

Universidad de Matanzas sede "Camilo Cienfuegos"  
Facultad de Ciencias Técnicas  
Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT).



## Trabajo de diploma

# Tesis en opción al título de Ingeniero Químico

---

**Título:** Propuesta del Sistema de protección anticorrosiva y conservación SIPAYC para los carros General Motors y American la France del Museo de Bomberos de Matanzas.

**Autor:** *Lilian Karina Fantony Risco*

**Tutor:** *DrC. Idaelsys López Arias*

Matanzas, 2017

# DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

---

Yo Lilian Karina Fantony Risco declaro ser el único autor de este Trabajo de Diploma realizado en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, como parte final de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, por tanto autorizo que el mismo sea utilizado en la institución con la finalidad que estima conveniente.

---

Lilian Karina Fantony Risco  
Facultad de Ingenierías.  
Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

# NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Presidente del Tribunal Firma:

\_\_\_\_\_  
Miembro del Tribunal Firma:

\_\_\_\_\_  
Miembro de Tribunal Firma:

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

# PENSAMIENTO

---

*La formación de técnicos se está convirtiendo en una actividad masiva de nuestra sociedad. Es la única forma de afrontar los requerimientos del futuro, y esto demuestra la realidad de que nuestra sociedad será cada vez más una sociedad de técnicos y de hombres de ciencia...*”

**Fidel Castro Ruz**

# DEDICATORIA

---

*A:*

- *Mi madre Caridad por siempre estar ahí para mí, apoyándome sin condición, recordándome que yo sí puedo.*
- *Mi padre Liban por impulsarme a seguir adelante aunque el camino fuera difícil.*
- *Mi hermano por siempre decir sigue adelante.*
- *Mis abuelos por siempre alentar mi superación.*
- *Mis tíos y primos por mostrar su interés en mi trayectoria en la universidad ayudando cuando lo necesitaba.*
- *Madelaine por apoyar en todo momento mis estudios.*
- *La dedicatoria más especial es para mí lucero, mi sol, mi vida, mi pequeña Déstiny Karolina, quienes en este momento mi mayor motivación.*

# AGRADECIMIENTO

---

*Quisiera agradecer a todas aquellas personas que estuvieron conmigo durante mi transcurso en la universidad y en la elaboración de este trabajo.*

*A:*

- Mi tutora Idaelsys López Arias por atenderme con dedicación y paciencia, ofreciéndome confianza y firmeza.*
- Todo el colectivo de profesores del Centro de Estudio Anticorrosivos y Tensoactivos, así como a los profesores del departamento de Química e Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas que de alguna manera u otra han ayudado a mi formación profesional.*
- La directora del Museo de Bomberos de Matanzas Biolexi por su atención y disposición cuando lo necesite.*
- Mis compañeros de aula, en especial aquellos que siempre se preocuparon por lo que necesitaba y en lo que podían ayudar.*

# Resumen

---

Actualmente la conservación y preservación de los bienes patrimoniales expuestos en los museos ha cobrado gran importancia. El Museo de Bomberos de Matanzas atesora entre sus piezas vehículos para diferentes usos como lo son el General Motors y el American la France, los cuales se ven afectados por un alto grado de corrosión. En el presente trabajo se estudia este deterioro y se hace una propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) con vistas a disminuirlo. Además es realizado un diagnóstico del estado actual de los vehículos mediante fotos digitales, donde se tratan aspectos sobre materiales, tipos de corrosión, mecanismos, factores que influyen en la corrosión 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. También se valora el impacto social de la conservación de los vehículos expuestos en esta instalación, por su valor histórico-social.

# Summary

---

At the moment the conservation and preservation of the patrimonial goods exposed in the museums have charged great importance. The Museum of Firemen from Matanzas stores among its pieces vehicles for different uses like they are it the General Motors and American the France, which are affected by a high grade of corrosion. Presently work is studied this deterioration and it is made a proposal of System of Anticorrosive Protection and Conservation (SIPAYC) with a view to diminishing him. A diagnosis of the current state of the vehicles is also carried out by means of digital pictures, where they are aspects on materials, types of corrosion, mechanisms, factors that influence in the corrosion and the expenses of materials are analyzed to carry out the conservation, with the economic valuation of the proposal. The products that intend to carry out the conservation are of national production, for what imports are substituted. The social impact of the conservation of the vehicles is also valued exposed in this installation, for its historical-social value.

# Tabla de contenido

---

Introducción.....	1
<b>Capítulo I: Análisis bibliográfico.....</b>	<b>5</b>
1.1. Definición de patrimonio.....	5
1.1.1. Patrimonio cultural.....	6
1.2. Corrosión.....	7
1.2.1. Proceso de corrosión.....	8
1.2.2. Principales problemas de diseño anticorrosivo.....	9
1.2.3. Tipos de corrosión. Mecanismos.....	11
1.2.4. Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.....	18
1.2.5. Clasificación de las atmósferas.....	21
1.3. Influencia del aerosol marino en la corrosión.....	22
1.4. Medidas de protección y conservación anticorrosiva.....	23
1.5. Sistemas de protección anticorrosiva y de conservación.....	24
1.5.1. Protección anticorrosiva con pinturas.....	24
1.5.2. Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.....	25
1.5.3. Mecanismos de protección de las pinturas anticorrosivas.....	29
1.6. Protección y conservación adicional con otros recubrimientos.....	29
1.6.1. Grasas de conservación.....	30
1.6.2. Materiales compuestos de matriz asfáltica... ..	31
1.6.3. Ceras impermeabilizantes.....	31
1.7. Impacto social.....	32
Conclusiones parciales del Capítulo I.....	33
<b>Capítulo II: Materiales y métodos.....</b>	<b>34</b>
2.1. Aplicación de la metodología para el análisis y solución de problemas de corrosión.....	34

2.1.1. Identificación del problema.....	34
2.2. Diseño anticorrosivo y recomendaciones de puesta en obra. Características mecánicas, químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción y protección anticorrosiva. ....	35
2.2.1. Materiales que conforman los carros. Propiedades.....	35
2.3. Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y la reales.....	38
2.4. Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales. Ensayos de recepción.....	39
2.5. Historia del problema.....	40
2.6. Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema.....	43
2.7. Análisis del problema. Propuesta de soluciones. ....	43
2.7.1. Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen....	43
2.8. Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico-económicas y sociales. ....	44
2.9. Medidas que deben aplicarse. ....	45
2.10. Métodos de protección que pueden aplicarse.....	46
2.11. Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC)....	47
2.12. Propuesta de un sistema de pintura.....	50
2.13. Valoración económica.....	52
2.14. Valoración del impacto social. ....	53
Conclusiones parciales del Capítulo II.....	55
<b>CAPÍTULO III: Análisis de los resultados</b> .....	56
3.1. Análisis de la identificación del problema. ....	56
3.1.1. Análisis de la caracterización atmosférica del ambiente de estudio. ....	57
3.1.2. Análisis de la caracterización de los materiales.....	58

3.2. Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo principales. ....	59
3.3. Análisis de los tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen.....	64
3.4. Análisis del cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales.....	67
3.5. Análisis de las medidas propuestas para solucionar el problema del deterioro por corrosión en el carro de auxilio General Motors y la bomba para incendio American la France.....	67
3.6. Análisis de la propuesta de aplicación del SIPAYC en los casos de estudio.....	68
3.7. Análisis de los resultados de la valoración económica. ....	70
3.8. Valoración del impacto social. ....	74
Conclusiones Parciales del Capítulo III.....	75
<b>Conclusiones generales</b> .....	76
<b>Recomendaciones</b> .....	78
<b>Bibliografía</b> .....	79
<b>Anexos</b> .....	86

# Introducción

---

El territorio cubano se caracteriza por tener un clima tropical, el cual es cálido y muy húmedo. Además, debido a su ubicación geográfica, su forma alargada, la acción de los vientos transportadores del aerosol marino, entre otros factores favorece la existencia de alta agresividad corrosiva en la mayoría del país. Esta condición afecta en gran medida las estructuras fabricadas con materiales metálicos principalmente en zonas de agresividad alta y extrema.

En Cuba, disimiles son las estructuras patrimoniales afectadas directamente por el aerosol marino, debido a la cercanía de zonas costeras, siendo estas de vital interés en nuestro estudio.

Con el triunfo revolucionario de enero de 1959, los cubanos tienen la posibilidad de disfrutar de todas las manifestaciones de la cultura nacional y además desarrollar potencialidades artísticas, creando el arte nuevo que parte de toda la cultura que le antecedió. En el Artículo 39 de la Constitución de la República de Cuba, se manifiesta la esencia de la política cultural de la Revolución al declarar que: El estado orienta, fomenta y promueve la educación, la cultura y las ciencias en todas sus manifestaciones. La ley suprema del Estado cubano entre sus postulados para la política educativa y cultural tiene la conservación del patrimonio. En el inciso (h) del mencionado artículo señala que: 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. Protege los monumentos nacionales y los lugares notables por su belleza natural o por su reconocido valor artístico o histórico. Esta normativa destaca al museo, junto a la biblioteca y al archivo, como las instituciones básicas del patrimonio en su vinculación con la comunidad.

El primer Museo de Bomberos en Cuba, con más de una década de establecido, tiene lugar en la Ciudad de Matanzas, lugar que exhibe hoy en su establecimiento cuatro carros de tipo bombas de vapor consideradas uno de los más valiosos bienes patrimoniales, no solo del país, sino de América Latina en general y tres autos cisternas que se encuentran en estos momentos en explotación, dándole un valor de museo vivo a la instalación. En estos momentos estos bienes presentan

un avanzado deterioro y se presentan dificultades para llevar a cabo la tarea de conservación, que hoy se trata de solucionar a partir de las posibilidades que ofrece el Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas.

El desarrollo de Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), cuya autoría tiene el CEAT, es una propuesta que puede ofrecer soluciones al problema de la conservación del transporte en museos, con la utilización de productos nacionales que sustituyen a los de importación, atendiendo al lineamiento 163, el cual plantea la necesidad de contribuir al fomento de la conservación del patrimonio, mediante la transferencia de tecnologías de productos y procedimientos aplicables a estos bienes, aprobados en el VI Congreso del PCC. Este sistema ha sido evaluado en objetos en almacenes, técnica militar y piezas museables en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva. El trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación "Generalización de los SIPAYC en el Transporte de Museos", como parte de la Línea de Conservación y Conservación del Patrimonio desarrollada por el CEAT en coordinación con la Dirección de Patrimonio Provincial de Matanzas.

**Problema:**

Deterioro por corrosión de los carros General Motors y American la France del Museo de Bomberos de Matanzas.

**Hipótesis:**

Se puede proponer un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) a partir del estudio del deterioro por corrosión de los carros General Motors y American la France expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas, con la finalidad de solucionarlo.

**Objetivo general:**

Elaborar y proponer la tecnología para la protección anticorrosiva mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) de los carros de bombero General Motors del Museo de Bomberos de Matanzas.

**Objetivos específicos:**

1. Realizar una búsqueda actualizada y analizar la temática de corrosión.

2. Determinar los tipos de materiales presentes en las estructuras analizadas y sus características que lo avalen para ser empleados en la tecnología de transporte utilizada.
3. Determinar los problemas de diseño anticorrosivo de los carros antes mencionados, así como los tipos de corrosión, mecanismos y factores que influyen.
4. Proponer medidas preventivas y el Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) para elaborar la tecnología de conservación y contrarrestar el deterioro en los vehículos en cuestión.
5. Valorar económicamente la propuesta y analizar su impacto social.

# Alcance

---

Este Trabajo de Diploma comprende el estudio del deterioro por corrosión del carro de auxilio General Motors y la bomba para incendio American la France, expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas.

En el mismo se aborda lo referente a problemas de diseño anticorrosivo; tipo de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen en el deterioro de las estructuras, a los cuales se les propone soluciones y el SIPAYC, con el objetivo de proteger y conservar el valor patrimonial de las piezas.

# Capítulo I: Análisis bibliográfico

---

Con el paso del tiempo todos los materiales sufren deterioro, incluso aquellos que forman parte del patrimonio cultural, debido a las características internas de los mismos, relacionadas con sus composiciones y la tendencia a reaccionar con la atmósfera que los rodea. Nuestro clima tropical y la presencia del aerosol marino condicionan una alta y extrema agresividad corrosiva.

Este capítulo tiene como objetivo ampliar los conocimientos a partir de un análisis bibliográfico de las principales definiciones tales como: patrimonio, patrimonio cultural, corrosión, principales problemas de diseño anticorrosivo, tipos de corrosión, medidas de protección y conservación anticorrosiva, etc. Esto permitirá en un primer momento analizar una propuesta para la protección y conservación anticorrosiva de los carros de bombero General Motors y American la France.

## 1.1. Definición de patrimonio

El Patrimonio es un conjunto social de manifestaciones diversas, el cual está conformado por bienes de distintas naturalezas y procedencia. Se considera que el patrimonio incluye, por un lado aquello que una comunidad ha sido capaz de producir, en el transcurso de su historia, y por otro lado, el entorno tal como es percibido y considerado por su pueblo. *(CNPC, 2002)*.

Se entiende por patrimonio a todo centro histórico urbano y toda construcción, sitio u objeto que, por su carácter excepcional merezca ser conservado por su significación cultural, histórica o social para el país. *(CNPC, 2002)*.

La conservación del patrimonio está vinculada a la identidad cultural de los pueblos y constituye un espacio de conocimiento y reconocimiento mutuo de comprensión y diálogo entre las diferentes culturas y grupos. Esa herencia pertenece en primer lugar a la comunidad en cuyo territorio radica, pero también y por extensión a toda la humanidad, es algo que tenemos el deber de transmitir a las generaciones futuras, pues constituye su herencia y encarna su memoria colectiva. Es a su vez el resultado de valores propios y valores aportados por otras culturas. *(Muñiz, 2010)*

Los materiales de las piezas museables con el transcurso del tiempo sufren deterioro. Debido a las características del clima tropical húmedo de nuestro país las pérdidas de materiales son mayores y aceleradas, por lo que cobra una gran importancia el tema de conservación anticorrosiva en nuestros museos. (*Rubio, 2014*).

Según los lineamientos de conservación de patrimonio cultural es primordial esta tarea, ya que esto garantiza la preservación de la historia de la sociedad.

### **1.1.1. Patrimonio cultural**

El Patrimonio Cultural es el conjunto de manifestaciones u objetos nacidos de la producción humana, que una sociedad ha recibido como herencia histórica, y que constituyen elementos significativos de su identidad como pueblo. Tales manifestaciones u objetos constituyen testimonios importantes del progreso de la civilización y ejercen una función modélica o referencial para toda la sociedad, de ahí su consideración como bienes culturales. (*Llull, 2005*).

Los bienes culturales son el testimonio de la creación humana o de la evolución de la naturaleza; documentan la cultura material y espiritual, su significado científico, artístico o histórico, o están relacionados con las luchas y hechos históricos y revolucionarios, con la vida o las distintas fases de la actividad humana, tanto culturales como científicas (*Dirección Patrimonio Cultural, s. a*).

*Fontal, (2003)* lo expresa como propiedad en herencia, como selección histórica, como sedimento de la parcela cultural y como conformador de la identidad social, a las que podríamos añadir también su papel como modelo de referencia.

En definitiva podemos concluir que el patrimonio cultural que engloba en su significado no solo a los monumentos y artefactos tangibles o intangibles que nos ayudan a entender el presente a través del pasado y a interrogarnos por el futuro. (*Barbero, 2011*)

Es importante tener en cuenta que el patrimonio cultural está marcadamente amenazado por el deterioro que sufre y en ello juegan un papel principal los procesos corrosivos.

## **1.2. Corrosión**

Según *Uhlig (2000)* la corrosión es un fenómeno espontáneo que se presenta prácticamente en todos los materiales procesados por el hombre. Si bien existen varias definiciones, es común describir la corrosión como una oxidación acelerada y continua que desgasta, deteriora y que incluso puede afectar la integridad física de los objetos o estructuras. Pero además, (*Citado por Medina, 2015*) como corrosión se entiende los cambios aparecidos sobre la superficie de un material originados por la influencia indeseada de los factores químicos y electroquímicos.

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Las características fundamentales de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrólito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal. (*González, 2010*)

Según *Pancorvo (2011)* el paso de estos materiales a su estado natural, es llamado corrosión. La corrosión también se puede definir como la degradación de un material a causa de la acción del medio ambiente, en el sentido más amplio es un fenómeno natural.

El control de la corrosión es llevado a cabo para comprender los mecanismos de la corrosión, así como la resistencia de los materiales y diseños, con sistemas y métodos de protección, dispositivos y tratamientos. (*López, 2012*)

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 a que 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. (García, et al. 2012).

Paradójicamente, el hierro es también el metal más utilizado en la técnica moderna, combinado con el carbono formando acero, siendo el acero al carbono estructural el de mayor utilización en la fabricación de estructuras, piezas, etc. y el que mayor corrosión sufre.

### **1.2.1. Proceso de corrosión**

Corrosión es un término muy amplio con diferentes definiciones, pero la definición más abarcadora es la planteada en la NC 12 00 02:79, en la cual se define el término corrosión como:

*"Deterioro de un material o alteración de sus propiedades a causa de una reacción espontánea con el medio en el cual se encuentra expuesto".*

La mayoría de los metales tienden a corroerse debido a la característica de presentar pocos electrones en el último nivel de energía, lo que facilita que cedan estos últimos con mucha facilidad ante elementos no metálicos que actúan como agentes oxidantes en procesos de oxidación-reducción.

El hierro, utilizado de forma impura en forma de acero por sus excelentes propiedades mecánicas, presenta como limitación su baja resistencia a la corrosión.

Los aceros muestran una propensión muy importante a convertirse nuevamente en óxidos. Esto se debe a un fenómeno electroquímico en el cual se verifica un proceso de solubilización del metal siendo el electrolito la propia atmósfera. Es imprescindible para que se produzca el fenómeno la presencia de oxígeno (esto

explica la durabilidad de las varillas de acero al interior de la masa de hormigón). El proceso de solubilización tiene lugar a través del transporte de electrones (partículas elementales de carga negativa) de un ánodo a un cátodo. La idea más representativa de éste fenómeno la constituye la pila galvánica constituida por dos metales (o elementos irregulares no homogéneos de un mismo metal) denominados como ánodo y cátodo, un conductor (el propio metal) y un electrolito (atmósfera húmeda, agua dulce o de ácidos, álcalis, soluciones salinas o tierra).  
(*Textos científicos*)

### **1.2.2. 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 50 mm y profundidades menores de 100 mm, 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 inoxidables auténticos, o ferríticos, que puedan provocarla 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.

### **1.2.3. Tipos de corrosión. Mecanismos**

En la actualidad está establecido que por su naturaleza o mecanismo general, los fenómenos de corrosión pueden dividirse en dos grandes grupos. (*Domínguez et al., 1987*)

- Corrosión química.
- Corrosión electroquímica.

### ➤ **Corrosión química**

La corrosión química es la producida por los ácidos y álcalis, y tiene interés para la construcción de aparatos resistentes a la corrosión de los productos químicos que intervienen en el proceso de fabricación.

