culturales.

El estado defiende la identidad de la cultura cubana y vela por la conservación del patrimonio cultural y la riqueza artística e histórica de la nación, muestra de ello es el lineamiento 163 del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.

El Museo de la Revolución, ubicado en La Habana, reúne material y colecciones relativos a la revolución cubana. Creado el 12 de diciembre de 1959 por decreto del Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, firmado por el entonces Ministro de las FAR y actual Presidente de Cuba, Raúl Castro. La base de la colección inicial del museo fue el material reunido por Celia Sánchez Manduley, combatiente del Movimiento 26 de Julio en la Sierra Maestra. La cuantía y el valor de sus colecciones, así como la constante labor cultural, histórica y política que realiza, hacen de este museo de historia el más importante del país. El busto de José Martí, la bandera de la Estrella Solitaria e impactos de balas de los sucesos del 13 de marzo de 1957, dan la bienvenida a este centro, que atesora parte de la memoria cubana. Sus más de 30 salas de exposición guardan alrededor de 9.000 piezas de distintas etapas de la lucha independentista. Las salas expositivas abarcan cada etapa de la historia cubana. En el museo están ambientadas las acciones del 13 de marzo en sus escenarios del Palacio.

Teniendo en cuenta lo vital que resulta garantizar un óptimo y estable funcionamiento de las áreas del museo es necesario mantener todos los objetos expuestos en la instalación en un adecuado estado de conservación, por tanto se debe poner en práctica un correcto sistema de conservación y protección anticorrosiva que permita atenuar los daños por corrosión existentes hoy en el transporte a analizar en este trabajo.

Actualmente, en el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas se están elaborando tecnologías de conservación para el transporte en el Museo de la Revolución por lo que este trabajo forma parte de un proyecto empresarial aprobado.

**Problema:**

¿Cómo disminuir el deterioro por corrosión del transporte en el Museo de la Revolución?

**Hipótesis:**

Si se realiza el diagnóstico del deterioro por corrosión del transporte en el Museo de la Revolución, se puede proponer un adecuado Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación (SIPAYC) para disminuirlo.

**Objetivo:**

Realizar el diagnóstico del deterioro por corrosión del transporte en el Museo de la Revolución y proponer el SIPAYC.

**Objetivos específicos:**

- Realizar el estudio del estado del arte acerca de la conservación en museos.
- Realizar el diagnóstico del deterioro por corrosión del transporte en el Museo de la revolución.
- Determinar tipos de materiales y problemas de diseño anticorrosivo.
- Determinar tipos de corrosión, causas, mecanismos, factores que influyen.
- Proponer medidas y soluciones a los problemas.
- Proponer el SIPAYC para el transporte.
- Realizar la valoración económica de la propuesta.
- Realizar la valoración del impacto social de la propuesta.

## **Capítulo 1: Análisis bibliográfico.**

### **1.1 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios. (García, et. al. 2012)**

La corrosión es un proceso natural de conversión de los metales en compuestos químicos que se obtienen como resultado de la oxidación. Debe tenerse en cuenta que los metales, salvo raras excepciones, como los metales nobles, (oro, platino, etc.) se encuentran en estado nativo en la Tierra. La inmensa mayoría no existen como tales en naturaleza, sino combinados con otros elementos químicos formando los minerales, como los óxidos, sulfuros, carbonatos, etc. Para la obtención de los metales en estado puro, debemos recurrir a su separación a partir de sus minerales, lo cual supone un gran aporte energético. Pues bien, producido el acero, casi instantáneamente este emprende un periodo de retorno a su estado natural, los óxidos de hierro. Esta tendencia a su estado original no debe extrañar, si se tiene en cuenta que milenios después de su formación, el hierro se encuentra en los yacimientos bajo la forma de óxido, sin dudas el compuesto cuyo estado es el más estable del hierro en las condiciones medio ambientales del planeta Tierra.

El fenómeno de la corrosión en el acero es un proceso químico, en el que debido a la gran susceptibilidad del acero al ataque del oxígeno, se forma en presencia de este último una capa de óxido de hierro al reaccionar el hierro (Fe) del acero con el agua y el oxígeno, provocando de esta forma la destrucción del metal (García, 2008). Este problema se agrava por otros factores ambientales, como son las atmósferas calientes y húmedas, las zonas costeras, o las áreas industriales.

Con el fin de evitar este deterioro progresivo, resulta importante tener en cuenta la protección anticorrosiva desde la creación de la estructura o pieza, tanto en su diseño y fabricación, como en el mantenimiento y a lo largo de toda su vida útil.

### **1.2 Agresividad corrosiva de la Isla de Cuba.**

Cuba es un archipiélago con un clima caracterizado por tener más de la mitad del año temperaturas medias superiores a 25 °C y humedad relativa media ±

del 80%. Dada su configuración y ubicación geográfica, la influencia del aerosol marino llega a casi todo el territorio nacional. Estas condiciones favorecen notablemente el deterioro en las estructuras construidas con diferentes materiales de la construcción, específicamente en zonas de agresividad corrosiva alta y extrema. Numerosas son las estructuras en la ciudad de La Habana situadas cerca del mar, en una zona clasificada de agresividad corrosiva entre alta y extrema. Estas estructuras presentan un nivel de deterioro apreciable a consecuencia de la influencia directa del aerosol marino (Castañeda, 2014). En Cuba, por su ubicación geográfica, la condición de isla larga y estrecha, la acción de los vientos transportadores del aerosol marino, entre otros factores; existe una alta agresividad corrosiva (Echeverría, et al. 2002). Los mayores niveles de agresividad en Cuba, se ubican en la costa norte.(Echeverría, et al. 2004).

En Cuba, la agresividad corrosiva imperante, se clasifica de media, alta, muy alta y extrema, en los principales polos de desarrollo, con predominio de las últimas clasificaciones. Lo que provoca el deterioro prematuro de los materiales fundamentalmente metálicos y sus sistemas de protección (Echeverría, et al. 2010).

### **1.3 Corrosión atmosférica.**

La dedicación preferente al estudio de la corrosión en las más variadas atmósferas queda justificada al tener en cuenta que aproximadamente el 80% de los materiales metálicos queda expuesto a la atmósfera y que el 50% de las pérdidas atribuidas al deterioro de los materiales metálicos son debidas a la corrosión atmosférica. (Crespo, et al.2009)

En la instalación objeto de estudio la salinidad es un agente considerable por estar ubicado a 600 m de la costa y esto favorece el desarrollo de la corrosión por la alta salinidad del medio.

La importancia de la atmósfera como medio corrosivo natural ha sido demostrada en numerosos estudios. Por su amplia difusión, en este medio ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas. Cuando se evalúa la corrosión atmosférica de metales, los parámetros más importantes son relacionados por la combinación de: Temperatura y Humedad

Relativa; Precipitación pluvial; Tiempo de humectación. En las condiciones climáticas de Cuba los vientos adquieren particular importancia por el papel que juegan en el transporte del aerosol marino y por ende en la velocidad de corrosión metálica.

#### **1.4 Factores que influyen en la corrosión atmosférica. (Méndez, et al. 2008)**

Los principales factores que operan en la corrosión atmosférica se clasifican como:

##### **1.4.1 Factores externos:**

- Meteorológicos y de contaminación del aire.
- Condiciones de exposición que permitan el libre acceso del medio corrosivo a la superficie expuesta a la atmósfera, almacenamiento en caseta o bajo abrigo ventilado, en las cuales el metal sólo se humidifica por el rocío o el contacto accidental con la lluvia.

##### **1.4.2 Factores internos:**

- Como naturaleza y propiedades electroquímicas del metal, así como características de los productos de corrosión.

Cada uno de estos factores juega un rol en la ocurrencia y aceleración de la velocidad de corrosión. Pero el efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas. Se ha estudiado cada uno de estos factores por separado y la posible influencia en la velocidad de corrosión de diferentes metales.

#### **1.5 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica. (Méndez, et .al. 2008)**

- **Temperatura (T).**

El efecto de la temperatura en la corrosión atmosférica no resulta determinante en las condiciones del ambiente de los países del área del Caribe y Centroamérica, ya que las variaciones no son de consideración. Su efecto fundamental se manifiesta en la temperatura de la superficie metálica, la que

puede alcanzar niveles considerables (superiores a 70 ° C), bajo la acción de la radiación solar, condiciones en las cuales se elimina toda humedad. De acuerdo con lo anterior, al aumentar la temperatura de la superficie metálica, disminuye la velocidad de corrosión e incluso, el proceso corrosivo se detiene en ausencia de humedad.

Por lo antes expuesto, se observa que se obtiene en muchos casos que la corrosión atmosférica bajo techo simple es mayor que a la intemperie.

En ambientes interiores, las condiciones atmosféricas y por ende los procesos de corrosión dependen de las características de los locales y obras. De los resultados de estudios realizados se observa que los valores mínimos de temperatura (10.5 ° C) se alcanzan en las naves techadas y en las obras soterradas el valor mínimo alcanza un aproximado de 20 ° C, esto implica que en las condiciones de silos, naves y cuevas se alcancen normalmente los valores del punto de rocío del aire atmosférico pudiendo ocurrir la condensación de la humedad en el medio ambiente.

Los valores máximos de temperaturas oscila entre 34.3 ° C (naves) y 27.2 ° C (túneles), se aprecia que en el intercambio con el exterior los valores máximos se ubican por magnitud en el orden siguiente: Naves-Silo-Cuevas-Túneles, siendo las magnitudes en que oscilan estos valores, las necesarias para que se desarrolle el proceso de corrosión, observándose cierta estabilidad entre los 26-28 ° C. Los valores medios entre 21.3-24.2 ° C en las naves techadas entre 23.3-25.5 ° C para las obras soterradas, pudiéndose enmarcar en sentido general entre 21-25 ° C.

- **Humedad Relativa (HR).**

Ya que las estructuras metálicas expuestas a la atmósfera no se encuentran bañadas por grandes cantidades de electrolitos, la mayor parte de la corrosión atmosférica tiene lugar en celdas de corrosión altamente localizadas.

Uno de los tipos de corrosión atmosférica a señalar es la húmeda, donde el desarrollo de su mecanismo, que se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, se forman por condensación capilar,



higroscopicidad, adsorción, etc., lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %.

El mecanismo de la corrosión atmosférica húmeda es el que se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año, es por ello que constituye el mecanismo fundamental. A partir de este se pueden producir diferentes situaciones durante el proceso corrosivo, en dependencia del espesor de la película de humedad sobre la superficie metálica.

De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas de humedecimiento y secado periódico, en lo que determina la falta de establecimiento de capas de productos de corrosión protectoras. No obstante se insiste que lo que determina en la magnitud de la corrosión atmosférica es el tiempo en que permanece la superficie metálica húmeda. Si esto se acepta, entonces, a la intemperie se producen períodos, donde producto de la influencia de la radiación solar tiene lugar un calentamiento de la superficie metálica y por tanto se elimina la humedad adsorbida, cesando la corrosión.

En condiciones interiores los valores mínimos de humedad relativa oscilan desde valores de 38% para las naves techadas hasta el 88% para los túneles. Los valores máximos de humedad relativa resultan muy uniformes para todos los casos estudiados 97-98%. Los valores medios de humedad oscilan entre 88-94%, para el caso de las obras soterradas, que presentan su mayor valor producto del poco intercambio con el medio exterior. Se reconoce que los rangos de humedad relativa media reportados, siempre superan los valores necesarios para el desarrollo de la corrosión (70%), manifestándose en el siguiente orden: túneles (90%), cuevas (89%), silos (85%), naves techadas (78%).

Sin embargo, al estudiar el comportamiento del complejo temperatura-humedad relativa del aire en las obras, se calculan los tiempos de humectación para una humedad relativa mayor del 80%, planteando que oscila en el rango de 1500-3000 h/año para las naves techadas y de 7500-8500 h/año en las obras soterradas (túneles, silo, cueva) para la temperatura de 25 °C y con humedad

relativa de 85-95% respectivamente, del tiempo total en horas en un año (8760 horas totales en un año). A partir de lo anterior, se plantea que en las obras soterradas no se alcanza una velocidad de corrosión estacionaria, el proceso de desarrollo de la corrosión es prácticamente continuo, por lo que es necesario tenerlo en cuenta durante un almacenamiento prolongado de la técnica, el armamento y el material de guerra.

- **Tiempo de humectación (TDH).**

El parámetro TDH es de gran importancia, puesto que es una medida directa para el tiempo real de corrosión o de operación de las múltiples celdas de corrosión en la superficie del metal. Habitualmente el TDH es calculado en horas, de acuerdo con la norma internacional ISO 9233: 92, e incluye el complejo diario de  $T - HR$ , utilizando el valor de  $HR = 80\%$  como valor crítico ( $t \geq 0^\circ C$ ), cuando inicia la condensación de agua sobre la superficie del metal. Al llegar la  $HR$  a  $90\%$  y  $T < 25^\circ C$  se alcanza el punto de rocío y la capa húmeda es más gruesa. Este cambio induce una alteración en la velocidad de corrosión del metal. Cuando la película de humedad es más fina, ella representa una barrera menor para la difusión molecular del agente oxidante (el oxígeno del aire) desde el ambiente gaseoso hacia la superficie metálica y la capa de humedad puede ser prácticamente saturada de oxígeno disuelto. Su concentración y proceso de difusión se encuentran más dificultados en el caso de una película de condensación más gruesa.

- **Efecto de las precipitaciones.**

En trabajos desarrollados como parte del Proyecto de Mapas Iberoamericanos de Corrosión Atmosférica (MICAT), plantean que las precipitaciones (lluvia, niebla, rocío, nieve), tienen una influencia marcada en el proceso corrosivo de los metales, debido al efecto de lavado de los contaminantes acumulados sobre la superficie metálica, lo que puede provocar un retardo del proceso corrosivo.

Por otra parte las precipitaciones aumentan el tiempo de humectación del metal, que prolonga el desarrollo de la corrosión. Así mismo, éstas pueden traer consigo especies disueltas que pueden provocar la corrosión, sobre todo en superficies donde el agua puede estancarse. La concentración de contaminantes en la lluvia, puede variar de un lugar a otro. Por lo general, las

gotas de lluvia más pequeñas tienen una mayor cantidad de agentes corrosivos.

Otro efecto provocado por las precipitaciones es la disolución de los productos de corrosión formados sobre la superficie metálica, como ejemplo el caso de los carbonatos formados en Zinc, que al disolverse dejan expuesta la superficie metálica, a un nuevo ataque corrosivo.

A primera vista, la principal diferencia entre los ambientes interiores y exteriores es la ausencia de precipitaciones en los primeros.

El efecto de las lluvias es tomado en consideración en este trabajo para determinar la posible correlación entre este factor y la velocidad de corrosión en el acero en condiciones de intemperie de las obras de alta protección estudiadas. En los interiores soterrados de estas obras, la condensación se manifiesta por la presencia de numerosas y constantes goteras, además de la formación de niebla en ocasiones. Por ello la superficie metálica permanece húmeda la mayor parte del tiempo, sin que ocurra el efecto de lavado de la superficie.

- **Influencia de los vientos.**

El encargado de transportar los contaminantes es el viento, se destaca que la velocidad del viento puede promover un doble efecto a su vez, si se conjuga con la lluvia ya que en ausencia de esta una alta velocidad del viento produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión. Por su parte, un efecto combinado de la lluvia con el viento, da lugar al lavado de la superficie del metal, es decir una remoción de los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto también disminuye la velocidad de corrosión.

El esclarecimiento de esta influencia resulta determinante en los niveles de corrosividad que se reportan en Cuba para zonas consideradas libres de contaminación y donde las correlaciones entre las pérdidas por corrosión y el viento dan la medida de la influencia del aerosol marino.

En las estaciones estudiadas se tiene en cuenta la influencia del viento en la velocidad de deposición de los contaminantes determinados en los diferentes captadores y su efecto en la velocidad de corrosión del acero, en la intemperie.

En el estudio realizado en la zona occidental de Cuba, se plantea que la velocidad de corrosión aumenta en almacenes interiores de alta protección cuando las superficies expuestas son alcanzadas por rachas de viento provenientes del exterior. En los interiores estudiados en este trabajo se emplea la ventilación forzada, haciendo recircular aire desde el exterior hacia el interior que es filtrado durante la operación. La calidad del aire depende entonces del grado de contaminación del aire atmosférico exterior y de la efectividad en la operación de filtración de este aire que se envía al interior. También es importante tener en cuenta la posibilidad de penetración de aire desde el exterior por las vías de acceso directo (puertas, entradas y salidas de las obras).

- **Efecto de los contaminantes.**

La presencia de contaminantes específicos de un ambiente dado causa generalmente una aceleración de la velocidad de corrosión con respecto a la que existiría en una atmósfera limpia. Durante la exposición de metal a la intemperie (en lugares abiertos, no techados) se considera habitualmente que los contaminantes pueden llegar a la superficie del metal por deposición seca y durante el tiempo de humectación (TDH) comienzan a actuar y reaccionar con la superficie metálica. Por otro lado se reconoce la deposición húmeda, la que incluye el transporte de los contaminantes por las precipitaciones, mientras que la deposición seca incluye el transporte por otros procesos, tales como los gases, aerosoles y distintos materiales (arena, polvo, materiales provenientes de la actividad humana).

**Dióxido de carbono:** Es un constituyente natural de la atmósfera absorbido y emitido por la vegetación dentro de su ciclo natural de fotosíntesis. Es producido también por fuentes antropogénicas. Este último flujo es solamente un 3% del flujo natural, pero no está completamente equilibrado con otros procesos naturales. Como consecuencia la concentración de  $\text{CO}_2$  crece un 0,5% anualmente. La mayoría de este incremento se debe a la combustión de combustible fósil. La localización de las emisiones antropogénicas corresponde a las naciones más industrializadas: Norte América, Europa y Japón.

**Ozono ( $\text{O}_3$ ):** La mayoría de las transformaciones gaseosas que tienen lugar en la atmósfera son iniciadas por los radicales hidroxilo (OH) o la molécula de

ozono. Ninguno de los dos compuestos es emitido por ninguna fuente, sino que son producidos por procesos fotoquímicos de la atmósfera. El radical hidroxilo reacciona con una amplia variedad de gases atmosféricos, como resultado su concentración es baja. El ozono es significativamente menos reactivo por lo que su concentración es mucho mayor relativamente. Una pequeña cantidad de ozono ambiental se disolverá en cualquier capa de agua existente en la superficie de los materiales. Es conocido su carácter oxidante, por lo que puede tomar parte en los procesos de corrosión (la reacción anódica de oxidación del metal).