En la corrosión química las características del proceso de intercambio electrónico entre el metal y el medio oxidante se produce en un mismo punto o zona de la superficie metal – medio corrosivo (o metal – óxido – medio corrosivo) (*Domínguez et al., 1987*). La resistencia de la capa de óxido que se crea es diferente para los diferentes metales y aleaciones.

La corrosión química constituye un campo de la corrosión, la misma tiene lugar en ausencia de electrolitos y se cumplen las leyes básicas de la cinética química de las reacciones heterogéneas. En la misma tiene lugar un proceso de oxidación reducción, directamente en un punto de la interfase sobre la superficie del metal, no existiendo circulación de corriente de electrones. (*Echeverría et al. 2015*)

Ejemplos de corrosión química:

1. La corrosión de los metales en completa ausencia de humedad, en contacto con gases. Este proceso tiene lugar fundamentalmente a elevadas temperaturas.
2. La corrosión de los metales en contacto con líquidos no electrolitos, como el petróleo, gasolina, alcohol, etc.

### ➤ **Corrosión electroquímica**

En los casos de corrosión electroquímica también denominada corrosión húmeda, ha sido el propio metal o dos metales en contacto o muy próximos los que han proporcionado la fuerza electromotriz para la corrosión electroquímica. Por esto la velocidad de ataque, y por tanto la corrosión, esta forzosamente limitada. Pero cuando se aplica una fuerza electromotriz exterior, las velocidades pueden ser

mucho mayores. La corrosión electroquímica es la corrosión predominante en un entorno arqueológico (Domínguez et al., 1987).

De estos dos tipos de corrosión el que mayormente se manifiesta en la naturaleza es la corrosión electroquímica y es precisamente el de mayor interés. Por ser la que más afectaciones causa y la de mayor presencia en nuestro medio, es objeto de estudio en este trabajo.

Esta corrosión se puede clasificar en:

- **Corrosión galvánica 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. (Echeverría et al. 2015)

- **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.

- **Celdas de aireación diferencial.** (Echeverría et al. 2015)

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 intersticial.**(*Echeverría et al. 2015*)

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.

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.

- **Corrosión intergranular**

La corrosión intergranular es un deterioro por corrosión localizada y/o adyacente a los límites de grano de una aleación. Bajo condiciones ordinarias, si un metal se corroe uniformemente, los límites de grano serán sólo ligeramente más reactivos que la matriz. Sin embargo, bajo otras condiciones, las regiones de límite de grano pueden ser muy reactivas, resultando una corrosión intergranular que origina pérdida de la resistencia de la aleación e incluso la desintegración en los bordes de grano. Uno de los más importantes ejemplos de corrosión intergranular es la que tiene lugar en algunos aceros inoxidables austeníticos (18% Cr 8% Ni) cuando son calentados o enfriados lentamente a través del rango de temperaturas de 500

a 800°C. En este rango de temperaturas, sensibilizado, los carburos de cromo ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ) pueden precipitar en la interfase del límite del grano. (*Fundamentos de Ciencia de materiales*)

- **Corrosión fatiga** (*Echeverría et al. 2015*)

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.

- **Corrosión selectiva** (*Echeverría et al. 2015*)

Tipo: Corrosión electroquímica, no uniforme, por par metálico.

Mecanismos: El par metálico se presenta en aleaciones donde coexisten dos fases de diferente potencial y se manifiesta en aleaciones de aluminio, fundiciones, latones y otros materiales. La corrosión selectiva de los latones, es un mecanismo electroquímico, que tiene lugar en presencia de electrolitos, por formación de celdas galvánicas, donde el Cinc de determinadas aleaciones Cu – Zn (latones) sufre corrosión selectiva. Esto se explica por ser el Zn (metal activo) el que actúa como ánodo en las celdas que se forman por toda la estructura susceptible a este ataque.

Factores que influyen: Influye la predisposición de los latones que contienen más del 15% de Cinc a presentar la corrosión por par metálico, sobre todo en presencia de medios agresivos. Un medio agresivo que ataca preferentemente al Cinc, es el dióxido de carbono resultado de la combustión y el aerosol marino, principalmente los sulfatos presentes.

- **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 tanques 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 interfase acero – pintura y favorezcan el proceso corrosivo. *(Echeverría et al. 2015)*

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia del contaminante sobre la superficie metálica como aerosol marino, en la interfase 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. *(Echeverría et al. 2015)*

Otro tipo de corrosión electroquímica es la atmosférica, que según (Tomashov, 1979; citado por López, 2007) es la que mayor daño causa por estar, la mayoría de las estructuras y en este caso las piezas patrimoniales, expuestas a la atmósfera.

- **Corrosión atmosférica**

La atmósfera es uno de los medios corrosivos naturales más ampliamente difundido y es, precisamente, en este medio donde ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas. Tomashov plantea que alrededor de un 80% (y tal vez más) de las estructuras metálicas que están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50% de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. *(Citado por: Cervera, 2013)*

Esta se clasifica de dos formas fundamentales: Húmeda y Mojada:

- 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. (*Domínguez, 1987*)

- 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 evapore 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. (*Domínguez, 1987*)

En Cuba, la humedad relativa elevada influye de manera decisiva en la formación y permanencia de la capa electrolítica superficial, por lo que en este tipo de clima se obtienen categorías de agresividad corrosiva elevadas. Según el investigador

*Domínguez, (1987)* la humedad relativa es considerada un factor fundamental en la corrosión atmosférica húmeda, se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %.

Los vientos juegan un papel fundamental en el transporte del aerosol marino, contaminante de marcada influencia en la velocidad de corrosión. En ausencia de lluvia, si es alta su velocidad, produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión; en cambio, en presencia de lluvia, da lugar al lavado de la superficie del metal, removiendo los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto, también disminuye la velocidad de corrosión. *(Gómez, 2000)*

La corrosión atmosférica es muy compleja, debido a la cantidad de factores que influyen positiva y negativamente en su desarrollo, siendo este un aspecto al que se le debe prestar especial atención.

#### **1.2.4. Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.**

*(Corvo y Veleva, 2003)* plantean que cuando se evalúa la corrosión atmosférica de metales, los parámetros más importantes son relacionados por la combinación de:

- Temperatura (T) y Humedad Relativa (HR): habitualmente descrito como el complejo T-HR. La humedad es una medida del contenido de vapor de agua en el gas (aire) y se expresa en porcentajes (%). Cuando la HR aumenta, la T disminuye y viceversa.
- Precipitación pluvial: valores anuales de las precipitaciones pluviales.
- Tiempo de humectación: (TDH), durante éste existe humedad en la superficie del metal y la corrosión puede desarrollarse. Esta capa de humedad puede ser generada por lluvia, niebla, nieve, condensación capilar, rocío u otros fenómenos similares.
  - Temperatura (T).

El aumento de la temperatura, cuando la humedad es alta, acelera la corrosión de los metales *(Fuente y Álvarez, 2003; Cao et al., 2005)* ya que aumenta la velocidad de las reacciones electroquímicas, pero conduce también a la

disminución de la película de electrolito y de la duración de su permanencia en la superficie del metal ocurriendo como consecuencia la disminución de la solubilidad del oxígeno y de los gases activos del agua. (Torrens, 1999).

En Cuba, el efecto fundamental de la temperatura 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, donde se elimina toda humedad, disminuye la velocidad de corrosión o se detiene el proceso.(Morcillo et al., 1998). Por ello, en muchos casos se observa que la corrosión atmosférica bajo techo simple es mayor que a la intemperie (Echeverría, 2002).

➤ Humedad Relativa (HR).

Este factor considerado el fundamental en la corrosión atmosférica húmeda, se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año (Domínguez et al., 1987) en 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 %, según refieren investigadores del tema (Tomashov, 1979).

En condiciones interiores 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%). (Rodríguez, et al. 2001).

➤ Tiempo de humectación (TDH).

El parámetro TDH 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 9223: 92, e incluye el complejo diario de T – HR, utilizando el valor de HR= 80 % como valor crítico ( $t \geq 0$  ° C), cuando inicia la condensación de agua sobre la superficie del metal. (Corvo y Veleva, 2003).

➤ Efecto de las precipitaciones.

Se plantea 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, que puede provocar un retardo del proceso corrosivo. Aunque al aumentar el tiempo de humectación del metal, prolongan el desarrollo de la corrosión. Estas pueden traer consigo especies disueltas cuya concentración puede variar de un lugar a otro y provocar corrosión, sobre todo en superficies donde el agua se estanca. Por otra parte, provocan la disolución de los productos de corrosión formados sobre la superficie metálica, por ejemplo, el caso de los carbonatos formados en Zinc, que al disolverse dejan expuesta la superficie metálica, a un nuevo ataque corrosivo.. (Leygraf, 2002; Corvo y Veleva, 2003).

➤ Influencia de los vientos.

El viento es considerado el principal encargado de transportar los contaminantes en Cuba (Echeverría, 1991). No obstante, se obtienen bajos coeficientes de correlación entre las pérdidas por corrosión, las horas viento procedentes de las direcciones predominantes y la salinidad (concentración de cloruros y sulfatos), (Betancourt, 1988 I y II), que se atribuye a los métodos de captación empleados y las determinaciones analíticas. (Echeverría et al., 2002).

En locales soterrados, la velocidad de corrosión aumenta cuando las superficies expuestas son alcanzadas por rachas de viento provenientes del exterior (Corvo, F., Betancourt, N., Mendoza, A. 2002). El grado de contaminación del aire que penetra a estos locales, puede ser determinante en el desarrollo de la velocidad de corrosión de los materiales almacenados y puede provocar variaciones de temperatura y humedad. Es importante tener en cuenta la penetración de aire desde el exterior por las vías de acceso directo (puertas, entradas y salidas de las obras, entre otras). (López, 2007)

➤ Efecto de los contaminantes.

De los gases que componen la troposfera (atmósfera baja), el oxígeno es el componente de mayor importancia para la corrosión, ya que es el oxidante principal para la reacción anódica en el proceso de oxidación metálica. También están presentes los óxidos de carbono, azufre, nitrógeno, etc., gases corrosivos que juegan un determinado papel en los procesos de corrosión atmosférica. El

contaminante más habitual en una atmósfera urbana o industrial es el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y para las regiones marinas-costeras el ión cloruro es el contaminante principal (*Leygraf, 2002; Corvo, y Veleva, 2003*).

➤ Aerosol marino y corrosión atmosférica.

La corrosión atmosférica es una de las formas más comunes en que se analizan los efectos del aerosol marino, considerando la mayoría de los autores que el viento es el encargado de transportarlo desde el mar en pequeñas partículas, aumentando la salinidad atmosférica y la velocidad de corrosión, que disminuye a medida que aumenta la distancia desde la costa. (*Echeverría et al., 2000; Gómez, 2000*).

Para los países costeros y las islas, el aerosol marino constituye uno de los factores que mayores influencias tiene en las elevadas pérdidas por corrosión que se producen. Se ha comprobado su influencia en la velocidad de corrosión, no solo en atmósferas marinas, sino también en atmósferas rurales (*Morales et al., 2006*).

En países tropicales, se plantea que se distinguen 2 períodos cualitativamente diferentes en el año: - temporada invernal o de seca y temporada de lluvias o de verano. (*Corvo, et al., Lan et al., 2006*) En el caso de Cuba la temporada de seca (octubre a marzo), se caracteriza por la gran influencia de los vientos del norte-nordeste que producen rompientes en la costa y grandes concentraciones de aerosol marino en el aire, suficientes para incrementar drásticamente la corrosión, mientras que en la temporada de lluvias (abril a septiembre), los vientos provenientes del sur originan rompientes y cabrillas de poca envergadura. (*Corvo et al. 1995*).

### **1.2.5. Clasificación de las atmósferas**

Resumiendo los criterios de la Norma UNE EN ISO 14713, según (*Domínguez, 2010*), en función de la naturaleza de los contaminantes se distingue varios tipos de atmósferas:

- Atmósfera industrial
- Atmósfera marina

- Atmósfera urbana
- Atmósfera rural
- Cuando hay mezcla entre las cuatro anteriores

De acuerdo con el clima las atmósferas pueden ser:

- Secas
- Húmedas
- Lluviosas
- Tropicales
- Polares; dentro de las cuales es posible hacer igualmente una serie de matizaciones.

Para la realización de la clasificación de las atmósferas se ha utilizado el Mapa de Agresividad corrosiva de la atmósfera de Cuba.

### **1.3. Influencia del aerosol marino en la corrosión**

La corrosión atmosférica en los países de climas tropicales húmedos como México, Taiwán, Egipto, Vietnam, India y Cuba ha sido abordada por varios investigadores, donde se determina la influencia en la corrosión del aerosol marino. *(Echeverría, et al. 2000; Echeverría, et al. 2006)*

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 y grandes alturas. 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. En las condiciones climáticas de Cuba, este factor resulta determinante, aspecto destacado por. *(Echeverría, et al. 2000)*

Por la situación geográfica y la forma alargada del archipiélago cubano, se encuentra afectado en casi su totalidad por el aerosol marino, generando deterioro por causa de este agente contaminante en la mayoría de las instalaciones y

estructuras en los diferentes ambientes en la búsqueda de productos anticorrosivos que permitan contrarrestar su efecto.

#### **1.4. Medidas de protección y conservación anticorrosiva.**

Es importante conocer que el término de conservación recoge todas aquellas medidas o acciones que tengan como objetivo la salvaguarda del patrimonio cultural tangible, asegurando su accesibilidad a generaciones presentes y futuras. Comprende la conservación preventiva, la conservación curativa y la restauración. Todas estas medidas y acciones deberán respetar el significado y las propiedades físicas del bien cultural en cuestión.

La conservación preventiva consiste en todas aquellas medidas y acciones que tengan como objetivo evitar o minimizar futuros deterioros o pérdidas en el patrimonio cultural. Estas acciones se realizan sobre el contexto o el área circundante al bien, o más frecuentemente un grupo de bienes, sin tener en cuenta su edad o condición. Estas medidas y acciones son indirectas, es decir, no interfieren con los materiales y las estructuras de los bienes. No modifican su apariencia.

Conservación curativa: son todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien o un grupo de bienes culturales que tengan como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas acciones sólo se realizan cuando los bienes se encuentran en un estado de fragilidad notable o se están deteriorando a un ritmo elevado, por lo que podrían perderse en un tiempo relativamente breve. Estas acciones a veces modifican el aspecto de los bienes.

En los ambientes corrosivos por las distintas variables que intervienen, ya sean químicas, físicas o mecánicas; no es posible encontrar un método único para solucionar los distintos casos de corrosión, por lo que a su vez se requiere disponer de distintos métodos anticorrosivos para prevenirla. La corrosión no se puede evitar, más el objetivo principal está en controlarla, ya sea en el metal, en la interfase o en el medio ambiente corrosivo. *(León, 2012)*

Son muchos los métodos, para los distintos grados de protección que se pretenden; los cuales en grado de importancia están: el diseño evitando puntos sensibles de ataque en la estructura, utilizando recubrimientos protectores metálicos y no metálicos, especificando materiales resistentes a la corrosión, usando protección catódica, y alterando los medios por medio de inhibidores. *(León, 2012)*

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. *(Echeverría, C.A. et al. 2012)*

## **1.5. Sistemas de protección anticorrosiva y de conservación**

El Sistema de Protección Anticorrosiva 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.

El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre sus líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), la cual comprende desde los componentes de un objeto o equipo, hasta las estructuras de las instalaciones industriales, de acuerdo con una metodología desarrollada que se reporta en *(Echeverría, et.al, 2010)*.

### **1.5.1 Protección anticorrosiva con pinturas.**

La protección por recubrimientos es uno de los métodos más ampliamente utilizados, destacándose entre ellos las pinturas, por las ventajas que representa tanto desde el punto de vista económico, como de su facilidad de aplicación,

versatilidad de empleo y propiedades protectoras en sustratos y ambientes muy diversos. (*Hassan, 2010*)

Durante los años 1990 ocurrió un cambio radical en las tecnologías de pinturas que motivó la reformulación y aparición de nuevas variantes que no agredieran al medio ambiente (*Almeida, E. et al. 2006*).

### **1.5.2 Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.**

Seguidamente se desarrollan las etapas del sistema de pintura que establece la norma, exceptuando aquellas que por el alcance del presente trabajo no son objeto de estudio.

#### **➤ Clasificación de ambientes.**

La determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva resulta decisivo (*Echeverría, C.A. 2003 (c); Echeverría, C.A. et al., 2005; UNE-EN ISO 11303: 2009*). Debido a que determina las recomendaciones de diseño, tipos y preparación de superficies, posibles esquemas de pintura a seleccionar, tipos de ensayos a realizar en el laboratorio así como desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa determinará la durabilidad del sistema de protección anticorrosiva con pintura. Es muy importante definir la estación del año en que se llevará a cabo el sistema de protección con pintura, preferentemente verano o lluvia para lograr que las superficies queden libres de contaminantes. Ello influirá favorablemente en la durabilidad del recubrimiento.

#### **➤ Consideraciones de diseño.**

Es importante definir y tener en cuenta, desde la etapa de elaboración del proyecto, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos. Al respecto la norma (*UNE-EN ISO 12 944-3:1998*) que se toma como referencia, no propone soluciones a los diferentes problemas de diseño que relaciona, pues solo refiere aplicar una protección adicional sin especificar tipos de productos.

## ➤ **Preparación de superficies.**

### **Generalidades**

Para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado, es necesario considerar el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el grado de la suciedad y oxidación. Además, se debe tener consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (*UNE-ENISO 12 944-4: 1998*). La etapa de preparación superficial es una de las más importantes para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado (*Morcillo, M. 2002;Echeverría, C.A. et al. 2005*), el cual obedece en un 90% de su eficiencia. Siempre que se pueda se debe utilizar el método a chorro, por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad. Según (*Morcillo, M. et al. 2002, Ochoa, et al. 2005*), esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, lo que potencia la adherencia del recubrimiento a la base metálica.

Con una superficie bien preparada se logra mejor comportamiento con un recubrimiento de pintura de “baja resistencia” que con uno de “alta calidad” si se aplican a superficies mal preparadas.

- **Grado de corrosión** (*Ver Anexo 1 y 2*)
- **Tiempo máximo para aplicar el recubrimiento.**

Una vez alcanzado el grado de limpieza y el perfil de anclaje, la aplicación del recubrimiento no debe exceder más de 4 horas cuando la superficie se encuentre en ambiente seco; si el ambiente es húmedo, el recubrimiento se debe aplicar en el tiempo mínimo posible, dado que a mayor humedad más rápido se oxida la superficie; ante una humedad relativa mayor a 85%, no se debe continuar con los trabajos de limpieza. (*ISO 8504-1 2000*)

- **Métodos de limpieza y sus aplicaciones.**

Todos los métodos de limpieza, con o sin el uso de abrasivo, tienen restricciones, las cuales se describen a continuación:

- Chorro de arena o abrasivo a presión, seco (*ISO 8504*)

Aplicación en: Superficies de acero nuevas con corrosión grados A y B, donde se requiere formar perfil de anclaje; no está restringido para grados de corrosión C y D, donde ya existe perfil de anclaje provocado por la corrosión, previo estudio de la condición de superficie.

Áreas de restricción: Dentro de Plataformas, Refinerías, Complejos Petroquímicos, Terminales de Almacenamiento y Distribución, áreas de trabajo con equipo mecánico rotatorio cercano y Zonas urbanizadas.

- Chorro de arena o abrasivo a presión, húmedo

Aplicación en: Superficies de acero nuevas con corrosión grados A y B, donde se requiere formar perfil de anclaje; no está restringido para grados de corrosión C y D y superficies previamente pintadas, donde ya existe perfil de anclaje.

Áreas de restricción: Ninguna. Solamente evitar proyectar directamente el chorro de agua sobre instalaciones de madera, aislamientos, instrumentos o instalaciones eléctricas; que pueden ser dañadas.

- Chorro de agua a alta y ultra alta presión

Aplicación en: Superficies de acero previamente pintadas, cuando se requiere eliminar toda la pintura, o en superficies de acero con grados de corrosión C y D, donde en ambos casos ya existe perfil de anclaje. En superficies de acero previamente pintadas, cuando solo se requiere preparar la superficie para repintado.

Áreas de restricción: Ninguna. Solamente evitar proyectar directamente el chorro de agua sobre instalaciones de madera, aislamientos, instrumentos o instalaciones eléctricas; que pueden ser dañadas.

#### ➤ **Sistemas de pinturas protectores.**

La elección de las pinturas incluye varios aspectos, dentro de los más importantes están la durabilidad, extensión del trabajo a realizar, condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura. Habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas (Morcillo, M. 2002).

Autores como (Pérez ,1998) plantea que un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas:

- Imprimación: capa en contacto directo con el sustrato metálico y sobre la cual recaen dos funciones muy importantes: la adherencia al sustrato metálico y el control de la corrosión. La adherencia está influenciada además por la preparación superficial del sustrato.
- Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal misión es aumentar el espesor total del sistema de pintura, de ahí que su requerimiento más importante sea una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.
- Acabado: capa que está en contacto directo con el medio ambiente, por tanto, será la responsable de la resistencia a los agentes atmosféricos: radiación solar, resistencia a la abrasión, lluvia; además de cumplir exigencias estéticas.

Se establecen tres niveles de durabilidad de los sistemas de pintura (*norma ISO 12944 - 5: 2007*):

- Durabilidad Baja: Sistema sin afectación apreciable de 2 a 5 años.
- Durabilidad Media: Sistema sin afectación apreciable en un período de 5 a 15 años.
- Durabilidad Alta: Sistema sin afectación apreciable por un período superior a 15 años.

En la actualidad los sistemas que más se emplean en Cuba son los de durabilidad Baja, debido a la incidencia de la falta de cultura respecto al tema, las condiciones de agresividad atmosférica existente y a los altos precios que tienen las pinturas de durabilidad media y alta en el mercado. (López, *et.al*, 2013).

#### ➤ **Ejecución y supervisión de los trabajos de pintado.**

Las empresas contratadas para la ejecución de los trabajos de pintura en estructuras de acero, y su personal, deben disponer de un sistema de aseguramiento de la calidad para la ejecución de los trabajos de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 12 944-8: 1998, a no ser que se acuerde lo contrario.

### **1.5.3 Mecanismos de protección de las pinturas anticorrosivas**

Teóricamente hay tres formas de disminuir la corriente generada en las celdas de corrosión. Las dos primeras consisten en controlar las reacciones catódicas y / o anódicas mientras que la tercera implica incluir una resistencia electrolítica para frenar el movimiento de los iones. Estos mecanismos son llamados respectivamente inhibición catódica, anódica y por resistencia.

La inhibición catódica contempla la necesidad de evitar el contacto entre el metal de base, el agua y el oxígeno. Esto puede ser alcanzado solamente con una película totalmente impermeable; sin embargo, los materiales poliméricos en los espesores usualmente empleados en los sistemas protectores presentan permeabilidad al agua y al oxígeno por lo que desde un punto de vista práctico no resulta posible inhibir la reacción catódica. *(Giúdice, 1999)*

La inhibición anódica puede prácticamente implementarse modificando el potencial del hierro o bien formando una película con propiedades pasivantes; la primera opción involucra el empleo de partículas metálicas de zinc que actúan como ánodos de sacrificio (pinturas tipo “zinc-rich” o de zinc modificadas) mientras que la segunda consiste en el empleo de pigmentos inhibidores que disminuyen la cinética de la reacción anódica. *(Giúdice, 1999)*

La inhibición por resistencia se realiza empleando materiales poliméricos adecuadamente pigmentados que disminuyen la permeabilidad del sistema y en consecuencia el acceso a la interfase metal / película del medio electrolítico. El espesor de película (efecto barrera) es directamente proporcional a la eficiencia de la inhibición. Algunas pinturas anticorrosivas basan su mecanismo de acción sólo en el efecto barrera (por ejemplo, epoxibituminosas); en otros sistemas, la pintura de fondo es la responsable de la inhibición anódica mientras que la capa intermedia aporta el control del acceso del electrolito. *(Giúdice, 1999)*

### **1.6 Protección y conservación adicional con otros recubrimientos.**

Los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, por limitaciones propias y ante la presencia de problemas de diseño anticorrosivo, se emplea otros sistemas protectores como una protección adicional.

### **1.6.1 Grasas de conservación.**

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Con resultados de evaluaciones a la intemperie y bajo techo en condiciones de alta y muy alta agresividad corrosiva, por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de 3Matanzas lo que no han logrado otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo. Estos experimentos de conservación, continúan hasta la actualidad, en los almacenes de piezas (Echeverría, 2008).

Otras propiedades importantes de estas grasas son su alta resistencia al agua, medios salinos y ácidos, la no afectación a los recubrimientos de pintura, que permite conservarlas e impermeabilizarlas en áreas cerradas, áreas inaccesibles y superficies durante la transportación y almacenamiento. Protegen superficies oxidadas durante el almacenamiento, componentes huecos donde no es posible preparar la superficie, penetrando al óxido, impermeabilizándolo y formando capas protectoras flexibles, que se endurece con el tiempo, no se cuartean ni chorrean, resistiendo temperaturas superiores a 80o Celsius (Echeverría, 2008).

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente preparada para su aplicación por proyección en componentes huecos, áreas cerradas, resquicios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos en general. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y los recubrimientos de pintura. Proporciona una barrera al agua y otros agentes agresivos, en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimientos, con resistencia a la corrosión en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua, 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 (Ficha Técnica DISTIN 314 L). Por sus propiedades y aplicaciones, existe una creciente demanda en los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación, para tratar los problemas de diseño

anticorrosivos en componentes huecos, áreas cerradas, resquicios y zonas de difícil acceso, al poderse aplicar directamente sobre las superficies oxidadas, en las que se dificulta la preparación previa no se recomiendan las pinturas. (Echeverría, 2003,2008).

Por todas las propiedades que contribuyen a la protección anticorrosiva, las grasas anticorrosivas de conservación, forman parte de los SIPAYC.

### **1.6.2 Materiales compuestos de matriz asfáltica.**

Uno de los materiales más utilizados como matriz en los materiales compuestos es el asfalto y una de las formas de mejorar sus propiedades es oxidándolo; y si se desea mejorar substancialmente sus propiedades mecánicas, en especial su recuperación elástica, ello se logra mediante la modificación con relleno de elastómeros. Los polímeros son sustancias macromoleculares naturales o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas más sencillas por reacciones poliméricas. Por lo tanto, un polímero es un compuesto con un elevado peso molecular, con propiedades vinculadas a su composición. Una de las formas de mejorar sus propiedades es someter este producto al proceso de oxidación (Rodríguez, 2006). Otra de sus características es que presentan buenas propiedades mecánicas, en particular, una excelente resistencia mecánica tanto a tracción, como a compresión, flexión, cortadura y resistencia al impacto, lo cual justifica su utilización en estructuras. (Echeverría. M, et.al, 2007)

### **1.6.3 Ceras impermeabilizantes.**

Las ceras impermeabilizantes y abrillantadoras, encuentran aplicación en la conservación de los recubrimientos de pinturas, al proporcionarle impermeabilidad al agua, resistencia a la radiación ultravioleta, además de contribuir al tratamiento de la corrosión en resquicios en las superficies con recubrimientos de pintura, al penetrar en ellos e impedir la penetración del agua y los contaminantes causantes de la corrosión (Ficha Técnica DISTIN

603 L). Por estas propiedades forman también parte de los SIPAYC.

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

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)

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

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”.

## **Conclusiones parciales del Capítulo I**

1. La conservación del patrimonio es de vital importancia en todo el mundo y en Cuba puesto que esta tarea representa la conservación y preservación de la historia de la sociedad. Por esto es de primera necesidad el desarrollo de sistemas de protección anticorrosiva para proteger la integridad de los materiales en las piezas museables.
2. La corrosión electroquímica atmosférica es la que más afecta nuestro país debido a las características de nuestro clima. Diversos son los factores climáticos que influyen en esta corrosión, dentro de ellos el que más se destaca es el viento por el transporte del aerosol marino, intensifican así el ataque corrosivo.
3. Las pinturas como método de recubrimiento anticorrosivo son las más empleadas, no solo en lo económico sino por su fácil aplicación y propiedades protectoras en diferentes estructuras metálicas y diversos ambientes.
4. Además de las pinturas, las cuales no ofrecen una protección completa a las estructuras metálicas se hace necesario una protección adicional con productos de la marca DISTIN, los cuales son de producción nacional, probados en empleados en Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) dando resultados positivos.

# Capítulo II: Materiales y métodos.

---

Los materiales y métodos, empleados para dar solución al problema de la conservación contra el deterioro por corrosión de los carros General Motors y American la France del museo de bomberos de Matanzas se detallan en este capítulo.

El trabajo se desarrolla en base a la Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión, confeccionada por el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la Universidad de Matanzas, con más de veinticinco años de experiencia de aplicación y perfeccionamiento. A continuación se relacionan los pasos.

## **2.1. Aplicación de la metodología para el análisis y solución de problemas de corrosión.**

Además de la metodología antes mencionada se han tomado referencias del Texto (Domínguez, J. A. et al. 1987), el libro de José A. González en su Capítulo XXII (González, J. A. et al. 1984) y las Normas ISO (Norma ISO 12944 – 1: 2007 y Norma ISO 12944 – 8: 2007).

### **2.1.1. Identificación del problema.**

Para realizar la correcta identificación de los problemas presentes en los carros de bomberos fue necesario realizar un estudio a partir de los siguientes pasos:

- Análisis visual

Para efectuar un estudio de los problemas por corrosión presentes en las instalaciones, es necesario desarrollar primero un adecuado diagnóstico del objeto de estudio, para ello es necesario ejecutar un examen visual detallado para así poder observar todos los problemas que pueda presentar.

- Fotografía digital

Después de realizado el examen visual detallado, se procede a la captación de los problemas existentes en fotografías digitales para posteriormente formalizar el estudio de mesa.

## **2.2. 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.
- Selección de los materiales y los métodos de protección utilizados, de acuerdo con los medios en que se encuentra en contacto.
- Características de los materiales metálicos y no metálicos.
- 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.

El caso estudio presenta varios problemas de diseño anticorrosivo, entre los que se encuentran los de accesibilidad, tratamiento de orificios, prevención de la corrosión galvánica, acumulación de depósito, conexión con pernos, bordes, imperfecciones en la superficie de la soldadura; también existen problemas de preparación superficial, los cuales se pueden apreciar en *Anexo 2 (Fig. 2.2 a 2.11 y 2.13. a2.18)*

### **2.2.1. Materiales que conforman los carros. Propiedades**

- Acero de bajo contenido de carbono (estructural):

El acero de construcción, 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). Cabe aclarar que en este concepto de Acero de construcción se pueden englobar tanto los aceros para construcción civil como para construcción mecánica. Históricamente un 90% de la

producción total producida mundialmente corresponde a aceros al carbono y el 10% restante son aceros aleados. 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.

Es importante destacar que los vehículos General Motors y American la France están constituidos en gran medida por este acero debido a las características mecánicas, químicas y físicas favorables para el desarrollo de la labor de salvamento y rescate que en su momento se le encomendó. (Ver Anexo 3 Fig.3.1)

➤ Acero al carbono con tratamiento térmico:

Cuando quieren fabricarse piezas con esas resistencias conviene, en general, utilizar aceros en bruto de forja, laminados o normalizados. Sin embargo, en casos excepcionales, cuando se desea conseguir la mejor combinación de características (resistencia, alargamiento y alto límite elástico), se pueden templar y revenir los aceros de 0,15 a 0,30% de C, obteniéndose resistencias variables de 38 a 55 kg/mm<sup>2</sup>, alargamientos y límites de elasticidad ligeramente superiores a los que corresponden al estado normalizado. El empleo de los aceros al carbono templados y revenidos para la fabricación de piezas con esas resistencias tiene varias ventajas. Una muy importante es que el límite de elasticidad es más elevado que en los aceros normalizados o recocidos, y otra que la combinación de características (resistencia y alargamiento) también se mejora.

Este material se ve representado principalmente en los pernos (Anexo 3 fig. 3.2)

➤ Fundición:

Las diferencias entre los aceros y los hierros fundidos, no solo están en el contenido de carbono, sino esencialmente en las características de cada uno de estos materiales, especialmente referidas a los procesos de deformación plástica y

de fundición. Las fundiciones presentan alta resistencia a la compresión y gran capacidad de absorber vibraciones, pero a su vez presentan poca aptitud para la deformación plástica.

A la utilización en piezas fundidas contribuyen:

- a) Buenas propiedades de fundición (fluidez, colabilidad, contracción).
- b) Bajo costo.
- c) Propiedades mecánicas y especiales comparables con los aceros en algunos tipos de fundiciones.

Las piezas y accesorios que en las estructura se observan son fabricadas con este material (*Anexo 3 fig. 3.3*)

➤ Caucho (neumáticos de goma):

Actualmente se fabrican miles de artículos de caucho para usos muy diferentes. El caucho 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. El caucho natural suele vulcanizarse, proceso por el cual se calienta y se le añade azufre o selenio, con lo que se logra el enlazamiento de las cadenas de elastómeros, para mejorar su resistencia a las variaciones de temperatura y elasticidad.

Este material es empleado específicamente en la construcción de las gomas, las juntas de las puertas y en las ventanas de los vehículos (*Anexo 3 fig.3.4*).

➤ Vidrio:

El vidrio es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que ocurre en la naturaleza y también es creado artificialmente por el hombre. 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. El vidrio se obtiene por fusión a unos 1.500 °C de arena de sílice (SiO<sub>2</sub>), carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) y caliza (CaCO<sub>3</sub>).

- Transparencia: deja pasar del 80 al 90 % de la luz visible.
- Dureza: En la escala Mohs está entre 4 y 8. El diamante y el acero muy duro, lo rayan y lo cortan. Tienen la característica de ser más duros en la superficie que en el interior. El plomo disminuye su dureza y el ácido silícico la aumenta.
- El vidrio es en general frágil y muy susceptible a los efectos de entalla y cambios de forma.
- El vidrio es un mal conductor del calor y la electricidad, por lo que resulta práctico para el aislamiento térmico y eléctrico.
- Según su composición, algunos vidrios pueden fundir a temperaturas de sólo 500 °C; en cambio, otros necesitan 1.650 °C.
- La densidad relativa (densidad con respecto al agua) va de 2 a 8, es decir, el vidrio puede ser más ligero que el aluminio o más pesado que el acero.

Las ventanas y parabrisas de los carros, están construidas de vidrio blindando así brindan una gran resistencia a la humedad y al ataque de agentes químicos.

*(Anexo 3 fig.3.5)*

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

- Identificar de la zona, área, instalación y equipo donde se presenta el problema.
- Comprobar datos de diseño con datos de la instalación y 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, pH, materias primas, productos finales, etc.
- Caracterizar la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se produce el problema y ubicación geográfica, para con ello poder esclarecer la acción de factores físicos, químicos y biológicos y la contaminación ambiental
- Observar cambios en los fluidos o los parámetros fundamentales de operación del sistema.

Según el Mapa de agresividad corrosiva de la Atmósfera de Cuba *(Anexo 4)*, por estar ubicado el Museo de Bomberos de Matanzas cerca del mar, la misma se

puede clasificar como extrema, pero al estar apantallada, el efecto de la agresividad corrosiva se reduce a alta.

El Museo de Bomberos de Matanzas, se encuentra en una zona marino-urbana-industrial de acuerdo con Feliú y la Norma UNE-EN ISO 12944-2: 2007. Teniendo en cuenta que se localiza en una zona costera, con influencia industrial, se encuentra directamente expuesto al aerosol marino y eventualmente, a los gases contaminantes que emanan de las industrias, de acuerdo a la dirección predominante de los vientos que actúan como transportadores. Además, está propenso a los gases de combustión de automóviles y vehículos de transporte automotor, propios de la zona urbana circundante.

Los carros de bomberos General Motors y American la France son autos de auxilio y bomba de incendio, respectivamente, que están expuestos en el museo y que presentan problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en toda su estructura metálica. Ambos se encuentran en el interior del museo, apantallado por las paredes de la propia edificación. A pesar de esto presenta humedad debido no solo a la zona costera en la que se encuentra, sino a que el museo forma parte de una estación de bomberos activa. Por otra parte, tienen gran acumulación de polvo.

Teniendo en cuenta lo planteado por el Mapa de agresividad corrosiva de la Atmósfera de Cuba y por la Norma UNE-EN ISO 12944-2:2007, se clasifica la atmósfera interior de este museo como categoría C4 (alta).

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

Los aspectos de normalización toman cada día mayor importancia por lo que se deben tener en cuenta las normas de calidad de los materiales de que disponen; las normas de calidad en el proceso de construcción y montaje; normas de calidad para el control de los procesos de protección anticorrosiva; los 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.

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.

El personal de conservación del museo no se rige por ninguna norma, solamente pulen los vehículos con un paño seco. Esto no constituye un método de conservación en sí, sino medidas preventivas de limpieza. Para el sistema de pintura aplicado no se tuvo en cuenta el grado de limpieza de superficie necesario según la norma (ISO 12944 - 4: 2007), el grado de agresividad corrosiva y la durabilidad del sistema de pintura que se quiere lograr en este vehículo, lo que determinaría el espesor y número de capas de pintura, entre otras especificidades, como los períodos de re-conservación.

Como se pudo observar no se cumplen las normas de conservación cubanas e internacionales ya que a los vehículos en cuestión no se le ha realizado ningún método de conservación y protección o el que tiene aplicado desde su adquisición, no ha sido restaurado.

## **2.5. Historia del problema.**

En este acápite se tiene en cuenta los antecedentes del problema, que incluye historia en los años de servicio de los vehículos, así como la acción de factores físicos, químicos, biológicos y combinación de ellos, sin profundizar en los mismos; el diagnóstico de la corrosión y protección en el área de haberse

realizado con anterioridad. Puede incluir video, toma fotográfica, muestras, mediciones, etc.

Cronológicamente se reflejan desde 1836 hasta la actualidad, las etapas colonial, republicana y revolucionaria, a través de objetos de inestimable valor como la bomba para incendio American la France y el auto de rescate y salvamento General Motors, los cuales en este momento se exponen solo como piezas museables.