**Amoniaco ( $\text{NH}_3$ ):** Este es el único gas de la atmósfera con carácter básico (pH alcalino), por lo que a menudo actúa como contraparte de gases ácidos. Los ecosistemas naturales y la superficie del mar emiten amoniac, pero el ciclo global está dominado por emisiones antropogénicas. La agricultura es ampliamente el sector con más emisiones de amoniac. El excremento de los animales, los fertilizantes sintéticos, los sembrados y la quema de la biomasa son fuentes de amoniac. Los animales domésticos son una fuente de amoniac. Este compuesto es altamente soluble en agua y se pierde en partículas de aerosol, cubiertas de agua y en las nubes a alta velocidad, ocurriendo el llamado proceso de deposición húmeda, en el cual el producto final, después de su combinación con el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) es generalmente sulfato de amonio ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ). Una cantidad sustancial de amoniac se pierde en la atmósfera por deposición en la superficie del planeta, un término denominado deposición seca, en el cual la molécula gaseosa se adsorbe en la superficie. **Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ):**

La fuente primaria de este contaminante es la combustión a altas temperaturas, en la cual tiene lugar la formación de óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) que se oxida rápidamente por el ozono y forma el dióxido de nitrógeno. La mayor fuente de combustión es la quema de combustibles fósiles, aunque también es significativa la quema de la biomasa. Existen otros procesos en los cuales se producen algunas cantidades de  $\text{NO}_2$  en el suelo. Su fuente principal es antropogénica y la distribución de sus emisiones presenta los mayores niveles en Norte América, Europa y el Asia Sur occidental. El  $\text{NO}_2$  es bastante

insoluble en agua, no obstante en la fase gaseosa puede combinarse con los radicales hidroxilo para formar ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Como es conocido, el ácido nítrico es muy soluble en agua y se combina en los aerosoles y en gotas de agua en las nubes.

**Sulfuro de Hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ):** Es un producto de la degradación anaeróbica de compuestos orgánicos de azufre. Las fuentes son fundamentalmente de origen natural, aunque hay algunas fuentes antropogénicas como las plantas de tratamiento de residuales. En el ámbito global su concentración es baja pero puede ser alta localizadamente como en la producción de papel y en pozos de petróleo.

**Ácidos orgánicos:** Los ácidos fórmico ( $\text{HCOOH}$ ) y acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) son los más simples y comunes de los ácidos orgánicos volátiles. Estos ácidos son agentes corrosivos para la gran mayoría de los metales. Muchos procesos tecnológicos usan y emiten estos gases en alguna magnitud. La fuente más común de estos ácidos es la combustión incompleta de la madera o de otro tipo de vegetación y las reacciones del smog fotoquímico. La madera recién cortada libera ácidos orgánicos, a menudo a una velocidad bastante rápida. Ellos pueden constituir una fuente apreciable de contaminación. Son altamente solubles en agua, donde se disocian parcialmente.

**Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ):** Este es el gas más corrosivo (por ser el más extendido en todo el mundo, pues, por ejemplo, el ozono es mucho más reactivo y a iguales concentraciones el ozono corroe más, igual sucede para el cloruro de hidrógeno gaseoso) para los metales. Se forma durante el proceso de combustión de todos los combustibles fósiles conteniendo azufre y es también emitido durante el proceso metalúrgico de purificación de los metales. Muchos minerales que contienen los metales en condiciones naturales se encuentran en forma de sulfuros. Estos sulfuros se calientan a altas temperaturas para eliminar el azufre en forma de  $\text{SO}_2$ . Los mayores niveles de  $\text{SO}_2$  antropogénico se localizan en ambientes industriales y urbanos. Al igual que el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{NO}_2$ , las emisiones de  $\text{SO}_2$  reflejan el nivel de desarrollo industrial de las diferentes regiones y continentes. El  $\text{SO}_2$  es moderadamente soluble en agua, por lo que una fracción significativa es absorbida por las

partículas de aerosol. Al ser disuelto en agua, en presencia del oxígeno del aire el  $\text{SO}_2$  se convierte a  $\text{SO}_3$  el cual no es estable y se forma el ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), posteriormente transformado en el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Este último es un ácido que se disocia en el agua dando origen a los iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y los de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). Un proceso similar ocurre cuando el gas  $\text{SO}_2$  se deposita sobre la superficie de los metales. Este fenómeno se reconoce como lluvias ácidas que han sufrido estructuras metálicas expuestas en regiones industriales o urbanas. El proceso de corrosión de varios metales (aceros, por ejemplo) es mucho más acelerado, debido al pH ácido de la capa húmeda formada sobre el metal.

**Cloruro de hidrógeno (HCl):** La mayoría del cloruro de hidrógeno gaseoso llega a la atmósfera a través de reacciones que ocurren en las partículas de aerosoles salinos. Estas partículas son ricas en ácido clorhídrico que se libera como gas cuando está presente un ácido más fuerte, por ejemplo el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) o el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Como los ácidos fuertes son emitidos en las cercanías de las industrias y regiones consumidoras de energía, las áreas donde se reportan las mayores concentraciones son el Mar del Norte (entre Inglaterra y Noruega), la Europa Norte Occidental y las costas sur occidentales de Australia. El gas HCl es muy soluble en agua por lo que tiende a disolverse rápidamente en las gotas de agua o a depositarse en las superficies húmedas. De esta forma se convierte en ácido clorhídrico que se disocia rápidamente formando el ión cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) que es un fuerte agente corrosivo, así mismo como el ión hidrógeno ( $\text{H}^+$ ), por lo que el pH de la capa húmeda es ácido, que acelera la mayoría de los procesos de corrosión metálica.

Se considera que el contaminante más habitual en una atmósfera urbana o industrial es el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y para las regiones marinas-costeras el ión cloruro es el contaminante principal. No se ha hecho referencia en este caso al sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) proveniente del aerosol marino que será tratado más adelante.

En ambientes interiores se han reportado concentraciones de los gases más importantes como contaminantes corrosivos ( $O_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_3$ ,  $HCl$ ,  $Cl_2$ ,  $HCHO$  y  $HCOOH$ ), generalmente en niveles más bajos, comparados con los de ambientes exteriores. Exceptuando al  $NH_3$  y  $HCHO$ , de los que habitualmente se detectan concentraciones mayores en ambientes interiores como resultado de la actividad antropogénica. También es significativo el bajo nivel de varios oxidantes ( $O_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_3$ ). Así mismo, la velocidad del aire es muy distinta en estos ambientes, lo que determina significativamente más baja velocidad de deposición seca de los contaminantes, comparada con las atmósferas exteriores.

Para estos ambientes, las partículas atmosféricas existen en dos fracciones de tamaño: gruesas y finas. Las partículas gruesas (mayores que  $2\mu m$  en diámetro) son usualmente materiales naturales, generados por rocas y suelos. Debido a su tamaño, éstas pueden ser filtradas con una gran eficiencia, del aire suministrado en estos ambientes interiores. Las partículas gruesas habitualmente no son corrosivas, pero pueden ser abrasivas. Las partículas finas (menores que  $2\mu m$  de diámetro) más difíciles para ser removidas con filtración del aire, pueden encontrarse en una concentración significativa en ambientes interiores. Estas partículas, que típicamente son originadas por procesos de combustión, habitualmente contienen una proporción alta de compuestos iónicos, solubles en agua, los que son más corrosivos que los materiales provenientes de la naturaleza. Los iones más comúnmente encontrados en estas partículas son  $NH_4^+$  y  $SO_4^{2-}$ , presentados en relativamente iguales proporciones molares.

En interiores la corrosión atmosférica está determinada por la deposición de partículas, considerada como la mayor fuente de agentes corrosivos para el metal. Así considera que los sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ) acumulados sobre las superficies metálicas en interiores son originados principalmente por partículas, a diferencia de exteriores donde son originados por el gas  $SO_2$  y lluvias ácidas.

En particular para el cloruro reconoce su origen de dos fuentes: partículas y gases reactivos. No se considera en ninguno de los casos al aerosol marino



como fuente de estos contaminantes en interiores. No obstante, podemos apreciar del estudio simultáneo de contaminación por cloruros y sulfatos que para los distintos tiempos de exposición los mayores valores se obtienen en la zona costera, no solo para exteriores sino también para interiores ventilados. Este aspecto denota una posible influencia del aerosol marino en estos interiores ventilados, por el hecho de que la velocidad de deposición de los contaminantes es mayor en la zona más cercana a la fuente emisora del aerosol marino (el océano). Sin embargo, los valores obtenidos reflejan que la concentración de cloruro supera a la de sulfato únicamente en la zona costera exterior, mientras que en los interiores ventilados el sulfato siempre es mayor, aunque en la zona costera, los valores de cloruro son bastante cercanos a los de sulfato. Este hecho puede deberse a dos causas posibles, una es que exista una fuente suministradora de sulfato en interiores, que no debe atribuirse a hechos eventuales relacionados con la actividad humana.

#### **1.6 Aerosol marino y corrosión atmosférica.**

Las propiedades del agua de mar como medio corrosivo están fundamentalmente determinadas por su contenido salino. La salinidad total y la composición de los océanos son casi constantes, aunque puede variar considerablemente en los mares interiores. La acción del agua de mar sobre los materiales metálicos es de naturaleza electroquímica. Todas las leyes que rigen la corrosión electroquímica son aplicables a la corrosión marina. (Hing, 2010). La corrosión atmosférica es una de las formas más comunes en que se presenta este fenómeno. De todos los componentes particulares que penetran en la atmósfera los aerosoles marinos son los más abundantes. Mientras mayor es la velocidad de los vientos, mayor es la abundancia de cabrillas generadoras de salpicaduras en la superficie del mar.

El aerosol marino está constituido por agua de mar o sal de mar que en pequeñas partículas son arrastradas por los vientos desde la superficie del mar y transportado a grandes distancias (cientos de kilómetros) y grandes alturas (decenas de kilómetros). Para los países costeros y las islas, este constituye uno de los factores que mayores influencias tiene en las elevadas pérdidas por corrosión que se producen en estas áreas.

Según (Valdez, et al .2013) la corrosión marina, en particular se manifiesta en las zonas donde se rompen las olas, que generan una espuma blanca, con alto contenido de burbujas de aire, que aportan  $O_2$  para la corrosión. En estudios de la corrosión atmosférica realizados internacionalmente hasta la actualidad, donde está presente la influencia del aerosol marino, se hace referencia por lo general a la acción de los iones cloruros en la corrosión y al analizar las determinaciones de compuestos de azufre que se expresan como sulfato, se asocia su origen al azufre antropogénico, causas frecuentes de error en los análisis que se realizan. Una de las principales causas de la agresividad atmosférica en Cuba, lo constituye la influencia del aerosol marino al conjugar su acción con factores meteorológicos y de contaminación, ocasionan pérdidas de consideración. En investigaciones meteorológicas realizadas en Cuba, se reconoce la influencia de la masa de aire oceánico en la contaminación regional del aire en nuestro país, la influencia marina en el régimen térmico e incluso, se han determinado núcleos gigantes de sal de mar en zonas alejadas de las costas y a elevadas alturas.

### **1.7 Incidencia económica de la corrosión.**

Echeverría, et al. 2008, realiza los cálculos relacionados con la corrosión sobre la base de métodos de prevención. En ese reporte se estiman las pérdidas anuales directas causadas por la corrosión en alrededor del 3,5 % del Producto Nacional Bruto (PNB), tanto en los países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo. Expresando que los mayores ahorros en los costos de la corrosión provienen de un mejor uso de los conocimientos ya adquiridos.

Países como Japón, Reino Unido y EE.UU han llevado a cabo estudios del costo de la corrosión y han estimado las pérdidas de la economía nacional debido a la corrosión hasta un 5% del PNB (Biezna, et al. 2005). Como se observa, se utiliza como criterio un porcentaje del PNB, el cual incluye todos los ingresos de un país.

Incrementan el deterioro, y en consecuencia las pérdidas económicas en las Centrales Eléctricas, el inadecuado diseño y protección anticorrosiva acorde a las condiciones de agresividad, así como la falta de preparación del personal encargado del trabajo de mantenimiento (González, 2011).

Las pérdidas económicas totales (directas e indirectas) por corrosión para Cuba en el año 2007 ascendieron a 1760 millones de pesos. A partir de estas pérdidas económicas, se estima que las pérdidas ocasionadas por la corrosión atmosférica, según criterio anterior, ascienden a 880 millones de pesos. La cifra antes señalada resulta de consideración y justifica la necesidad de la toma de medidas para disminuir las pérdidas por corrosión atmosférica. (Echeverría, et al. 2009).

### **1.8 Principales problemas de diseño anticorrosivo.**

Seguidamente se aborda cada tipo de problema de diseño anticorrosivo reconocido en la (Norma ISO 12944 – 3, 2007).

- **Accesibilidad:** Los componentes de acero deben diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector. Es muy importante cumplir con los criterios donde se debe lograr separaciones entre componentes superiores a 50mm y profundidades menores de 100mm, para garantizar la aplicación de recubrimientos y mantenimiento, además de todas las operaciones de preparación de superficie.
- **Tratamiento de orificios:** Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones, y en las superficies en contacto sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.
- **Prevención de la corrosión galvánica:** cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales.

- **Entallas:** Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deberían tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.
- **Refuerzos:** Cuando se requieren refuerzos, por ejemplo entre un alma y una pestaña, es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.
- **Manipulación, transporte y montaje:** Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes durante su manipulación y transporte, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector durante el transporte, las elevaciones y las operaciones a pie de obra.
- **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:** Deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidable austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos.
- **Bordes:** Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos, las capas protectoras en los bordes agudos son además más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros

bordes cortantes deberían eliminarse. Es válido destacar que este problema de diseño es muy evidente y que se presenta con bastante frecuencia.

- **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras:** Las soldaduras deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.
- **Conexiones con pernos:** Conexiones precargadas. Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados. Los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.
- **Áreas cerradas y componentes huecos:** Dado que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación. Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión. En la generalidad de los casos, no se toman medidas por el interior de los componentes huecos y las áreas cerradas donde progresa constantemente la corrosión en las condiciones climáticas y de agresividad existentes en Cuba. Esta situación se agrava si previamente se han sometido las estructuras a la acción del ambiente, contaminándose las superficies interiores.

### **1.9 Situación del mercado de los anticorrosivos en Cuba. (García, et. al. 2012)**

La realidad del contexto cubano desde el punto de vista de la corrosión ha moldeado desde las últimas décadas un mercado ávido de productos y servicios anticorrosivos. El incremento de estructuras en explotación en las que predominan diferentes tipos de acero, así como diseños altamente susceptible a la corrosión ha propiciado un incremento de la demanda de estos productos que no ha tenido una respuesta efectiva en incremento de la oferta.

La utilización de productos de importación predomina en sectores como el de la sideromecánica (SIME) donde resulta imprescindible para el tratamiento superficial de estructuras y piezas en el propio proceso de fabricación, sin embargo no existe cultura acerca de la utilización de productos y servicios en la conservación del patrimonio tangible en explotación susceptible a la corrosión. Se conoce de la importación de disoluciones que utilizan el ácido fosfórico como componente principal, que se emplean en baños de piezas como tratamiento químico superficial.

Desde el punto de vista mayorista algunos ministerios utilizan su capital de importación en la adquisición de algunos productos que distribuyen entre las entidades del mismo sector; sin embargo las redes de tiendas para la comercialización minorista poseen una oferta prácticamente nula de productos cuya utilidad radica en combatir la corrosión. Esta situación constituye una enorme pérdida de oportunidad si se tiene en cuenta la enorme demanda que se genera en el comercio minorista de estos productos, sin dejar de tener en cuenta el enorme ahorro que pueden generar estos por concepto de conservación del patrimonio en manos de cada ciudadano cubano.

#### **1.10 Sistemas de protección anticorrosiva y de conservación. (Echeverría, et al. 2012).**

Los problemas que originan la corrosión y degradación tienen que ser infundidos en el ánimo de los profesionales de todas las disciplinas relacionadas con la ingeniería y las ciencias aplicadas. El concepto "*conservación*" es sin duda uno de los que hoy poseen mayor vigencia. Se piden medidas para evitar la degradación del medio ambiente, de la naturaleza. ¿Por qué no clamar, simultáneamente, por conservar todo aquello que ha sido obra del hombre y que le ha permitido alcanzar un nivel de desarrollo mayor en los últimos dos siglos que en las decenas de miles de años precedentes? En esta sociedad tecnificada el alargar la vida en servicio de los metales y, en general, de los materiales debe convertirse en algo prioritario. Tomar conciencia de este hecho es el primer paso que puede ayudar a la conservación. Como se comprende el concepto conservación es mucho más amplio y abarcador que el término protección anticorrosiva, relacionada con las

acciones diversas que se realizan para proteger a los metales y recubrimientos del deterioro.

Los sistemas de Protección Anticorrosivas y de Conservación (SIPAYC), es resultado de la experiencia desarrollada por más de 30 años de actividad docente-investigativa, con investigaciones a ciclo completo (I+D+i) en el campo del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación. Al incorporarle las metodologías, procedimientos, medios y productos que se emplean en los campos antes señalados, conjuntamente con el saber y saber hacer, conforma para cada componente, equipo, instalación o estructura objeto de estudio, las Tecnologías de servicios, que tiene desarrolladas el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos(CEAT), de la Facultad de Ingenierías Química y Mecánica de la Universidad de Matanzas y se integra como sistema con diferentes tecnologías de productos anticorrosivos, diseñados especialmente para ellas.

Los productos de la Marca Estatal DISTIN, en 6 líneas diferentes y un total de 19 recubrimientos certificados, dan respuesta a los problemas de: diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, que se pueden encontrar en la práctica, con un enfoque en sistema, que constituye el fundamento de los SIPAYC, con los cuales se elaboran las diferentes tecnologías específicas.

Los sistemas de protección anticorrosivas con pinturas se encuentran dentro de los sistemas de recubrimientos más difundidos, amparados en su mayoría por normas internacionales. Sin embargo, los mismos adolecen de un enfoque integral, al no incluir soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo, protección adicional y conservación para el propio sistema. Se fundamenta que los Sistemas de Protección Anticorrosivas y de Conservación (SIPAYC), resultado de muchos años de trabajo en el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) y que en el campo de los recubrimientos, ha proporcionado soluciones a problemas que reportan normas internacionales y resultados de aplicación práctica, con tecnologías que incorporan diferentes productos y técnicas, integrados como sistemas con las pinturas, con aplicaciones en el transporte, las edificaciones, la industria, los puentes, entre otras, con importantes beneficios técnicos y económicos.