➤ **Bomba para incendio (American la France) (Anexo 2 fig. 2.12)**

Este vehículo arriba a Cárdenas, Matanzas alrededor de 1945 cuando José Arechabala, S.A. (hoy CAI José Antonio Echeverría) con un magnífico servicio de incendio en su constante mejoramiento industrial decide agregar a su equipamiento la bomba para incendios bautizado con el nombre de "José F. Iturrioz " construida bajo la marca de American la France Foamite, la más adelantada en el mercado en su época y se creía que era la única existente en el país. (fig.2.1)

Dentro de las principales características se tiene:

- Triple combinación, con bomba de 1000 galones de agua dulce o salada.
- Motor de 240 caballos de fuerza.
- Tanque para agua con capacidad para 300 galones.
- Dos carretes 300 pies de manguera para producto químico.
- Cuatro cilindros cargados de bióxido de carbono.
- 5000 pies de mangueras de goma y lona con características especiales propicias para enfrentar grandes incendios.



Fig.2.1. Muestra la noticia de la llegada del American la France al Cuerpo de Bomberos de Arechabala, S.A.

➤ **Auto de rescate y salvamento (General Motors)(Anexo 2 fig. 2.1)**

Es de procedencia norteamericana, fue adquirido 1937 por el cuerpo de bomberos de la industria José Arechabala, utilizándose como carro de auxilio hasta 1990.

Uno de los hechos lamentables ocurridos en la industria en el cual participaron ambos carros fue el incendio ocurrido en una de las secciones de la Refinería de dicha industria. El incendio fue contenido prontamente por los servicios de los Bomberos Municipales y por los que cuenta la propia industria. El incendio fue puramente casual y el pueblo estuvo presente mostrando su ayuda debido a la importancia que esta representaba para la prosperidad cardenense, calculándose las pérdidas en unos cien mil pesos y reconstruyéndose ya lo afectado para no entorpecer la buena marcha del funcionamiento de la Refinería.

## **2.6. 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.

Las fotos fueron tomadas por un profesional con una cámara de *Olympus*, las cuales sirvieron para realizar un detallado análisis interior y exterior de los problemas de diseño anticorrosivo, así como los principales tipos de corrosión que afectan estas estructuras, concluyendo que estos vehículos presentan un avanzado deterioro siendo necesario realizar un trabajo de conservación en su totalidad para evitar la degradación del patrimonio histórico de la ciudad. (Anexo 2)

## **2.7. Análisis del problema. Propuesta de soluciones.**

Se realiza un análisis más profundo de los problemas que presentan los vehículos, utilizando información presentada en el capítulo anterior y abarcando la propuesta para darle solución a estos problemas.

### **2.7.1. Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.**

Se basa en identificar el tipo de corrosión y con ello las causas que la originan, 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 esto 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.

Es preciso tener en cuenta los daños físicos y químicos que afectan por corrosión, precisando los tipos de corrosión más comunes, descripción detallada de los mecanismos y los factores que influyen; así como, los daños biológicos y/o biodeterioros, precisando también los tipos y factores que influyen. Cada uno debe ser analizado profundamente considerando todos los elementos.

Alguno de los principales tipos de corrosión detectados son:

- Corrosión intersticial.
- Corrosión interfacial.
- Corrosión por picaduras.
- Corrosión galvánica por par metálico.
- Corrosión galvánica por celdas aireación diferencial.
- Corrosión atmosférica húmeda y mojada.

Estos se pueden observar en el *Anexo 2 (Fig. 2.2 a 2.11 y 2.13. a2.18)*

## **2.8. 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. Tiene en cuenta aspectos económicos en correspondencia con las Normas Internacionales actualmente vigentes. También se tienen en cuenta 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. Por último se considera el impacto ambiental como resultado del problema de corrosión y las posibles afectaciones.

Los vehículos General Motors y American la France a pesar de presentar un avanzado deterioro no han sido objeto de ningún análisis para determinar o evaluar la magnitud de daños, por lo que se hace necesario la aplicación de tratamientos de conservación, porque aunque hayan cumplido su tiempo de vida

útil constituyen piezas de nuestro patrimonio cultural expuestas a condiciones de alta agresividad corrosiva.

Los problemas de corrosión en ambos carros no provocan afectaciones al medio como tal, pero sí causan pérdidas al valor patrimonial del mismo, lo que implica afectaciones sociales.

## **2.9. Medidas que deben aplicarse.**

Proponer 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 y otras medidas que normalmente no se consideran métodos de conservación y/o protección. Ubicación de las instalaciones, apantallamiento con vegetación, etc.

Con el objetivo de lograr la protección apropiada de la bomba para incendio y el carro de auxilio, se pueden orientar una sucesión de medidas las cuales pueden ser:

- La limpieza diaria de todas las áreas teniendo en cuenta tanto las zonas en el exterior como interior de los vehículos con paño húmedo y seco.
- Colocar una lona a la estructura durante las horas de la noche y madrugada, para evitar el humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia y la deposición de contaminantes situados por el viento en las horas en que se encuentra cerrada la instalación.
- En ambos vehículos, es necesario abrir periódicamente el capó para evitar que se genere corrosión microbiológica.
- El General Motors y el American la France tienen más del 1% de la superficie pintada dañada, por lo que es necesario seleccionar y aplicar un sistema de pintura adecuado para las condiciones de exposición (atmosféricas) y la durabilidad que se quiere lograr de esta.
- Brindar solución a los problemas de diseño anticorrosivo que se muestren que no impliquen cambios en su estructura, para que de esta forma no se pierda el valor patrimonial de la pieza,

- Para evitar el deterioro del sistema protector de pintura anticorrosiva y otros sistemas protectores se debe cumplir anualmente el mantenimiento del vehículo y la restauración parcial del recubrimiento en caso de que haya sido dañado en algún punto.

#### **2.10. 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. Se seleccionan en base a las características del sistema y se fundamentan convenientemente. Dentro de estos 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.

Los recubrimientos de pintura, por varias razones de índoles técnica y económica, constituyen el método más utilizado en la protección contra la corrosión de materiales metálicos. La vida útil de un recubrimiento de pintura y su efectividad como método de prevención de la corrosión dependerán, en gran medida, de una adecuada selección y/o diseño del sistema de protección, de apropiadas preparación de superficie y aplicación del recubrimiento, de la supervisión e inspección a pie de obra y del control de calidad de las pinturas y de los sistemas protegidos. . Al respecto la Norma UNE-EN ISO 12944-4:2007 establece todos los aspectos a tener en cuenta en la elaboración, ejecución y control de un proyecto de pintura.

La durabilidad de un sistema de pintura se garantiza en mayor grado con una buena preparación de la superficie, y esto precisamente es uno de los aspectos en que se presentan mayores deficiencias. La preparación de la superficie metálica antes de aplicar un recubrimiento de pintura, está en función del nivel de

corrosividad del acero, es decir, a medida que aumente la categoría de corrosión, aumentará la exigencia en cuanto a la preparación de la superficie metálica.

En general en la preparación de superficie, se hace necesario primeramente, eliminar todo tipo de partícula de suciedad, contaminante, grasa, etc.

Por tanto la preparación de la superficie se puede resumir en los siguientes pasos:

- Eliminación de óxido y películas de pintura desprendibles.
- Descontaminación de la superficie metálica. Por lo anterior el lavado de la superficie, además de eliminar el polvo de la operación anterior, disuelve y arrastra todas las sales depositadas y fundamentalmente las antes señaladas que son fuertes y solubles.
- Fosfatación como recubrimiento temporal y acabado de la superficie. Como se observa de lo planteado con anterioridad, con respecto al proceso de formación de la capa de fosfato, es necesario que transcurra cierto tiempo, una vez aplicada la misma y convertido todo el óxido de la superficie, operación que en ocasiones conlleva más de una aplicación.

En ambos autos además de la pintura, se puede aplicar mástique asfáltico, disolución de fosfado, grasas anticorrosivas semisólida y líquida y cera abrillantadora, que garantizan la conservación de estos vehículos. Los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión, pueden ser resueltos con el uso de estos productos.

### **2.11. Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC)**

A los carros de bombero American la France y General Motors, se le aplica protección con pintura anticorrosiva, pero no es suficiente si no se resuelven los problemas de diseño anticorrosivo que están propiciando el desarrollo de la corrosión, como se evidencia en (*Anexo2*). La implementación de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), sería la solución correcta, ya que este sistema es el único conocido que ofrece soluciones a estos problemas

con productos nacionales, a más bajo costo que los del mercado internacional. La solución a los problemas de diseño anticorrosivo se desarrolla en varias etapas:

1ra Etapa: Solución a los problemas de diseño anticorrosivo antes de pintar.

(Rebajar bordes, emparejar soldaduras, abrir orificios de drenaje, retirar pernos.)

Intermedio: Preparación de la superficie metálica con métodos manual mecanizado y disolución de fosfatado. Posteriormente se aplica el recubrimiento de pintura anticorrosiva.

2da Etapa: Solución a los problemas de diseño anticorrosivo después de pintar.

(sellar resquicios, atomizar grasa en componentes huecos, crear superficies inclinadas en zonas de acumulación de depósitos y humedad, limpiar, pintar y colocar pernos sellando los resquicios que se forman en el acople).

En la aplicación del Servicio DUCAR a los vehículos, primeramente se identificaron los problemas de diseño anticorrosivo que presentan: todos los tipos de corrosión presentes en los componentes estructurales; los problemas de protección por recubrimientos y otros que se detectaron en los equipos y la aplicación de técnicas de conservación en los distintos componentes y recubrimientos.

Cada producto especialmente preparado para dar el servicio en específico los que no se encuentran en explotación, tienen su función y característica específica:

1. La disolución de fosfatado (DISTIN 504) es un producto para el tratamiento de superficies oxidadas que elimina y convierte el óxido, formando una capa protectora y adherente, diseñado para penetrar en los intersticios, tratamiento inmediato sobre superficies oxidadas que elimina, convierte el óxido, sella y formando una capa protectora y adherente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera. (Anexo 5)
2. La grasa semisólida conservante y lubricante (DISTIN 314) 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. Se utiliza en los pernos cuando van a ser retirados periódicamente. (Anexo 6)

3. Mástique Asfáltico Semisólido con goma (DISTIN 404), 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. Se aconseja también para crear superficies inclinadas. (Anexo 7)

4. Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida. (DISTIN 603L), es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales por su composición líquida penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causantes del deterioro de las pinturas. También se utiliza para aislar metales de diferente naturaleza. Además, para el caso de estos vehículos, la mayoría de los resquicios, por estar en zonas visibles al público, se deben sellar usando varias capas de este producto. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. (Anexo 8)

Las fichas técnicas de los productos anticorrosivos especificados anteriormente son mostradas en el *Anexos 5-8*.

## **2.12. Propuesta de un sistema de pintura.**

Para la selección adecuada del sistema, se debe en primer lugar consultar la Norma ISO 12944-5: 2007, en la cual se exponen varias tablas donde se registran diferentes tipos de sistemas de pinturas, en correspondencia con las condiciones de agresividad predominante en la zona analizada.

Un primer factor con mucha influencia en la durabilidad de los sistemas de pintura, en ambientes de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, es el diseño anticorrosivo, al respecto se han desarrollado diferentes trabajos (Echeverría, 2012), que confirman esta afirmación. Un segundo aspecto reconocido en toda la literatura consultada es la preparación superficial, en lo que influye con mucha frecuencia el diseño anticorrosivo antes mencionado (ISO 12 944-4 2007). Se comprende que en la durabilidad de los sistemas de pintura, resulta fundamental la agresividad del medio corrosivo, el estado de la superficie metálica y en correspondencia, hay que establecer, el tipo de tratamiento superficial a utilizar y los espesores de recubrimiento que deben ser aplicados, entre otros factores.

Conociendo el grado de agresividad corrosiva de la atmósfera, que para este caso es de C4, la Norma ISO 12 944-5 2007, establece en la Tabla A-4 para esta categoría, los sistemas de pintura a emplear. Se precisa fijar por tanto la durabilidad que se desea obtener del recubrimiento que se aplicará, que en el caso de estudio, se desea baja, ya que son los más empleados en la actualidad. En esto incide falta de cultura y experiencia en las condiciones climáticas de Cuba, pero además, el SIPAYC que se propone, debe reponerse a los cinco años, aunque, como estos vehículos son piezas museables, que no están en explotación, se puede estudiar la posibilidad de que el SIPAYC, tenga durabilidad media hasta 15 años, por lo que el sistema de pintura debe cumplir con este requisito.

Se selecciona el sistema de pintura S4.09, que recomienda un grado de preparación de la superficie Sa 2 ½, presenta una capa de imprimación de 80µm

de 1-2 capas y el ligante para esta capa es acrílico, 2-3 capas de acabado también de acrílico con un espesor de 160µm para un total de 3-5 capas con un espesor total del sistema de 240µm.

Para seleccionar la pintura adecuada para las capas primarias y de acabado (incluyendo la intermedia) se consultaron las fichas técnicas de pintura de la firma HEMPEL. Los rangos recomendados para el espesor final del sistema de pinturas con agresividad ambiental alta son de 140-250 micrones.

A partir de las características analizadas de los vehículos se selecciona la pintura adecuada para las capas primarias y de acabado consultando las fichas técnicas de pintura del catálogo HEMPEL, el cual brinda los siguientes resultados:

Por su uso recomendado en superficies de acero de diferentes estructuras y presentar buen poder anticorrosivo, gran retención de color y una buena impermeabilidad al agua dulce y salada, se escogió la pintura Hempel's acrílica alto espesor 466E0 Rojo Inglés 0062E, pintura de tipo acrílica modificada, para emplearla como capa de imprimación y acabado con diluyente THINNER 08080. Su ficha técnica se puede apreciar en el *anexo 9*.

Con 1 capa de imprimación obtengo un espesor de 80µm (micras) y con 2 de acabado logro alcanzar 160µm, sumando un espesor total del sistema de 240 µm, tal como lo requiere el sistema de pintura seleccionado. Se aplicará la pintura de color rojo, para así conservar el valor patrimonial de los vehículos.

Para la obtención del volumen real de pintura que se va a consumir en cada uno de los autos fue calculada el área de cada uno de los autos, 40m<sup>2</sup> para el General Motors y 65 m<sup>2</sup> para el American la France, Luego se dividen estas áreas entre el rendimiento teórico, que en este caso es de 4.5 m<sup>2</sup>/litro.

A partir de estos resultados, fue posible calcular el gasto total de pintura y su precio.

Se usará en el caso del General Motors 10 litros de primario a un costo de 36,1 CUC y 20 litros de acabado a un costo de 72 CUC. Para el American la France, se necesitará 15 litros de primario a un costo de 54,15 CUC y de acabado 30 litros a

un costo de 108,30 CUC. De acuerdo con esto, el costo total de pintura para el General Motors es de 108,1 CUC y para el American la France es de 162.45 CUC.

Estos valores de consumo y precio de la pintura es el que se debe manejar en la ficha de costo de los trabajos de pintado, cuando el museo haya definido qué entidad realizará esta labor.

### **2.13. Valoración económica.**

Para la valoración económica del auto de rescate General Motors y la bomba para incendio American la France se ha analizado las condiciones actuales de los vehículos, a través de la propuesta de conservación de los mismos aplicando el SIPAYC, comparando sus resultados con los principales indicadores económicos de la aplicación del servicio DUCAR. En esta etapa mediante la elaboración de la Ficha de costo, procedimiento avalado por la Resolución Conjunta No.1 del Ministerio de Finanzas y Precios, se estará aplicando los documentos normativos establecidos.

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, definidas en su Ficha Técnica. (Ver Anexo 5-8). La capacidad productiva de los mismos se incrementa con el financiamiento aportado por los clientes.

En nuestro país existe un gran consumo de productos de conservación importados, los cuales poseen un valor monetario bastante alto, por lo que es muy beneficioso y eficiente el uso de productos DISTIN, elaborados en un 100% con materias primas nacionales, logrando así la sustitución de importaciones.

Las fichas de costos del SIPAYC propuesto para los carros de bomberos General Motors y American la France se muestran en los *anexos 10 y 11* respectivamente. El costo total por la aplicación de la conservación a estos vehículos es de 304,00 CUP para el General Motors y 331,70 CUP para American la France, sumando un total de 635,70 CUP.

El precio de aplicar el servicio en los vehículos estudiados es de 334,40 de CUP para el General Motors y de ello 32,60 CUC y en el caso del American la France es de 398,10 CUP y de ello 45,40 CUC.

#### **2.14. Valoración del impacto social.**

Existen diferentes actividades que se desarrollan en el museo logrando así un mayor acercamiento de la comunidad con la institución, brindando opciones recreativas, culturales y científicas que permiten contribuir al conocimiento y bienestar de la población.

Quienes visitan las instalaciones de este museo, se ponen en contacto con, entre otras piezas, los vehículos cuyo componente estructural está conformado de material metálico fundamentalmente, que se deteriora en un ambiente impregnado de aerosol marino, agente agresivo causante del deterioro de esas estructuras.

Según Galindo (2015), este trabajo tiene significación por el uso de los productos marca DISTIN para la conservación de las piezas metálicas, desde diferentes dimensiones:

- Para el patrimonio cultural.

Según los criterios de algunos de los trabajadores en esta área, los productos son muy importantes porque satisfacen, en alguna medida, la demanda de productos para la conservación de superficies metálicas, que requieren productos específicos para su mantenimiento. Constituye una forma de salvaguardar los objetos que son portadores materiales de una parte de la historia, hechos representativos, de personalidades de relevancia y son expresión además, de la huella que dejan los hombres en la tierra. Ellos permiten que se cumplan de forma eficiente las funciones relacionadas con la exposición, comunicación y educación en los museos.

- Para la cultura.

Los productos marca DISTIN son significativos porque su uso contribuye a preservar los valores identitarios, las costumbres, las tradiciones y potenciar el sentido de pertenencia. Ellos, incluso opinan que con estos productos se hace posible mantener la memoria histórica colectiva y legar a las generaciones futuras un patrimonio cultural vivo, a través de las exposiciones y muestras del mes.

- Para la ciencia y la innovación tecnológica.

Los ejecutores de los Proyectos Empresariales que desarrollan los SIPAYC, opinan que estos productos marca DISTIN elaborados en el Centro de Estudios Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) demuestran la eficiencia de los sistemas que se proponen en esta área. A su vez, consideran que inciden en la creación de derivados de estos productos porque para cada museo y piezas, se elaboran tecnologías específicas.

Además, propone la confección de derivados de productos, de una misma categoría, que evidencian el desarrollo alcanzado por el CEAT en todos estos años.

## **Conclusiones parciales del Capítulo II**

1. La instalación presenta una agresividad corrosiva alta, la cual podría ser extrema por la cercanía a la costa, pero disminuye por apantallamiento del área.
2. En los vehículos el material predominante es el acero al carbono estructural, el cual aunque tiene propiedades adecuadas para la fabricación de los vehículos en cuestión, tiene baja resistencia a la corrosión.
3. Los problemas de diseño anticorrosivos potencian en gran medida las condiciones para el desarrollo del fenómeno de corrosión.
4. Fue necesario escoger un sistema de protección anticorrosiva con pinturas (S4.09) cuyo ligante de imprimación y acabado es acrílico, debido a que es un método adecuado y de gran efectividad.
5. Las diferentes actividades que se desarrollan en el museo logran una gran vinculación de la comunidad con la institución, brindando opciones que permiten contribuir al conocimiento y bienestar de la población.