### **1.11 Sistema de conservación DUCAR. (Echeverría, et al. 2012).**

En Cuba son pocas las vías que existen para combatir la corrosión, en realidad no ha existido en nuestro país una voluntad cohesionada de desarrollar una rama del conocimiento como la corrosión y a la vez productos y servicios que permitan atenuar sus daños, a pesar de que las condiciones climáticas de Cuba la convierten en una de las más afectadas del mundo por este fenómeno, si se tiene en cuenta la cercanía del aerosol marino y su impacto en la mayor parte del estrecho y alargado archipiélago cubano; además de que no se posee una cultura a nivel social de atacar la corrosión antes de que esta invada toda la estructura metálica del automóvil, esto equivale a decir que no existe una mentalidad de prevenir el daño, sencillamente se actúa de forma reactiva. Precisamente el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” (CEAT) ha desarrollado un servicio para la conservación del componente estructural de los autos que ha tenido resultados favorables en aplicaciones a escala piloto. El servicio DUCAR, que es como se denomina, ha sido diseñado para lograr una protección en los autos sometidos al régimen de intensidad corrosiva del país, en condiciones de extrema agresividad específicamente que le convierten único de su tipo en Cuba y le abre las puertas de un mercado cubano caracterizado por una elevada demanda de servicios anticorrosivos y al mismo tiempo una muy tímida oferta que se traduce prácticamente en una ausencia total de competencia para este

El centro constituye la vanguardia en el país en las investigaciones acerca del fenómeno de la corrosión, así como en la generación de productos y servicios de elevado contenido científico – técnico para combatir este fenómeno, de consecuencias harto perjudiciales.

### **1.12 Procedimiento para la conservación del transporte en explotación (DUCAR). (Méndez, et al. 2008)**

El servicio DUCAR único de su tipo en Cuba está orientado a elevar la durabilidad de las carrocerías automotrices en explotación, mediante el empleo de tecnologías de conservación más económicas ante la alternativa de reposición por chapistería.



Es un procedimiento de conservación anticorrosiva de carrocerías de vehículos que incluye como primera etapa un estudio de los problemas de diseño anticorrosivo que presenta cada tipo y línea de vehículo, así como los problemas de protección anticorrosiva y con ello se elabora el procedimiento específico (tecnología). Se requiere la aplicación de un procedimiento general anual y de varios procedimientos parciales en función del régimen de explotación del vehículo, la agresividad del medio con el cual se encuentra en contacto, e incluso los productos que transporta o manipula.

La tecnología que se elabora incluye hasta el momento el empleo de cinco productos, especialmente formulados para este servicio, todos producidos en la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas.

De la aplicación de este sistema de forma sistemática se obtienen resultados comprobados de carrocerías de automóviles que no tienen que recibir el mantenimiento estructural (chapistería) en más de 9 años, comprobado además con criterios de expertos que han desarrollado parcialmente este procedimiento.

**El servicio incluye:** Identificación y solución de los problemas de diseño anticorrosivo; Identificación y solución de los problemas de corrosión; Eliminación del óxido y puntos de corrosión; Protección a componentes huecos y áreas cerradas; Protección de partes inferiores del vehículo; Aplicación del recubrimiento impermeabilizante y abrillantador de pinturas; Eliminación de intersticios susceptibles de acumulación de contaminantes agresivos.

**Ventajas:** Conservación adecuada de la carrocería de los vehículos; Alarga la vida útil de la estructura y del vehículo; Durabilidad de 6 a 9 años sin chapistería; Utilización de una amplia gama de productos ofertados a los mejores precios; Rectificación de los errores de diseño anticorrosivos del automóvil; Impermeabilización de las superficies pintadas; Mayor brillo y protección.

**Productos anticorrosivos:** Los productos DISTIN, entre los que se cuentan grasas de conservación, disoluciones de fosfato limpiadoras de óxido, mástiques asfálticos y ceras abrillantadoras, han sido evaluados sobre superficies metálicas por períodos prolongados con muy buenos resultados. En algunos casos de grasas se ha estudiado su resistencia a las condiciones de las obras y se ha comprobado que resisten la contaminación microbiológica y

garantizan la protección de las superficies metálicas de acero al carbono, por períodos de prolongados. Las disoluciones de fosfatado, superan en muchos casos los usos para los cuales han sido sugeridos que se resumen a la limpieza y pasivación temporal de la superficie metálica, aun así este sigue siendo su principal uso. De igual forma, el resto de los productos son adecuados a nuestras condiciones climáticas.

### **1.13 Comparación con otros servicios de conservación del transporte en otros países. (López, 2007)**

En otros países se ofertan productos y equipos con el mismo objetivo, pero no se oferta un servicio integral, como el descrito.

En Canadá, por ejemplo, existen dos firmas que ofrecen productos con estos fines y se encuentran distribuidas en todo el país, con las siguientes características:

La firma RUSTCHECK que ofrece todo tipo de productos, no ofrece servicios y se proyecta no solamente para el sector del transporte.

La firma más especializada en equipos del transporte es la RUSTBLOCK, que ofrece todo tipo de productos, equipos y dispositivos para estos trabajos, así como un servicio y garantía con las siguientes características:

- El servicio se basa en el empleo de varios productos para la protección interior e inferior de las carrocerías.
- Se ofrece una garantía que incluye la reparación de las partes dañadas de ser imputables al procedimiento y repara gratis los recubrimientos dañados por choques.
- El servicio solamente se presta a las carrocerías nuevas de vehículos ligeros (no incluye equipos pesados y otros).
- Los problemas de diseño anticorrosivo son de la responsabilidad del cliente.
- No se tratan las superficies oxidadas.
- No se aplican productos para la protección de los recubrimientos de pintura.

En Estados Unidos, Reino Unido y Australia, por otra parte, predomina el sistema Patentado el primero con las siguientes características:

- El sistema incluye un equipo y un producto, ambos patentados.
- El componente fundamental es un equipo electrónico que se instala a los vehículos ligeros (no incluye equipos pesados y otros), que basa su funcionamiento en el principio de la protección catódica por corriente impuesta.
- Su efectividad depende de la aplicación de un recubrimiento conductor sobre toda la superficie pintada.
- No se ofrece un servicio integral.
- Ofrecen garantía en caso de rotura del equipo, no de la protección de la carrocería.

Lo anterior confirma la superioridad del producto de la Universidad de Matanzas y las posibilidades de introducirlo en el mercado nacional e internacional.

#### **1.14 Impacto social (Espinosa, 2013).**

El estudio del impacto social permite revisar, supervisar y controlar el cumplimiento de las metas sociales a nivel interno y externo.”(Pérez, 2007).

En el Seminario Nacional de Preparación 2011-2012 del Ministerio de Educación Superior, Editorial Félix Varela, La Habana 2011, se plantea que “los impactos deben expresarse en respuesta a las necesidades del desarrollo de la sociedad a corto, mediano y largo plazo, orientados a satisfacer las necesidades de la población e incentivar su participación en la construcción socialista, protegiendo el entorno, el patrimonio y la cultura”.

Este documento hace una definición de la categoría impacto analizado como “cambios favorables, sostenibles y relevantes, obtenidos por la aplicación de los resultados de la investigación – desarrollo - innovación en la sociedad con la participación de centros de investigación”.

El impacto es la consecuencia de los efectos de un proyecto. Los impactos y efectos se refieren a las consecuencias planeadas o no previstas de un determinado proyecto; para ellos, los efectos generalmente se relacionan con el propósito mientras que los impactos se refieren al fin. (Proyectos SEA: 2001).

El impacto social se refiere a los resultados finales a nivel de propósito o finalidad de los programas de desarrollo cultural ramal, especial y de gobierno gestionados por las Direcciones Provinciales y/o Municipales de Cultura. Implican un mejoramiento significativo y perdurable o sustentable en el tiempo, de las condiciones, características, comportamientos y actitudes de la población que se plantearon como esenciales en la definición del banco de problemas que dio origen al programa. (MINCULT, 2013)

La evaluación de impacto es la valoración de los resultados de la aplicación de una acción en un grupo que indaga en todo tipo de efectos, tanto los buscados de acuerdo con los objetivos de la acción, como otros no planificados. (MINCULT, 2013)

## Conclusiones Parciales

- En Cuba, por sus características de isla alargada y estrecha rodeada de mar, las estructuras metálicas están sometidas al deterioro por corrosión, sobre todo en atmósferas de agresividad corrosiva alta y extrema.
- La influencia de factores climáticos entre los que se destaca el viento por el transporte del aerosol marino, intensifican el ataque corrosivo de la atmósfera.
- El aerosol marino es el contaminante principal en las atmósferas predominantes en Cuba y a él se debe la intensidad de los ataques corrosivos.
- Los problemas de diseño anticorrosivo introducidos por tecnologías foráneas propician condiciones necesarias para el desarrollo de la corrosión.
- Existe carencia de productos para la conservación del patrimonio tangible, que se deteriora mayormente por la corrosión atmosférica, lo que hace necesario la búsqueda de soluciones con productos nacionales tal como se plantea en los lineamientos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.
- Un Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC) puede ofrecer las soluciones necesarias a los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión a partir de productos nacionales para el patrimonio tangible.

## **Capítulo II. Materiales y Métodos.**

En este capítulo se detallan los materiales y métodos empleados para dar solución al problema de la conservación contra el deterioro por corrosión atmosférica del transporte terrestre expuesto en las salas del Museo de la Revolución.

Para el análisis se tomó como muestra el carro de reparto Fargo, utilizado en el ataque al Palacio Presidencial en la gesta del 13 de marzo de 1957.

El trabajo se desarrolla en base a la Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión, elaborada por el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas, avalada por más de veinte años de experiencia de aplicación y perfeccionamiento. La misma consta de los siguientes pasos:

### **2.1 Metodología general para el análisis y solución de problemas de corrosión.**

Para el desarrollo de este trabajo se empleará la metodología para el análisis y solución de problemas de corrosión, que es el resultado de la experiencia práctica desarrollada por más de 25 años por el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas, además se han tomado referencias del Texto (Domínguez, et al. 1987), el libro de José A. González en su Capítulo XXII (González, et al. 1989) y las Normas ISO (Norma ISO 12944 – 1: 2007 y Norma ISO 12944 – 8: 2007).

#### 1. Identificación del problema.

1.1 Diseño anticorrosivo y recomendaciones de puesta en obra. Características mecánicas, químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción y protección anticorrosiva.

- Comprobar las normas de diseño empleadas y su cumplimiento.
- Un antecedente muy importante de los problemas de corrosión que se presentan frecuentemente, es el “Diseño Anticorrosivo”. Al respecto se plantea que los problemas de diseño anticorrosivo, los crea el diseñador, desde que se realiza el diseño. Existen muchos problemas de diseño muy

frecuentes.

- La selección de los materiales, entra dentro del diseño y por tanto hay que prestarle especial atención a los materiales utilizados y los métodos de protección utilizados, de acuerdo con los medios en que se encuentra en contacto.
- Cumplimiento de las recomendaciones de puesta en obra de los materiales, componentes, estructuras, equipos, etc.
- Características de los materiales metálicos y no metálicos. Fichas técnicas de los diferentes productos.
- Fichas técnicas de los diferentes productos anticorrosivos.
- Correspondencia de los materiales con los previstos en el diseño.
- Aspectos legales del proyecto, garantías con su cumplimiento, especificaciones técnicas precisas y correctas, sin expresiones ambiguas y genéricas.

El vehículo de reparto Fargo, presenta una serie de problemas de diseño anticorrosivo que se muestran en (Anexo1, Figs. 1- 48).

La estructura del cuerpo del Fargo está constituida por acero al carbono estructural. Este constituye una proporción importante de los aceros producidos en las plantas siderúrgicas. Con esa denominación se incluye a aquellos aceros en los que su propiedad fundamental es la resistencia a distintas sollicitaciones (fuerzas tanto estáticas como dinámicas). De esta forma se los separa respecto a los aceros inoxidables, a los aceros para herramientas, a los aceros para usos eléctricos o a los aceros para electrodomésticos o partes no estructurales de vehículos de transporte. Históricamente un 90% de la producción total producida mundialmente corresponde a aceros al carbono. Sin embargo, la tendencia es hacia un crecimiento de la proporción de los aceros aleados en desmedro de los aceros al carbono. En esta tendencia tiene importancia la necesidad de aligerar pesos tanto para el caso de las estructuras (con el consiguiente ahorro en las fundaciones) como los requerimientos de menor consumo por peso en los automóviles, unido en este caso a la necesidad de reforzar la seguridad ante impactos sin incrementar el peso de los vehículos.

La composición química de los aceros al carbono es compleja, además del hierro y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación otros elementos necesarios para su producción, tales como silicio y manganeso, y hay otros que se consideran impurezas por la dificultad de excluirlos totalmente –azufre, fósforo, oxígeno, hidrógeno. El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

El aluminio es un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas). Como metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis. Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería de materiales, tales como su baja densidad ( $2.700 \text{ kg/m}^3$ ) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es muy barato. Por todo ello es desde mediados del siglo XX el metal que más se utiliza después del acero. El principal inconveniente para su obtención reside en la elevada cantidad de energía eléctrica que requiere su producción. Este problema se compensa por su bajo coste de reciclado, su extendida vida útil y la estabilidad de su precio.

También se presenta el vidrio (en las ventanas), es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se encuentra en la naturaleza aunque también puede ser producido por el ser humano. El vidrio artificial se usa para hacer ventanas, lentes, botellas y una gran variedad de productos. El vidrio es un tipo de material cerámico amorfo, se obtiene a unos  $1.500 \text{ }^\circ\text{C}$  de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ).

Las propiedades del vidrio común, son una función tanto de la naturaleza como de las materias primas como de la composición química del producto obtenido.



La densidad es algo más elevada que en el cuarzo fundido 2,5 frente a 2,2 g/cm<sup>3</sup>). El coeficiente de dilatación térmica lineal a temperatura ambiente, es notablemente más alto que el de la sílice fundida (unas 20 veces más), por lo que los objetos de vidrios de silicato sódico son menos resistentes al "choque térmico". Su índice de refracción es ligeramente mayor que el del vidrio de cuarzo y puede aumentarse mediante el uso de aditivos. La resistencia a la tracción en cualquier tipo de vidrio es una magnitud que depende extraordinariamente del estado de la superficie del objeto en cuestión, por lo que su cuantificación es compleja y poco fiable. La resistencia al ataque químico o físico (disolución) de los vidrios comunes es una función de su composición química fundamentalmente. El vidrio es un material totalmente reciclable y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al vidrio nuevo.

Los neumáticos y las juntas de puertas y ventanas son de caucho sintético, un tipo de elastómero, invariablemente un polímero. Un elastómero es un material con la propiedad mecánica de poder sufrir mucha más deformación elástica bajo estrés que la mayoría de los materiales y aun así regresar a su tamaño previo sin deformación permanente. El caucho sintético sirve como un sustituto del caucho natural en muchos casos, especialmente cuando se requieren propiedades mejoradas de los materiales. Puede ser hecho a partir de la polimerización de una variedad de monómeros incluyendo al isopreno (2-metil-1,3-butadieno), 1,3-butadieno, cloropreno (2-cloro-1,3-butadieno), e isobutileno (metilpropeno) con un pequeño porcentaje de isopreno para la reticulación. Estos y otros monómeros pueden ser mezclados en varias proporciones deseables para ser copolimerizados para un amplio rango de propiedades físicas, mecánicas, y químicas. Es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, artículos impermeables y aislantes, por sus excelentes propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas. Es repelente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. Se disuelve con facilidad ante petrolatos, bencenos y algunos hidrocarburos. Actualmente más de la mitad del caucho usado hoy en día es sintético. El caucho es una propuesta para el futuro como aislante en la industria motora. En el habitáculo del Fargo se encuentra la madera, material ortótropo, con

distinta elasticidad según la dirección de deformación, encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen cada año, formando anillos, y que están compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina. En composición media se constituye de un 50% de carbono (C), un 42% de oxígeno (O), un 6% de hidrógeno (H) y el 2% restante de nitrógeno (N) y otros elementos. Los componentes principales de la madera son la celulosa, un polisacárido que constituye alrededor de la mitad del material total, la lignina (aproximadamente un 25%), que es un polímero resultante de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos y que proporciona dureza y protección, y la hemicelulosa (alrededor de un 25%) cuya función es actuar como unión de las fibras. Existen otros componentes minoritarios como resinas, ceras, grasas y otras sustancias. La madera es un material anisotrópico en muchas de sus características, por ejemplo en su resistencia o elasticidad. La madera es un material ortótropo ya que su elasticidad depende de la dirección de deformación. Tiene un comportamiento higroscópico, pudiendo absorber humedad tanto del ambiente como en caso de inmersión en agua, si bien de forma y en cantidades distintas. La polaridad de la madera le hace afín con otros productos polares como agua, barnices, pegamentos con base de agua, etc. La densidad habitual de la mayoría de especies se encuentra entre los 500 y los 800 kg/m<sup>3</sup> (peso seco). La densidad también puede variar significativamente en una misma especie, o incluso en un mismo árbol, en función de la altura del fuste y de la distancia al centro del tronco.

Para la conservación de este vehículo eran utilizados productos anticorrosivos provenientes de la Unión Soviética, que después del derrumbe del campo socialista fueron sustituidos por otros distribuidos por la comercializadora nacional CUBALUB. Esta empresa solo oferta una serie de grasas y aceites de conservación entre los que se encuentran: Anticor SB, Anticor BB, Anticor SBX, Anticor Motor-2, Anticor PEEL-M, Anticor GLASS GEL. Todos estos productos fueron evaluados por LABET, en ensayos en cámara de niebla salina y cámara climática, por lo que su calidad en estas condiciones está certificada, pero son productos ofertados en divisa y a precios elevados.

Para la conservación del Fargo es necesaria la utilización de más productos que den solución a todos los problemas de diseño anticorrosivo que presenta;

por tanto los anteriores no cumplen las especificaciones del cliente y es necesario acudir a la propuesta de productos nacionales elaborados para las condiciones específicas de nuestro clima comercializados por la UMCC “Camilo Cienfuegos”.

#### 1.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y la reales.

- Identificación de la zona, área, instalación y equipo donde se presenta el problema. Comprobar datos de diseño con datos de puesta a punto de la instalación y de operación en las condiciones de trabajo.
- De tratarse de un proceso o equipo, hay que hacer referencia a los parámetros fundamentales del mismo, entre ellos presión, temperatura, concentración de los electrolitos, pH, materias primas, subproductos, productos finales, etc.
- Caracterización de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se produce el problema, de ser necesario.
- Ubicación geográfica y con respecto a otras instalaciones. Para con ello poder esclarecer la acción de factores físicos, químicos y biológicos. Contaminación ambiental.
- Observar cambios en los fluidos o los parámetros fundamentales de operación del sistema.

El área donde está ubicado el Museo de la Revolución se encuentra en una zona muy antropogenizada, pues la misma está ocupada por edificaciones, parques y viales, se puede apreciar que es bastante llana, con pendientes suaves.

El Fargo, pieza perteneciente al Memorial Granma que forma parte de las instalaciones del museo, está ubicado en una zona urbana, bajo techo ventilado, con apantallamiento por árboles y edificaciones. Presenta una agresividad corrosiva de la atmósfera muy alta (C5-M) según la Norma UNE EN ISO 12944: 2: 2007 y se encuentra aproximadamente a 600 metros del mar.

### 1.3 Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales. Ensayos de recepción.

Los aspectos de Normalización, toman cada día mayor importancia, por lo cual desde un principio hay que preguntarse:

¿Tienen implementadas las Normas ISO 9000?

Cómo bien se conoce, para los propósitos de gestión de calidad, tienen que implementarse las Normas de la serie ISO 9000.

¿Qué Normas de Calidad emplean? Normas Cubanas, ISO, etc. Considerar aquí que en Cuba las recomendadas actualmente son las Normas ISO, hasta tanto se actualice el Sistema de Normas Cubanas, que respondía en general a las GOST.

¿Han implementado sus propias Normas de Calidad en los procesos?

Con la respuesta a estas preguntas podemos tener elementos del rigor con que se trabaja. Se puede profundizar al respecto además en:

- Normas de calidad de los materiales de que disponen.
- Normas de calidad en el proceso de construcción y montaje.
- Normas de calidad para el control de los procesos de protección anticorrosivo.
- Ensayos de calidad de los productos que emplean o información precisa al respecto.

Los aspectos legales del cumplimiento de las normas tienen mucha importancia. Baste señalar lo siguiente: En cada contrato, se establece el período de garantía, que tiene una consideración jurídica, objeto de cláusulas en la parte administrativa del contrato. El tiempo de garantía, tiene que ser menor que la durabilidad del sistema protector, que es una consideración técnica que puede ayudar al propietario a establecer un sistema de mantenimiento. En la Norma ISO 12944 – 1: 1998 (8) para sistema de pinturas, se establecen tres clases de durabilidad:

- Baja (L) de 2 a 5 años.
- Media (M) de 5 a 15 años.

- Alta (H) de más de 15 años.

En esta propia norma se precisa: Que son de obligatorio cumplimiento para los países firmantes, en particular la Comunidad Europea y los países que la suscriban y además no cumplir con los requisitos y recomendaciones dados en esta norma puede conducir a serias consecuencias económicas.

Los ensayos de recepción, constituyen una de las acciones más importantes y a lo cual no se le presta mucha atención.

- Son muy importantes para comprobar la calidad de los productos utilizados en la preparación previa y como recubrimientos.
- Si el componente, equipo o instalación ya viene protegido, hay que exigir los ensayos de calidad realizados a los productos.

En el Memorial Granma se organiza un sistema de restauración sistemático vinculado con la FAR. El mantenimiento oferta una preparación superficial con masilla en las zonas de la estructura afectadas por la corrosión y recubrimientos de pintura para el cuerpo metálico, el interior de los orificios causados por el impacto de las balas en las acciones del 13 de marzo de 1957 y la madera. Las pinturas aplicadas al Fargo son fabricados con la misma tonalidad y color de la original (rojo), para lograr esto, se raspan todas las capas de pintura hasta llegar a la principal con el objetivo de poder realizar los exámenes pertinentes y obtener el recubrimiento deseado. No obstante, se desconoce si fueron utilizadas las normas pertinentes para la correcta fabricación del recubrimiento. El estado actual de la pintura evidencia que no se logra la limpieza adecuada de la superficie del vehículo en cuestión (Anexo 1, Figs. 11, 13, 14, 16, 17, 23, 31, 39, 42, 43) y por esta causa ocurre el ampollamiento y descamamiento de la pintura debido a la corrosión interfacial. Durante el mantenimiento es pintado el interior de cada impacto de bala con una pintura gris que posee un color representativo del metal en su estado original.

Historia del problema.

¿Qué experiencia anterior se tiene sobre el problema que se plantea?

- Antecedentes del problema. Historia del problema, que incluye años de servicio de la instalación y de los equipos, así como la acción de factores

físicos, químicos, biológicos y combinación de ellos, sin profundizar en los mismos.

- Diagnóstico de la corrosión y protección en el área de haberse realizado con anterioridad. Puede incluir video, toma fotográfica, muestras, mediciones, etc.

Este camión Fargo perteneciente a la firma Fast Delivery fue utilizado para el asalto al Palacio Presidencial el 13 de marzo de 1957. Propició el traslado de un grupo de 42 a 50 asaltantes, entre los que figuraba José Antonio Echeverría.

Producto a su significado histórico se encuentra expuesto en el Memorial Granma, ubicado en una de las áreas externas del Museo de la Revolución desde el 14 de noviembre de 1976.

Debido a su antigüedad y falta de un recubrimiento protector efectivo, así como a su ubicación geográfica está sometido a la acción de varios factores, entre los que se encuentran los atmosféricos tales como, precipitaciones, vientos, niebla, rocío, polvo y temperatura.

En esta zona ocurre el llamado efecto túnel, provocado por los vientos reinantes procedentes de la cabaña que penetran como un cañón por la calle Zulueta concentrándose en el Memorial.

1.4 Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema.

Debe de realizarse por el especialista que realizará el análisis correspondiente o cumpliendo indicaciones precisas del mismo. Un error en las muestras que se presentan para iniciar un análisis o la alteración de las mismas por implicados en el problema, pueden originar falsas conclusiones y en la mayoría de los casos pérdidas de tiempo.

Se tomaron fotos del estado actual del Fargo para realizar el diagnóstico del diseño anticorrosivo, la corrosión y la conservación, pudiendo observarse que el deterioro es avanzado y hay varios problemas de diseño anticorrosivo. También se pudo observar que el mismo se encuentra pintado y chapisteado. Además se realizó un desmontaje de la madera para poder pintar la superficie metálica interior y exterior del habitáculo.

Análisis del problema. Propuesta de soluciones.

2.1 Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.

¿En qué forma se presenta la corrosión?

La forma en que se presenta la corrosión nos permite identificar el tipo de corrosión y con ello las causas que la originan, no obstante en algunos casos es necesario auxiliarse de medios de observación para poder identificarla, entre ellas el microscopio estereoscópico, metalográfico, mediciones ultrasónicas, rayos X, microscopía electrónica de barrido (MEB) y otros ensayos especiales.

¿Qué tipos de corrosión se presentan?

Ello implica conocer las características de los diferentes tipos de corrosión que pueden presentarse en las condiciones de problema dado. Por ello hay que considerar en este aspecto todos los posibles tipos que puedan estar presentes y considerar además la posibilidad de acción combinada de efectos físicos y químicos que influyen en la corrosión.

¿Cuáles son las causas de la corrosión?

Para contestar esta pregunta es necesario conocer profundamente los factores más importantes que influyen en la corrosión en el sistema estudiado y discriminar entre ellos para obtener el o los factores más influyentes. pues resulta frecuente que la causa de un problema de corrosión resulte de la acción combinada de varios factores, e incluso de problemas operacionales.

Considerando las dos preguntas anteriores, se precisa desarrollar los siguientes aspectos:

- Daños físicos y químicos que afectan por corrosión. Precizando los tipos de corrosión más comunes, descripción detallada de los mecanismos y los factores que influyen.
- Daños biológicos y/o biodeterioros. Precizando los tipos y factores que influyen.

Cada tipo de corrosión debe ser analizado profundamente considerando todos estos elementos.

En el Fargo se presentan diferentes tipos de corrosión electroquímica

localizada como la atmosférica húmeda y mojada, la galvánica por par metálico y por celda de aireación diferencial. No obstante los principales problemas de corrosión observados, en su mayoría provocados por problemas de diseño anticorrosivo son la corrosión en resquicios y la corrosión interfacial.

Tanto la corrosión en resquicios, como la corrosión interfacial tienen como origen una mala preparación de la superficie previa antes de pintar. Aunque en la corrosión en resquicios, la pintura no juega un papel efectivo por no ser flexible. Estos problemas se tratan en la preparación previa antes de aplicar las pinturas.

**Corrosión electroquímica:** Debida a la circulación de electrones entre zonas de diferente potencial, en contacto con el medio conductor. Esta diferencia de potencial puede darse entre dos puntos de un mismo material en cuyo caso la diferencia de potencial no acostumbra a ser elevada o entre diferentes metales dando lugar a una pila galvánica en la que la corriente de corrosión es importante.

**Corrosión uniforme:** Corrosión que ocurre a igual velocidad en todos los puntos de la superficie, aunque de forma más clara se puede plantear que es aquella en que se produce un ataque uniforme en toda superficie.

**Corrosión no uniforme:** (heterogénea o localizada). Corrosión que ocurre a distintas velocidades en diferentes partes de la superficie y por tanto se produce un ataque no uniforme.

### **Corrosión Atmosférica Uniforme o Generalizada (Húmeda).**

Tipo: Corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica húmeda, se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc, lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la condensación de humedad y la presencia de contaminantes.

De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas



de humedecimiento y secado periódico

### **Corrosión Atmosférica Mojada.**

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica mojada se presenta en aquellas zonas donde existe acumulación de agua en la cual pueden o no estar disueltos contaminantes, como cloruros y sulfatos fundamentalmente.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de agua y contaminantes, además de la temperatura.

En presencia de agua un aumento de la temperatura aumenta la velocidad de corrosión, hasta un punto en que se evapora y se detiene la corrosión.

La corrosión atmosférica mojada es menor que la húmeda, ya que en la primera existe una delgada capa de humedad.

### **Corrosión por celda de aireación diferencial.**

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial.

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad adsorbida o de agua, galvánico por diferencia de concentración de oxígeno, que se explica de la forma siguiente: cuando surge una grieta, hendidura, intersticio, desprendimiento de la pintura, depósitos de óxido o suciedades, todos ellos son causa de la aparición de celdas de aireación diferencial. Debajo del depósito o en el interior del intersticio se crea un área de difícil acceso para el oxígeno, que se constituye en ánodo, tan pronto como en los alrededores con mayor acceso de oxígeno se crea un cátodo.

Factores que influyen:

El factor determinante en el primer caso, es la presencia de humedad y contaminantes, por un mal diseño anticorrosivo, además de los contaminantes que como el aerosol marino acelera el proceso corrosivo.

### **Corrosión interfacial.**

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: Electroquímico homogéneo, en presencia de humedad adsorbida que penetra a la pintura, al igual que el oxígeno, pero que se desarrolla

únicamente cuando hay contaminantes. La corrosión interfacial se presenta por debajo del recubrimiento como consecuencia de una mala preparación de la superficie y contaminación de la misma. Este problema es muy frecuente en las carrocerías de los automóviles una vez que se realiza el proceso de chapistería, ya que posterior a la soldadura se aplica pintura, sin eliminar el óxido y sin descontaminar la superficie.

Cuando la superficie queda contaminada antes de pintar, fundamentalmente con cloruros y sulfatos, ya están dadas las condiciones para la corrosión interfacial, de lo contrario no ocurre.

Las pinturas son permeables al agua y al oxígeno, los cuales la penetran hasta la superficie metálica, pero ambos no pueden provocar el proceso de corrosión de no existir contaminantes sobre la superficie que aumenten la conductividad en la interface acero – pintura y favorezcan el proceso corrosivo.

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia del contaminante sobre la superficie metálica como aerosol marino, en la interface acero- pintura. La presencia de humedad y oxígeno que deben atravesar la película de pintura, por lo cual influye además el espesor del recubrimiento de pintura.

### **Corrosión en resquicios.**

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Durante el diseño de una pieza, equipo o estructura metálica, el diseñador debe tener especial cuidado en no crear resquicios, ya que estos favorecen la acumulación de depósitos (contaminantes) y humedad, que propician el desarrollo de este tipo de corrosión. La explicación de este mecanismo es similar al de las celdas de concentración, que fue explicado con anterioridad.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de resquicios (grietas, hendiduras, solapes, etc), producidas por la presencia del resquicio, que se produce en la unión metal – metal, metal – madera, metal – hormigón y en general entre un metal y otro material. Sin dejar de faltar los contaminantes y la humedad. Es decir, un problema de diseño anticorrosivo. Los contaminantes provenientes del aerosol marino constituyen catalizadores del proceso corrosivo.

El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de grietas, hendiduras, solapes, etc, conjuntamente con la acumulación de contaminantes

y la humedad.

El resquicio que aparece en las carretas de transportar la sal en la Empresa Salinera de Matanzas, se forma entre el metal y la madera.

### **Corrosión por par metálico.**

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Galvánico, donde el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la unión de metales de distinta naturaleza, aunque influye también la magnitud de la diferencia de potenciales, la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica.

Incrementa este proceso la presencia de contaminantes, la temperatura y el pH del medio.

### **Corrosión Fatiga.**

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme con efectos mecánicos.

Mecanismo: Galvánico con efectos mecánicos, donde la grieta que se forma actúa como ánodo y en ella se concentra la corrosión y en los alrededores de la grieta, en el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo.

Factores que influyen.

En la corrosión fatiga resulta fundamental la presencia de tensiones cíclicas, es decir la fatiga, la que provoca conjuntamente con la corrosión la aparición de la grieta y su rápido crecimiento por la acción combinada de la corrosión y la fatiga.

2.2 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico – económicas y sociales.

- Incluye evaluaciones realizadas de la magnitud de daño con datos técnicos y económicos.
- Aplicación de métodos no destructivos para evaluar el daño causado.
- Ensayos para determinar la magnitud de la velocidad de corrosión y evaluaciones realizadas. Resultados de evaluaciones o fundamentación de los ensayos.

- Ensayos para identificar el biodeterioro. Evaluaciones realizadas.
- Aspectos económicos. En correspondencia con las Normas Internacionales actualmente vigentes, la relación coste – eficacia de un determinado sistema protector frente a la corrosión será, generalmente, directamente proporcional al tiempo durante el cual dicha protección es efectiva, reduciendo al mínimo el volumen de los trabajos de mantenimiento o de sustitución necesarios durante la vida en servicio de la estructura. Para recubrimientos protectores, la intensidad del fallo, antes de que sea sometido al primer trabajo de mantenimiento general, debe acordarse entre las partes interesadas y valorarse conforme a las Normas ISO 4628 – 1: 2007 y 4628 – 3: 2007. La primera que establece los principios generales y el esquema de evaluación y la segunda que establece los grados de oxidación permisibles, que son los que se acuerdan entre las partes. Al respecto se establece como máximo de afectación un 1% de la superficie afectada, posterior a lo cual hay que ejecutar el mantenimiento.
- Otros datos económicos que pueden obtenerse sobre el problema objeto de estudio, entre ellos monto de la inversión, pérdidas que se producen, costo de los mantenimientos, etc.
- Impacto ambiental con resultado del problema de corrosión. Posibles afectaciones.

La conservación del Fargo ocurrió anteriormente en dos ocasiones, una del 19 de agosto al 9 de septiembre del 2009 y otra del 21 al 23 de noviembre del 2013. En esta última ocasión ascendió a un monto de 11174,06 CUP. Anualmente deben realizarse conservaciones parciales, pero en la actualidad no se logran, por lo que el grado de deterioro en el vehículo es elevado.

### 2.3 Medidas que deben aplicarse.

Este aspecto no se incluye en los textos, sin embargo en la práctica es de gran importancia ya que en la mayoría de los casos en que se presentan problemas de corrosión, los mismos son ocasionados por modificaciones introducidas por el propio hombre y que se resuelven con medidas que eliminen las causas que provocan el problema.

Para poner un ejemplo, citaremos el problema de la contaminación

ambiental, la cual puede ser eliminada con la aplicación de medidas y no precisamente con la aplicación de métodos de protección, ya que la solución resultaría en la mayoría de los casos mucho más costosa.

- Medidas que deben aplicarse a corto, mediano y largo plazo. Incluye acondicionamiento, rehabilitación, así como las derivadas de la disminución o eliminación de la contaminación.
- Otras medidas que normalmente no se consideran métodos de conservación y/o protección. Ubicación de las instalaciones, apantallamiento con vegetación, etc.

Para lograr la protección adecuada del vehículo Fargo, se pueden poner en práctica una serie de medidas tales como la limpieza diaria de todas las superficies tanto en el exterior como interior del vehículo con paño seco, lavar periódicamente con agua limpia la superficie metálica, acoplar toldos a la estructura bajo la cual se encuentran expuestos, para evitar el humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia y la deposición de contaminantes depositados por el viento en las horas en que se encuentra cerrada la instalación. Dar solución a los problemas de diseño anticorrosivo que se presenten siempre y cuando no implique cambio en su estructura para que no pierda el valor patrimonial. Realizar anualmente la conservación parcial para evitar el deterioro del sistema protector de pintura anticorrosiva y otros sistemas protectores y cada 5 años una conservación general en donde se restituirá nuevamente el recubrimiento de pintura.

#### 2.4 Métodos de protección que pueden aplicarse.

Se aplican una vez analizadas todas las medidas que puedan proponerse, ya que económicamente, la aplicación de métodos motiva un incremento de los costos.

Los métodos de protección se seleccionan en base a las características del sistema y se fundamentan convenientemente.

Hay que tener en cuenta que dentro de los métodos de protección contra la corrosión, se incluye el diseño y la operación adecuada.

- Métodos de protección contra el deterioro por corrosión.
- Métodos de protección contra el biodeterioro. Métodos de conservación.

- Métodos de diseño para la protección y conservación.
- Protección por operaciones adecuadas durante los procesos.

Uno de los métodos de protección más ampliamente difundidos es la aplicación de recubrimientos de pinturas. Al respecto la Norma ISO 12944 establece todos los aspectos a tener en cuenta en la elaboración, ejecución y control de un proyecto de pintura en la ISO (9), precisa las especificaciones del proyecto, del sistema de pintura, de los trabajos de pintado y de inspección y ensayo, tal cual se tiene que proceder al ejecutar cualquier proyecto de protección anticorrosivo.

Cuando se realiza un diagnóstico de un equipo o instalación, se tiene que tener en cuenta que todos los elementos que integran la misma, el ambiente que la rodea, el proceso que tiene lugar y los hombres que la operan, son elementos del sistema. Por tanto todos intervienen en la protección anticorrosiva y conservación de la misma.