# CAPÍTULO III: Análisis de los resultados.

---

En este capítulo serán analizados los resultados obtenidos en el Capítulo II luego de ser aplicada la metodología para el análisis y solución de los problemas de corrosión en los vehículos estudiados.

## **3.1. Análisis de la identificación del problema.**

Como parte de la identificación del problema se realiza un diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo en las estructuras de los carros de bomberos General Motors y América la France (Fig. 3.1 y 3.2).



*Fig. 3.1. Vehículo de auxilio General Motors*



*Fig. 3.2. Bomba para incendio American la France*

Se comprueba además el estado de deterioro de estos vehículos, cuyo sistema protector de pintura está dañado y vencido su tiempo de vida útil. Por otra parte, se vio evidente la falta de métodos de conservación, necesarios en un ambiente urbano y costero donde supone la presencia de contaminantes, los cuales propician el desarrollo del fenómeno de corrosión sobre estructuras metálicas, bastante apreciables en los vehículos caso de estudio.

### **3.1.1. Análisis de la caracterización atmosférica del ambiente de estudio.**

El carro de auxilio General Motors y la Bomba para incendio American la France se exhiben en el Museo de Bomberos de la Ciudad de Matanzas. Según lo planteado por (Feliú, 1971), se clasifica la atmósfera como marina-urbano-industrial, con una gran incidencia por el aerosol marino proveniente de la cercanía del mar y la contaminación de los gases resultantes de la combustión de los automóviles y las industrias de la zona. La contaminación que predomina es la del aerosol marino que varía estacionalmente siendo mayor en invierno que en

verano; le sigue la urbana por estar dentro de la ciudad, pero depende de la cantidad de autos y las actividades que generen contaminación que pueda llegar hasta la instalación y por último la industrial que depende de la dirección del viento que puede arrastrar los gases de las industrias cuando estas están en proceso. El viento juega un papel importante en el traslado de los contaminantes hasta la instalación.

Según el mapa de agresividad corrosiva de la isla de Cuba (*Anexo 4*), atendiendo a la distancia de la costa a menos de 1Km, pudiera ser una atmósfera de agresividad extrema; pero el apantallamiento que provocan las paredes de la propia instalación, disminuyen la concentración de contaminantes provenientes del aerosol marino (cloruros y sulfatos). No obstante, debido a que en el museo se ponen a funcionar a diario a carros que son utilizados para uso del mismo, aumenta puntualmente la contaminación por SO<sub>2</sub> antropogénico, que influye en la agresividad corrosiva dentro de la instalación. La agresividad corrosiva de la atmósfera en este ambiente se considera alta y se clasifica como C4, aunque en determinados momentos pudiera ser extrema por la combinación de la contaminación marina con la antropogénica.

### **3.1.2. Análisis de la caracterización de los materiales.**

Los vehículos estudiados presentan en su estructura materiales como acero al carbono estructural, vidrio, caucho y materiales compuestos. De estos, es el acero al carbono el que mayor interés despierta por su baja resistencia a la corrosión y por ser el más abundante en los carros, lo que obliga a protegerlo debidamente.

Atendiendo al diagrama Hierro-Carbono (Fe-C) (*Ver Anexo 12*), las características de estas aleaciones y sus propiedades las avalan para el uso en estas estructuras.

**El acero al carbono estructural**, con una composición media de carbono de 0.4 – 0.6 % C, ubicado en los aceros hipoeutectoides, presenta excelentes propiedades mecánicas, buena soldabilidad, que le han permitido convertirse en el material idóneo para la confección de estructuras metálicas. El 90 % de la

producción siderúrgica es de acero común, que se utiliza en la mayoría de los casos sin tratamiento térmico (Guliáev, 1978). Este acero de composición por debajo de 0.8 % consta en su estructura de ferrita y perlita. El carbono en la estructura ayuda a elevar su resistencia y disminuye la plasticidad. Por otra parte, su composición le confiere, también, una estructura de muy baja resistencia a la corrosión por lo que debe ser protegido. Este material está en contacto con la atmósfera contaminada con aerosol marino, gases de combustión de los automóviles y de las industrias cercanas a la instalación.

**Las fundiciones**, con una composición de carbono entre 2,14 y 6,67 % C, presentan en sus estructura perlita, cementita y ledeburita. Son más baratas y poseen mayor resistencia a la corrosión en comparación con el acero, pero son más duras y frágiles. También deben ser protegidas porque se corroen frente a la atmósfera contaminada.

**El vidrio** utilizado en las ventanas y parabrisas de los vehículos no sufre deterioro a la atmósfera, siendo un material que posee buena resistencia al medio por su propiedad de tener una elevada resistencia, proveniente de los enlaces entre el silicio y los radicales de oxígeno presentes en sus fibras, además de tener excelente resistencia mecánica específica (resistencia a la tracción/densidad), resistencia a la humedad y resistencia al ataque de agentes químicos

**El caucho sintético** también forma parte del carro, y es empleado específicamente en la construcción de las gomas, las juntas de las puertas y en las ventanas. El mismo presenta propiedades como la flexibilidad y elasticidad. Este material además es inerte ante los contaminantes atmosféricos, aunque el oxígeno y los microorganismos pueden deteriorarlo. En estas estructuras se puede apreciar que el material está gravemente dañado ya que presenta cuarteaduras ocasionadas por la exposición al oxígeno atmosférico por tiempo prolongado.

### **3.2. Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo principales.**

En las figuras 2.2 a 2.11 y 2.13 a 2.18 del *anexo 2* se muestran los problemas de

diseño anticorrosivo relacionados en la Norma UNE-EN ISO 12944-3:2007, que aparecen en los vehículos estudiados, entre los que se encuentran problemas de accesibilidad, acumulación de depósitos y humedad, conexiones con pernos, bordes, imperfecciones en la superficie de la soldadura, corrosión galvánica por par metálico, refuerzo, tratamiento de orificios, componente hueco y problemas de preparación de superficies. Estos problemas hacen más vulnerables las estructuras frente al fenómeno de corrosión. En la etapa de diseño, atendiendo a la función y a las condiciones de trabajo a las cuales estarían expuesto en su tiempo de vida útil, se debió analizar los problemas de diseño antes planteados, así como, un sistema de protección y conservación anticorrosiva. Sin embargo, el incumplimiento de las normas genera hoy, grandes problemas de deterioro en estos vehículos. A continuación se detallan las particularidades de los problemas presentes en las estructuras.

➤ Accesibilidad

Está presente principalmente en la bomba para incendio American la France debido a su complejo diseño y la cantidad de accesorios ubicados en la parte trasera del mismo Fig. 3.3. Es un espacio donde se dificultan las labores para la protección anticorrosiva y el mantenimiento por ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad. En cuanto a este problema la norma no sugiere solución cuando aparece. El SIPAYC propone una solución que se verá más adelante.



*Fig. 3.3. Zonas con problemas de accesibilidad*

➤ Acumulación de depósitos y humedad

Se presenta en ambos vehículos por la cantidad de superficie plana que presenta, además como son piezas museables y debido a la escasez de agua en la instalación se observa gran cantidad de polvo y suciedad. Teniendo en cuenta, que el polvo es higroscópico, que en él se inoculan contaminantes y especies microbiológicas, se crean las condiciones propicias para que se desencadenen diferentes tipos de corrosión como la electroquímica atmosférica húmeda y en algunos casos la microbiológica.

➤ Conexiones con pernos

Las conexiones con pernos traen como consecuencia la formación de resquicios y la presencia de la corrosión electroquímica a través de disímiles mecanismos ejemplo de ello es la corrosión intersticial localizada. Se observa también la celda galvánica por par metálico al ponerse en contacto el acero de los pernos con el acero estructural de la carrocería de los vehículos, ya que el primero es menos activo y se reduce y el segundo es más activo y se oxida.

➤ Bordes

Estos son producidos por lo general desde el proceso mismo de fabricación o por las rebabas resultantes en los tornos y taladradoras. Los bordes filosos o irregulares, evidentes en estas estructuras, crean grietas donde puede desarrollarse la corrosión, además no permite la aplicación de un sistema protector uniforme, ni de espesor adecuado. En estos puntos que están presentes en los dos carros, el material es atacado con mayor rapidez e intensidad por la corrosión, que en la superficie adyacente, ya que en ellos se forman resquicios e irregularidades donde los contaminantes y la humedad se acumulan y desarrollan celdas de aireación diferencial.

➤ Imperfecciones en la superficie de la soldadura

Tienen que estar libres de imperfecciones (aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema protector de pintura. Tanto en el General Motor como en el American la France se presenta este problema en las uniones de los accesorios soldados, como guardafangos y en los refuerzos. Se observa que en las irregularidades de la

soldadura, aparecen puntos de corrosión (celdas), por la acumulación de humedad y contaminantes en ellas. El recubrimiento en esta zona, está dañado y se observa una coloración pardo-rojiza, característica de los productos de corrosión, sobre el cordón de soldadura.

➤ Corrosión galvánica por par metálico

Existe una continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), se corroe el metal menos noble de los dos. La formación de este par metálico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble, que depende entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas y la naturaleza y período de acción del electrolito.

➤ Refuerzos

En ambos vehículos aparecen refuerzos de diferentes materiales como acero, hierro fundido y aluminio, ajustados con pernos, donde aparecen resquicios y par metálico. Por el espesor del refuerzo, también hay acumulación de depósitos, humedad y presencia de contaminantes.

➤ Tratamiento de orificios o resquicios

Estos orificios se encuentran en diferentes puntos de las estructuras metálicas de los vehículos, específicamente en las uniones metal-metal donde hay presencia de humedad y contaminantes como el polvo y otras materias que desencadenan el problema de la corrosión electroquímica atmosférica intersticial. Según la norma, los espacios deben ser rellenados con soldadura en el caso de las uniones metal-metal, pero esta solución no siempre es posible, por lo que es necesario emplear productos con este mismo fin.

➤ Área cerrada y componente hueco

El área cerrada y los componentes huecos se observa en las puertas de los dos vehículos, en el interior de estos penetra el aire con humedad y contaminantes como los iones cloruro y sulfato del aerosol marino y se desarrolla la corrosión de adentro hacia afuera. Al igual que en áreas cerradas 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. (fig.3.4)



*Fig. 3.4. Áreas cerradas*

➤ Problemas de preparación superficial

Es aceptado que las fallas de los recubrimientos antes del tiempo de vida útil se deben en un alto porcentaje a deficiencias en la preparación de la superficie, los cuales comprenden los tratamientos físicos y químicos que deben realizarse antes de aplicar la primera capa de pintura sobre la superficie. Una buena preparación es esencial para su eficaz protección y para su aspecto visual final. La preparación de la superficie suele ser la parte más larga y de mayor gravedad para la operación de pintado. Las superficies, una vez tratadas, deben de estar totalmente exentas de: polvo, material mal adherido, aceite, grasas, agua. Así, es un axioma que un recubrimiento duradero se logra con una mayor calidad de la preparación de la superficie. Puede emplearse una pintura costosa, de la mayor calidad, para lograr la máxima protección de un objeto y suceder que debido a una deficiente preparación superficial, el recubrimiento se deteriore con rapidez, mientras que si se aplica un recubrimiento de calidad media sobre una superficie convenientemente preparada, la pintura puede desarrollar las propiedades esperadas y proteger satisfactoriamente el objeto. Cuando la superficie

queda sucia debajo de la pintura, se desencadena la corrosión interfacial. En esta los contaminantes y la humedad atrapados debajo del recubrimiento, forman celdas de concentración y se oxida el metal provocando su deterioro y el desprendimiento de la capa de pintura. También ocurre cuando el recubrimiento de pintura por estar vencido o poroso, permite la penetración de la humedad y los agentes corrosivos hasta la superficie del metal. (Fig. 3.4)



*Fig. 3.4 Problemas de preparación superficial*

### **3.3. Análisis de los tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen.**

La corrosión está presente en todas las estructuras de ambos vehículos, la misma se caracteriza como corrosión electroquímica la cual se ve favorecida por la humedad que propicia el transporte electrónico de las especies actuantes, la concentración de oxígeno y contaminantes que aceleran el proceso corrosivo. Esta que también es corrosión atmosférica por el medio en que se desarrolla, tiene una relación directa con el viento que transporta el aerosol marino y eleva la concentración de contaminantes en la zona, sobre todo en períodos de invierno, cuando las masas de aire frío penetran en la isla. Pero el viento también puede arrastrar contaminantes de la superficie metálica y disminuir el ataque corrosivo. La lluvia por su parte, influye aumentando la humedad y por ende favoreciendo la corrosión, pero también pueden lavar la superficie arrastrando parte de los

contaminantes y disminuyendo la corrosión. El polvo como ya hemos mencionado, adsorbe humedad y contaminantes sobre la superficie metálica y ayuda a la corrosión. La temperatura puede favorecer el proceso corrosivo catalizándolo, pero también puede secar la superficie metálica y detener la corrosión. De todos estos factores el de mayor influencia es la concentración de contaminantes que determina la intensidad del ataque corrosivo.

Debido a la humedad reinante en este ambiente, la **corrosión atmosférica húmeda**, está presente la mayor parte del tiempo, pero la **mojada** también tiene lugar, porque dentro de la edificación en las horas de la madrugada ocurre la condensación de humedad, que ha sido percibida en forma de rocío por el personal encargado de estas piezas. No obstante, la húmeda desarrolla un mecanismo más rápido, porque en la difusión de los agentes corrosivos estos tienen que atravesar una barrera menor hasta la superficie metálica.

Por los problemas de diseño anticorrosivo presentes, tiene gran incidencia la **corrosión intersticial**, porque en estas estructuras, son frecuentes los acoples entre partes metálicas y con otros materiales. En ellos la humedad y los contaminantes encuentran puntos de acumulación por donde el material se deteriora. También se forman intersticios en los pernos y en los refuerzos. La corrosión galvánica tiene lugar de dos formas: por **par metálico** (entre pernos y la superficie del componente estructural) y por **celdas de aireación diferencial**, que aparece en varios puntos de la estructura, donde se crean diferencias de concentración de oxígeno bajo depósitos de materias, sales y otros, dando lugar a la formación de ánodos con sus respectivos cátodos alrededor. Esta última tiene lugar en zonas de acumulación de depósitos y humedad y también puede ocurrir donde se forman resquicios.

**La corrosión por picadura** se pone de manifiesto cuando un ion activo como cloruros, bromuros, yoduros o sulfatos actúa sobre la capa pasiva, se rompe la capa pasiva en un punto de muy pequeño diámetro y en ese punto se forma un ánodo, siendo el cátodo toda la superficie pasiva donde se puede reducir el agente oxidante. En estas condiciones con un ánodo muy pequeño y un cátodo muy

grande, la densidad de corriente anódica es extremadamente elevada, del orden de la corriente crítica y tiene lugar en el interior de la picadura, por eso esa picadura progresa rápidamente y pasa de un lado a otro de la pared del metal pasivo. Para evitar este tipo de corrosión no se pueden poner en contacto con iones activos todos los metales pasivos, solamente aquellos que ofrecen resistencia a este tipo de fenómeno.

Debajo de la interface acero pintura y en lugares donde se ve dañado el recubrimiento en los vehículos, tiene lugar la corrosión **interfacial** debido al envejecimiento de la protección anticorrosiva y a no cumplir las normas de limpieza de la superficie antes de pintar, pues se observa que se ha aplicado recubrimiento sobre restos de otros anteriores.

Entre los factores que se consideran más influyentes en la corrosión que tiene lugar en las piezas del museo Bomberos de Matanzas, el viento juega un papel fundamental, ya que es el principal encargado de arrastrar los contaminantes, provenientes del aerosol marino y de las fuentes antropogénicas, que intensifican el ataque corrosivo de manera considerable sobre el metal. Estudios realizados avalan la afirmación de que los mayores deterioros de estructuras metálicas se alcanzan en la costa norte por donde hay mayor penetración de los vientos. Además, esto es más evidente en períodos de invierno cuando las masas de aire polar llegan al territorio de Cuba por la costa norte y arrastran mayor cantidad de aerosol marino hacia el interior de la isla, lo que da a este contaminante carácter estacional.(Medina,2015)

La temperatura en esta edificación es media y las variaciones más evidentes ocurren en las madrugadas, cuando disminuyen con respecto a las horas del día. La mayor influencia de la temperatura en esta instalación es en la variación de la humedad relativa.

Las precipitaciones, influyen también en el aumento de la humedad relativa en la zona y por ende, dentro de la edificación del museo.

### **3.4. Análisis del cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales.**

Origina una serie de violaciones el no cumplir las normas de calidad y aspectos legales en cuanto a estos vehículos, contribuyendo al aumento e intensificación de su deterioro. Al estar vencido el recubrimiento anticorrosivo y no ser aplicada una conservación, constituyen irregularidades en cuanto a lo establecido en las normas para la protección anticorrosiva de metales. Como no existe la preparación y no están implementadas las normas ISO, las escasas medidas preventivas de limpieza que se aplican, no tienen la regularidad ni el efecto deseado, por lo que poco o ningún efecto positivo pueden causar en las estructuras metálicas, de ahí su evidente deterioro y el daño al valor patrimonial de las piezas.

### **3.5. Análisis de las medidas propuestas para solucionar el problema del deterioro por corrosión en el carro de auxilio General Motors y la bomba para incendio American la France.**

Con el fin de disminuir la corrosión en los vehículos en cuestión, se propone realizar la limpieza diaria de todas las áreas, tanto en el exterior como interior de los vehículos con paño húmedo y seco, para disminuir la deposición de humedad y contaminantes (iones cloruro y sulfato del aerosol marino), así como el polvo de la superficie metálica. Estos factores influyen en la ocurrencia del fenómeno de corrosión y si se eliminan, el proceso puede ser detenido o disminuido su efecto, como se ha expuesto con anterioridad.

La colocación de una lona para proteger las estructuras en horas de la madrugada, evita que se creen las condiciones de capa electrolítica durante estas horas, por lo que durante este tiempo los materiales estarán protegidos del humedecimiento de la superficie metálica a causa del rocío o la lluvia y la deposición de contaminantes situados por el viento en las horas en que se encuentra cerrada la instalación, se crea una barrera a la deposición de contaminantes, humedad y la condensación sobre esta superficie, por lo que se incide en factores de gran influencia en la corrosión.

La selección adecuada de un sistema de recubrimiento de pintura para las

condiciones atmosféricas expuestas es un método efectivo para la protección de los materiales. Pero debe tenerse especial cuidado con el cumplimiento de los requisitos estipulados, acerca de la limpieza superficial, número de capas, espesor de película protectora y además resolver los problemas de diseño anticorrosivo, para que el sistema de pintura que se seleccione tenga la durabilidad que se pretende lograr.

Al momento de dar solución a los problemas de diseño anticorrosivo se debe tener especial cuidado para no realizar modificaciones significativas ni evidentes en las estructuras evitando dañar así el valor patrimonial de las piezas museables.

Se deben realizar mantenimientos periódicos para evitar el deterioro del sistema protector de pintura anticorrosiva y otros sistemas protectores garantizando que estos no se deterioren significativamente, en poco tiempo, dejando el material sin protección.

El método de protección anticorrosiva más efectivo y completo, para las condiciones de exposición de las bombas de vapor y el auto cisterna, es el SIPAYC, que comprende todo lo propuesto acerca de la limpieza superficial, la solución a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión presentes en estas estructuras que se estudian y la pintura más adecuada para la atmósfera bajo la cual se encuentran expuestas las piezas.