Se deben aplicar métodos de protección adecuados una vez solucionados los problemas de diseño anticorrosivo. Dentro de los métodos más apropiados está el uso de recubrimientos protectores tales como pinturas anticorrosivas, ceras abrillantadoras impermeabilizantes y grasas de conservación temporal. Productos como los mástiques asfálticos también se usan para solucionar algunos problemas de diseño anticorrosivo. Los productos DISTIN son de amplia utilización con estos fines y dentro de ellos pueden encontrarse grasas, ceras, mástiques y disolución de fosfatado para la limpieza de superficies. La implementación de un sistema de protección anticorrosivo y conservación SIPAYC permitiría la conservación más adecuada para este vehículo solucionando los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión que se presentan garantizando que no halla que intervenir directamente al vehículo por un proceso de restauración por chapistería, que incidiría en el valor histórico y patrimonial de la pieza.

Conclusiones, recomendaciones.

- En el trabajo se realizan conclusiones parciales, por lo tanto las conclusiones y recomendaciones que se reflejan aquí tienen que dar solución al problema general.

- Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos del trabajo, precisando las principales causas del problema de corrosión y protección objeto de estudio.
  - Las recomendaciones deben contener aquellas investigaciones que deben ser realizadas o todos aquellos aspectos que deben ser profundizados con posterioridad.
2. Bibliografía y referencias.
- Tiene que emplear con carácter obligatorio varias referencias en idioma inglés. Utilizar la norma establecida para el uso correcto de la bibliografía. Consultar en el CICT.
3. Anexos.
- Los anexos contienen tablas, mapas, gráficos, fichas técnicas, normas etc., que sean necesarios para la fundamentación del trabajo. Las figuras utilizadas para fundamentar los mecanismos de los tipos de corrosión, deben incluirse en el desarrollo del trabajo.

## **2.2 Análisis de los productos empleados para la conservación del transporte terrestre del Museo de la Revolución.**

Los productos DISTIN que se proponen para el Fargo son, **Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida. DISTIN 603 L** (Anexo 2), es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro de los recubrimiento de pintura. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas.

**Disolución de Fosfato Decapante Acción Rápida DISTIN 504** (Anexo 3), proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Forma una capa protectora con sales insolubles, requiere del enjuague y secado posterior si va a aplicar algún recubrimiento antes de las 72 horas. El recubrimiento penetra en la capa de fosfato logrando un excelente anclaje.

**Mástique Asfáltico Líquido DISTIN 404 L** (Anexo 4), ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraña para la protección de la parte inferior y exterior del piso de los automóviles, contenedores, equipos ferroviarios y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana.

**Mástique Asfáltico Semisólido con goma DISTIN 404** (Anexo 5), posee alta flexibilidad, resistencia a la corrosión y adherencia, especialmente preparado para las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de la aplicación específica que se requiera, tanto para sellar cavidades, formar recubrimientos, etc. Especialmente preparado para sellar orificios.

**Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L** (Anexo 6), Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en



edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y a los recubrimientos de pintura. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. El recubrimiento que se forma por evaporación del solvente, es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente. **Grasa Semisólida Conservante y Lubricante. DISTIN 314** (Anexo 7), Es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico.

Los productos fueron evaluados por los laboratorios LABET mediante los ensayos siguientes.

1. Ensayos acelerados en cámaras de niebla salina (NSS).

La evaluación se realiza por cada un ciclo de 100 horas con una exigencia de 500 horas sin afectaciones. Todos los productos expuestos pasaron sin afectaciones.

2. Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.

Los productos pasaron el ensayo durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono según la norma correspondiente, sin

afectaciones.

Los resultados obtenidos en ambas pruebas corroboran que el recubrimiento formado proporciona una protección temporal por años, de las superficies metálicas en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto.

### **Pintura anticorrosiva**

Para la selección del sistema de pintura adecuado hay que tener en cuenta lo establecido en la Norma UNE EN ISO 12944: 5: 2007, que posee tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas a las condiciones de agresividad existentes. Para la selección del sistema de pintura hay que saber el nivel de agresividad corrosiva de la atmósfera, en nuestro caso es C5-M, además hay que tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura, que para el Fargo se propone que sea de 2 a 5 años categorizándose de durabilidad baja. Este tiempo no es necesariamente un periodo de garantías, pero sirve de guía para planificar los periodos de mantenimiento.

De forma general tenemos que el sistema tiene que cumplir con el número S5.01, con un grado de preparación superficial similar al Sa 2 ½. El tipo de ligante es Clorocaucho (CR). El número de capas de imprimación es 2 y la de acabados es 2. El espesor total para la capa de imprimación es de 80µm, mientras que la de acabado presenta un espesor total de 120µm. Por tanto, el espesor total para el sistema de pintura es de 200µm.

La pintura recomendada para este vehículo según el grado de corrosividad del ambiente HEMPATEX PRIMER 16320 para la capa de imprimación y para la de acabado HEMPEL'S MIO ESMALTE CR 667E0.

### **2.3 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.**

En la mayoría de las metodologías que se orientan por la literatura, los problemas de diseño se tratan levemente. No se le da la importancia que requiere y resulta de gran incidencia en la corrosión y protección.

Una causa de su incidencia es la falta de tropicalización de los equipos e instalaciones que se adquieren, las que generalmente responden a las condiciones de agresividad de los países de origen, que no tienen la misma agresividad corrosiva que Cuba. Otra causa de los problemas de diseño es la

falta de exigencia, control y en ocasiones de conocimiento de los especialistas que adquieren la nueva tecnología.

La solución a los problemas de diseño anticorrosivo tiene dos etapas.

**1era Etapa:** Soluciones a los problemas antes de pintar.

Se rebajan y emparejan los bordes, se emparejan las soldaduras se abren orificios de drenaje en zonas de acumulación y depósito, se retiran y se limpian los pernos, se limpia la superficie con métodos manual mecanizados y otros como la disolución de fosfatado y se convierten áreas cerradas en componentes huecos.

**2da Etapa:** Soluciones a los problemas después de pintar.

Una vez pintada la superficie se sellan los resquicios aplicando mástique asfáltico semisólido, en el caso en que no se permita por estética u otro motivo se utiliza cera abrillantadora impermeabilizante, se crean superficies inclinadas en zonas de acumulación y depósito, se atomiza mástique líquido en los guardafangos y parte inferior del vehículo para evitar la corrosión erosión por el impacto de piedras y gravas. Se aplica grasa líquida en las áreas cerradas, se colocan pernos pintados y se le aplican mástique asfáltico semisólido o grasa semisólida según el requerimiento de la pieza, luego se aprieta y se vuelve a pintar. Se aíslan los materiales que no pudieron ser sustituidos por materiales similares con un recubrimiento de pintura anticorrosiva o con mástique asfáltico semisólido.

## **2.4 Metodología para el análisis económico.**

Se desarrolla un entrenamiento con el Contador del CEAT en todas las temáticas relacionadas con fichas de costo, documentos normativos y determinación de los principales indicadores económicos que permitan la caracterización de los diferentes productos a utilizar en la propuesta de SIPAYC.

En esta etapa se aplican los documentos normativos establecidos en cuanto a la elaboración de las fichas de costo y su actualización con nuevos documentos que sean emitidos en la etapa actual de cambios en la economía.

Se realiza un análisis económico en las condiciones actuales de la conservación del vehículo y otro a partir de la propuesta de conservación del

mismo aplicando el SIPAYC, comparando sus resultados con los principales indicadores económicos.

Los productos de conservación DISTIN, son desarrollados por el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas. Cada uno de estos presenta características técnicas, definidas en su Ficha Técnica. La capacidad productiva de los mismos se incrementa con el financiamiento aportado por los clientes, principalmente el Servicio DUCAR (FAR), la UNE y la EISA Matanzas.

En el país se consumen productos similares procedentes de importaciones que poseen un valor monetario superior a los productos DISTIN cuya demanda es mayor que la oferta, además poseen precios muy competitivos por estar elaborados en un 100% con materias primas nacionales logrando así la sustitución de importaciones.

El precio de los productos ofertados no se rige por la oferta y la demanda aunque sean nuevos, sino por la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios que establece la ficha de costo país de obligatorio cumplimiento. Establece que el margen de ganancia debe ser hasta un 20% por encima de los gastos totales.

El procedimiento de conservación se oferta como un paquete tecnológico que incluye la tecnología en CD, curso de formación del personal, servicio de conservación de la pieza y los productos a utilizar.

La ficha de costo del SIPAYC propuesto para el auto Fargo se muestra en (Anexo 8). El costo total por la aplicación de la conservación a este equipo es de 195 CUP de ello 37CUC.

## Conclusiones Parciales

- La agresividad corrosiva de la atmósfera en el área del Museo de la Revolución es C5-M (muy alta marina) por estar aproximadamente a 500m de la costa norte, pero con apantallamiento.
- Los períodos de conservación y reconservación en el vehículo Fargo no se cumplen, por lo que ha alcanzado un alto grado de deterioro y es necesaria la aplicación de una protección adecuada.
- Los productos DISTIN están avalados por ensayos en laboratorios acreditados para ser utilizados en la conservación de estructuras metálicas, como es el caso del componente estructural del Fargo.
- Para la protección anticorrosiva de la superficie del Fargo se seleccionó un sistema de pintura con ligante Clorocaucho y espesor total de 200µm con una durabilidad máxima de 5 años si se logra una limpieza superficial adecuada.
- Dentro de los costos para la aplicación del SIPAYC el de mayor influencia es el de gastos de elaboración referido a los productos que es el que determina el precio del servicio.

### Capítulo III: Análisis y discusión de los resultados.

El museo de la Revolución se encuentra ubicado en una zona marino-urbana (Fig. 1.3) considerando el criterio de (Feliú, 1971.) pero la mayor influencia es del aerosol marino, aunque el efecto de este contaminante es disminuido por el apantallamiento que provocan los árboles y las edificaciones que rodean el Memorial Granma donde está ubicado el Fargo.

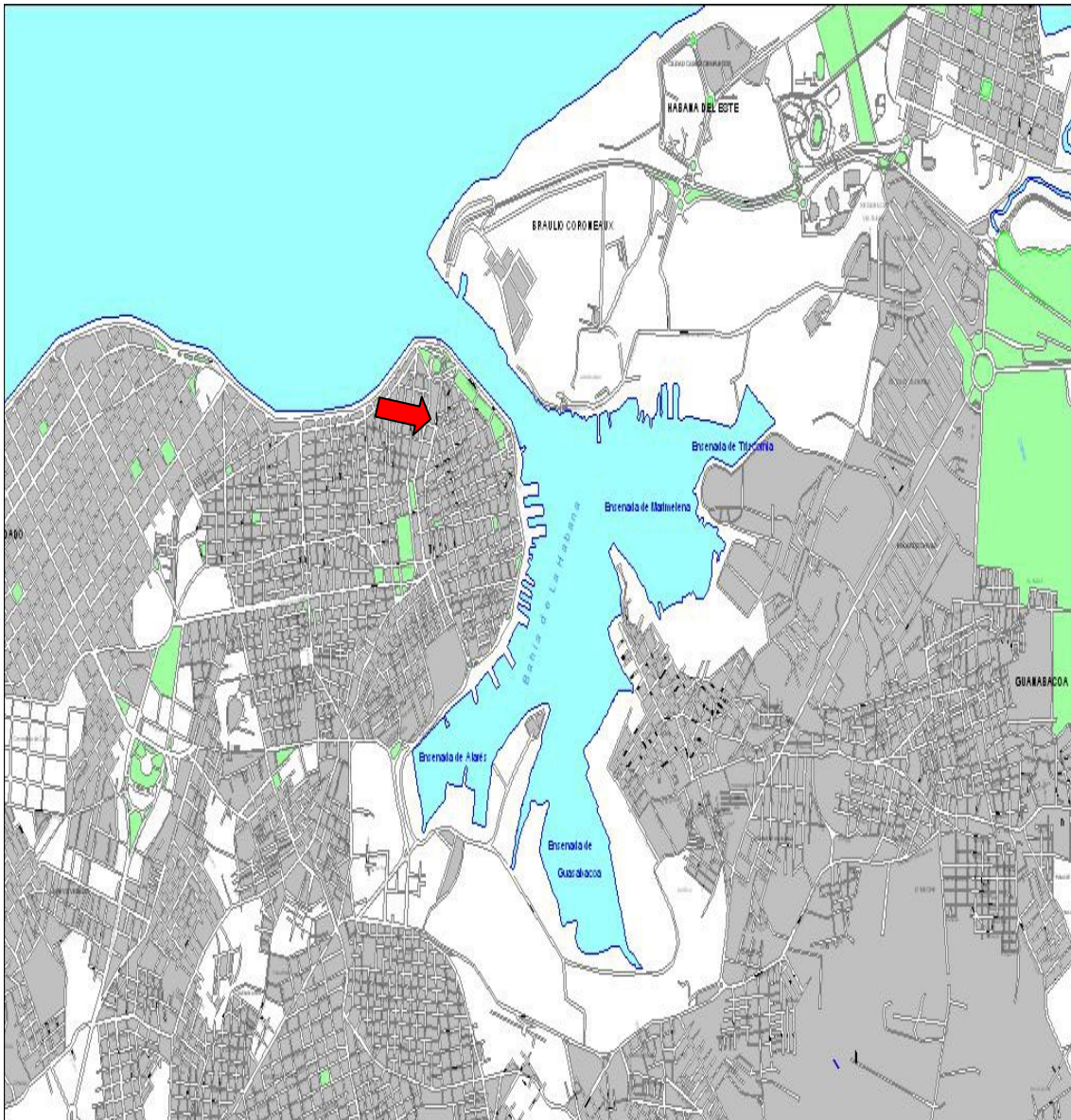


Fig. 3.1 Mapa de la zona periférica de la bahía de la Habana. La flecha indica el lugar de ubicación del Museo de la Revolución

### 3.1 Agresividad corrosiva de la atmósfera.

La agresividad corrosiva de la atmósfera se debe considerar en todo momento, pero hay fechas del año en que son más significativas. Al respecto, en Cuba, existen dos períodos del año, uno de octubre a marzo que coincide con el período de los frentes fríos y de seca, donde penetra con mayor cantidad y frecuencia el aerosol marino, no recomendable para las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación; el otro de abril a septiembre, que coincide con el período de lluvia, donde hay menos influencia del aerosol marino y las superficies metálicas son frecuentemente lavadas y descontaminadas por la lluvia. Este período es el más recomendado para estas labores.

La agresividad corrosiva de la atmósfera en este sitio es muy alta según la Norma: UNE EN ISO 12944: 5: 2007, a pesar de estar aproximadamente a 600 metros de la costa por lo que debería ser extrema según (Fig. 3.2). Hay que tener en cuenta que en esta zona se pone de manifiesto el efecto túnel provocado por la concentración de los vientos reinantes que provienen de la Cabaña, pero el apantallamiento atenúa la agresividad de la atmósfera.



Fig. 3.2 Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba, 2009.

En este ambiente altamente corrosivo los materiales sufren pérdidas elevadas por deterioro, el cual es agravado por los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan en el Fargo.

### **3.2 Materiales de construcción.**

El material acero al carbono estructural es el que sufre las mayores pérdidas, calculadas para este tipo de ambiente, en más de 650 y hasta 1500 g/m<sup>2</sup> de masa y más de 80 y hasta 200 µm de espesor según la Norma UNE EN ISO 12944: 2: 2007. Este material debe ser protegido por un recubrimiento de pintura para evitar su deterioro por el ambiente porque es poco resistente a la corrosión. Desde el punto de vista mecánico es resistente, dúctil y maleable, además es adecuado para ser sometido a los procesos de conformado donde fue obtenida la estructura del Fargo. Este material es factible para la construcción de equipos en general porque es barato y se encuentra disponible en el mercado. Teniendo en cuenta lo anterior el material fue seleccionado correctamente.

El aluminio también forma parte de la estructura del vehículo. Está presente en los cintillos, defensa y otros accesorios decorativos que presenta el Fargo. Es un material muy activo, que presenta corrosión generalizada y se pasiva. Por ello, al entrar en contacto con el acero forma par metálico y desarrolla corrosión galvánica. Su aspecto en el Fargo es gris opaco, por la capa de óxido que lo protege. Desde este punto de vista es una ventaja para el metal porque no se deteriora, en cambio el acero en contacto con él se oxida y puede sufrir picadura.

Otro material presente es la madera, cuyo deterioro es un proceso que altera las características de ésta y puede ser ocasionado por agentes bióticos, físicos y químicos. Los agentes físicos pueden dañar el tratamiento de preservación, y exponer a la madera no tratada al ataque de los agentes bióticos. Es importante destacar que el Fargo recibe radiación ultravioleta que químicamente degrada la lignina cerca de la superficie, ocasionando que la madera dañada sea ligeramente más blanda, pero la baja profundidad del daño hace que influya poco sobre la resistencia del material. La degradación de la madera por los subproductos debidos a la corrosión del metal frecuentemente se pasa por alto como una causa de deterioro de una estructura. Este tipo de



degradación puede ser revelador en algunas situaciones, particularmente en ambientes marinos donde las celdas galvánicas por los metales y el agua salada que se forman aceleran la corrosión. La degradación comienza cuando la humedad en la madera reacciona con el hierro en un mecanismo de unión, lanzando iones férricos alternadamente, deteriorando la pared celular de la madera. Además del deterioro causado por la corrosión, las altas condiciones de humedad asociadas a este daño pueden favorecer inicialmente el desarrollo del hongo de la pudrición.

En consecuencia con la explicación anterior resulta notorio explicar que parte de la estructura de este material en el Fargo fue sustituida durante las labores de mantenimiento producto a la acción de las termitas, agentes biológicos altamente destructivos.

El caucho sintético y el vidrio también forman parte del Fargo. El caucho a pesar de ser un material con gran flexibilidad y elasticidad se encuentra gravemente dañado como se muestra en (Anexo 1, Figs. 4 y 26) presenta cuarteaduras ocasionadas por la exposición al oxígeno atmosférico por tiempo prolongado y por estar en contacto con ácidos generados por la corrosión, ya que este material es poco resistente a la acción de este tipo de sustancia.

### **3.3 Problemas de diseño anticorrosivo presentes en el Fargo y factores que influyen.**

Una de las causas que agrava el problema de la corrosión en el Fargo son los problemas de diseño anticorrosivos dentro de los que se destacan:

Los **intersticios, hendiduras, orificios o resquicios** que se crean en las uniones metal-metal, metal-madera y metal-caucho. En estas zonas es retenida la humedad, los contaminantes, el polvo y otras materias que desencadenan el problema de la corrosión electroquímica atmosférica intersticial que es a su vez localizada y muy dañina porque se crean puntos de corrosión donde luego sobreviene la picadura.

**Mala preparación superficial:** ocurre cuando la superficie queda contaminada por polvo, contaminantes, suciedad y humedad y encima se le aplica una capa de recubrimiento temporal anticorrosivo, entonces en la interface acero-pintura

se desarrolla el proceso corrosivo formándose celdas de concentración y desprendiéndose el recubrimiento. De esta forma el material se va oxidando de manera no uniforme y el ataque es continuo. Por causa del aerosol marino se desarrollan los ciclos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos que desarrollan un ataque más intenso, fundamentalmente el cloruro. También puede ocurrir la picadura.

**Conexiones con pernos:** Los pernos, tuercas y arandelas son muy susceptibles a la corrosión por ser elementos tensionados, y es por ello que en los mismos surge la corrosión bajo tensión la cual contiene efectos mecánicos que posibilitan que se incremente el tipo de corrosión que tenga lugar inicialmente, ya sea la corrosión generalizada o la corrosión en resquicios u orificios. También puede ocurrir la corrosión fatiga.

**Accesibilidad:** puede ser de dos tipos, por exceso de altura y por formarse un reducido espacio entre la unión de dos materiales donde al menos uno de estos tiene que ser metálico y se comporte vulnerable ante la corrosión. Es por ello que se plantea que la separación entre las partes o estructuras no puede ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad, ya que imposibilitarían que se ejecutaran las labores vinculadas a la protección anticorrosiva, es decir, inspeccionar, diagnosticar y aplicar como tal las distintas técnicas de protección e impidiendo a su vez que estas áreas queden protegidas ante el ambiente agresivo a las que se encuentran expuestas. Este problema se presenta fundamentalmente en la parte inferior del vehículo.

**Bordes:** Son producidos por lo general desde el proceso mismo de fabricación o por las rebabas resultantes en los tornos y taladradoras. En los bordes por lo general tiene lugar una acumulación de tensiones debido a que no se les realiza un tratamiento térmico en estas zonas, por lo que se convierten en centros de disolución activa ya que estas tensiones acumuladas disponen al material al ataque corrosivo. Es por ello que estos bordes deberían eliminarse porque además de comportarse como un objeto cortante, ocasiona que las capas protectoras de pintura no se apliquen de modo uniforme y sean más susceptibles al deterioro al no lograrse un espesor de película adecuado.

**Imperfecciones en las soldaduras:** las uniones soldadas de piezas metálicas, tienen que estar libres de imperfecciones (aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema protector de pintura. En estos casos se presenta una corrosión localizada, ya que en esas zonas es por donde primero fallan los recubrimientos de pintura por una deficiente preparación superficial, al no estar pareja la superficie.

Si la soldadura es discontinua se forma un resquicio donde se acumulan contaminantes, humedad, polvo, y se desarrolla la corrosión intersticial, si hay imperfecciones en el cordón de soldadura y no se rebajan también se crean resquicios y ocurre la corrosión intersticial. Esta corrosión es electroquímica atmosférica localizada.

**Retención de humedad, depósitos y agua:** En todos los diseños de piezas metálicas expuestas al medio ambiente las cuales su propósito no sea la de envasar agua u otro líquido, tienen que estar desprovistas de configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida ya que conjuntamente con la presencia de agentes corrosivos (polvo, residuos abrasivos, aerosol marino, etc) incrementa el potencial corrosivo de estos agentes.

Estas son zonas de depresión en la estructura que permiten el desarrollo de la corrosión atmosférica mojada y húmeda, por celda de aireación diferencial y localizada.

**Área cerrada:** es un área que necesita protección antes de poner la tapa como es el caso de las puertas del Fargo o de cualquier vehículo, de lo contrario se pueden desarrollar los tipos de corrosión descritos anteriormente.

**Componente hueco:** son partes de la estructura que están huecas en su interior que si no son conservadas sufren deterioro por corrosión electroquímica atmosférica en cualquiera de las manifestaciones anteriormente descritas.

**Par metálico:** es cuando se ponen en contacto dos metales de naturaleza diferente y se oxida el más activo por lo que deben ser aislados. Este problema provoca la corrosión galvánica por par metálico.

Como se observa la corrosión está presente en toda la estructura del Fargo.

Esta es electroquímica atmosférica no uniforme aunque se da el caso de la corrosión uniforme en el aluminio y puede ocurrir la microbiológica por microorganismos que se desarrollan en la madera que está en contacto con el metal. Otros factores que influyen en este fenómeno son el viento que tiene gran importancia por ser el responsable del aumento de la concentración de los contaminantes cloruros y sulfatos en la atmósfera, al transportarlos desde el océano hacia el interior de la isla. Tal es así, que los mayores deterioros de estructuras metálicas se alcanzan en la costa norte por donde hay mayor penetración de los vientos. La humedad relativa a partir del 70% aporta la capa electrolítica necesaria para el proceso corrosivo. En la zona del museo cercana a la costa es menor que en el interior del país, sin embargo es aquí donde se alcanzan los mayores niveles de corrosión porque la humedad relativa tiene una incidencia menor que la concentración de contaminantes. Las horas de humectación, por su parte, tienen influencia porque mientras más tiempo permanezca la capa húmeda sobre la superficie metálica mayores posibilidades en el tiempo de ocurrencia del proceso corrosivo habrá. El polvo inocular los contaminantes conjuntamente con la humedad en la superficie metálica creando condiciones para la formación de celdas de aireación diferencial. Por estas razones el uso de toldos es importante para disminuir la incidencia de estos factores. La temperatura no es de importancia para este caso en particular porque las variaciones no son significativas porque al estar bajo techo ventilado es muy difícil que ocurran los procesos de humedecimiento y secado que podrían facilitar la ocurrencia del proceso corrosivo.

Existen otros factores de riesgos importantes para este proceso corrosivo como son:

Ambientales:

Existencia de nidos de termitas que pueden generar corrosión microbiológica por su metabolismo que puede generar sustancias ácidas. Además este insecto es un agente biológico altamente peligroso que ataca la madera del Fargo.

Las excretas de aves que habitan en el Memorial al caer sobre la superficie

metálica pueden generar corrosión ácida.

El efecto túnel ocasionado por los vientos reinantes arrastra el salitre de la costa hacia las instalaciones del museo.

Los fuertes vientos transportan mayor cantidad de aerosol marino y pueden arrastrar los contaminantes de la superficie metálica y disminuir la corrosión.

Las inundaciones por intensas lluvias no tienen influencia producto a las condiciones topográficas del terreno donde se encuentra el museo. La posición geográfica de la edificación es muy favorable (Fig. 3.3), ya que se excluyen las posibilidades de que la planta baja de la misma sea inundada por las penetraciones del mar, ni por las intensas lluvias, pues las aguas pluviales drenan rápidamente por las calles aledañas hacia cotas más bajas. Solo en casos extremos de intensidad de lluvias o penetraciones del mar, pudieran ser alcanzadas las instalaciones del Museo.

El territorio, donde se ubica el Museo de la Revolución posee características que lo hacen vulnerable a los efectos de un sismo de mediana intensidad, como son urbanización y la densidad poblacional elevados, estado técnico constructivo de las edificaciones y condiciones ingeniero-geológicas complejas y desfavorables que pueden conducir a la amplificación de los efectos sísmicos y a la ocurrencia de fenómenos físico-geológicos peligrosos, ejemplo: temblores de tierra, ocasionados por las vibraciones producto del paso de los automóviles y el cañonazo de las 9 pueden incidir en la acumulación de tensiones en secciones de la estructura del vehículo y provocar corrosión fatiga.



Fig. 3.3 Mapa topográfico que muestra el lugar de ubicación del edificio del Museo. Obsérvese en el extremo superior derecho de la imagen la loma del Ángel, separada del edificio, solo por la avenida de las Misiones.

Sociales:

Personas obsesionadas por la colección de objetos museables que pueden sustraer piezas y accesorios de este vehículo, afectando su valor patrimonial.

Visitantes imprudentes que pasan sus manos sobre las piezas exhibidas, dejando restos de sustancias ácidas por el sudor y humedad corporal que pueden ocasionar corrosión ácida.

Para combatir los efectos de la corrosión en general se proponen una serie de medidas:

La limpieza diaria de todas las superficies tanto en el exterior como interior del vehículo con paño seco, disminuye la concentración de contaminantes y polvo sobre la superficie metálica y de esta forma se evitan los procesos corrosivos sobre la superficie.

Lavar periódicamente con agua limpia la superficie metálica para eliminar contaminantes y polvo haciendo el mismo efecto de lavado que la lluvia, y disminuyendo el proceso corrosivo.

Acoplar toldos a la estructura bajo la cual se encuentran expuestos, para evitar el humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia y la

deposición de contaminantes depositados por el viento en las horas en que se encuentra cerrada la instalación. De esta forma se contribuye a disminuir la humedad y los contaminantes sobre la superficie con lo que se incide en la anulación y tiempo de permanencia de la capa electrolítica y los agentes agresivos sobre el metal de la estructura, y se descarta el proceso corrosivo.

Dar solución a los problemas de diseño anticorrosivo que aceleran los procesos corrosivos, siempre y cuando no implique cambio en su estructura para que no pierda el valor patrimonial. Esto es importante porque el diseño de este tipo de vehículo favorece la creación de condiciones para la ocurrencia del proceso corrosivo pero no debe ser cambiado hasta el punto de no coincidir con la estructura que presentaba cuando ocurrieron los hechos del 13 de marzo de 1957 por lo que las soluciones de estos problemas deben ser mayormente pasivas.

Realizar anualmente la conservación parcial para evitar el deterioro del sistema protector de pintura anticorrosiva y otros sistemas protectores y cada 5 años una conservación general en donde se restituirá nuevamente el recubrimiento de pintura. Esto en la actualidad no se logra y es causa del deterioro prematuro del sistema protector.

### **3.4 Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC).**

La aplicación del Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación conlleva una serie de pasos. En primer lugar hay que resolver problemas de diseño anticorrosivo antes de pintar como el emparejar soldaduras, limpiar la superficie con Disolución de Fosfato DISTIN504 para obtener un grado de limpieza superficial similar al Sa 2 ½, biselar y redondear bordes, abrir orificios de drenajes en los componentes huecos y en las áreas de acumulación y depósito, siempre y cuando lo permita la estructura sin afectar el valor patrimonial del vehículo. Luego se aplica el sistema de pintura establecido en la Norma UNE EN ISO 12944: 5: 2007 con el número S5.01, cuyo tipo de ligante es Clorocaucho (CR). El número de capas de imprimación es 2 y la de acabados es 2. El espesor total para la capa de imprimación es de 80µm, mientras que la de acabado presenta un espesor total de 120µm. Por tanto, el espesor total para el sistema de pintura es de 200µm. Según la norma la

durabilidad de la pintura es baja, de 2-5 años. La pintura recomendada para este vehículo según el grado de corrosividad del ambiente HEMPATEX PRIMER 16320 para la capa de imprimación y para la de acabado HEMPEL'S MIO ESMALTE CR 667E0.

Las pinturas antes señaladas pertenecen a la firma HEMPEL y pueden emplearse para el pintado del vehículo teniendo en cuenta que para el acabado se debe solicitar el color que coincida con el original que tuvo el automóvil en los hechos del 13 de marzo de 1957 (color rojo).

Una vez pintado se resuelven el resto de los problemas de diseño anticorrosivo como son, para componentes huecos y lugares de difícil acceso se atomiza Grasa Líquida DISTIN 314 L, se sellan resquicios, orificios y hendiduras aplicando capas de Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 en las zonas visibles como los cintillos y otras y Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404 en aquellos lugares que quedan ocultos a la vista de los visitantes. Las superficies inclinadas se crean con este último producto en aquellas zonas de acumulación y depósito donde no afecte la estética y el valor patrimonial del vehículo. Se atomiza Mástique Asfáltico Líquido DISTIN 404 L en la parte inferior del vehículo y en los guardafangos, porque aunque este no está en explotación hay que proteger estas superficies y este producto por su resistencia, impermeabilidad y por la capa dura que crea es el más apropiado para este fin. Anualmente el vehículo debe ser sometido a revisión y restauración de partes dañadas en caso de existir y a los 5 años se debe reponer completamente el sistema incluyendo la pintura. De esta forma se puede garantizar la protección efectiva del vehículo evitando la chapistería por un tiempo aproximado de 20 años, lo que es significativo para salvaguardar este bien patrimonial.

### **3.5 Análisis económico.**

Siguiendo la metodología para el análisis económico expuesta en el capítulo 2 se confeccionó la ficha de costo para el SIPAYC propuesto. Del análisis de la misma se puede constatar que el gasto de mayor incidencia es el de fuerza de trabajo que representa el 45 % del total, seguido por el de materias primas y materiales con 31% (Fig. 3.4 y 3.5). Las materias primas presentan un por



ciento en divisa porque algunos componentes de estas se adquieren en el mercado en esta moneda. No obstante, aun así representan ventajas con respecto a otros productos similares de importación que hoy circulan en el mercado internacional.

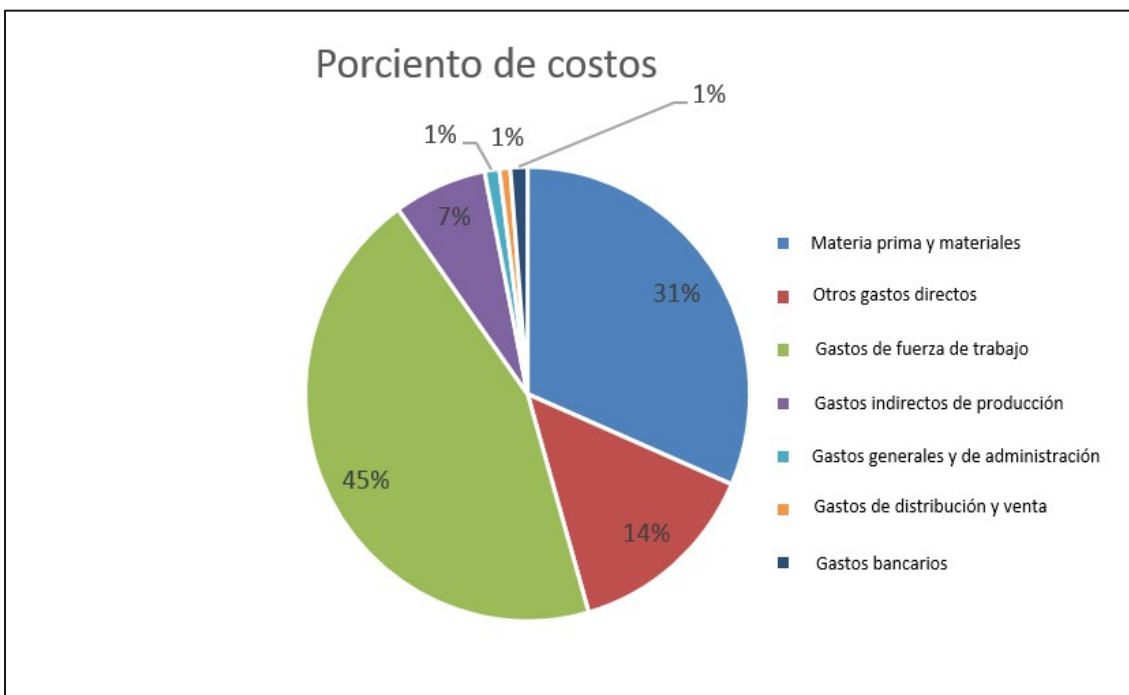


Fig. 3.4 Gráfico de porcentaje de costos del SIPAYC propuesto.

El costo total tiene un valor de 177,2 CUP y de ello 33,5 CUC. De acuerdo con este el precio del SIPAYC regido por la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios que establece la ficha de costo país de obligatorio cumplimiento es de 197 CUP de ello 37 CUC garantizando la conservación durante 5 años.

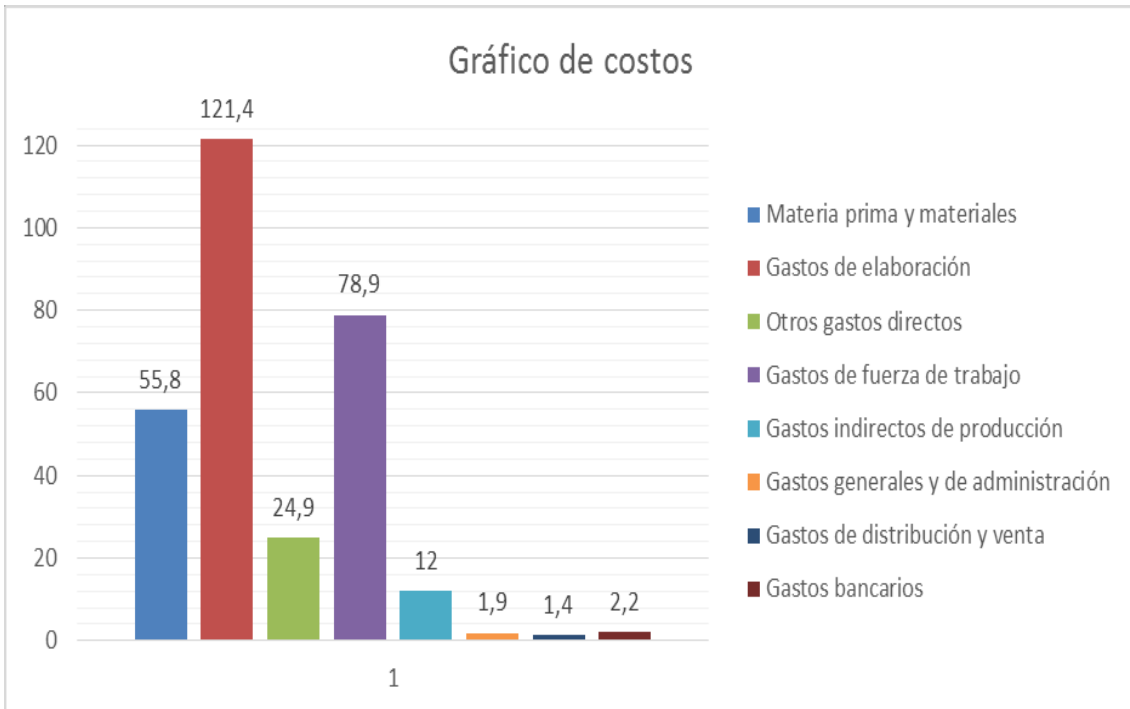


Fig. 3.5 Gráfico de los costos del SIPAYC propuesto.