### **3.6. Análisis de la propuesta de aplicación del SIPAYC en los casos de estudio.**

Para la aplicación de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), deben ser seguidas las etapas con especial cuidado.

**En una primera etapa** (antes de ser pintado) deben ser resueltos los problemas de diseño anticorrosivo mediante el uso de métodos manual mecanizados. En los carros de bomberos General Motors y American la France se emparejan superficies de soldadura irregulares, para eliminar resquicios que en ellas se crean, además se realiza el biselado y redondeo de bordes empleando las herramientas necesarias y recomendadas para que las capas protectora de pintura se apliquen de forma uniforme y sean menos susceptibles al deterioro al

lograrse un espesor de película adecuado, también en aquellas zonas de acumulación de depósitos se deben abrir orificios de drenaje y crear superficies inclinadas, teniendo siempre cuidado de no dañar el valor patrimonial de los vehículos.

Se procede a retirar los pernos para limpiar la superficie que está debajo mediante método manual (cepillo de alambre).

Los vehículos caso de estudio presentan áreas inaccesibles en especial el American la France, estas áreas no se convierten en componentes huecos, ni deben ser modificadas, se deben atomizar productos de conservación, ya que se encuentran en lugares no visibles. No se convierte en área cerrada, ni se le crea una cubierta que se pueda poner y quitar, cada vez que sea necesario conservar, porque afectaría el valor patrimonial de los vehículos.

**Terminada la primera etapa** se realizará la preparación de la superficie metálica para lograr el grado de limpieza superficial de St 2. Luego se aplica el método químico con la disolución de fosfatado DISTIN 504, para lograr el grado de limpieza similar al Sa 2½, sugerido por la Norma UNE-EN ISO 12944-5: 2007, para el sistema de pintura seleccionado. Esta disolución reacciona con el material formando una capa uniforme de óxido metálico sobre la superficie, que provoca su pasivación y tiene como ventaja adicional, que no hay que aplicar el recubrimiento inmediatamente, sino que se debe esperar, como mínimo, 72 horas, para que cree la capa de fosfatos metálicos que actúa como protección temporal. Más tarde es aplicado el sistema de pintura que fue seleccionado según la norma UNE-EN ISO 12944-5:2007, atendiendo al grado de agresividad corrosiva C4 y la durabilidad media.

Se trata del sistema S4.09, que recomienda un grado de preparación de la superficie Sa 2 ½, presenta una capa de imprimación de 80µm y el ligante para esta capa es acrílico, 2 capas de acabado de acrílico, con un espesor de 160µm, para un total de 3 capas, con un espesor total del sistema de 240µm. La pintura a utilizar es del catálogo HEMPEL: acrílica alto espesor 466E0, para emplearla como capa de imprimación y acabado, de color rojo inglés 0062E.

**Como segunda etapa**, se le da solución a los problemas de diseño anticorrosivo empleando productos de conservación de fabricación nacional. En los orificios de acceso y drenaje que se abren en los componentes huecos, en la primera etapa, se atomizará Grasa Líquida DISTIN 314 L y así evitar la corrosión desde adentro hacia fuera por los contaminantes que quedan atrapados. En las zonas de acumulación de depósitos y humedad que no sean visibles, se crean superficies inclinadas utilizando mástique asfáltico semisólido con goma (DISTIN 404), con el objetivo de disminuir la concentración y la permanencia de los agentes contaminantes. En las zonas visibles se aplicará cera impermeabilizante y abrillantadora, para evitar que los depósitos y la humedad lleguen a la superficie pintada y de esta forma no se afecta la estética, ni el valor patrimonial de la pieza. En el caso de los pernos que son retirados en la etapa de limpieza se le aplica Disolución de Fosfato, se pintan y sellan con mástique asfáltico para luego ser aplicada la pintura, también se puede aplicar grasa semisólida DISTIN 314 en aquellos pernos que serán retirados periódicamente. De igual manera, los pernos visibles, serán tratados con cera impermeabilizante y abrillantadora.

Los resquicios, presentes en la estructura de estos vehículos, deben ser atomizados con grasa líquida DISTIN314L, en caso de que los orificios o resquicios presenten profundidades que no permitan lograr una efectiva penetración del mástique asfáltico y sellados con mástique asfáltico semisólido cuando no dañe la apariencia del vehículo y su valor patrimonial, en cuyo caso será aplicada cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 para sellarlos.

Como acabado será aplicado cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 sobre la pintura como capa protectora, confiriendo más impermeabilidad al agua y dándole brillo.

### **3.7. Análisis de los resultados de la valoración económica.**

El sistema de pinturas seleccionado satisface la durabilidad baja y media, lo que se aprovecha más, ya que tanto el General Motors como American la France son piezas museables, lo que puede extender la durabilidad del sistema que se

sugiere aplicar, hasta 15 años, en dependencia del comportamiento del recubrimiento y su poder protector.

Empleando el catálogo HEMPEL, se selecciona una pintura que cumpla con los requerimientos del sistema. Según lo calculado a partir de las áreas de ambos vehículos se necesitan de la Hempel's acrílica alto espesor 466E0 30 litros (primario y acabado) para el General Motors y para el American la France 45 litros (primario y acabado). Según la ficha técnica esta pintura presenta buena adherencia sobre acero, buen poder anticorrosivo y retención de color, además de tener una alta resistencia en ambiente con una agresividad corrosiva considerable como al que están expuestos los vehículos estudiados. Esta pintura puede ser usada como capa única o formando parte de un esquema ya sea como imprimación, intermedia o acabado en sistemas acrílicos o clorocaucho para superficies de acero, siendo una ventaja, pues se trata de un solo producto que satisface varias necesidades. Es válido señalar que el costo y precio de las labores de pintado deben ser calculadas por el cliente, una vez se haya decidido quién va a realizar el trabajo.

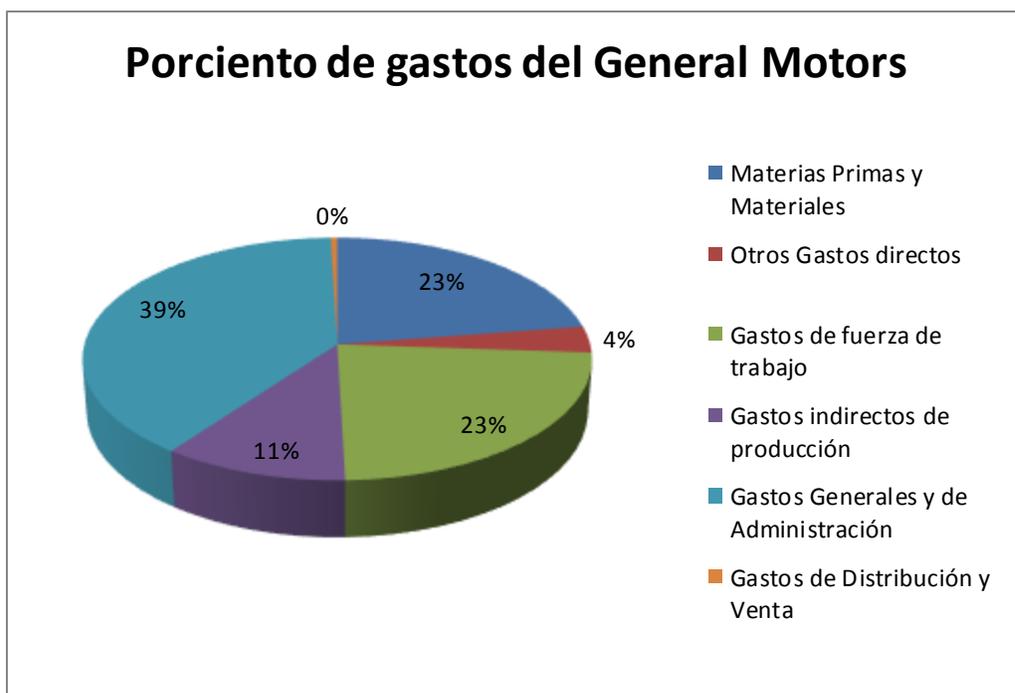
A partir de los resultados del estudio de gastos promedios de chapistería para camiones se puede establecer un patrón de comparación, por ejemplo el costo promedio para chapistería media (afecta hasta 60% de la estructura) es de 3000-4000 pesos, si se le aplica el SIPAYC a los vehículos General Motors y American la France costo total es de 635,70 pesos, valor que está muy por debajo de los gastos de chapistería, representando un ahorro de recursos monetario significativo de entre 2364.30-3364.30.

En el caso de que no llegue a aplicarse el SIPAYC, habría que recurrir a la chapistería grave a un costo entre 4000 y 10 000 pesos con la continua afectación del valor patrimonial de los vehículos objeto de estudio. Si entonces, se decidiera aplicar el SIPAYC, el ahorro sería, en comparación con la chapistería grave, 3364.30-9364.30 entre pesos. Se ha comprobado que los vehículos a los cuales se les aplica el SIPAYC, cuando están en explotación (DUCAR), pueden permanecer hasta 15 años sin chapistearse nuevamente y el que está en exposición puede

rebasar este plazo ampliamente. En cualquier caso, el ahorro por aplicar el SIPAYC es sustancial

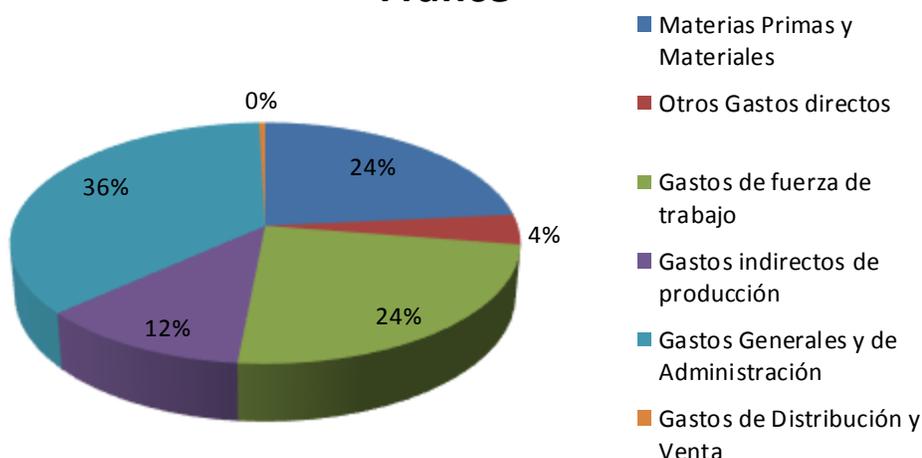
Siguiendo la metodología antes planteada en el Capítulo II, de la valoración económica de la propuesta se elaboró la ficha de costo de los vehículos (*Anexos 10 y 11*), para la aplicación del Servicio DUCAR.

A continuación se realiza un análisis de los porcentajes de gastos mediante gráficos a partir de los datos de las fichas de costo.



En el gráfico de porcentaje de gastos del General Motors, se puede observar que el de mayor porcentaje es de 39% por concepto de gastos generales y de administración, seguido con un 23% por los gastos de materias primas y materiales, y por fuerza de trabajo, 11 % de gastos indirectos de producción y se ve que es casi despreciable por su bajo porcentaje los gastos directos.

## Porciento de gastos del American la France



Se ve como porcentaje mayor el gastos generales y de administración con un 36%, los gastos de fuerza de trabajo y materias primas con un 24%, en menor porcentaje los gastos indirectos para un 12%.

En ambos vehículos se observa que el porcentaje mayor es por concepto de gastos generales y de administración dado por el aseguramiento de personal calificado y preparado para la dirección de las labores que se van a realizar.

El costo total de la aplicación del SIPAYC en el General Motors es de 334,40 pesos de ello 32,60 CUC y para el American la France es de 398,10 pesos y de ello 45,40 CUC. El precio del servicio se calcula teniendo en cuenta la Resolución 1/2005 del Ministerios de Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios. Este es ventajoso con respecto a los del mercado internacional y además, el servicio es más completo con respecto a otros, nacionales e internacionales.

Estos valores se consideran baratos, para productos de conservación, teniendo claro y señalando que son los únicos que se producen hoy en el país, en comparación con los de importación que se ofertan totalmente en divisas y no

tienen las características de estos, que fueron obtenidos para las condiciones específicas de nuestro clima.

### **3.8. Valoración del impacto social.**

El carro de bomberos de auxilio General Motors y la Bomba para Incendio American la France fueron de vital importancia en las labores de mitigación de incendios en el cuerpo de bomberos la industria José Arechabala, S.A. (hoy CAI José Antonio Echeverría en Cárdenas), siendo en su momento este último, el más avanzado de su época, aportando mayor valor histórico y patrimonial en los antecedentes de desarrollo tecnológico de los cuerpos de bomberos. Hoy son expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas y aunque se atesoran con cuidado, por falta de un adecuado sistema de protección y conservación, por la evidencia del fenómeno de corrosión, es necesaria la aplicación del SIPAYC para no perder aún más la estructura original teniendo en cuenta que estos no presentan ya los asientos del chofer. De esta manera el visitante verá una pieza más completa, llevando consigo una idea cercana a la realidad de los vehículos en su tiempo de vida útil.

### **Conclusiones Parciales del Capítulo III:**

1. El fenómeno de corrosión se ve intensificada por la agresividad corrosiva del ambiente circundante impregnado de contaminantes, ocasionando el deterioro de las estructuras del General Motors y el American la France
2. Con la solución efectiva y adecuada de los problemas de diseño anticorrosivo, utilizando los productos DISTIN correspondientes, pueden ser disminuidas en gran medida las afectaciones de los vehículos estudiados.
3. La protección anticorrosiva con pinturas es un método efectivo, relativamente fácil y económico para garantizar la durabilidad de los materiales metálicos y esta puede lograrse con el sistema S4.09 y la pintura Hempel's acrílica alto espesor 466E0 Rojo Inglés 0062E.
4. Los productos anticorrosivos que se proponen en la fichas de costos del SIPAYC, tienen precios asequibles y más baratos que los similares en el mercado.
5. El Museo de Bomberos de Matanzas, en su carácter de institución social, cuyo objeto es transmitir la historia y salvaguardar la identidad nacional, se beneficia con el estudio realizado y la propuesta para la conservación de los vehículos tratados.

## **Conclusiones generales.**

1. Se logra proponer un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) a partir del estudio del deterioro por corrosión de los carros General Motors y American la France expuestos en el Museo de Bomberos de Matanzas, con la finalidad de solucionarlo, validando la hipótesis planteada.
2. De la búsqueda actualizada y el análisis de la temática de corrosión que causa el deterioro de bienes patrimoniales, se constata la importancia y pertinencia del tema, que responde a los lineamientos de la política del estado cubano.
3. Los materiales presentes en las estructuras analizadas están avalados para ser empleados en la tecnología de transporte utilizada, siendo el acero al carbono estructural el principal constituyente del componente estructural de los vehículos estudiados.
4. Se presentan varios problemas de diseño anticorrosivo en los vehículos estudiados, dentro de los cuales los resquicios cobran mayor importancia.
5. De los tipos de corrosión, presentes, la electroquímica atmosférica húmeda, es la de mayor incidencia, presentándose la mayor parte de las horas del día y en ella el viento influye en gran medida por el transporte de contaminantes.
6. Entre las medidas preventivas sugeridas, la limpieza frecuente con paño húmedo y seco, es de vital importancia y muy efectiva para evitar la deposición de contaminantes y humedad.
7. El Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) consta de varias etapas que deben ser debidamente desarrolladas para lograr su efectividad y durabilidad.
8. De la valoración económica de la propuesta se concluye que los productos y el sistema sugerido para solucionar el problema del deterioro en los vehículos estudiados, es ventajoso y apropiado, ya que se logran soluciones a partir de productos nacionales de precios más bajos que los del mercado y de gran efectividad.

9. Desde el punto de vista del impacto social, la aplicación del SIPAYC, evitaría las pérdidas al valor patrimonial de las piezas y contribuiría de esta manera a la continuidad de la obra social de este museo.

## **Recomendaciones.**

1. Se recomienda aplicar en breve el SIPAYC propuesto para mitigar los efectos de la corrosión y evitar el daño al valor patrimonial de las piezas.
2. Se recomienda poner en práctica las medidas preventivas propuestas, para influir en la disminución del deterioro por corrosión de los vehículos.