En dos ocasiones se realizó mantenimiento y chapistería al vehículo, una el 19 de agosto al 9 de septiembre del 2009 y otra del 21 al 23 de noviembre del 2013, en esta última ocasión ascendió a un monto de 11174,06 CUP. Atendiendo a esto, se puede afirmar que el SIPAYC propuesto representa amplias ventajas desde el punto de vista económico ya que se logra mantener el buen estado del componente estructural con un ahorro significativo de 10977,06 CUP. Hay que señalar que la frecuencia para la conservación es de un año pero no se logra en estos momentos, por lo que se incurre en pérdidas materiales directas en el equipo.

Si se aplica el SIPAYC propuesto el carro permanecerá conservado durante 5 años con una profilaxis anual, garantizando así que el material no tenga que ser intervenido por chapistería por aproximadamente 20 años. El precio de este sistema representa el 1,76 % del costo total de mantenimiento y chapistería, por lo que con una pequeña parte del dinero empleado en la reparación y mantenimiento del Fargo que no garantiza su protección, se puede aplicar el SIPAYC propuesto con una protección garantizada por 5 años.

### **3.6 Evaluación del impacto social.**

La evaluación del impacto en la sociedad del museo de la Revolución está sustentado en el Lineamiento 163 aprobado en los Lineamientos Económicos y Sociales del partido por el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. Establece que es necesario “continuar fomentando la defensa de la identidad, la conservación del patrimonio cultural, la creación artística y literaria y la capacidad para apreciar el arte. Promover la lectura, enriquecer la vida cultural de la población y potenciar el trabajo comunitario como vías para satisfacer las necesidades espirituales y fortalecer los valores sociales”.

En la actualidad el carro de reparto Fargo se encuentra afectado por la corrosión que provoca su deterioro constante bajo condiciones atmosféricas muy agresivas características de nuestro clima. No obstante esta pieza de museo con valor histórico patrimonial es visitada por el público que asiste a la instalación, interesado en nuestra historia. Alrededor de 600-1000 personas asisten diariamente a este museo. Aproximadamente el 20% del turismo extranjero que visita la capital de nuestro país, acude a las salas del Museo de la Revolución donde se expone el Fargo. Teniendo en cuenta esto y considerando que el contacto con la historia permite elevar los valores de identidad nacional, patriotismo, responsabilidad con la historia cubana, solidaridad por los visitantes extranjeros entre otros; es importante preservar este vehículo mediante un Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC) con productos nacionales elaborados específicamente para este fin. Sobre todo, porque este sistema permite conservar sin tener que chapistear por más de 20 años para el caso de este vehículo y esto garantiza cumplir el objetivo de conservar y no tener que restaurar, pues esto último le resta valor a la pieza.

## **Conclusiones Parciales**

- La agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona del Museo de la Revolución es muy alta marina (C5-M), que pudiera ser extrema por la cercanía de la costa, pero disminuye por el apantallamiento de árboles y edificaciones.
- Existen varios factores de riesgo en la zona del museo que pueden incentivar el deterioro de las estructuras, piezas y equipos que en él se exponen y por tanto tienen influencia en el Fargo.
- Dentro de los costos, el de mayor influencia es el de fuerza de trabajo, que representa el 45% del total y define en gran parte el precio del producto.
- Las actividades que se desarrollan en el Museo de la Revolución, en las que se utiliza el Fargo, incentivan la formación de valores como identidad, patriotismo y espíritu revolucionario en los visitantes.

## Conclusiones

- Con el estudio del deterioro por corrosión del vehículo de transporte Fargo en el Museo de la Revolución, se pudo proponer un adecuado Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación (SIPAYC) para disminuirlo, validando la hipótesis planteada.
- El panel Fargo está constituido fundamentalmente por acero al carbono estructural, material con propiedades propicias para este uso pero que necesita un adecuado recubrimiento con pintura de acuerdo a las condiciones del medio a las que está expuesto dicho vehículo.
- Dentro de los problemas de diseño más frecuentes se encuentra la mala preparación superficial y los intersticios que se presentan en varias zonas del componente estructural del Fargo
- La corrosión atmosférica húmeda y/o mojada, localizada por resquicios y electroquímica galvánica por celda de aireación diferencial, así como el par metálico se presentan en este vehículo y son causa de su deterioro.
- La utilización de los productos DISTIN de producción nacional permiten lograr una conservación duradera y más económica que con los productos ofertados actualmente en el mercado. La conservación del Fargo asciende a 195 CUP y 37 CUC.
- El Fargo es una pieza de museo que transmite hechos y pasajes de la historia revolucionaria de nuestro país creando valores en las generaciones que lo visitan, por lo que su conservación es una labor que tiene impacto social.

## **Recomendaciones**

Ejecutar las medidas preventivas propuestas y aplicar correctamente el SIPAIC (Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación) en el panel Fargo expuesto en una de las áreas del Museo de la Revolución.

## **Bibliografía**

Biezna, M., San Cristobal, J. 2005. Methodology to study cost of corrosion. Corrosion Engineering, Science and Technology 40(4): 344-352.

Castañeda, A. 2014. Influencia de la agresividad corrosiva en el deterioro de cuatro estructuras en la ciudad de La Habana. [www.unaicc.cu/biblioteca/revistas/obras/06/.../Cienciatecnica1.htm](http://www.unaicc.cu/biblioteca/revistas/obras/06/.../Cienciatecnica1.htm)

Crespo. M, García. N, Mateo. P, 2009. Sesenta años de investigación metalúrgica en el CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.

Domínguez, J. 1987. Introducción a la corrosión y protección de metales. La Habana: Editorial EMPES, p. 25-29, p. 426-431, p. 325-368.

Echeverría, C.A. et al. 2002. Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba: Influencia del aerosol marino. Matanzas: Universidad de Matanzas. 32 p. Disponible en: <http://monografias.umcc.cu>. ISBN: 9590–16–0188–3.

Echeverría, C.A. et al. 2004. Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0250 – 2.

Echeverría, C.A. et al. 2010. Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.

Echeverría, C.A. et al. 2012. Etapas para la solución o mitigación de los problemas de diseño anticorrosivo en los proyectos con sistemas de pinturas protectoras. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978 - 959 - 16 - 2070 - 5.

Echeverría, M. et al. 2008. Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba. Revista Retos Turísticos 7(1).

Espinosa. A, 2013. Trabajo de diploma en opción al título de licenciado en estudios socioculturales: Impacto sociocultural del procedimiento para la conservación de la colección de armas atesorada por el Museo Provincial “Palacio de Junco” de Matanzas.

Feliú, S. et al. 1971. Principios de corrosión y protección de metales: Corrosión y protección.

García H., Pérez A., Alés D., “Procedimiento de intervención del servicio DUCAR en entidades del sector transportista cubano” .CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN: 978 - 959 - 16 - 2070 – 5. 2012.

González, A., 2011. Contribución a la disminución del deterioro por corrosión de una Central Eléctrica Diesel MTU Serie 4000. Tesis en Opción al Título de Máster en Ciencias de Ingeniería Química. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.

González, J.A. 1989. Control de la corrosión. Estudio y medida por técnicas electroquímicas. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. (CNIM).

Hing R, 2010. Estudio del comportamiento corrosivo de algunos materiales metálicos en agua de mar. Universidad de Oriente.

ISO 12944 – 1: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.

ISO 12944 – 2: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Classification of environments.

ISO 12944 – 3: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Design considerations.

ISO 12944 – 5: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Protective paint systems.

ISO 12 944-8. 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 8: Desarrollo de especificaciones para trabajos nuevos y mantenimiento.

ISO 4628-3. 2007. "Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 3: Evaluación del grado de oxidación."



López. I, 2007. Trabajo de diploma en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas: Corrosión atmosférica y conservación en obras soterradas en Matanzas.

Méndez O., Echeverría C., López I., “Sistema de protección anticorrosiva para los carros militares en los climas tropicales húmedos”. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN: 978 - 959 - 16 - 0948 – 9. 2008.

Valdez. B, Schorr. M, 2013. Corrosión y preservación de la infraestructura industrial. [books.google.com.cu/books?isbn=8494023470](https://books.google.com.cu/books?isbn=8494023470).

## Anexos

### Anexo 1



Fig.1 Resquicio en la unión metal-Junta de Goma (polímero), puede presentar corrosión intersticial.



Fig. 2 Área cerrada y resquicio, puede presentar corrosión atmosférica mojada y/o húmeda e intersticial.



Fig. 3 Soldadura discontinua y resquicio, puede presentar corrosión por resquicio.



Fig. 4 Se crea un resquicio.

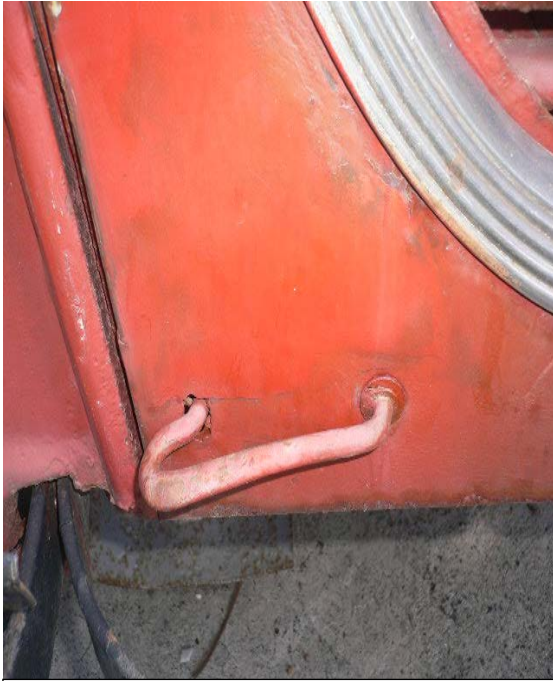


Fig. 5 Resquicios en las uniones metal-metal, metal-goma y par metálico aluminio-acero estructural. Puede presentarse la corrosión atmosférica por resquicio y galvánica por par metálico.



Fig. 6 Resquicios en las uniones metal-metal. Puede presentarse la corrosión atmosférica por resquicio y galvánica por par metálico. Se observan celdas de aireación diferencial por mala preparación superficial.



Fig. 7 Resquicio, celda de aireación diferencial y corrosión interfacial.

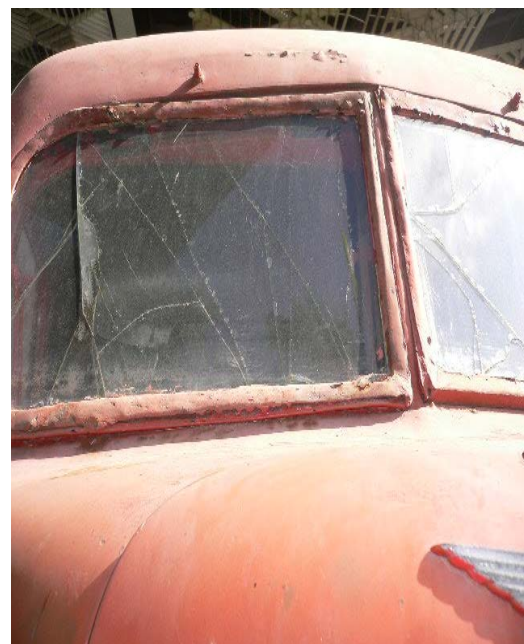


Fig. 8 Resquicio, celda de aireación diferencial y corrosión.



Fig. 9 Soldadura irregular, presenta corrosión localizada por celdas de aireación diferencial.



Fig. 10 Resquicio y corrosión por picadura.



Fig. 11 Resquicio, soldadura irregular y mala preparación superficial. Puede presentar corrosión atmosférica intersticial, por celda de aireación diferencial e interfacial.



Fig. 12 Soldadura irregular, intersticios y celdas de aireación diferencial.



Fig. 13 Mala preparación superficial, corrosión interfacial.



Fig. 14 Zonas de acumulación y depósitos, mala preparación superficial, resquicios. Presenta corrosión atmosférica húmeda y/o mojada, interfacial, por celdas de aireación diferencial.



Fig. 15 Zonas de acumulación y depósitos, mala preparación superficial, resquicios. Presenta corrosión atmosférica húmeda y/o mojada, interfacial, por celdas de aireación diferencial.

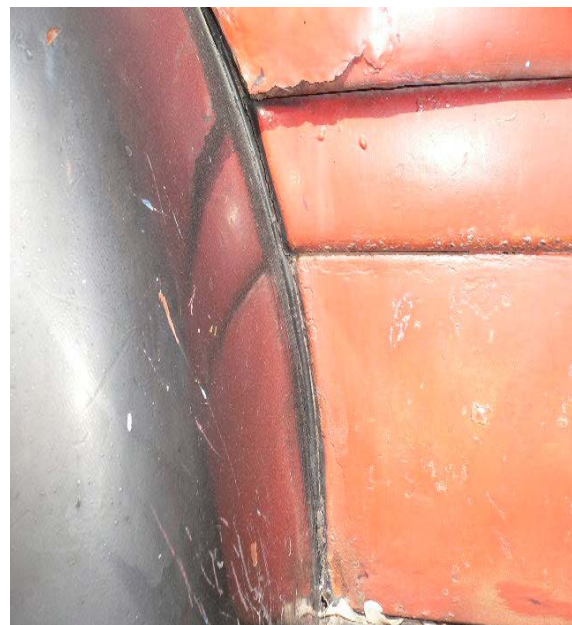


Fig. 16 Mala preparación superficial, resquicios. Presenta corrosión atmosférica húmeda, interfacial e intersticial.



Fig. 17 Mala preparación superficial. Corrosión por celdas de aireación diferencial e interfacial.



Fig. 18 Soldadura irregular. Presenta corrosión galvánica por celdas de aireación diferencial.



Fig. 19 Conexión con perno, resquicios y falta de preparación superficial. Se presenta corrosión en resquicios y localizada por celdas de aireación diferencial.



Fig. 20 Resquicios en uniones metal-metal. Corrosión galvánica por celdas de aireación diferencial.



Fig. 21 Refuerzos que crean resquicios en las uniones metal-madera. Corrosión intersticial.



Fig. 22 Área cerrada, refuerzos, resquicios y orificios. Corrosión atmosférica intersticial y en el área cerrada puede aparecer corrosión por celdas de aireación diferencial.

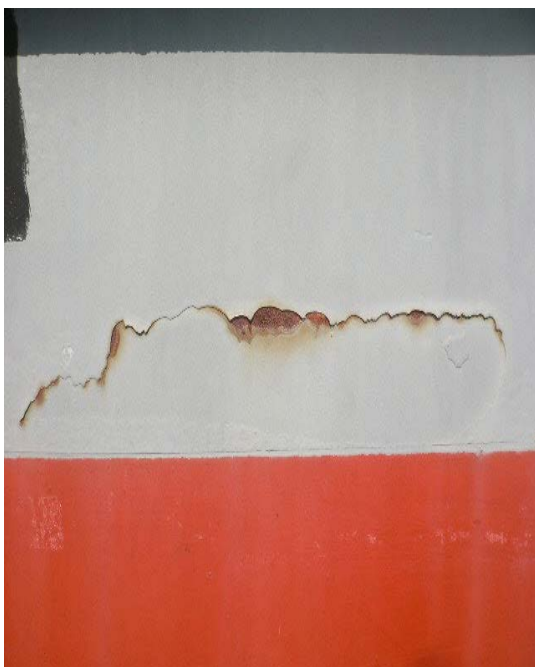


Fig. 23 Mala preparación superficial. Corrosión interfacial.



Fig. 24 Área Cerrada. Corrosión atmosférica húmeda por celdas de aireación diferencial.



Fig. 25 Refuerzo metálico que crea resquicios. Corrosión en resquicios.



Fig. 26 Resquicios en la unión metal-goma. Corrosión intersticial.



Fig. 27 Resquicios en uniones metal-metal y metal-madera. Corrosión por celda de aireación diferencial.



Fig. 28 Preparación superficial inadecuada. Corrosión localizada y por celdas de aireación diferencial.



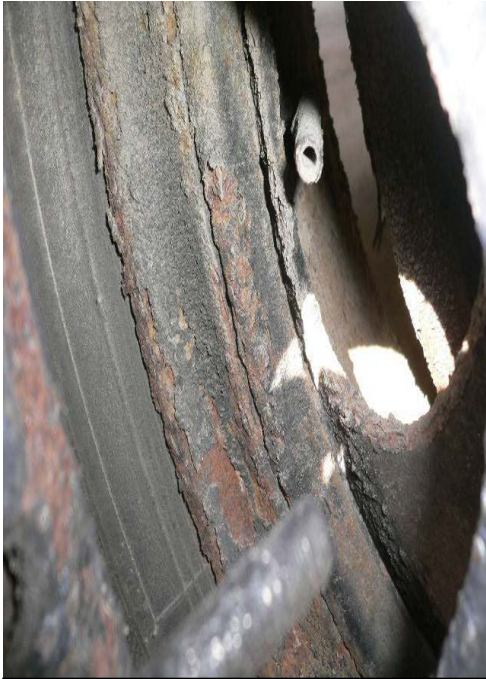


Fig. 29 Resquicios en la unión metal-goma. Corrosión intersticial.



Fig. 30 Resquicios en la unión metal-goma. Corrosión intersticial y celdas de aireación diferencial.



Fig. 31 Mala preparación superficial. Corrosión interfacial



Fig. 32 Intersticios, mala preparación superficial y acumulación y depósitos. Corrosión intersticial e interfacial.



Fig. 33 Acumulación y depósito. Puede aparecer corrosión por celda de aireación diferencial y atmosférica húmeda y/o mojada.

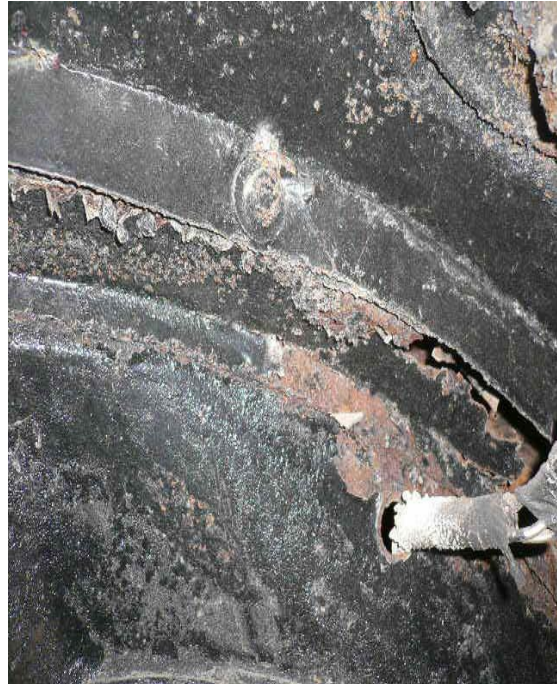


Fig. 34 Conexiones con pernos e intersticios. Corrosión localizada por celdas de aireación diferencial y picadura.