## Bibliografía

- [1] Almeida, E., D. Santos, et al. (2006). "Anticorrosive painting for a wide spectrum of marine atmospheres: Environmental-friendly versus traditional paint systems." *Progress in Organic Coatings*: 11-22.
- [2] Barberos, A.M. 2011. La gestión del patrimonio histórico como instrumento para un desarrollo sostenible. Un caso práctico: El proyecto de desarrollo local.
- [3] Cervera, J. E. (2013). Propuestas de mejoras del proceso tecnológico del Aceite de Conservación en la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas. Matanzas. Trabajo de Diploma. Universidad de Matanzas.
- [4] CNPC. (2002). Protección al Patrimonio Cultural. Compendio de textos legislativos. Consejo Nacional de Patrimonio Cultural Ministerio de Cultura.
- [5] Corvo, F., Betancourt, N., Mendoza, A. 2002. Atmospheric corrosion in the tropics. Experiences obtained after more than 20 years of research in Cuba. *Corrosion Science*, vol., no., p. Available online at: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- [6] Corvo, F., Veleza, L., L. (2003). Corrosión Atmosférica. En: ANDRADE da SILVA, J.R.(Ed) *Productos Electro - Electrónicos en Ambientes Tropicales*. Sao Paulo: Campinas, p.137-170.
- [7] Corvo, F., Torrens, A. D., Betancourt, N., Perez, J, Gonzalez, E. (2006). Indoor atmospheric corrosion in Cuba. A report about indoor localized corrosion. *Corrosion Science*, vol. 48, no.6, p. 615-620. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- [8] Dirección de Patrimonio Cultural. (s.a). Registro e Inventario de Bienes Culturales. Guía de estudio No. 1. Escuela Nacional de Museología, Dirección de Patrimonio Cultural, Cuba.
- [9] Domínguez, J. (1987). Introducción a la corrosión y protección de metales. La Habana: Editorial EMPES, p. 25-29, p. 426-431, p. 325-368.
- [10] Domínguez, A. (2010). Protocolo de Actuación frente a la Restauración y Rehabilitación de edificaciones históricas.
- [11] Echeverría, C., Cortijo, O., Sarraff, M. (2000). Influencia de la

- corrosión atmosférica en la industria azucarera cubana. Revista Centro Azúcar, no. 3, ISSN- 0253 - 5777-p. 83-86.
- [12] Echeverría, C. A., González, A., López, I., Echeverría, M. (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.
- [13] Echeverría, C. A., Echeverría M (hija), et al. (2003). El Deterioro de instalaciones turísticas por problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y protección. 2do Simposio Internacional de Turismo y Desarrollo (TURDES). Varadero.
- [14] Echeverría, C. A., Echeverría M, et al. (2005). "El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas." Retos Turísticos 3(2): 21-30.
- [15] Echeverría, M. et al. (2006). Goma reciclada en recubrimientos anticorrosivos y de la construcción. Memorias del IX Congreso Internacional de Reciclaje. RECICLAJE 2006, Palacio de Convenciones. La Habana, CUBA. ISSN-1607-6281.67
- [16] Echeverría, M. et.al. (2007). Estudio y evaluación de materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímeros (MAP) para su aplicación como recubrimientos anticorrosivos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959-16-0490-4.
- [17] Echeverría, C. A. et al. (2008). Grasas de Conservación Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
- [18] Echeverría, C.A. et.al. (2010). Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD de Monografías. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". ISBN: 978 - 959 - 16 - 1326 - 4.
- [19] Echeverría, C. A., Méndez, O. 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. ISBN 978 -

- 959 - 16 - 2070- 5. Matanzas, Universidad de Matanzas.
- [20] Echeverría, C. A. et al. (2015). Material de Conferencia de la asignatura de Ciencia de los Materiales y Corrosión.
- [21] Espinosa, A.R. (2013). Impacto sociocultural del procedimiento para la conservación de la colección de armas atesoradas por el Museo Provincial "Palacio de Junco" de Matanzas. Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en Estudios Socioculturales. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Matanzas.
- [22] Ficha Técnica. Grasa Conservante y Lubricante DISTIN 314 L.
- [23] Fuente, D. de la, Alvarez, J. F. 2003. Fundamentos de la corrosión. En: ANDRADE da SILVA, J.R. *Productos Electro - Electrónicos en Ambientes Tropicales*. Sao Paulo: Campinas, p. 59-94
- [24] Fundamentos de Ciencia de materiales. (2010) Unidad12. Fundamentos de corrosión y protección. Universidad Politécnica de Valencia. Available online at [www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12](http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12)
- [25] Fontal, O. (2003). La educación patrimonial. Teoría y práctica en el aula, el museo e Internet. Editorial Trea. Gijón.
- [26] García. H, Pérez A. M. (2012). Procedimiento de intervención del servicio DUCAR en entidades del sector transportista cubano. CD de Monografías. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". ISBN 978 - 959 - 16 - 2070 - 5
- [27] Giúdice, C.A.(1984). Pinturas de protección temporaria ("shop primers"). Proc. de la Conferencia Internacional ECOR'84 y del Primer Congreso Argentino de Ingeniería Oceánica, Buenos Aires, Argentina, I, 450-461.
- [28] Giúdice, C.A., Benítez, J.C., Tonello, M.L., (1999). Testing the use of metallic tannates as inhibitors in anticorrosive coatings, Protective Coatings Europe, Inglaterra, 4 (5), 13-19.
- [29] Giúdice, C.A., Benítez, J.C (2000). Optimising the corrosion protective abilities of micaceous iron oxide containing primers, Anticorrosion Methods and Materials, Inglaterra, 47 (4), 226-232,

- [30] González, Oscar (2010). Sistemas de protección catódica. Monografía. Universidad de Sonora. México.
- [31] Gómez, J. (2000). Estudio corrosivo sobre cuatro metales en estaciones cubanas del proyecto MICAT. La Habana. Ministerio de Industria Básica. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
- [32] Hassan, A. (2010). Aprende los fundamentos de la tecnología de la preparación de superficies. CD de Monografías. Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas. Parte I. ISBN: 978 -959 - 16 - 1326 - 4.
- [33] Indicaciones para las Direcciones Provinciales y Municipales de Cultura. La Habana, Cuba. (2013). Ministerio de Cultura (MINCULT)
- [34] León, López, (2012). Medidas de protección contra la corrosión. Medida de defensa contra la corrosión.<https://www.blogger.com>
- [35] Leygraf, K. 2002. Indoor Atmospheric Corrosion. Corrosion Science, no.7, p.678-682 Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- [36] Llull Peñalba, Josué. (2005). Evolución del concepto y de la significación social del patrimonio cultural.
- [37] López, A. (2007). Tesis presentada para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Corrosión Atmosférica y Conservación en Obras Soterradas en Matanzas. Universidad de Matanzas.
- [38] López, G. (2012). Microcorrosión en la industria alimenticia y bebidas, automotriz y electrónica.
- [39] López, I. (2013). Conservación del patrimonio. CD Monografías. Matanzas: Universidad Camilo Cienfuegos.
- [40] Medina, N. (2015). Tesis en opción del título de Ingeniero Químico. Propuesta de Tecnologías para la Conservación Anticorrosiva de bombas de vapor y autos cisternas expuestos en el Museo de Bomberos, de Matanzas. Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT). Universidad de Matanzas.
- [41] Méndez O., Echeverría C., López I (2008)., "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..

- [42] Morales, J., Díaz, F., Hernández-Borges, J., González, S., Cano, V. (2006). Atmospheric corrosion in subtropical areas: Statistic study of the corrosion of zinc plates exposed to several atmospheres in the province of Santa Cruz de Tenerife (Canary Islands, Spain). Corrosion Science, doi:10.1016/j.corsci.2006.04.023. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), [www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci).
- [43] Morcillo, M. (1998). Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica: Parte I, Mapas de Iberoamérica de Corrosividad Atmosférica. Proyecto MICAT. Editor Programa CYTED. p.787.
- [44] Morcillo, M. (2002). Fundamentos sobre protección anticorrosiva de metales en la atmósfera. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática
- [45] Muñiz, Y. (2010). Fuentes bibliográficas para el proceso de Interpretación del Patrimonio. Metodología para su utilización efectiva. Tesis en opción al título de Licenciado en Estudios Socioculturales. Matanzas.
- [46] NC 12 00 02:79 Sistema de Normas de Protección Contra la Corrosión. Términos y Definiciones.
- [47] Norma ISO 8504-1 (2000). Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products - Surface Preparation Methods - Part 1: General Principles Second Edition (Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pintura y productos relacionados – métodos de preparación superficial – Parte 1 Principios generales, segunda edición).
- [48] Norma ISO 12944-5(2007). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Protective paint systems.
- [49] Pancorvo, Francisco. (2011). Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.
- [50] Pérez, C. (1998). Estudio de los sistemas de protección de las

superficies metálicas expuestas a la intemperie. Departamento de Química Inorgánica. Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela.245.

- [51] Rodríguez, O. (2001). Compendio de tecnologías sobre el estudio para el perfeccionamiento de las tecnologías de conservación del material de guerra en obras soterradas. La Habana: Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias. Centro de Investigaciones y Desarrollo de Tanques y Transporte.
- [52] Rubio,C .(2014).Tesis en opción del título de Ingeniero Químico.Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación del vehículo (Chrysler), expuesto en el museo Casa Natal José Antonio Echeverría. Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT). Universidad de Matanzas.
- [53] Santana,H. (2014). Tesis en opción del título de Ingeniero Químico.Propuesta para la conservación del Fargo expuesto en el Museo de la Revolución. Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT). Universidad de Matanzas.
- [54] Textos científicos. Corrosión y medidas de protección. (2008). Available online at [www.textoscientificos.com](http://www.textoscientificos.com)
- [55] Tomashov, N.D. (1979). Theory of corrosion and protection of metals. La Habana. Ed. Revolucionaria. 672 p.
- [56] Torrens, A. D. (1999). Corrosión Atmosférica en Interiores en el clima tropical. La Habana: Centro Nacional de Investigaciones científicas. CNIC.
- [57] Uhlig H., (2000). Uhlig's Corrosion Handbook 2da ed. (ed. R. W. Revie) (John Wiley & Sons, Londres).
- [58] UNE-EN ISO 11303. 2009. Corrosión de metales y aleaciones. Directrices para la selección de métodos de protección contra la corrosión atmosférica.
- [59] UNE-EN ISO 12 944-3. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño. Vig.1998

- [60] UNE-EN ISO 12 944-4. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Vig.1998
- [61] UNE-EN ISO 12944-8. Pinturas y Barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Especificaciones para el desarrollo de nuevos trabajos y el mantenimiento. Vig.1998

# ANEXOS

## Anexo 1

Condición	Según ISO 8501-1-3	Según SSPC-VIS 1 ó Equivalente
<b>Grado A</b>	Superficie de acero recubierta en gran medida por cascarilla de laminación adherida, pero con poco o nada de óxido.	Superficie de acero recubierta completamente con escama de laminación, con corrosión no visible.
<b>Grado B</b>	Superficie de acero con óxido incipiente, en la que ha empezado a exfoliarse la cascarilla de laminación.	Superficie de acero cubierta con escama de laminación con óxido.
<b>Grado C</b>	Superficie de acero cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido, o que puede eliminarse raspando, pero con algunas picaduras visibles a simple vista.	Superficie de acero cubierta con óxido y picaduras no visibles a simple vista.
<b>Grado D</b>	Superficie de acero cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido y en la que se ven a simple vista numerosas picaduras.	Superficie de acero cubierta con óxido y picaduras visibles.

*Tabla No. 1. Diferentes grados de corrosión de superficies de acero sin pintar.*

Condición	Según SSPC-VIS 4/NACE VIS 7 ó equivalente
<b>Grado E</b>	Superficie de acero previamente pintada, pintura ligeramente decolorada aplicada sobre una superficie tratada con abrasivo a presión; pintura casi intacta.
<b>Grado F</b>	Superficie de acero previamente pintada, con aplicación de primario a base de zinc (zinc rich primer) sobre una superficie tratada con abrasivo a presión; sistema de pintura ligeramente envejecida, la mayor parte intacta.
<b>Grado G</b>	Sistema de pintura aplicado sobre una superficie de acero con pequeñas escamas pero limpia.- sistema fuertemente intemperizado, ampollado y decolorado.
<b>Grado H</b>	Sistema de pintura, aplicado sobre acero.- sistema de pintura totalmente intemperizado, ampollado, decolorado y con desprendimiento de capas.

*Tabla No.2. Diferentes condiciones de superficies de acero pintadas.*

**Anexo 2. Problemas de diseño anticorrosivos. Tipos de corrosión presentes.**



*Fig. 2.1. General Motors. Vista panorámica.*

<p>Fig. 2.2. Problemas de accesibilidad (rojo); refuerzo (naranja), tratamientos de orificios (verde oscuro), resquicios (verde claro) y borde (amarillo). Corrosión atmosférica húmeda, corrosión intersticial y celdas de concentración.</p>	<p>Fig. 2.3. Conexión con pernos (negro), componente hueco (gris), acumulación de depósitos y humedad (azul oscuro), resquicios (verde claro) y bordes (amarillo). Corrosión atmosférica húmeda</p>

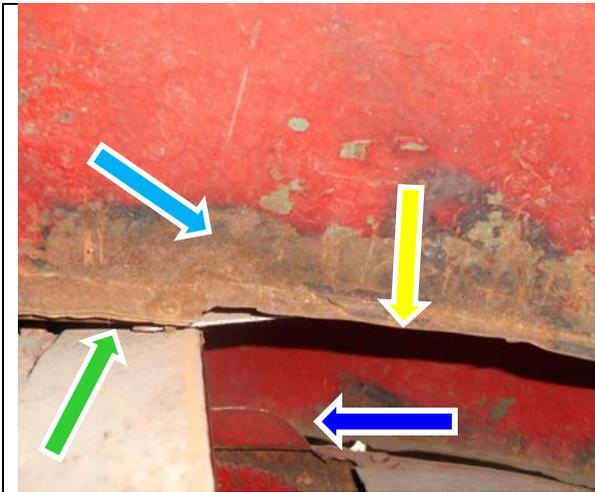


Fig. 2.4. Problemas de preparación superficial (azul claro), bordes (amarillo), resquicios (verde claro) y zona de acumulación de depósito y humedad (azul oscuro). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial e interfacial

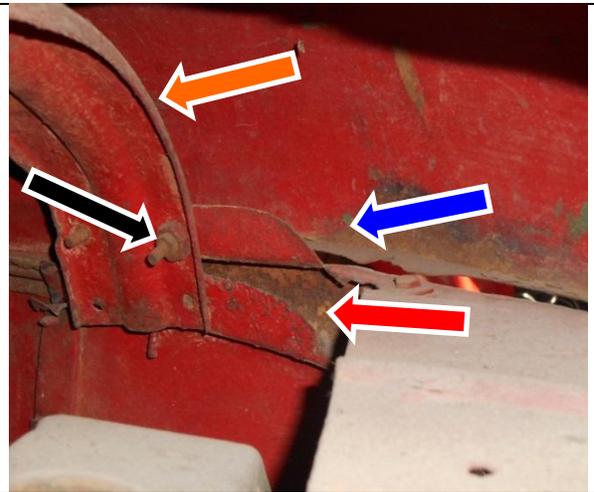


Fig. 2.5. Conexión con pernos (negro), Refuerzo (naranja), zona de acumulación de depósito y humedad (azul oscuro), y problemas de accesibilidad (rojo). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial, interfacial y presencia de celdas de concentración.

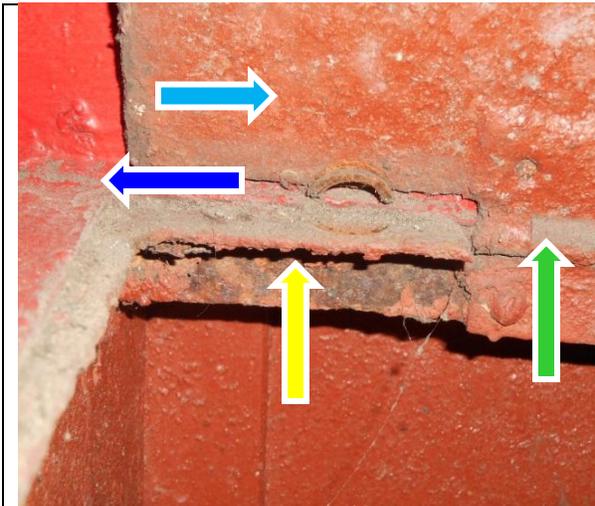


Fig. 2.6. Problemas de preparación superficial (azul claro), bordes (amarillo), zona de acumulación de depósito y humedad (azul oscuro) y resquicios (verde claro). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial, interfacial.

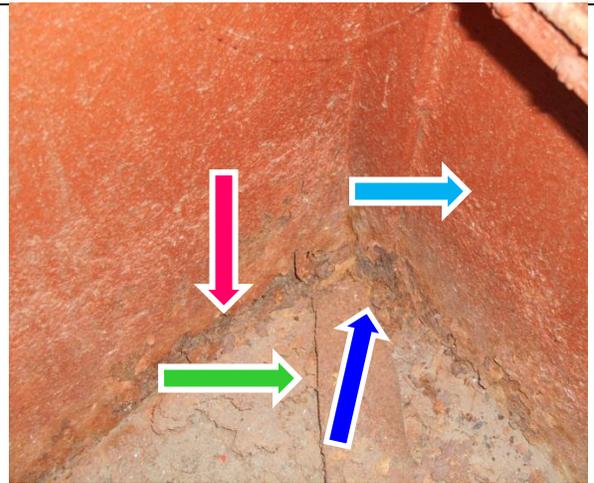


Fig. 2.7. Problemas en la preparación superficial (azul claro), acumulación de depósito y humedad (azul oscuro), resquicios (verde claro) y presencia de corrosión por picadura (rosado). Corrosión atmosférica húmeda

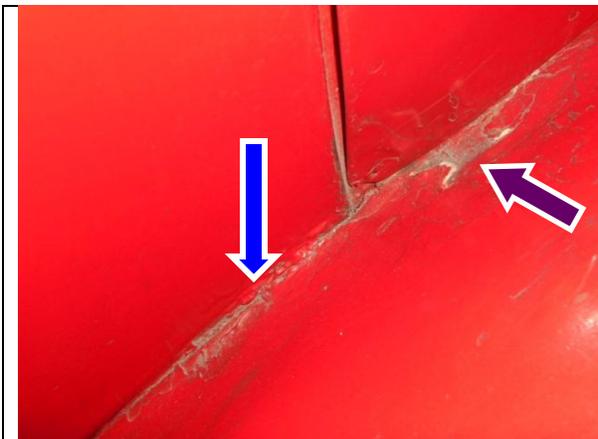


Fig. 2.8. Imperfecciones en la superficie de las soldaduras (morado oscuro), zona de acumulación de depósito y humedad (azul oscuro). Corrosión atmosférica húmeda e intersticial.

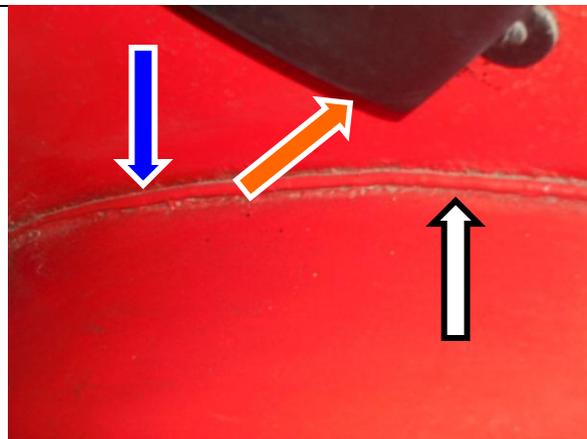


Fig. 2.9. Acumulación de depósito y humedad (azul oscuro), irregularidad en la soldadura (blanco) y refuerzo (naranja). Corrosión atmosférica húmeda e intersticial.

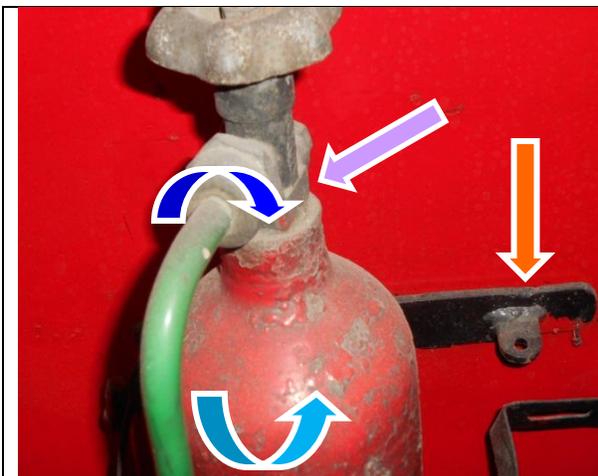


Fig. 2.10. Par metálico creado por la unión de una fundición y acero al carbono estructural (morado claro), problemas de preparación superficial (azul claro), refuerzo (naranja) y acumulación de depósito y humedad (azul oscuro). Corrosión atmosférica húmeda, corrosión por par metálico, interfacial e intersticial.

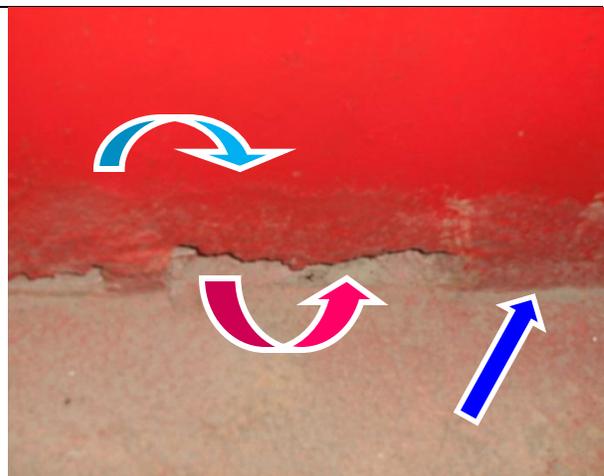


Fig. 2.11. Problemas de preparación superficial (azul claro), presencia de corrosión por picadura (rosado) y acumulación de depósito y humedad (azul oscuro). Corrosión atmosférica húmeda, corrosión interfacial e intersticial.



Fig 2.12. America la France. Vista panorámica

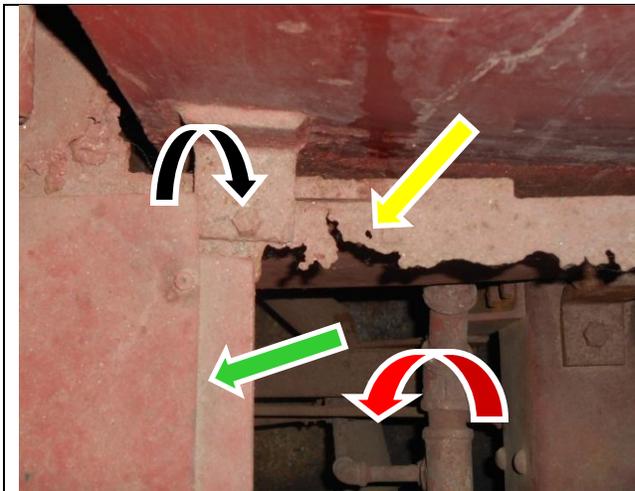


Fig. 2.13. Bordes (amarillo), resquicios (verde claro), conexión con pernos (negro), problemas de accesibilidad (rojo). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial.

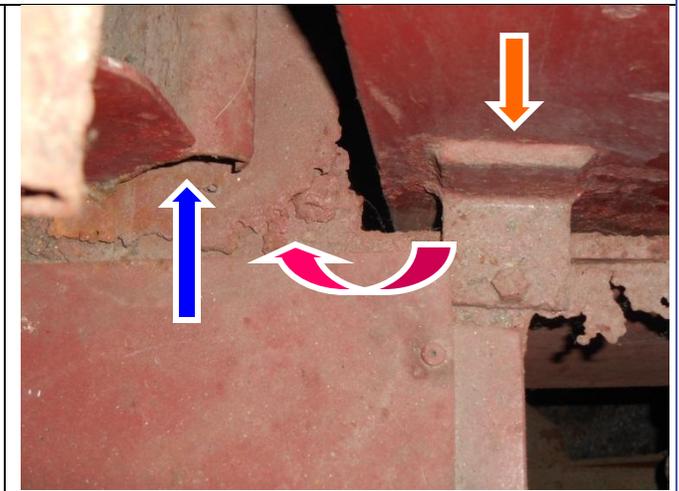


Fig. 2.14. Acumulación de depósito y humedad (azul oscuro), presencia de corrosión por picadura (rosado) y refuerzo (naranja). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial, por celdas de aireación diferencial.

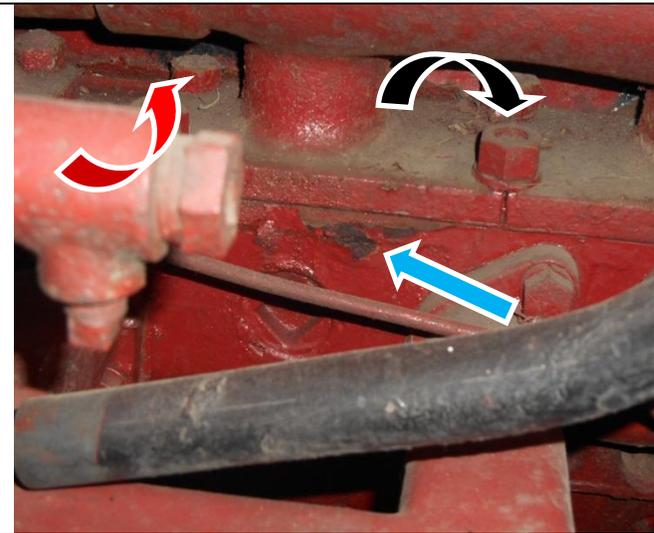


Fig. 2.15. Problemas de accesibilidad (rojo), conexión con pernos (negro) y problemas de preparación superficial (azul claro). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial e interfacial.

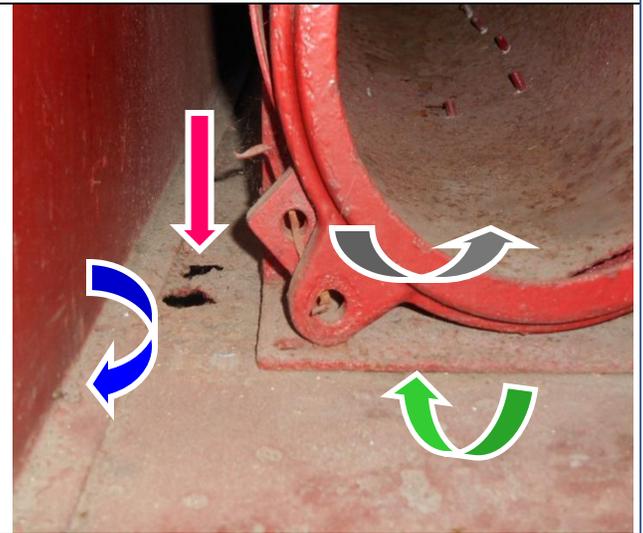


Fig. 2.16. Presencia de corrosión por picadura (rosado), resquicios (verde claro) y acumulación de depósito y humedad (azul oscuro). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial, por picadura.

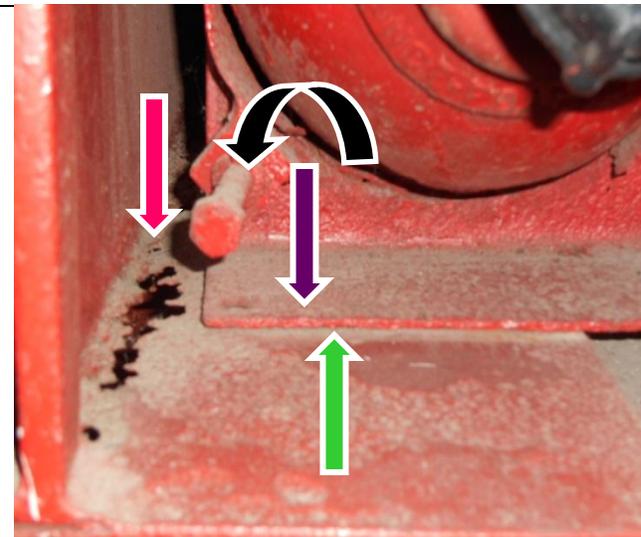


Fig. 2.17 Conexión con pernos (negro), corrosión por picadura (rosado) y resquicios (verde claro), acumulación de depósitos y humedad (morado). Corrosión atmosférica húmeda, intersticial, por celdas de aireación diferencial, picadura.



Fig. 2.18. Acumulación de depósito y humedad (azul oscuro), problemas de preparación superficial (azul claro), resquicio (morado oscuro), bordes (amarillo) y conexión con pernos (negro). Corrosión atmosférica húmeda, interfacial, intersticial, por celdas de aireación diferencial.

### Anexo 3. Materiales



Fig.3.1 Acero al carbono estructural



Fig.3.2. Acero al carbono con tratamiento térmico



Fig. 3.3. Fundiciones

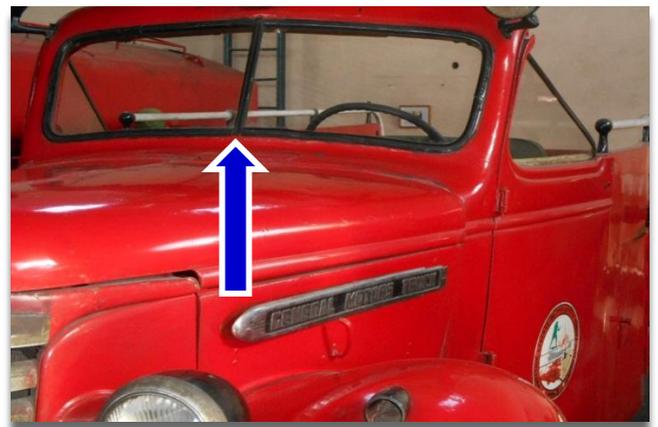


Fig.3. 4. Caucho

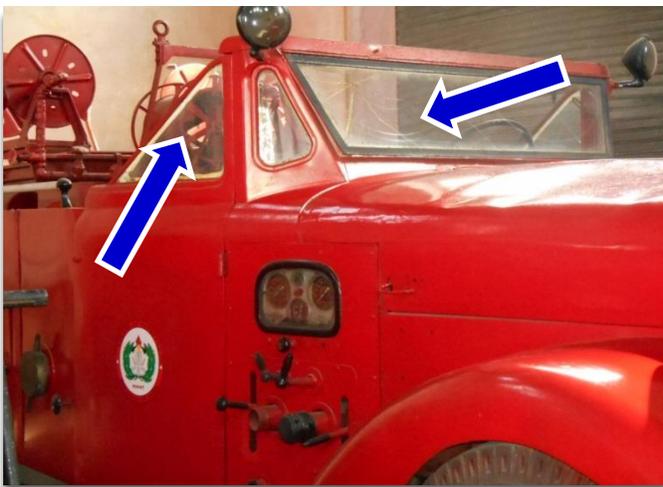


Fig.3. 5. Vidrio

## Anexo 4. Características corrosivas de la atmósfera de Cuba

### Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera.



#### MAPA REGIONAL DE LA AGRESIVIDAD CORROSIVA DE LA ATMÓSFERA EN CUBA

Map of the corrosive aggressiveness of atmosphere in Cuba

- EXTREMA: Hasta 1 km de la costa norte en zonas no apantalladas
- ALTA: Franja de 1 a 3 km de la costa norte y 1 km de la costa sur
- MEDIATA: Zonas montañosas (> 500 m) con mayor humedad
- BAJA: Zona a más de 20 km de las costas donde se alcanzan valores mínimos de corrosión
- MEDIA: Hasta 20 km de las costas, donde influye ligeramente el aerosol marino

Categoría	Acero Bajo Carbono	Cu	Al	Zn
-----------	--------------------	----	----	----

C1	< 10	< 0,9	NS	0,7
C2	10 < 200	0,9 < 5	< 0,6	0,7 < 5
C3	200 < 400	5 < 12	0,6 < 2	5 < 15
C4	400 < 650	12 < 25	2 < 5	15 < 30
C5	650 < 1500	25 < 50	5 < 10	30 < 60
C6	> 1500	> 50	> 10	> 60

## Anexo 5. Ficha técnica DISTIN 504



**Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.**

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

### **FICHA TECNICA 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 más, 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.

## Anexo 6. Ficha técnica DISTIN 314



**Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.**

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 7. Ficha técnica DISTIN 404



**Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.**  
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.

## Anexo 8. Ficha técnica DISTIN 603 L



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

### FICHA TECNICA DISTIN 603 L

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.

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.

#### :: 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 aplicado.

:: 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 9. Ficha técnica de la pintura HEMPELS seleccionada**

### **HEMPEL'S ACRILICA ALTO ESPESOR 466E0**

#### **DESCRIPCIÓN**

Pintura acrílica modificada de capa gruesa que contiene pigmentos anticorrosivos.

#### **USO RECOMENDADO**

- Como capa única o formando parte de un esquema ya sea como imprimación, intermedia o acabado en sistemas acrílicos o clorocaucho para superficies de acero, tales como superestructuras, costados y cubiertas de buques, estructuras industriales, exteriores de depósitos, etc.
- Como monocapa en el pintado en línea por inmersión de piezas para maquinaria.

#### **PROPIEDADES TÉCNICAS GENERALES**

- Buena adherencia sobre acero chorreado.
- Buen poder anticorrosivo.
- Buena retención de color.
- Buena impermeabilidad al agua dulce y salada.
- Buena resistencia a la intemperie.
- Aplicable en capas gruesas, especialmente con pistola sin aire.
- Clasificado como Clase M1 según la norma UNE 23 727 90.

#### **DATOS TÉCNICOS**

Aspecto	Semi-mate
Color	Gris 11320 (RAL 7032), Amarillo 2117E, Amarillo 2117E, Amarillo 27180 (RAL 1018), Azul 37240 (RAL 5015), Rojo Inglés 0062E
Volumen de sólidos	35±2%
Rendimiento teórico	4.5 m <sup>2</sup> /litro a 80 micras
Peso específico	1.13 Kg/litro, dependiendo del color
Punto de inflamación	22°C

Secaje superficial	10 min aprox a 20°C (ISO 1517)
Secaje al tacto	1 horas aprox a 20°C con buena ventilación

## **APLICACIÓN**

<b>Método</b>	<b>Dilución</b>
Pistola	sin aire 5-15% aprox
Pistola	aerográfica 15% aprox
Brocha	5% aprox
Inmersión	10% aprox
Diluyente	THINNER 08080 ó 08030
Espesor	Húmedo: 250 micras Seco: 80 micras
Intervalo de repintado	Mín: 1 hora a 20 °C Máx: no tiene
Limpieza	THINNER 08080
Pistola sin aire	Boquilla: 0.017"-0.021" - Presión: 175 atm (datos orientativos)

## **PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE Y ESQUEMA RECOMENDADO Obra nueva**

- Eliminar grasa y aceite con detergentes.
- Eliminar las sales y otros contaminantes mediante lavado con agua dulce a presión.
- En sistemas donde se exija: Chorreado abrasivo al grado Sa 2½ de la norma ISO 8501.1. Eliminar el polvo y los residuos de abrasivo por aspiración.
- Aplicar una o más capas de HEMPEL'S ACRILICA ALTO ESPESOR 466E0 al espesor recomendado.
- Aplicar las capas de acabado, si están especificadas.
- Para protección temporal puede utilizarse un shopprimer.
- La contaminación del shopprimer durante el almacenaje y manipulación debe eliminarse mediante un lavado antes del pintado.

## **Mantenimiento y retoques**

- Eliminar aceite, grasa y suciedad con HEMPEL'S NAVI WASH 99330.
- Eliminar sales, residuos de 99330 y otros contaminantes con agua dulce a presión y dejar secar.
- Eliminar la herrumbre por chorreado abrasivo o limpieza manual.
- Eliminar el polvo.

<b>CAPAS PRECEDENTES</b>	Ninguna, HEMPATEX PRIMER 16320 ó 46330 o según la especificación.
<b>CAPAS SUBSIGUIENTES</b>	Sistema HEMPATEX o según la especificación.
<b>OBSERVACIONES</b>	Puede aplicarse en espesores distintos del recomendado, pero ello influirá en el secaje, intervalo de repintado y rendimiento. El espesor recomendado de 80 micras de película seca sólo se puede alcanzar en una capa cuando se aplica a pistola sin aire. Temperatura máxima de la superficie: 60°C en exposición continua, con puntas esporádicas de hasta 80°C.
<b>SEGURIDAD</b>	Los envases llevan las correspondientes etiquetas de seguridad, cuyas indicaciones deben ser observadas. Además, deben seguirse las exigencias de la legislación nacional o local. Como regla general, debe evitarse la inhalación de los vapores de disolventes y de la neblina de pintura, así como el contacto de la pintura líquida con la piel y los ojos. Cuando se aplica pintura en espacios cerrados debe facilitarse ventilación forzada , acompañada de la adecuada protección respiratoria, de la piel y de los ojos , especialmente cuando se aplica a pistola.

**EDICION**

(G) Noviembre 2002

(466E0-11320-00001)

## Anexo 10. Ficha de costo del General Motors

Concepto de gastos	Total Unitario	De ello: CUC
<b>Materias Primas y Materiales</b>	67,9	19,8
Materia Prima y materiales fundamentales	66,5	18,5
Combustible y Lubricantes	1,4	1,4
Energía Eléctrica	0,0	0,0
Agua	0,0	0,0
<b>Gastos de elaboración</b>	236,1	9,8
<b>Otros Gastos directos</b>	10,6	1,0
Depreciación	10,2	0,6
Arrendamiento de equipos	0,0	0,0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	0,3	0,3
<b>Gastos de fuerza de trabajo</b>	70,6	0,0
Salarios	47,4	0,0
Vacaciones	4,3	0,0
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	12,9	0,0
Contribución a la seguridad social.	5,9	0,0
Estimulación en pesos convertibles	0,0	0,0
<b>Gastos indirectos de producción</b>	31,7	4,8
Depreciación	0,0	0,0
Mantenimiento y Reparación	4,8	4,8
<b>Gastos Generales y de Administración</b>	118,7	1,9
Combustible y Lubricantes	1,3	1,3
Energía Eléctrica	0,7	0,0
Depreciación	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	0,0	0,0
Alimentos	0,0	0,0
Otros	116,7	0,6
<b>Gastos de Distribución y Venta</b>	1,4	1,4
Combustible y Lubricantes	0,3	0,3
Energía Eléctrica	0,0	0,0
Depreciación	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	0,0	0,0
Otros	1,0	1,0
<b>Gastos Bancarios</b>	3,2	0,7
<b>Gastos Totales o Costo de producción</b>	304,0	29,6
<b>Margen utilidad S/ base autorizada</b>	30,4	
<b>Precio según lo establecido por el MFP</b>	<b>334,4</b>	

<b>% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)</b>		3,0
<b>Componente total en pesos convertibles</b>		<b>32,6</b>

**Anexo 11. Ficha de costo del American la France**

<b>Concepto de gastos</b>	<b>Total Unitario</b>	<b>De ello: CUC</b>
<b>Materias Primas y Materiales</b>	77,2	23,5
Materia Prima y materiales fundamentales	73,9	22,1
Combustible y Lubricantes	1,4	1,4
Energía Eléctrica	1,9	0,0
Agua	0,0	0,0
<b>Gastos de elaboración</b>	254,5	17,9
<b>Otros Gastos directos</b>	13,2	1,2
Depreciación	12,8	0,8
Arrendamiento de equipos	0,0	0,0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	0,4	0,4
<b>Gastos de fuerza de trabajo</b>	79,0	0,0
Salarios	53,1	0,0
Vacaciones	4,8	0,0
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	14,5	0,0
Contribución a la seguridad social.	6,6	0,0
Estimulación en pesos convertibles	0,0	0,0
<b>Gastos indirectos de producción</b>	38,9	12,0
Depreciación	0,0	0,0
Mantenimiento y Reparación	12,0	12,0
<b>Gastos Generales y de Administración</b>	119,1	2,4
Combustible y Lubricantes	1,6	1,6
Energía Eléctrica	0,7	0,0
Depreciación	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	0,0	0,0
Alimentos	0,0	0,0
Otros	116,8	0,7
<b>Gastos de Distribución y Venta</b>	1,5	1,5
Combustible y Lubricantes	0,4	0,4
Energía Eléctrica	0,0	0,0
Depreciación	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	0,0	0,0
Otros	1,0	1,0

<b>Gastos Bancarios</b>	2,8	0,8
<b>Gastos Totales o Costo de producción</b>	331,7	41,3
<b>Margen utilidad S/ base autorizada</b>	66,3	
<b>Precio según lo establecido por el MFP</b>	<b>398,1</b>	
<b>% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)</b>		4,1
<b>Componente total en pesos convertibles</b>		<b>45,4</b>

### Anexo 12: Diagrama Hierro-Carbono (Fe-C)