Fig. 35 Problemas de accesibilidad. Presenta corrosión por celdas de aireación diferencial.



Fig. 36 Accesibilidad, pernos y resquicios. Puede presentar corrosión localizada.



Fig. 37 Resquicios y  
accesibilidad. Corrosión  
localizada.



Fig. 38 Resquicios y zona  
inaccesible. Corrosión localizada  
por celdas de concentración y en  
resquicios.



Fig. 39 Mala preparación  
superficial. Corrosión por celdas de  
aireación diferencial.

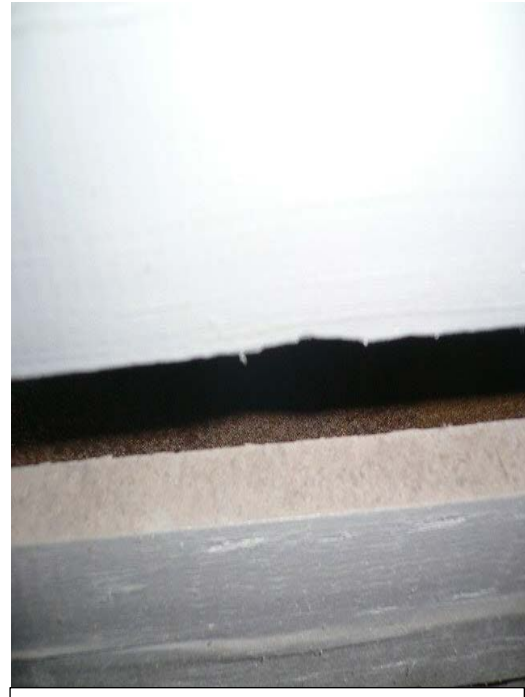


Fig. 40 Ausencia de  
recubrimiento anticorrosivo por  
accesibilidad. Corrosión  
generalizada.



Fig. 41 Imperfecciones de soldadura y resquicio. Corrosión por celdas de aireación diferencial e intersticial.



Fig. 42 Mala preparación superficial y resquicio. Corrosión por picadura, intersticial, atmosférica localizada e interfacial.



Fig. 43 Soldadura discontinua y mala preparación superficial. Corrosión picadura, resquicio y atmosférica localizada.



Fig. 44 Soldadura irregular, bordes, resquicios y preparación superficial inadecuada. Corrosión por celda de aireación diferencial, intersticial y atmosférica localizada.

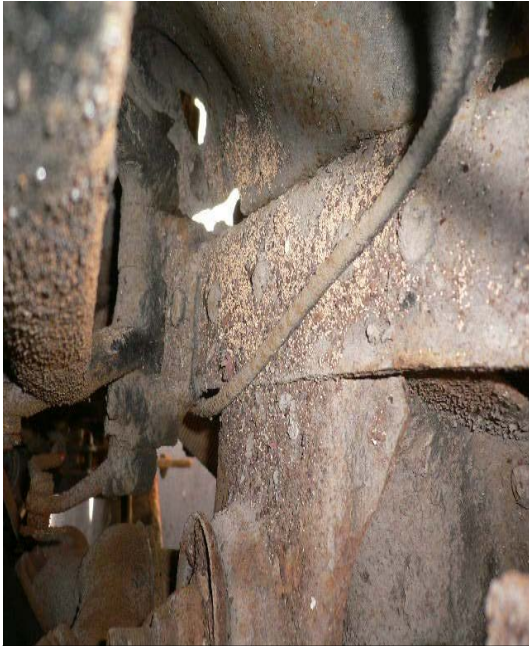


Fig. 45 Ausencia de recubrimiento protector, mala preparación superficial y resquicio. Corrosión atmosférica localizada por celda de aireación diferencial.



Fig. 46 Bordas, resquicios y ausencia de recubrimiento protector. Corrosión por picadura y localizada por celda de aireación diferencial.



Fig. 47 Solape, intersticio, conexiones con pernos y bordas. Corrosión por resquicios, interfacial, atmosférica localizada y por celdas de aireación superficial.



Fig. 48 Zona de acumulación y depósito, accesibilidad, conexiones con pernos. Corrosión localizada por celda de aireación diferencial.

## Anexo 2



**Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.**  
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½  
Autopista a Varadero. Matanzas.

# FICHA TECNICA

## Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida. DISTIN 603 L

Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro de los recubrimientos de pintura. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas.

### :: Método de aplicación ::

- >> **Proyección** : Pudiera aplicarse pero no se recomienda, ya que se pierde mucho producto.
- >> **Frotado**: Es el método más recomendado, para producir una fina capa sobre la superficie de pintura.
- >> **Rendimiento** : Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 8 a 10 m<sup>2</sup>/Litro.

### :: Protección anticorrosiva ::

El recubrimiento proporciona una protección adicional y temporal de las superficies metálicas pintadas e incrementa su durabilidad en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar por salpicaduras. Como recubrimiento temporal debe ser aplicado con la frecuencia que requiera el tipo de técnica. En automóviles cuando se observe que el agua moja la pintura debe ser aplicada.

### :: Condiciones de conservación ::

- >> **Intemperie** : Resiste la acción de la radiación solar, no se chorrea hasta uno 100 ° C, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y del espesor de la capa.

### :: Aplicaciones derivadas de sus propiedades ::

Por sus características está especialmente formulada para la protección adicional de recubrimientos de pinturas, ya que las impermeabiliza contra la acción del agua, el oxígeno y los contaminantes que la penetran, le proporciona protección adicional contra la radiación ultravioleta y brillo.

### :: Transportación y almacenamiento ::

El producto se suministra en frascos de 1 litro de capacidad.

### :: Aclaración al usuario ::

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: [carlos.echeverria@umcc.cu](mailto:carlos.echeverria@umcc.cu)

## Anexo 3



### Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½  
Autopista a Varadero. Matanzas.

#### FICHA TÉCNICA DISTIN 504

#### Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida

Disolución de fosfatado decapante para la preparación **rápida** de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Forma una capa protectora con sales insolubles, requiere del enjuague y secado posterior si va a aplicar algún recubrimiento antes de las 72 horas. El recubrimiento penetra en la capa de fosfato logrando un excelente anclaje.

#### Modo de Aplicación:

•**Proyección:** Pudiera aplicarse en áreas de difícil acceso, pero no resulta el método más adecuado por su carácter ácido, que requiere de protección.

•**Inmersión:** Se introduce la pieza desde 5 a 15 minutos en dependencia del grado de oxidación de la superficie a tratar, lográndose un alto rendimiento del baño, no requiere enjuague ni neutralización posterior si se espera al menos 72 horas para completamiento de la reacción.

•**Frotado:** Se emplea este método cuando no pueden ser empleado el método de inmersión, sobre todo en estructuras montadas, en el tratamiento de superficies oxidadas. Se recomienda para el aluminio y el zinc frotados ligeros.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo, los óxidos desprendibles y descontaminar con agua.

**Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m<sup>2</sup> /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m<sup>2</sup>/litro.

**Protección Anticorrosiva:** Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

#### Condiciones de Conservación:

•**Intemperie:** De no encontrarse contaminada la superficie con aerosol marino, puede proteger la estructura por un período de hasta una semana.

•**Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por varias semanas.

•**Almacén cerrado:** Puede mantener las piezas protegidas hasta un mes o mas, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.

•**Interior de tanques:** Puede utilizarse para preparar la superficie no pintada y protege la superficie durante meses si se logra un buen secado y sellaje. Procedimiento indicado especialmente para instalación de tanques de combustible.

**Almacenamiento:** El producto debe ser almacenado en tanques plásticos de diferentes capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

**Medidas de protección:** Por constituir una solución ácida deben tomarse todas las medidas que evite contactos con ojos, cortaduras. El producto no daña la piel y no contamina el ambiente del área de trabajo.

**Comuníquese:** Teléfono: 261013 Ext. 326. Fax: 253101

E.Mail: [merca.ceat@umcc.cu](mailto:merca.ceat@umcc.cu), o [comercial.ceat@umcc.cu](mailto:comercial.ceat@umcc.cu).

## Anexo 4



### Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½  
Autopista a Varadero. Matanzas.

#### FICHA TÉCNICA DISTIN 404 L

#### Mástique Asfáltico Líquido

Mástique asfáltico de consistencia líquida para la protección anticorrosiva y conservación de superficies metálicas. Ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigavilla para la protección de la parte inferior y exterior del piso de los automóviles, contenedores, equipos ferroviarios y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana.

#### Modo de Aplicación:

• **Proyección:** Es la forma principal de aplicación, donde el espesor de la capa deseada se logra por aplicaciones sucesivas, una vez logrado el secado por capas.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo y los óxidos desprendibles.

El producto penetra al óxido no desprendible y protege y además puede ser aplicado sobre superficies previamente tratadas con la grasa líquida DISTIN 314 L, con la que se integra como un recubrimiento por poseer un constituyente común a ambos.

**Rendimiento:** Como es un producto líquido el rendimiento por capa se corresponde con el generalmente establecido de 10 m<sup>2</sup>/litro.

**Protección Anticorrosiva:** Garantiza la protección anticorrosiva durante años, por ser un producto flexible, asimila las vibraciones, no parte. Tiene alta resistencia a la humedad de la atmósfera en las condiciones climáticas de Cuba.

#### Condiciones de Conservación:

- **Intemperie:** Por ser un producto elaborado con goma se ve afectado por la radiación ultravioleta, aunque se tienen resultados de protección por más de un año en superficies de pisos de automóviles sin afectaciones.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección por muchos años, cuando no está sometido a proyecciones de partículas, agua, etc.

**Almacenamiento:** El producto se almacena en recipientes plásticos de 5 y 20 litros. Antes de ser usado debe agitarse para que las partículas de goma que contiene se mantengan en suspensión antes de utilizarse.

**Medidas de protección:** Por ser un producto semisólido elaborado con asfalto oxidado y goma entre otras materias primas, estos productos le confieren combustibilidad, por tal motivo cuando se trabaje con oxicorte o sopletes, debe ser retirado con antelación.

Durante su aplicación por proyección se tienen que utilizar medios de protección para la vista y las vías respiratorias.

**Comuníquese:** Teléfono: 261013 Ext. 326. Fax: 253101  
E.Mail: [merca.ceat@umcc.cu](mailto:merca.ceat@umcc.cu), o [comercial.ceat@umcc.cu](mailto:comercial.ceat@umcc.cu)



## Anexo 5



**Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.**  
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½  
Autopista a Varadero. Matanzas.

### FICHA TÉCNICA DISTIN 404

#### Mástique Asfáltico Semisólido con goma

Mástique asfáltico de consistencia semisólida con goma, de alta flexibilidad, resistencia a la corrosión y adherencia, especialmente preparado para las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de la aplicación específica que se requiera, tanto para sellar cavidades, formar recubrimientos, etc. Especialmente preparado para sellar orificios.

#### Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Pudiera aplicarse cuando se prepara de forma líquida, en este caso se recomienda el producto DISTIN 403 L.
- **Esparcimiento:** Se recomienda el esparcimiento con espátula del producto en frío o en caliente donde mejora la aplicación.

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo y los óxidos desprendibles. Puede ser aplicado directamente sobre superficies fosfatadas y secas con DISTIN 504.

**Rendimiento:** Como es un producto semisólido que puede aplicarse con diferentes espesores de recubrimiento, ello determina el rendimiento del productos.

**Protección Anticorrosiva:** Garantiza la protección anticorrosiva durante años, por ser un producto flexible, asimila las vibraciones, no parte. Tiene alta resistencia a la humedad de la atmósfera en las condiciones climáticas de Cuba, es resistente al biodeterioro.

#### Condiciones de Protección:

- **Intemperie:** Por ser un producto elaborado con goma se ve afectado por la radiación ultravioleta, aunque se tienen resultados de protección sin afectaciones sobre acero por períodos de hasta 5 años.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección por un mayor período.

**Almacenamiento:** El producto debe ser almacenado en cajas de cartón, para facilitar su aplicación. No cambia sus propiedades con el tiempo.

**Medidas de protección:** Por ser un producto semisólido elaborado con asfalto oxidado y goma entre otras materias primas, estos productos le confieren combustibilidad, por tal motivo cuando se trabaje con oxicorte o sopletes, debe ser retirado con espátula y colocado nuevamente en caliente.

**Comuníquese:** Teléfono: 261013 Ext. 326. Fax: 253101  
E.Mail: [merca.ceat@umcc.cu](mailto:merca.ceat@umcc.cu), o [comercial.ceat@umcc.cu](mailto:comercial.ceat@umcc.cu)

## Anexo 6



### Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½  
Autopista a Varadero. Matanzas.

#### FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L

Grasa Líquida Tipo Solvente.

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y a los recubrimientos de pintura. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. El recubrimiento que se forma por evaporación del solvente, es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

#### Método de Protección:

>> **Proyección:** Es el método de aplicación que se recomienda.

>> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa líquida, pero no es el más recomendado.

>> **Brocha o frotado:** Se emplea este método cuando no existen condiciones para los anteriores.

>> **Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para líquidos de 8 a 10 m<sup>2</sup> /Litro.

#### Protección Anticorrosiva:

El recubrimiento formado toma el espesor por proyección por capas, proporciona una protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina el agua por este efecto. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas del componente estructural del transporte por más de 10 años sin afectaciones por corrosión.

#### Condiciones de Conservación:

>> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y del espesor de la capa.

>> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 3 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.

>> **Almacén cerrado:** Garantiza más de 5 años con las mismas características que bajo techo.

#### Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para el procedimiento de conservación estructural en componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles de estructuras metálicas del transporte, edificaciones, puentes, instalaciones industriales, ya que al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua.

#### Transportación y Almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o plásticos de 20, 5 y 1 litro y otras capacidades en función de los requerimientos del cliente. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto exceptuando la evaporación del solvente por deficiente hermeticidad.

#### Aclaración al cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: [carlos.echeverria@umcc.cu](mailto:carlos.echeverria@umcc.cu)

## Anexo 7



### Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Km 3 ½  
Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TÉCNICA DISTIN 314

Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

Es una grasa especialmente preparada para la protección y lubricación de cables, bornes y válvulas. Proporciona una gran impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos.

Es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico.

#### Método de Aplicación:

- >> **Proyección:** Pudiera aplicarse de prepararse líquida, se oferta una grasa líquida con estas características.
- >> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa fundida que posee una alta estabilidad coloidal, lo que permite fundirla en repetidas ocasiones, sin separar el aceite.
- >> **Brocha o frotado:** Se emplea este método principalmente para la protección y lubricación de cables de acero, aunque puede ser aplicada a otros componentes o piezas que lo requieran.
- >> **Rendimiento:** Para la aplicación de la grasa en forma líquida cuando está fundida, el rendimiento es de 8 a 10 m<sup>2</sup>/Kg a unos 100 ° C. En la preparación de superficies por frotado o brocha depende del espesor.

#### Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina las aguas por este efecto.

#### Condiciones de Conservación:

- >> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorrea a muchas grasas, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio.
- >> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 5 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.
- >> **Almacén cerrado:** Garantiza de 5 a 10 años con las mismas características antes apuntadas.

#### Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua. Está especialmente formulada para la protección y lubricación de cables, vástagos de válvulas, etc., aunque puede ser utilizada además en la conservación de equipos, partes y piezas, con superficies oxidadas, ya que penetra el óxido y protege, no afectando además a las pinturas.

#### Transportación y almacenamiento:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o cubetas plásticas de 17 Kg y otras capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

#### Aclaración al Cliente:

Se agradece nos solicite cualquier información adicional para éstas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: [carlos.echeverria@umcc.cu](mailto:carlos.echeverria@umcc.cu)

## Anexo 8

FICHA PARA DETERMINAR EL PRECIO Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES.			
<b>EMPRESA:</b> Empresa del Transporte Mtzas.	Código: Servicio DUCAR para Panel.		
<b>Organismo:</b> MES Plan de Produc: 150.	Capac. Instalada: _____ autos gran.		
<b>Producto o Servicio:</b> Servicio.	% utiliz. Capacidad:25		
Código Prod o Serv.: Servicio DUCAR. UM: \$/Auto.	Produc. Period. Anterior		
Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
<b>Materias Primas y Materiales</b>	1	55,8	16,1
Materia Prima y materiales fundamentales	1,1	55,8	16,1
Combustible y Lubricantes	1,2	0,0	0,0
Energía Eléctrica	1,3	0,0	0,0
Agua	1,4	0,0	0,0
<b>Sub total (Gastos de elaboración)</b>	2	119,2	17,1
<b>Otros Gastos directos</b>	3	24,9	1,9
Depreciación	3,1	24,6	1,5
Arrendamiento de equipos	3,2	0,0	0,0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3,3	0,3	0,3
<b>Gastos de fuerza de trabajo</b>	4	78,9	0,0
Salarios	4,1	53,1	0,0
Vacaciones	4,2	4,8	0,0
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	4,3	14,5	0,0
Contribución a la seguridad social.	4,4	6,6	0,0
Estimulación en pesos convertibles	4,5	0,0	0,0
<b>Gastos indirectos de producción</b>	5	12,0	12,0
Depreciación	5,1	0,0	0,0
Mantenimiento y Reparación	5,2	12,0	12,0
<b>Gastos Generales y de Administración</b>	6	1,9	1,8
Combustible y Lubricantes	6,1	1,3	1,3
Energía Eléctrica	6,2	0,0	0,0
Depreciación	6,3	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	6,4	0,0	0,0
Alimentos	6,5	0,0	0,0
Otros	6,6	0,6	0,5
<b>Gastos de Distribución y Venta</b>	7	1,4	1,4
Combustible y Lubricantes	7,1	0,3	0,3
Energía Eléctrica	7,2	0,0	0,0
Depreciación	7,3	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7,4	0,0	0,0
Otros	7,5	1,0	1,0
<b>Gastos Bancarios</b>	8	0,0	0,0
<b>Gastos Totales o Costo de producción</b>	9	175,0	33,2
<b>Margen utilidad S/ base autorizada</b>	10	17,5	
<b>Precio según lo establecido por el MFP</b>	11	<b>192</b>	
<b>Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)</b>	12		3,3
<b>Componente total en pesos convertibles</b>	13		<b>36</b>
	Firma:	Cargo:	Fecha:

