

**Universidad de Matanzas
“Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ingenierías.
Departamento de Ingeniería Química.**



Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT).

“Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC) para las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota”.

Autor: Yessica Rodríguez Palma.

Tutor: Ing. Idaelsys López Arias.

Profesor Asistente.

Doctor en Ciencias Técnicas

Matanzas, 2014

Declaración de autoría

Yo, Yessica Rodríguez Palma, me declaro como el único autor de este Trabajo de Diploma, por lo cual faculto para su consulta a todo aquel que la solicite, ya sea instituciones, profesionales, técnicos y demás personas que deseen hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que se considere conveniente, quedando prohibida la reproducción total o parcial de este documento.

Firma: _____.

Yessica Rodríguez Palma.

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

A través de las edades, el éxito ha sido de aquellos que perciben las necesidades públicas y saben satisfacerlas. Shiller

Dedicatoria

Dedico esta tesis a todas las personas que de una forma u otra han contribuido a realizar mi sueño, dentro de ello a mi familia por haberme dado las fuerzas cada día de seguir estudiando y en especial a mi segundo padre Ismael por aconsejarme desde un principio que optara por la carrera de ingeniería química, por siempre estar a mi lado ayudándome en todo lo que necesito y porque puso en mis manos todas las herramientas para hoy convertirme en una ingeniera.

Agradecimientos

A todas las personas que han contribuido en la confección de esta tesis.

Especialmente a mis padres José Miguel e Ismael y mis madres Madelin y Ludmila, porque me brindaron apoyo, entusiasmo y herramientas para seguir adelante con mis metas. A mi tutora Idaelsys porque tuvo paciencia conmigo, por brindarme todos sus conocimientos y una ayuda incondicional. A mi abuela, mi hermana y mi hermanito porque son los motores que impulsan mi vida. A todo el colectivo de la Planta Piloto porque de una forma u otra me ayudaron en muchas ocasiones, a todos mis amigos y a los profesores de mi carrera porque gracias a ellos me he convertido en una profesional.

A todos: Muchas gracias.

Resumen

El polo turístico Varadero está liderado por varias cadenas hoteleras cubanas y extranjeras, como Gran Caribe, Gaviota, Grupo Cubanacán, Sol Meliá, Barceló, entre otros, y cuenta con una potente infraestructura de restaurantes especializados en comida criolla e internacional, snack bar, tiendas y núcleos comerciales, marinas y centros de buceo con filiales en los hoteles. Teniendo en cuenta que el turismo es una de las ramas que más economía proporciona al país y en Varadero por causa mayormente del aerosol marino existen muchas pérdidas económicas por corrosión, en este trabajo se hace una propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) para las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota. Se realiza un diagnóstico del estado actual de las instalaciones tratando aspectos como: materiales; tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que presentan; problemas de diseño anticorrosivo y se analizan los gastos de materiales para llevar a cabo la conservación, con la valoración económica de la propuesta. Los productos que se proponen para llevar a cabo la conservación son de producción nacional, por lo que se sustituyen importaciones de acuerdo a lo propuesto en los lineamientos del Partido Comunista de Cuba (PCC).

Abstract

The Varadero tourist resort is led by several Cuban and foreign hotel chains, such as Gran Caribe, Gaviota, Cubanacan Group, Sol Meliá, Barceló, among others, and has a powerful infrastructure of restaurants specializing in local and international cuisine, snack bar, shops and shopping, marinas and diving centers with subsidiaries in hotels nuclei. Given that tourism is a branch that provides the country's economy and mainly because of the Varadero marine aerosol is many economic losses due to corrosion, in this paper a proposal for Corrosion Protection System and Conservation (SIPAYC) becomes facilities for resort Marina Gaviota. Assess the current state of facilities is done trying things like materials; corrosion types, causes, mechanisms and factors present; corrosion problems of design and materials costs are analyzed to carry out conservation with economic valuation of the proposal. The products they intend to carry out conservation are domestically produced, so imports according to the guidelines proposed in the Communist Party of Cuba (PCC) are replaced.

Introducción	1
Capítulo I: Análisis bibliográfico	3
1.1 Estudios sobre corrosión en el contexto actual del país.	3
1.2 Definición de corrosión	3
1.3 Corrosión Atmosférica	4
1.3.1 Clasificación de las atmósferas	5
1.3.2 Factores que influyen en la corrosión atmosférica.	5
1.3.2.1 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.	6
1.3.2.2 Efecto de los contaminantes.	8
1.3.3 Tipos de corrosión	12
1.4 Sistema de protección. Etapas.	16
1.4.1. Clasificación de ambientes.	16
1.4.2 Diseño anticorrosivo	17
1.4.2.1 Tipos de problemas de diseño anticorrosivo	18
1.4.3. Preparación superficial.	20
1.4.4 Sistemas de pinturas protectores.	21
1.4.4.1 Recubrimientos de pinturas	23
1.4.5 Protección adicional	24
1.5 La corrosión: un problema económico	25
1.6 Medidas para minimizar los daños por corrosión atmosférica	27
Conclusiones parciales del capítulo I	29
Capítulo II. Materiales y Métodos.	30
2.1 Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión.	30
2.1.1 Identificación del problema	30
2.1.1.1 Diseño anticorrosivo y recomendaciones de puesta en obra. Características mecánicas, químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción y protección anticorrosiva.	31
2.1.1.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y la reales.	34
2.1.1.3 Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales.	35
2.1.1.4 Historia del problema.	36
2.1.1.5 Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema.	37
2.1.2 Análisis del problema. Propuesta de soluciones.	37
2.1.2.1 Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.	37
2.1.2.2 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión. Implicaciones técnico – económicas y sociales.	38
2.1.2.3 Medidas que deben aplicarse.	40
2.1.2.4 Métodos de protección que pueden aplicarse.	41

2.1.3 Conclusiones, recomendaciones.	42
2.1.4 Bibliografía y referencias.	43
2.1.5 Anexos	43
2.2 Análisis de los productos empleados para la conservación de las estructuras de los contenedores y soportes de los pilotes.	43
2.3 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.	44
2.4 Aspectos a tener en cuenta para la valoración económica.	46
Conclusiones Parciales del Capítulo II.	48
Capítulo III: Análisis y discusión de los resultados.	49
3.1 Agresividad corrosiva de la atmósfera, factores que influyen en la corrosión.	49
3.2 Tipos de materiales.	50
3.3 Diseño anticorrosivo y tipos de corrosión	53
3.4 Problema de preparación superficial	57
3.5 Soluciones a los problemas de corrosión	58
3.6 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación SIPAYC para instalaciones del centro turístico Marina Gaviota.	59
3.7 Valoración económica	62
Conclusiones parciales del Capítulo III	64
Conclusiones	65
Recomendaciones	66
Bibliografía	67
Anexos	75

Introducción

Cuba, por su ubicación geográfica y por sus características de archipiélago, está sometida a la acción de los vientos transportadores del aerosol marino, fundamentalmente donde presenta sus principales polos de desarrollo, o sea, en la costa norte. Este ambiente ideal para el desarrollo turístico, presenta una alta agresividad corrosiva por la acción del aerosol marino, causando el deterioro de sus instalaciones y equipos, que a su vez ocasionan grandes pérdidas a la economía.

El turismo constituye uno de los sectores más importantes de la economía. Para garantizar sus buenas perspectivas de futuro, muchos destinos turísticos del Mediterráneo, zona de máxima atracción de visitantes y en gran parte basados en el modelo de sol y playa, deben adoptar nuevos enfoques de su oferta que cumplan los principios de la sostenibilidad. Es decir, los desarrollos futuros deben buscar el equilibrio entre la dinámica económica, la conservación del patrimonio y el medio ambiente. (Sureda et al 2010)

Para el presente análisis es objeto de estudio una instalación turística de estructuras metálicas, ubicada en zonas de agresividad corrosiva extrema. La instalación es identificada como Marina Gaviota. En esas zonas e instalaciones, se producen grandes pérdidas por el incremento de los gastos de mantenimiento, por lo que se ha llegado a plantear que el ambiente ideal para la actividad turística es causa del deterioro por corrosión de sus instalaciones debido a la acción del aerosol marino. A esto se suma el incumplimiento de las normas internacionales, el empleo de tecnologías y productos no adecuados a estas condiciones y la falta de cultura técnica específica.

Para enfrentar el deterioro por corrosión en las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota, el desarrollo de Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), es una de las propuestas, con la utilización de productos nacionales que sustituyen a los de importación. En la actualidad se hacen

coordinaciones, a partir de este trabajo y otros similares, para la aprobación de proyectos de investigación que respaldan estas tareas.

Problema: ¿Cómo disminuir el deterioro por corrosión atmosférica en las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota?

Hipótesis: Si se analiza el deterioro por corrosión atmosférica en las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota, se puede proponer un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) para disminuirlo.

Objetivo: Proponer un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) para disminuir el deterioro por corrosión atmosférica de las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota.

Objetivos Específicos:

1. Realizar el diagnóstico del deterioro por corrosión en las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota.
2. Determinar tipos de materiales y problemas de diseño anticorrosivo.
3. Determinar tipos de corrosión atmosférica, causas, mecanismos y factores que influyen.
4. Proponer medidas y soluciones a los problemas.
5. Proponer el SIPAYC para la instalación.
6. Realizar la valoración económica de la propuesta.

Alcance del trabajo:

El presente trabajo aborda lo referente a problemas de diseño anticorrosivo; corrosión con sus causas, mecanismos y factores que influyen en los contenedores y soportes de los pilotes, a los cuales se les propone soluciones y el SIPAYC para los contenedores.

Capítulo I: Análisis bibliográfico

1.1 Estudios sobre corrosión en el contexto actual del país.

El presente trabajo se realiza en respuesta a la demanda de un sector priorizado del país: el turismo, y responde a la necesidad de la protección anticorrosiva y conservación de las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota, a partir de tecnologías y productos propios que dan respuesta a la implementación de los lineamientos de la política económica y social del partido y la Revolución en los siguientes aspectos:

- Responde a la política integral de ciencia, tecnología e innovación que toma en consideración la aceleración de los procesos a fin de responder a las necesidades del desarrollo de la economía y la sociedad a corto, mediano y largo plazo; orientado a elevar la eficiencia económica, ampliar las exportaciones de productos y servicios de alto valor agregado y sustituir importaciones (Lineamientos 129 y 130).
- Contando con un sistema de transferencias de tecnologías y un marco regulatorio que propicia la introducción sistemática y acelerada de los resultados de la ciencia, la innovación y la tecnología en los procesos productivos y de servicios, teniendo en cuenta las normas de responsabilidad social y medio ambiental (Lineamiento 134).
- Contribuir a elevar la soberanía tecnológica en ramas estratégicas como la defensa, la energía y la industria, mediante la transferencia de tecnologías de productos y servicios (Lineamiento 135).

1.2 Definición de 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, según (Agueda, 2010) como corrosión se entiende los cambios aparecidos sobre la superficie de un material originados por la influencia indeseada de los factores químicos y electroquímicos.

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)

1.3 Corrosión Atmosférica

La corrosión atmosférica para el caso particular de Cuba, es la principal responsable de las mayores pérdidas por corrosión que presenta el país. Esto se debe fundamentalmente a la condición de ser una isla larga y estrecha, rodeada de mar, por lo que tiene una gran influencia del aerosol marino, fuente importante de contaminantes y además por presentar una alta humedad relativa y por ende la condensación de humedad sobre las superficies metálicas.

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)

Los metales que se encuentran en una atmósfera que contenga oxígeno, particularmente si están a cierta temperatura, se combinan directamente con el oxígeno. En este tipo de corrosión se forman óxidos de hierro que tienden a extenderse sobre la superficie metálica. El hierro no sufre la corrosión en un ambiente completamente seco, pero en aire húmedo o en agua se corroe porque sus partes activas tienen un potencial de reducción más negativo y tienden a pasar al estado iónico, mientras que en sus partes menos activas los iones hidrógeno del agua, en mayor concentración en presencia de CO₂, tiende a descargarse formando hidrógeno gaseoso.

La corrosión depende también del tiempo durante el cual la humedad atmosférica permanece sobre la superficie metálica y, por ello, está ligada a la combinación de una serie de factores. Los más importantes son el poder contaminante intrínseco de la atmósfera, así como diversos agentes climáticos entre los que cabe destacar, además de la humedad, la temperatura. (Pancorbo, 2011)

1.3.1 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.

En este caso de estudio la atmósfera es marina, pues las instalaciones se encuentran solo a 5m del mar.

1.3.2 Factores que influyen en la corrosión atmosférica.

El grado y forma en que los factores influyen en la corrosión atmosférica, varía según la región, el tipo de clima, tipo de material, interacciones, y no pueden ser reflejados en su totalidad y con exactitud en los modelos de pronóstico. Partiendo de los diferentes tipos de materiales, los efectos fundamentales están dados por los factores climáticos y los contaminantes atmosféricos.

1.3.2.1 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.

(Corvo y Veleva, 2003: citado por López, 2007) 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.

1- 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 siempre es mayor que a la intemperie (Mertel, 1985; Echeverría, 1998, 2002). Algunos autores han establecido que el rango de temperatura dentro del cual ocurre la corrosión atmosférica del acero quedaría restringido prácticamente entre los valores de (10-25)°C.(Torrens, 1999; Núñez, 2000).

2- 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: citado por López, 2007) 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; Feliú, 1984).

3- 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 ($t \geq 0^{\circ} \text{C}$), cuando inicia la condensación de agua sobre la superficie del metal. (Corvo y Veleza, 2003).

De acuerdo con el trabajo de Vu Dinh Huy (Torrens, 1999), se puede determinar el tiempo de humectación para valores de humedad crítica de 70%, 80% y 90% a partir de la humedad media mensual o anual, empleando ecuaciones de pronóstico como las siguientes:

$$\tau = \sum_{i=1}^{12} (aHr_i - b) \quad (1.1)$$

$$\tau = a\bar{Hr} - b \quad (1.2)$$

donde:

τ : es el tiempo total humectación con humedad relativa por encima de la crítica en un año.

Hr y Hr_i : humedades relativas medias anual y mensual en %

a y b son las constantes correspondientes a la ecuación y varían en dependencia de la humedad crítica. Por ejemplo para humedad crítica de 80%.

$$\tau_{Hc \geq 80\%} = 19.93Hr - 1168.56 \quad (1.3)$$

4- 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. (López, 2007)

5- Influencia de los vientos.

(Ambler y Bain, 1995), observaron el paralelismo existente entre la salinidad atmosférica y la velocidad de corrosión (Echeverría et al., 2002) que a su vez dependen de la velocidad y dirección del viento, principalmente en atmósferas marinas (Morales et al., 2005).

El viento es considerado el principal encargado de transportar los contaminantes en Cuba (Corvo, 1980; 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: citado por López, 2007), que se atribuye a los métodos de captación empleados y las determinaciones analíticas. (Echeverría et al., 2002).

1.3.2.2 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, 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_2) y para las regiones marinas-costeras el ión cloruro es el contaminante principal (Leygraf, 2002; Corvo, y Veleva, 2003). No se hace referencia en este caso al sulfato (SO_4^{2-}) proveniente del aerosol marino.

1- Aerosol marino y corrosión atmosférica.

De todos los componentes particulares que penetran en la atmósfera, los aerosoles marinos constituyen los más abundantes. (Butler, 1979) destaca, que la mayor emisión de fuentes naturales corresponde al aerosol marino con 908 millones de toneladas por año, la que era siete veces superior a las emisiones de dióxido de azufre para esa época. En la literatura consultada (Cole et al., 2011; Meira et al., 2008) se hace énfasis en la influencia del aerosol marino en la magnitud de la corrosión atmosférica, coincidiendo la casi totalidad de los autores, en las publicaciones más recientes, que el principal responsable de esta acción es el ión cloruro, sin hacer referencia al ión sulfato. (Tomashov, 1979) refiere, que del total de sales que contiene el agua de mar, el 7,68% en peso corresponde al ión sulfato, ello indica realizando un cálculo aproximado de acuerdo con la emisión de aerosol marino, realizado por (Butler, 1979), que por esta vía se emiten a la atmósfera 70 millones de toneladas anuales de sulfato, procedentes del aerosol marino.

Las propiedades del agua de mar como medio corrosivo están fundamentalmente determinadas por su contenido salino. La salinidad total y la composición de los océanos son casi constantes, aunque puede variar considerablemente en los mares interiores. La acción del agua de mar sobre los materiales metálicos es de naturaleza electroquímica. Todas las leyes que rigen la corrosión electroquímica son aplicables a la corrosión marina (Hing, 2010). Según (Valdés, et al 2013) la corrosión marina, en particular se manifiesta en las zonas donde se rompen las

olas (splashzone), que generan una espuma blanca, con alto contenido de burbujas de aire, que aportan O₂ para la corrosión.

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. (Ambler y Bain, 1995; Echeverría et al., 2000).

La instalación que es objeto de estudio se encuentra en una zona donde penetra el aerosol marino, es por eso que se hace necesario el estudio de las instalaciones para darle un adecuado mantenimiento a las mismas.

2- Influencia del ión cloruro.

La mayoría de los autores, coinciden en que el principal responsable de la influencia del aerosol marino en la magnitud de la corrosión atmosférica es el ión cloruro (Corvo et al., 1995; Echeverría et al., 2000). Lo que se corrobora por las correlaciones que se obtienen entre la velocidad de deposición de cloruros y la velocidad de corrosión (Echeverría, 1991; Corvo et al., 1995; Morales et al., 2005, 2006). El ión cloruro Cl⁻ actúa como electrolito manteniendo activa la pila de corrosión, es decir, posibilita el contacto eléctrico en la superficie metálica (Serna, et al.2010).

En Cuba, la influencia de los cloruros, provocados por el aerosol marino, es muy significativa en la elevación de la velocidad de corrosión y una vez que ya está formada la capa, existe un proceso de adsorción competitiva entre los cloruros y los sulfatos (Corvo et al., 2002). A medida que nos alejamos de la costa, disminuye su proporción, lo que trae aparejado una amortiguación de la corrosión. Sin embargo, esto no implica que deje de jugar un papel importante en la corrosión en zonas rurales, alejadas de las costas, donde si no existen otras fuentes de contaminación, viene a ser el principal responsable del deterioro de los materiales.

3- Influencia del ión sulfato.

Reconociendo que el aerosol marino es sal de mar, que en ella están presentes además de los cloruros, los iones sulfatos y que los diferentes estudiosos de la corrosión atmosférica están de acuerdo totalmente en que el sulfato ferroso y demás contaminantes salinos juegan un papel importante en el mecanismo de la corrosión atmosférica del hierro y el acero, llama la atención la poca referencia a este contaminante cuando se estudia la influencia del aerosol marino. En Ibero América, existen muy pocas referencias respecto a la influencia del sulfato en la corrosión, la mayoría de ellas reconociendo la influencia del dióxido de azufre, se reportan en la publicación que recoge las investigaciones del Proyecto de Mapas de Ibero América de Corrosividad Atmosférica (MICAT) (Morcillo et al., 1998).

En investigaciones de la corrosión atmosférica en Cuba, se reconoce la influencia del aerosol marino, de fuerte efecto estacional, muy evidente en la cercanía de la costa, pero se plantea que queda amortiguado por el efecto del SO_2 , a medida que aumenta la distancia de la misma tierra adentro y en zonas protegidas por obstáculos topográficos o construcciones. Así mismo, que la contaminación del SO_2 sobre el acero depende mucho de la cercanía del lugar de ensayo a una fuente emisora de este contaminante, pero no está sujeto a ningún efecto estacional (Corvo et al., 1988).

4- Relación cloruro/ sulfato.

Tomar en consideración la presencia de cloruro y sulfato proveniente del aerosol marino en las investigaciones sobre corrosión, resulta de gran interés. El uso de la relación cloruro/sulfato, resultado reportado por primera vez en Cuba por Echeverría (1991), pudiera ayudar a analizar los resultados de investigaciones en zonas bajo la influencia marina que se reportan en el mundo.

En estudios de corrosión presentados en el marco del Primer Congreso de Corrosión NACE-Región Latinoamericana, se pueden citar varios trabajos donde el empleo de la relación cloruro/sulfato hubiera permitido esclarecer en mayor

medida la fuente de la contaminación por compuestos de azufre (Echeverría et al., 2002).

Los análisis químicos ayudan a determinar la presencia de ciertos compuestos nocivos en unos medios tales como cloruros o sulfatos. (Pereira, 2010)

1.3.3 Tipos de corrosión

Corrosión atmosférica 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, 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 (Echeverría, 2012).

El objeto de estudio presenta corrosión atmosférica húmeda en horario del día, ya que es en este momento cuando el aire entra del mar hacia la tierra.

- **Corrosión atmosférica mojada:**

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

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

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

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

La corrosión atmosférica mojada es menor que la húmeda, ya que en la primera existe una delgada capa de humedad (Echeverría, 2012).

Este tipo de corrosión se pone de manifiesto en horas de la madrugada donde la humedad relativa es mayor y no hay métodos de humedecimiento y secado porque a esa hora no hay rayos ultravioletas.

- **Corrosión por celdas de aireación diferencial:**

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

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad adsorbida o de agua, galvánico por diferencia de concentración de oxígeno, que se explica de la forma siguiente:

Cuando surge una grieta, hendidura, intersticio, desprendimiento de la pintura, depósitos de óxido o suciedades, todos ellos son causa de la aparición de celdas de aireación diferencial. Debajo del depósito o en el interior del intersticio se crea un área de difícil acceso para el oxígeno, que se constituye en ánodo, tan pronto como en los alrededores con mayor acceso de oxígeno se crea un cátodo.

Factores que influyen: El factor determinante 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.

Un aumento de la temperatura de la superficie metálica, elimina la humedad adsorbida y detiene el proceso corrosivo. Observe como este tipo de corrosión es menos frecuente en los techos sometidos a la radiación solar (Echeverría, 2012).

- **Corrosión interfásial:**

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica.

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

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

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

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia del contaminante sobre la superficie metálica como aerosol marino, en la 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, 2012).

- **Corrosión en resquicios:**

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Durante el diseño de una pieza, equipo o estructura metálica, el diseñador debe tener especial cuidado en no crear resquicios, ya que estos favorecen la acumulación de depósitos (contaminantes) y humedad, que propician el desarrollo de este tipo de corrosión.

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, conjuntamente con la acumulación de contaminantes y la humedad (Echeverría, 2012).

- **Corrosión por par metálicos:**

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, 2012).

- **Corrosión fatiga:**

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme con efectos mecánicos.

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

Factores que influyen: En la corrosión fatiga resulta fundamental la presencia de tensiones cíclicas, es decir la fatiga, la que provoca conjuntamente con la corrosión la aparición de la grieta y su rápido crecimiento por la acción combinada de la corrosión y la fatiga (Echeverría, 2012).

- **Corrosión selectiva:**

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.

En las aleaciones bifásicas α/β , la fase β es más rica en Cinc y por tanto es más activa con respecto a la fase α , que es más rica en Cobre, estableciéndose una celda galvánica, donde la fase β actúa como ánodo y se disuelve preferentemente el Cinc y la fase α , actúa como cátodo y sobre la misma tiene lugar la reducción del agente oxidante.

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 la 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 (Echeverría, 2012).

1.4 Sistema de protección. Etapas.

1.4.1. Clasificación de ambientes.

Refieren (Pérez, 1998), (Iglesias, 2000), (Fragata, 2002), (Echeverría, 2003), (Echeverría, 2005), que la determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva, según la norma (UNE- EN ISO 12 944-2:2007), resulta decisivo. Dado 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, desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa dentro del sistema, influirá en los posteriores, todo lo cual en su conjunto contribuirá a aumentar la durabilidad del sistema de protección anticorrosiva con pintura.

En la propia Norma UNE-EN ISO 12 944-2, señala los ambientes interiores de los componentes huecos y áreas cerradas, que por sus peculiaridades (mayor

humedad relativa y posible presencia de contaminantes) provocan la corrosión por el interior, pero no ofrece soluciones con otros recubrimientos.

-Se determina la agresividad corrosiva en varadero en correspondencia con estudios realizados. La agresividad de la atmosfera en las zonas próximas a las costas tiene una clasificación de extrema (Echeverría, 2013)

1.4.2 Diseño anticorrosivo:

En el proceso de diseño conceptual de una pieza, se debe establecer una distribución que evite la acumulación de humedad y contaminantes en las superficies, o también, disminuir las zonas de aceleración de los procesos de corrosión, como los pares bimetálicos. Lo anterior, unido a la lucha contra la agresividad del medio ambiente o a la de los procesos productivos que se desarrollan en instalaciones industriales, evita la aparición de fallos prematuros.

La identificación de errores de diseño anticorrosivo es el primer paso en la conservación de estas estructuras. Su eliminación y la elaboración de un proyecto adaptado a las condiciones propias de las instalaciones, son procedimientos esenciales para prolongar la vida útil del medio con un uso óptimo y racional de los recursos que se destinen para ese fin.

Para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular la Norma (ISO 12944 - 3: 2007), plantea (Echeverría, 2003).

Las Normas ISO, están basadas en consideraciones técnicas que deben cumplir los países que suscriben las mismas en sus relaciones comerciales. Cuba suscribe y aplica las Normas ISO.

La tecnología importada para estas instalaciones puede presentar problemas de diseño anticorrosivo, ya que no se tuvieron en cuenta las condiciones climáticas de nuestro país.

1.4.2.1 Tipos de problemas de diseño anticorrosivo:

Según (ISO 12944 - 3: 2007, Echeverría, 2003) es posible encontrar en conjunto varios problemas de diseño anticorrosivo como son:

- Accesibilidad.
- Refuerzos.
- Tratamiento de orificios.
- Prevención de la corrosión galvánica.
- Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.
- Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.
- Áreas cerradas y componentes huecos.

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 de lograr separaciones entre componentes superiores a 50mm y profundidades menores de 100mm, para garantizar todas las operaciones de preparación de superficie, aplicación de recubrimientos y mantenimiento (ISO 12944 - 3: 2007).

Refuerzos: Cuando se requieren refuerzos 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 protector (ISO 12944 - 3: 2007).

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 (ISO 12944 - 3: 2007).

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 velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas, la naturaleza y período de acción del electrolito (ISO 12944 - 3: 2007).

Precauciones para prevenir la retención de depósitos y agua: Deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidable austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos (ISO 12944 - 3: 2007).

- Los diseños con superficies inclinadas o biseladas.

- La eliminación de secciones abiertas en la parte superior o su colocación en posiciones inclinada.

- La supresión de cavidades y huecos en los que puede quedar retenida el agua y la suciedad.

- El drenaje de agua y líquidos corrosivos lejos de la estructura.

Imperfecciones en la superficie de las soldaduras: Las soldaduras deben estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector (ISO 12944 - 3: 2007).

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 (ISO 12944 - 3: 2007).

1.4.3. Preparación superficial.

Para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado en cada caso, es necesario un análisis previo considerando el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el carácter y grado de la suciedad y oxidación. Además de consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (UNE-EN ISO 12944-4:2007).

Esta es una de las etapas más importantes para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado (Fragata, 2002), (Morcillo, 2002), (Ochoa, 2005), (Echeverría, 2005); el cual obedece en un 90% a la preparación de la superficie que se haga que es la causa de los fallos de los recubrimientos protectores sobre acero en el 60 – 70 % de los casos (Ochoa, 2005). Siempre que se pueda se debe utilizar el método a chorro, por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad (Ochoa, 2005). Al respecto refiere (Morcillo, 2002), que tanto el chorreado como el decapado son los más seguros y efectivos y destaca que: “mejor comportamiento ofrece un recubrimiento de pintura de “baja resistencia” que uno de “alta calidad” si se aplican a superficies deficientemente preparadas”. Esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, todo lo cual tiene un objetivo final que es potenciar la adherencia del recubrimiento a la base metálica. Coinciden la mayoría

de las fuentes consultadas con la falta de atención a la preparación de superficies (Roberge, 2000), (Iglesias, 2000), (Fragata, 2002,), (Morcillo, 2002) (Ochoa, 2005). Una vez realizado el chorreado de arena (sanblasting) o granallado, se requiere una protección inmediata, ya sea mediante la aplicación de fosfatado, una pintura de protección temporal, o una imprimación reactiva (Iglesias, 2000), (Ochoa, 2005). El chorreado no se recomienda en instalaciones turísticas, en centrales eléctricas y otras muchas instalaciones, por exigencias ambientales.

El fosfatado penetra a fondo en los resquicios u orificios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora temporal y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera, previo a la aplicación del recubrimiento. Puede ser aplicada directamente sobre el metal oxidado o sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura (Ficha Técnica, DISTIN 504) ver anexo10.

La norma de referencia (UNE-EN ISO 12 944-4:2007), que constituye el mejor enfoque en sistema con la aplicación de recubrimientos de pintura, no incluye el fosfatado en la preparación superficial.

En las instalaciones objeto de estudio es importante la preparación superficial porque al estar expuestas al aerosol marino, estas superficies se contaminan y se corroen con facilidad por lo que si no se le da una apropiada preparación superficial, el recubrimiento posterior se desprende y no ofrece la protección adecuada.

1.4.4 Sistemas de pinturas protectores.

La elección de las pinturas incluye varios aspectos (Ochoa, 2005), pero dentro de los más importantes están la durabilidad (en función de la exposición y superficie a proteger), extensión del trabajo a realizar (grandes superficies), condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura (por litro). (Pérez, 1998) define que 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 que

responden a distintos requerimientos. Con lo anterior coinciden (Echeverría, 2003), (Morcillo, 2002) (Ochoa, 2005).

Un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas (Pérez, 1998):

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.

Lo antes expuesto está en concordancia con lo planteado por la Norma (UNE-EN ISO 12944-5:2007) y es criterio compartido de varios autores (Roberge, 2000), (Fragata, 2002), (Rodríguez, 2004), (Echeverría, 2003), (Ochoa, 2005), (Schmidt, 2006).

(Ochoa, 2005) considera, que la incompatibilidad entre las pinturas que conforman el sistema, es un factor determinante en la calidad del recubrimiento con pinturas, lo que conduce a defectos. Aspecto este con el que coinciden todos los autores consultados.

La Norma (UNE-EN ISO 12 944-5:2007), ofrece varios esquemas de pinturas en función de la agresividad corrosiva del medio, cada uno de los cuales define el grado de preparación superficial, tipo de pintura, número de capas, espesor y durabilidad.

La Norma de referencia (UNE-EN ISO 12 944-4:2007), incluye además los ensayos de comportamiento de las pinturas, que son de obligatorio cumplimiento, la ejecución, supervisión de los trabajos y los proyectos que deben ser elaborados para la aplicación de este sistema.

Como se observa, no incluye otras técnicas, ni productos, ni la conservación, en la composición del sistema protector con recubrimientos de pinturas.

El aislamiento del acero con respecto al medio se suele conseguir, generalmente, mediante la utilización de recubrimientos orgánicos de pinturas. Las razones fundamentales que sostienen la mayoría de los investigadores de la temática, son su bajo coste y su facilidad de aplicación (Schweitzer, 2006; Wicks, et al. 2007; Fragata, 2002)

Por cada 100 m² de superficie metálica expuesta a la corrosión, unos 85-90 m² están protegidos por recubrimientos de pinturas (Almeida, E., et al. 2006).

Los recubrimientos de pintura, sufren diferentes daños, ocasionados por:

- La agresividad del medio corrosivo (UNE-EN ISO 12 944-2: 2007).
- El diseño anticorrosivo, demostrado en diferentes trabajos, que confirman esta afirmación (Echeverría, et. al. 2004, 2010 y 2012).
- La preparación superficial (Morcillo, 2002).
- La falta de resistencia del sistema de pintura a los ambientes agresivos (UNE-EN ISO 12 944-5: 2007).
- La concentración de pigmento en la pintura, que provoca efecto significativo en la permeabilidad al agua, al oxígeno y a los medios agresivos, por los poros y huecos que se crean (Weldon, 2001), (Wicks, et al. 2007).
- El insuficiente espesor es otra causa de fallos en la durabilidad de un esquema de pintura (UNE-EN ISO 12 944-5: 2007).
- La incompatibilidad entre las diferentes capas que conforman el esquema o sistema de pintura protector.

Las pinturas seleccionadas para la protección de las instalaciones objeto de estudio en este trabajo deben proteger contra la corrosión y proporcionar la estética adecuada por un tiempo relativamente largo.

1.4.4.1 Recubrimientos de pinturas

La capa de recubrimiento es la parte más evidente del objeto donde se muestran los valores que le dan ese estatus de obra a conservar. En muchos casos, la capa de

pintura supone la parte fundamental, lo que se hace necesaria la conservación del conjunto. Es su piel y su aspecto exterior, al igual que en las personas, lo que confiere su imagen (Tejedor, 2012).

La durabilidad de un sistema de pintura protector depende del tipo de sistema de pintura, del diseño de la estructura, del estado de la superficie del acero, de la calidad de la aplicación de las condiciones durante la aplicación y de las condiciones de exposición en servicio (Urbán, 2009).

La lucha contra la corrosión podría realizarse desde cuatro perspectivas diferentes:

- Sustituir el material por otro más resistente.
- Polarizar el material con una corriente externa y situarlo en una zona noble.
- Modificación del ambiente haciéndolo menos agresivo.
- Empleo de recubrimientos protectores.

La lucha contra la corrosión mediante recubrimientos orgánicos (pinturas, lacas y barnices) es el método de protección más difundido a nivel mundial.

Los recubrimientos protectores (metálicos y no metálicos) son el campo más extenso dentro de la protección de metales (Crespo, et al.2009).

Los recubrimientos metálicos pueden actuar como ánodo de sacrificio protegiendo el sustrato cuando este actúa como cátodo (por ej: recubrimiento de cinc), o bien ofrecer protección barrera cuando el sustrato es quien actúa como ánodo (Gómez, 2013).

1.4.5 Protección adicional

Los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes al medio agresivo dicho anteriormente, y la presencia de problemas de diseño anticorrosivo obliga a emplear en los sistemas protectores una protección adicional.

Para la protección adicional se emplean productos como mástiques, grasas, aceites, ceras, entre otros materiales. En la actualidad el CEAT desarrolla una serie de productos agrupados bajo la marca DISTIN que son de producción nacional y de más bajo costo que los del mercado. Serán propuestos a emplear en este trabajo.

1.5 La corrosión: un problema económico.

Las pérdidas económicas que implica la corrosión pueden ser directas (relacionadas con el reemplazo de la parte dañada) o indirectas debidas a: a) paradas de planta imprevistas para efectuar reparaciones; b) pérdidas de producto de contenedores, tanques, cañerías; c) pérdidas de eficiencia por productos de corrosión en intercambiadores de calor; d) contaminación por los derrames producidos a causa de corrosión en tanques, cañerías, etc.; e) por sobredimensionamiento en el diseño de instalaciones debido a la falta de información sobre la corrosión de los componentes en un ambiente determinado.

Uno de los principales impactos causados por los fenómenos de corrosión es el factor económico. La corrosión causa la continua degradación de las infraestructuras metálicas, representando alrededor de un 4% del Producto Interior Bruto (PIB). Estos costes abarcan tanto el mantenimiento correctivo y de protección a corto plazo, como la reposición completa de los materiales expuestos a condiciones atmosféricas agresivas, especialmente en zonas costeras (Molina et al., 2011).

Los primeros estudios relacionados con los costos de la corrosión fueron desarrollados por Uhlig en 1949, en su trabajo “Los costos de la corrosión en los Estados Unidos” (Uhlig, 1985), en el cual realiza los cálculos relacionados con la corrosión sobre la base de métodos de prevención. El Reporte Hoar en 1971, se basó en un informe del Comité de Corrosión y Protección del Ministerio de Comercio e Industria en Londres (González, 1989). En ese reporte se estiman las pérdidas anuales directas causadas por la corrosión en alrededor del 3,5 % del Producto Nacional Bruto (PNB), tanto en los países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo. Se expresa, además, que los mayores ahorros potenciales en los costos de la corrosión provienen de un mejor uso de los conocimientos ya adquiridos, cuya correcta aplicación se estima que representaría una reducción de pérdidas del 22,7 %. En otra investigación realizada se estimó una reducción de las pérdidas de un 25-30 % (NACE Corporation, 2003).

Países como Japón, Reino Unido y EE.UU. han llevado a cabo estudios del costo de la corrosión y han estimado las pérdidas de la economía nacional debido a la corrosión hasta un 5% del PNB (Biezna y San Cristóbal, 2005). Como se observa, se utiliza como criterio un porcentaje del PIB o del PNB. La diferencia entre estas dos macro-magnitudes radica en que el PNB incluye todos los ingresos de los nacionales de un país (dentro y fuera de este). En un estudio previo que utiliza el rango del 3 al 4% del PIB se asumió para Cuba el 4% del PIB, que como se observa no corresponde al mayor nivel de pérdidas reportado por Biezna y San Cristóbal (2005). El porcentaje utilizado se debe a la agresividad corrosiva de Cuba y la situación económica del país (Echeverría, et al., 2002). Contribuye al incremento de las pérdidas, el hecho de encontrarse los principales polos turísticos en la costa norte, con agresividades muy alta, propio de unos pocos países de Iberoamérica (Corvo, 1980; Echeverría, 1991; Corvo et al., 1995, 2002, 2005; Morcillo, et al., 1998, 2002; Echeverría, et al., 2000, 2002, 2004, 2005). Incrementan el deterioro, y en consecuencia las pérdidas económicas en las instalaciones turísticas, el inadecuado diseño y protección anticorrosiva acorde a las condiciones de agresividad, así como proyectos de protección sin las exigencias requeridas por las normas internacionales. A ello se suma, la introducción de tecnologías constructivas inadecuadas y la ausencia de garantías que deben establecerse (Echeverría, et al., 2001, 2005). Del análisis anterior se justifica considerar para Cuba pérdidas totales por corrosión del orden del 4 % del PIB, que incluyen las pérdidas indirectas (Roberge, 2000; Biezna y San Cristóbal, 2005).

Tomashov estima que el 50% de los costos por corrosión corresponden a la corrosión atmosférica (Tomashov, 1979), planteamiento con el que coinciden varios investigadores del tema (Echeverría, et al., 2002, 2004, 2005, 2006; Echeverría, et al., 2007).

Las pérdidas económicas totales (directas e indirectas) por corrosión para Cuba en el año 2007 ascendieron a 1760 millones de pesos. A partir de estas pérdidas económicas, se estima que las pérdidas ocasionadas por la corrosión atmosférica, según criterio de Tomashov, (1979), ascienden a 880 millones de pesos para el

2007. La cifra antes señalada resulta de consideración y justifica la necesidad de la toma de medidas para disminuir las pérdidas por corrosión atmosférica, las mayores de todas las que se producen y que analizadas por sectores; debe considerarse al turismo uno de los más afectados, si se tiene en cuenta toda la infraestructura vinculada al mismo.

Otro aspecto de suma importancia económica se relaciona con el consumo de las materias primas y la energía que se precisan para reponer las piezas y equipos que han salido de uso por problemas de corrosión.

En Cuba, la Administración Central del Estado, orienta a todos sus organismos el mantenimiento y conservación anticorrosiva de los equipos y materiales; así como el control periódico de esta actividad (López, 2007). Trabajos desarrollados en la Universidad de Matanzas, detectaron la necesidad de capacitación de los trabajadores y el personal vinculado a la labor de conservación en los distintos sectores, por una parte y por otra, la necesidad de disponer de productos nacionales adecuados a las condiciones climáticas y de alta agresividad corrosiva de nuestra isla, ya que la corrosión afecta la funcionalidad de los equipos almacenados (Rodríguez. et al., 2002). Por tanto, urge la necesidad de aportar soluciones al problema de la conservación en sectores claves de nuestra economía y la defensa del país, donde la corrosión genera pérdidas considerables, que en el marco actual de saneamiento económico y tensiones políticas en el ámbito internacional, cobran mayor importancia.

1.6 Medidas para disminuir los daños por corrosión atmosférica.

Existen una serie de medidas que pueden ponerse en práctica para disminuir los daños que causa la corrosión atmosférica: El uso de materiales resistentes; uso de recubrimientos inorgánicos, metálicos y orgánicos; climatización y dehumidificación.

El uso de recubrimientos es de los métodos más difundidos y tiene como objetivo fundamental aislar al material del medio corrosivo.

Los recubrimientos orgánicos como pinturas, barnices, lacas u otras sustancias orgánicas que se utilizan para proteger a los materiales metálicos de la corrosión, deben aplicarse de modo conveniente sobre superficies bien preparadas, pues de ello depende en gran medida el grado de protección que originen.

Entre los productos que se emplean en la conservación contra el deterioro de metales y recubrimientos de pintura, los más difundidos y empleados son las grasas de conservación temporal y las ceras impermeabilizantes y abrillantadoras. Las grasas de conservación tienen como ventajas principales la facilidad de aplicación, diversidad, tiempo de duración, fácil eliminación.

La fabricación de un grupo de productos en el Centro de Estudios de Tensoactivos y Anticorrosivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas, han dado respuesta a algunas demandas de la Economía Nacional, fundamentalmente de la rama de la Construcción y de la Industria Azucarera, y en determinada medida a algunos problemas específicos del Ejército Central. (Torrens et al., 2005).

Conclusiones parciales del capítulo I

- Las causas, mecanismos y factores que influyen son aspectos de gran importancia para realizar el análisis del fenómeno de la corrosión.
- Los problemas de diseño anticorrosivos tienen gran influencia sobre los tipos de corrosión que pueden desarrollarse.
- En las Normas Internacionales no se tiene en cuenta el uso de Disoluciones de Fosfatado para lograr la limpieza de la superficie metálica, a pesar de ser este un método menos engorroso y que mejora el anclaje y adherencia de las pinturas.
- Los sistemas de pinturas por sí solos no ofrecen una protección completa de las estructuras metálicas, por lo que se necesita una protección adicional con otros productos de conservación entre los que se encuentran los agrupados bajo la marca DISTIN, que son de producción nacional y de más bajo costo que la del mercado.

Capítulo II

Capítulo II: Materiales y Métodos.

En este capítulo se detallan los materiales y métodos empleados para dar solución al problema de la conservación contra el deterioro por corrosión atmosférica de las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota.

Para el análisis se tomaron como muestra los contenedores de combustible para las embarcaciones y el soporte de los pilotes de los muelles.

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

2.1 Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión.

La presente metodología, es el resultado de la experiencia práctica desarrollada por más de 25 años de trabajos de investigación desarrollados por el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la UMCC en el enfrentamiento a diferentes problemas de corrosión, además se han tomado referencias de (Dominguez y Gonzáles: citado por López 2007) y las Normas ISO (ISO 12944 – 1: 2007, ISO 12944 – 2: 2007, ISO 12944 – 3: 2007, ISO 12944 – 4: 2007, ISO 12944 – 5: 2007)

La misma cuenta con diferentes etapas que deben ser desarrolladas durante el trabajo y se resumen a continuación:

2.1.1 Identificación del problema.

Para realizar la correcta identificación de los problemas presentes en las instalaciones fue necesario realizar el estudio de las mismas a partir de los siguientes pasos:

- Análisis visual

Para efectuar un educado 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.

- Empleo de las normas de diseño

Para proceder al trabajo de mesa hay que conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que se presentan.

Del análisis visual se pudo constatar la presencia de problemas de diseño anticorrosivo y diferentes tipos de corrosión, que se muestran en las figuras de la 1 a la 8 (anexos del 2 al 9).

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

- Comprobar las normas de diseño empleadas y su cumplimiento.
- Un antecedente muy importante de los problemas de corrosión que se presentan frecuentemente, es el “Diseño Anticorrosivo”. Al respecto se plantea que los problemas de diseño anticorrosivo, los crea el diseñador, desde que se realiza el diseño. Existen muchos problemas de diseño muy frecuentes.
- La selección de los materiales, entra dentro del diseño y por tanto hay que prestarle especial atención a los materiales utilizados y los métodos de protección utilizados, de acuerdo con los medios en que se encuentra en contacto.

- Cumplimiento de las recomendaciones de puesta en obra de los materiales, componentes, estructuras, equipos.
- Características de los materiales metálicos y no metálicos. Fichas técnicas de los diferentes productos.
- Fichas técnicas de los diferentes productos anticorrosivos.
- Correspondencia de los materiales con los previstos en el diseño.
- Aspectos legales del proyecto, garantías con su cumplimiento, especificaciones técnicas precisas y correctas, sin expresiones ambiguas y genéricas.

Los contenedores presentan varios problemas de diseño anticorrosivo que se pueden observar en las figuras 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5, y los soportes de los pilotes del muelle también presentan estos problemas que se observan en las figuras 2.6, 2.7 y 2.8.

<p>Fig 2.1 Zona de acumulación de depósitos (amarilla), resquicios (rojo), mala preparación superficial (violeta), accesibilidad (azul). Presenta corrosión atmosférica húmeda y/o mojada por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 2.2 Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Componente hueco (gris). Intersticios (rojo). Manipulación, transporte y montaje (negro). Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 2.3 Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Conexiones con pernos (naranja). Área inaccesible (azul). Intersticios (rojo). Corrosión electroquímica atmosférica mojada y/o húmeda e intersticial.</p>

<p>Fig 2.4 Mala preparación superficial (violeta). Zonas de acumulación de depósitos (amarilla). Componente hueco (gris). Corrosión interfásial y por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 2.5 Mala preparación superficial (violeta). Resquicios (rojo). Componente hueco (gris). Corrosión por picadura y celdas de aireación diferencial.</p>

<p>Fig 2.6 Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Mala preparación superficial (violeta), conexiones con pernos (naranja), resquicios (rojo). Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial e intersticial.</p>	<p>Fig 2.7 Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Conexiones con pernos (naranja), mala preparación superficial (violeta), par metálico (azul claro) y resquicios (rojo). Corrosión galvánica por par metálico. Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 2.8 Conexiones con pernos (naranja), mala preparación superficial (violeta), par metálico (azul claro), resquicios (rojo) y bordes (carmelita). Corrosión galvánica por par metálico. Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial e intersticial.</p>

Los contenedores que constituyen el caso de estudio están conformados por chapas de acero al carbono estructural y pernos de acero al carbono con tratamiento térmico. En los soportes de los pilotes de los muelles se encuentran chapas gruesas de acero estructural, fibra de vidrio con hormigón, pernos de bronce y rodillos de plástico.

Para la conservación de estas estructuras se utilizan pinturas anticorrosivas de la marca Isabal y grasas de conservación en las correderas de las puertas y en las bisagras.

2.1.1.2 Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y las reales.

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

Tanto los contenedores como los soportes de los pilotes se encuentran en la costa por lo que se considera agresividad extrema según el mapa de agresividad corrosiva de la atmósfera de Cuba (Anexo 1) e (ISO 9223: 2012). Los contenedores se encuentran a 5 m del mar. El aerosol marino en esta zona está presente permanentemente en concentraciones elevadas, incluso hay salpicaduras de mar que humedecen la superficie, sobre todo en los soportes de

los pilotes del muelle. Por tanto, en esta zona donde se encuentran ubicadas estas estructuras, están sometidas al efecto constante del aerosol marino y el agua de mar.

2.1.1.3 Cumplimiento de las Normas de Calidad y aspectos legales. Ensayos de recepción.

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

¿Tienen implementadas las Normas ISO 9000?

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

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

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

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

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

Los aspectos legales del cumplimiento de las normas tienen mucha importancia. Baste señalar lo siguiente: En cada contrato, se establece el período de garantía, que tiene una consideración jurídica, objeto de cláusulas en la parte administrativa del contrato. El tiempo de garantía, tiene que ser menor que la durabilidad del

sistema protector, que es una consideración técnica que puede ayudar al propietario a establecer un sistema de mantenimiento. En la Norma ISO 12944 – 1: 2007 para sistema de pinturas, se establecen tres clases de durabilidad:

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

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

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

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

En los contenedores y en los pilotes tanto en la parte metálica como en la de fibra de vidrio con hormigón se aplican recubrimientos con pinturas Isabal.

2.1.1.4 Historia del problema.

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

- Antecedentes del problema. Historia del problema, que incluye años de servicio de la instalación y de los equipos, así como la acción de factores físicos, químicos, biológicos y combinación de ellos, sin profundizar en los mismos.
- Diagnóstico de la corrosión y protección en el área de haberse realizado con anterioridad. Puede incluir video, toma fotográfica, muestras, mediciones, etc.

Los contenedores llevan instalados alrededor de cinco años y los pilotes entre seis meses y un año. En ninguno de los casos ha habido que sustituir materiales.

2.1.1.5 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.

Un equipo multidisciplinario del Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos de la UMCC, realizó la toma de fotos donde se pueden observar los principales problemas de diseño anticorrosivo y conservación que presentan los contenedores y soportes de los pilotes. Estas se muestran en los anexos del 2 - 9.

2.1.2 **Análisis del problema. Propuesta de soluciones.**

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

¿En qué forma se presenta la corrosión?

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

¿Qué tipos de corrosión se presentan?

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

¿Cuáles son las causas de la corrosión?

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

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

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

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

La corrosión electroquímica atmosférica húmeda y mojada se presenta ampliamente en estas instalaciones. No obstante también se manifiestan otros tipos de corrosión como la galvánica por par metálico o por celdas de aireación diferencial, la interfásial e intersticial, que están muy relacionadas con las primeras.

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

- Incluye evaluaciones realizadas de la magnitud de daño con datos técnicos y económicos.
- Aplicación de métodos no destructivos para evaluar el daño causado.

- Ensayos para determinar la magnitud de la velocidad de corrosión y evaluaciones realizadas. Resultados de evaluaciones o fundamentación de los ensayos.
- Ensayos para identificar el biodeterioro. Evaluaciones realizadas.
- Aspectos económicos. En correspondencia con las Normas Internacionales actualmente vigentes, la relación coste – eficacia de un determinado sistema protector frente a la corrosión será, generalmente, directamente proporcional al tiempo durante el cual dicha protección es efectiva, reduciendo al mínimo el volumen de los trabajos de mantenimiento o de sustitución necesarios durante la vida en servicio de la estructura. Para recubrimientos protectores, la intensidad del fallo, antes de que sea sometido al primer trabajo de mantenimiento general, debe acordarse entre las partes interesadas y valorarse conforme a las Normas ISO 4628 – 1: 1982 y 4628 – 3: 1982. La primera que establece los principios generales y el esquema de evaluación y la segunda que establece los grados de oxidación permisibles, que son los que se acuerdan entre las partes. Al respecto se establece como máximo de afectación un 1% de la superficie afectada, posterior a lo cual hay que ejecutar el mantenimiento.
- Otros datos económicos que pueden obtenerse sobre el problema objeto de estudio, entre ellos monto de la inversión, pérdidas que se producen, costo de los mantenimientos, etc.
- Impacto ambiental con resultado del problema de corrosión. Posibles afectaciones.

A ninguna de estas estructuras (contenedores y soporte de los pilotes) se les ha aplicado chapistería. En el caso de los contenedores no se puede realizar porque los mismos contienen en su interior tanques de combustible para las embarcaciones, por lo que no se puede provocar una chispa, o de lo contrario estaría en peligro el centro y sobre todo la vida de las personas.

2.1.2.3 Medidas que deben aplicarse.

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

Para poner un ejemplo, citaremos el problema de la contaminación ambiental, la cual puede ser eliminada con la aplicación de medidas y no precisamente con la aplicación de métodos de protección, ya que la solución resultaría en la mayoría de los casos mucho más costosa.

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

Existen varias medidas que pueden ser aplicadas para mejorar el estado técnico y alargar la vida útil de los contenedores y pilotes del muelle que serán analizadas en el capítulo 3. Ellas son:

- Enjuague periódico de las superficies para lavar los contaminantes y el polvo depositado sobre la superficie.
- Resolver los problemas de diseño anticorrosivo presentes en estas estructuras.
- Aplicar métodos permisibles para lograr la limpieza adecuada de la superficie metálica.
- Aplicar un sistema de pintura anticorrosiva adecuado para las condiciones en que operan estas estructuras.
- Aplicar una conservación preventiva.

2.1.2.4 Métodos de protección que pueden aplicarse.

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

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

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

- Métodos de protección contra el deterioro por corrosión.
- Métodos de protección contra el biodeterioro. Métodos de conservación.
- Métodos de diseño para la protección y conservación.
- Protección por operaciones adecuadas durante los procesos.

Uno de los métodos de protección más ampliamente difundidos es la aplicación de recubrimientos de pinturas. Al respecto la Norma ISO 12944 establece todos los aspectos a tener en cuenta en la elaboración, ejecución y control de un proyecto de pintura en la ISO 12944 – 4: 2007, precisa las especificaciones del proyecto, del sistema de pintura, de los trabajos de pintado y de inspección y ensayo, tal cual se tiene que proceder al ejecutar cualquier proyecto de protección anticorrosivo.

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

La Tecnología desarrollada con el enfoque en sistema, integra todos los elementos antes señalados. Esta es la base de los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación, que hemos identificado como SIPAYC.

En el enfoque en sistema del SIPAYC, tiene gran importancia el diseño anticorrosivo, causante de la mayoría de los problemas.

Considera a las pinturas con sus defectos de preparación superficial, que no son flexibles, que son permeables.

Incorpora el concepto de conservación de una forma amplia. Conservación en la que participa el propio hombre cuando capacitado en estos conceptos “cuida su maquinaria”. Esto es vital en el enfoque en sistema.

El enfoque en sistema SIPAYC, permite obtener como resultado del trabajo práctico, un traje a la medida para cada componente, equipo, estructura o instalación que se aplique.

El Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación SIPAYC es una solución viable para resolver los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión que se presentan en las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota y será analizado más adelante.

2.1.3 Conclusiones, recomendaciones.

- En el trabajo se realizan conclusiones parciales, por lo tanto las conclusiones y recomendaciones que se reflejan aquí tienen que dar solución al problema general.
- Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos del trabajo, precisando las principales causas del problema de corrosión y protección objeto de estudio.
- Las recomendaciones deben contener aquellas investigaciones que deben ser realizadas o todos aquellos aspectos que deben ser profundizados con posterioridad.

2.1.4 **Bibliografía y referencias.**

Tiene que emplear con carácter obligatorio varias referencias en idioma inglés. Utilizar la norma establecida para el uso correcto de la bibliografía. Consultar en el CICT.

2.1.5 **Anexos.**

- Los anexos contienen tablas, mapas, gráficos, fichas técnicas, normas etc., que sean necesarios para la fundamentación del trabajo. Las figuras utilizadas para fundamentar los mecanismos de los tipos de corrosión, deben incluirse en el desarrollo del trabajo.

2.2 Análisis de los productos empleados para la conservación de las estructuras de los contenedores y soportes de los pilotes.

Para la aplicación del Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación se proponen productos anticorrosivos de fabricación nacional agrupados bajo la marca DISTIN. Ellos son:

Disolución de fosfatado DISTIN 504 (ver anexo 10)

Grasa de Conservación DISTIN 314 L (ver anexo 11)

Mástique Asfáltico DISTIN 404 (ver anexo 12)

Cera Abrillantadora DISTIN 603 (ver anexo13)

Grasa de Conservación DISTIN 314 (ver anexo14)

También se propone la pintura anticorrosiva de resina de clorocaucho HEMPATEX HI-BUILD 46330 (Anexo15). Son escogidas las pinturas de clorocaucho porque resisten excelentemente a la lluvia, son buenas en retención del brillo, del color, resiste a las salpicaduras de ácidos y álcalis, al impacto, la flexibilidad y dureza, además de resistir al calor seco de temperaturas entre 60 y 70 °C.

Los productos DISTIN fueron evaluados en los laboratorios acreditados LABET donde se le hicieron los siguientes ensayos (González, 2011):

Ensayos acelerados en cámaras de niebla salina (NSS)

Adecuados para verificar que se mantiene la calidad comparativa de un material metálico, con o sin recubrimiento protector. No están previstos como ensayos comparativos para clasificar diferentes materiales uno respecto a otros frente a la corrosión. La Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, la Grasa Semisólida DISTIN 314, el Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404, y la Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 L, no presentaron afectaciones.

Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante

Las atmósferas de ensayo con condensación de agua originan la condensación de humedad atmosférica sobre la superficie de las probetas de ensayo, cuya temperatura es inferior a la del aire saturado de la cámara climática, debido a la radiación de las paredes de la cámara o al enfriamiento de las probetas de ensayo.

En este caso la Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, la Grasa Semisólida DISTIN 314, el Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404, la Disolución de Fosfatado DISTIN 504, el Mastique Asfáltico Líquido Tipo Solvente DISTIN 403 L y la Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 L pasaron el ensayo de Resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono según la norma correspondiente, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET. Este resultado corrobora que el recubrimiento formado proporciona una protección temporal por años, de las superficies metálicas en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua y no se emulsiona por contacto.

2.3 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.

Los documentos publicados más completos sobre los sistemas de protección anticorrosiva y conservación son las Normas UNE-EN ISO 12 944 de la 1-8: 2007 y UNE-EN ISO 11303: 2009, aunque tienen varias insuficiencias.

Las Normas UNE-EN ISO 12 944:1-8, 2007, abarcan desde los estudios para la clasificación del medio, hasta los proyectos de ejecución y mantenimiento, que incluyen el control de la calidad para la protección anticorrosiva. La Norma UNE-EN ISO 11303: 2009, proporciona las directrices para seleccionar los métodos de protección contra la corrosión atmosférica de los metales y de las aleaciones utilizando la clasificación de la corrosividad atmosférica. El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre otras líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), que abarca componentes, piezas, equipos y estructuras, de acuerdo con una metodología desarrollada que se reporta en (Echeverría, et al. 2010).

El Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación SIPAYC contempla la solución a los problemas de diseño anticorrosivo en varias etapas durante su aplicación:

Primera etapa: solución a los problemas de diseño anticorrosivo antes de pintar (se empareja soldadura, se biselan bordes, se abren orificios de drenaje a los componentes huecos).

Una vez terminada la primera etapa, se limpia la superficie metálica con métodos manual mecanizado y con Disolución de Fosfatado, luego se aplica el sistema de pintura seleccionado.

Segunda etapa: solución a los problemas de diseño anticorrosivo después de pintar (se sellan los intersticios con Mástique Asfáltico Semisólido, o con Grasa Semisólida o Cera Abrillantadora Impermeabilizante, según lo requiera la pieza; se colocan los pernos, se aplica mástique, grasa o cera de acuerdo con el lugar donde esté ubicado el perno, se crean superficies inclinadas con Mástique Asfáltico Semisólido; en el techo de los contenedores después de aplicado el mástique se superponen láminas, se atomiza grasa en áreas cerradas y componentes huecos).

Se aplica cera sobre la pintura para impermeabilizar y sellar poros. Anualmente se le hacen reparaciones parciales y a los 5 años se vuelve a aplicar el SIPAYC.

2.4 Aspectos a tener en cuenta para la valoración económica.

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

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

Se realiza un análisis económico en las condiciones actuales de la conservación de las instalaciones y otro a partir de la propuesta de conservación de las mismas aplicando el SIPAYC, comparando sus resultados con los principales indicadores económicos.

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

En el país se consumen productos similares procedente de importaciones provocando que la demanda de los productos DISTIN sea mayor que la oferta, además poseen precios muy competitivos por estar elaborados fundamentalmente con materias primas nacionales logrando así la sustitución de importaciones.

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

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

Con la ficha de costo elaborada (anexo 16), se logra determinar que el mayor costo es el de fuerza de trabajo con 1998.4 CUP.

Conclusiones Parciales del Capítulo II.

- El centro turístico Marina Gaviota se encuentra ubicado en una zona de agresividad corrosiva extrema, donde se necesita proteger las estructuras metálicas de forma efectiva, lo que no se logra hasta el momento.
- Las estructuras de contenedores y soporte de los pilotes de los muelles se encuentran en un avanzado estado de deterioro, a pesar de recibir mantenimientos y pintura anualmente.
- Los gastos de materiales (pintura anticorrosiva) para la protección de contenedores y soporte de los pilotes son considerables y se efectúan semestralmente, a pesar de que un sistema de pintura de durabilidad baja debe permanecer sin afectaciones alrededor de 2 a 5 años.
- Para la aplicación del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación el mayor costo lo representa el gasto de fuerza de trabajo que asciende a 1998,4 CUP.

Capítulo III: Análisis y discusión de los resultados.

3.1 Agresividad corrosiva de la atmósfera, factores que influyen en la corrosión.

El centro turístico Marina Gaviota se encuentra ubicado en una zona costera, donde las instalaciones están a solo unos metros de la costa. Por esta cercanía al mar la agresividad corrosiva de la atmósfera se evalúa de extrema, C6 según el mapa de agresividad corrosiva de la atmósfera de Cuba (anexo 1) y la Norma (ISO 9223:2012). La contaminación por aerosol marino en este ambiente es constante y muy elevada, produciéndose salpicaduras de agua de mar en aquellas estructuras que están en la misma orilla del mar como los contenedores y los soportes de los pilotes del muelle. Interiormente, el material de los contenedores se encuentra en contacto con una atmósfera más húmeda, con menos luz y con menor concentración de contaminantes, producto del apantallamiento que originan las paredes del contenedor. Si seguimos el criterio de (Tomashov ,1979), de que la mayoría de las pérdidas por corrosión se producen a la atmósfera y teniendo en cuenta que las estructuras que hoy ocupan nuestro estudio, están bajo la influencia de una de las atmósferas más agresivas, se puede plantear que el deterioro que en ellas se manifiesta es máximo, en gran parte debido a su ubicación y al hecho de no estar protegidas adecuadamente, como se analiza en este capítulo.

Los contenedores y los soportes de los pilotes están fabricados de acero estructural, el material de construcción por excelencia que ofrece excelentes propiedades de resistencia mecánica, pero muy baja resistencia a la corrosión por lo que necesita una protección anticorrosiva adecuada para resistir estas condiciones el tiempo de vida útil planificado, sin incurrir en derroche de materiales y en gastos innecesarios provocados por las pérdidas que causa la corrosión.

Sin embargo, hoy no se tiene en cuenta por el personal de mantenimiento y por el proveedor, que los gastos por concepto de pintura y sustitución de materiales pueden y deben ser reducidos al mínimo, teniendo en cuenta los lineamientos del VI Congreso del PCC para el ahorro y el saneamiento económico, sin dejar de atender los problemas que causa la corrosión atmosférica.

Esta corrosión atmosférica, es electroquímica por su mecanismo de acción, en presencia de un electrolito que es la humedad ambiental, el oxígeno del aire, los contaminantes cloruros y sulfatos del aerosol marino; aunque pueden existir otras fuentes antropogénicas generadoras de sulfatos como el combustible que procesan los motores de las embarcaciones y también los yacimientos petrolíferos. Este fenómeno se ve favorecido por el viento que transporta el aerosol marino hacia la superficie de las estructuras, aunque también puede entorpecerlo si produce el secado de la superficie de las mismas. Además, influyen en él las precipitaciones, que por una parte incrementan la humedad del ambiente ayudando así la ocurrencia del proceso corrosivo, pero por la otra pueden lavar los contaminantes y atenuar su efecto sobre la superficie. El polvo, que en este caso está impregnado de sales provenientes del aerosol marino, desde todo punto de vista favorece al proceso corrosivo, aportando y reteniendo humedad sobre la superficie por su carácter higroscópico, pero además, propicia la formación de celdas de concentración que agravan el efecto de la corrosión localizada. La temperatura en cambio, puede ejercer dos efectos, como catalizador del proceso cuando hay una película de humedad presente, pero también puede secar esta y detener el proceso corrosivo. No obstante, en este ambiente la superficie permanece húmeda la mayor parte del día o puede estarlo todo el día por encontrarse entre 0 - 5m del mar.

3.2 Tipos de materiales.

En los materiales compuestos reforzados con fibras, un componente suele ser un agente reforzante como una fibra fuerte: fibra de vidrio, cuarzo, kevlar, Dyneema o fibra de carbono que proporciona al material su fuerza a tracción, mientras que

otro componente (llamado matriz) que suele ser una resina como epoxy o poliéster que envuelve y liga las fibras, transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión. También, a menos que la matriz elegida sea especialmente flexible, evita el pandeo de las fibras por compresión. Algunos compuestos utilizan un agregado en lugar de, o en adición a las fibras.

En términos de fuerza, las fibras (responsables de las propiedades mecánicas) sirven para resistir la tracción y todos los materiales presentes sirven para resistir la compresión, incluyendo cualquier agregado.

Los golpes o los esfuerzos cíclicos pueden causar que las fibras se separen de la matriz, lo que se llama de laminación (Ashby y Jones, 2009).

Hormigón reforzado con fibra de vidrio

Los materiales aglomerantes, en la forma de hormigones o morteros, son atractivos para su uso como materiales de construcción, dado su bajo costo, su durabilidad y su adecuada resistencia a la compresión para un uso estructural. Adicionalmente, en el estado fresco ellos son fácilmente moldeables a las formas más complejas que sean requeridas. Su defecto radica en sus características de baja resistencia a la tracción y a los impactos, y a su susceptibilidad a los cambios de humedad. Un reforzamiento mediante fibras puede ofrecer un conveniente, práctico y económico método para superar estas deficiencias. La adición de fibras como refuerzo de hormigones, morteros y pasta de cemento pueden incrementar muchas de las propiedades de éstos, destacando entre ellas, la resistencia a la flexión, tenacidad, fatiga, impacto, permeabilidad y resistencia a la abrasión. En el caso específico del refuerzo del hormigón con fibra de vidrio se han obtenido buenos resultados cuando se trata de morteros de áridos finos, utilizándose en distintas aplicaciones (Ashby y Jones, 2009).

Aceros al carbono

El acero es la aleación más empleada en la fabricación de vehículos. Las propiedades que alcanza el acero tanto aleado como tratado térmicamente son muy buenas, el inconveniente es su peso y su fácil oxidación. El acero es una aleación de hierro y carbono, cuyo contenido en carbono esta entre un 0.03% y 1.67%. Los aceros al carbono suponen la mayoría de los aceros. En los aceros al carbono no se deberá superar el 1.67% de carbono ni el 1% de otros elementos (0.65% de manganeso, 0.6% de silicio y 0.6% de cobre). (Domínguez y Ferrer, 2010).

Plástico

Un plástico es una materia orgánica plásticamente deformable con facilidad bajo la influencia de la presión, de la temperatura o de ambos factores conjuntamente, al ser conformados, en una cierta etapa o estado de su elaboración.

Son ligeros y su masa específica (densidad) oscila entre 1 y 1,75 Kg./dm³, aumentando con el grado de polimerización. Los llamados poliespumas usados como aislantes acústicos y térmicos, amortiguadores de vibraciones, etc. Su densidad oscila entre 0.5-0.015 Kg./dm³.

Presentan alta resistividad y son buenos aislantes eléctricos. La introducción de grafito hace aumentar la conductividad eléctrica.

Calor específico varía entre 0.25 - 0.5 cal/gr.°C. Su dilatabilidad lineal es de 2-10 veces la del hierro (1.2×10^5). Son buenos aislantes térmicos.

Fusión: al no ser un material químicamente puro no presenta un punto de fusión específico, sino un intervalo de fusión, a cuyo comienzo se llama punto de reblandecimiento. En el caso de las sustancias termoplásticas dicho punto se encuentra entre 100 y 150 °C y en los termoendurecibles solo existe fusión si la sustancia no ha alcanzado su estabilidad química. En ese caso si se prolonga la permanencia a temperatura elevada, la fusión es seguida de endurecimiento.

La resistencia mecánica de los plásticos a la atracción es pequeña de 4 a 10 Kg./mm². Resisten bien a los agentes atmosféricos y el ataque a los ácidos (Echeverría, 2012).

Bronce

Es toda aleación metálica de cobre y estaño en la que el primero constituye su base y el segundo aparece en una proporción del 3 al 20 %.

Las aleaciones constituidas por cobre y zinc se denominan propiamente latón; sin embargo, dado que en la actualidad el cobre se suele alea con el estaño y el zinc al mismo tiempo, en el lenguaje no especializado la diferencia entre bronce y latón es bastante imprecisa.

El bronce fue la primera aleación de importancia obtenida por el hombre y da su nombre al período prehistórico conocido como Edad del bronce. Durante milenios fue la aleación básica para la fabricación de armas y utensilios, y orfebres de todas las épocas lo han utilizado en joyería, medallas y esculturas. Las monedas acuñadas con aleaciones de bronce tuvieron un protagonismo relevante en el comercio y la economía mundial (Ashby y Jones, 2009).

3.3 Diseño anticorrosivo y tipos de corrosión

Otro factor de importancia que agrava el efecto de la corrosión en este ambiente, son los problemas de diseño anticorrosivo, entre los que se encuentran:

Accesibilidad: para solucionar este problema primeramente se tiene que preparar estas superficies dañadas, posteriormente aplicarle Disolución de Fosfato DISTIN 504, luego se le añade Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L en estos interiores y después se sella esta zona con Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404. Por último se pintan los exteriores.

Componente hueco: en estos casos lo más adecuado es abrir orificios de acceso y drenaje para la aplicación de Grasa Líquida tipo solvente DISTIN 314 L en el

interior, por atomización. Además, se puede cerrar las áreas huecas después de aplicar el producto, siempre que la pieza lo permita. Este problema se puede observar en las figuras 3.2, 3.4 y 3.5.

<p>Fig 3.2 Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Componente hueco (gris). Intersticios (rojo). Manipulación, transporte y montaje (negro). Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 3.4 Mala preparación superficial (violeta). Zonas de acumulación de depósitos (amarilla). Componente hueco (gris). Corrosión interfásial y por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 3.5 Mala preparación superficial (violeta). Resquicios (rojo). Componente hueco (gris). Corrosión por picadura y celdas de aireación diferencial.</p>

Tratamiento de orificios: se presenta en las uniones metal-metal, metal- madera, metal-hormigón y otras, donde se acumula la humedad, los contaminantes y el polvo, y se forman celdas de aireación diferencial o de concentración donde en las zonas anódicas se oxida el metal y en la zona catódica se reduce el agente oxidante. La vía de transportación electrónica es la humedad que actúa como electrolito.

Precauciones para prevenir la retención de depósitos y agua: son zonas planas donde ocurre la acumulación de líquido, contaminantes, polvo y materias que originan formación de zonas anódicas y catódicas, produciéndose la corrosión. Esto se pone de manifiesto en el techo de los contenedores y en la superficie de la base de los pilotes. Cuanto más gruesa sea la capa de humedad tanto más difícil será la difusión de los agentes corrosivos hasta el metal y

viceversa. Debajo de los depósitos de polvo y materia se crean ánodos y el metal se oxida y en los alrededores de este se crean varias zonas catódicas. Cuanto mayor sea la zona catódica respecto a la anódica, tanto más intenso será el ataque corrosivo y por ende más perjudicial, pudiendo llegar a la picadura (figuras 3.1, 3.2 y 3.4). Este problema también se puede ver en las figuras 3.7 y 3.8 que están más abajo.

<p>Fig 3.1 Zona de acumulación de depósitos (amarilla), resquicios (rojo), mala preparación superficial (violeta), accesibilidad (azul). Presenta corrosión atmosférica húmeda y/o mojada por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 3.2 Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Componente hueco (gris). Intersticios (rojo). Manipulación, transporte y montaje (negro). Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 3.4 Mala preparación superficial (violeta). Zonas de acumulación de depósitos (amarillo). Componente hueco (gris). Corrosión interfásica y por celdas de aireación diferencial.</p>

Prevención de la corrosión galvánica (par metálico): es cuando se ponen en contacto dos materiales de naturaleza diferente como ocurre en los contenedores y soportes de los pilotes al ensamblar las planchas de acero estructural con pernos de acero con tratamiento térmico y otras aleaciones. En este caso se pone de manifiesto la corrosión galvánica por par metálico, por contacto o cortocircuito como también se conoce y en ella el metal más activo se va a oxidar (en algunos casos los pernos se oxidan y en otros las estructuras, en dependencia de las

características de las aleaciones) y el menos activo se reduce (figuras 3.6, 3.7 y 3.8).

<p>Fig 3.6 Zona de acumulación de depósitos (amarillo). Mala preparación superficial (violeta), conexiones con pernos (naranja), resquicios (rojo). Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial e intersticial.</p>	<p>Fig 3.7 Zona de acumulación de depósitos (amarillo). Conexiones con pernos (naranja), mala preparación superficial (violeta), par metálico (azul claro) y resquicios (rojo). Corrosión galvánica por par metálico. Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Fig 3.8 Conexiones con pernos (naranja), mala preparación superficial (violeta), par metálico (azul claro), resquicios (rojo) y bordes (carmelita). Corrosión galvánica por par metálico. Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial. Corrosión en resquicios.</p>

Conexiones con pernos: este problema origina resquicios entre la superficie del perno y la superficie de la estructura, propiciando la corrosión en resquicios descrita anteriormente (figuras 3.6, 3.7 y 3.8 vistas antes). Además, los pernos son lugares de acumulación de tensiones, pudiendo ocurrir en ellos la corrosión fatiga.

Manipulación, transporte y montaje: en el caso de los contenedores se presenta en las argollas de anclaje por donde son izadas estas estructuras para colocarlas, transportarlas, ubicarlas en su lugar de explotación (figura 3.2). En el punto donde se ponen en contacto la grúa y el contenedor ocurren fricciones y acumulación de

tensiones por lo que en esta zona el proceso corrosivo puede desencadenarse. También puede ocurrir el daño al recubrimiento protector y la superficie que queda expuesta se corroe.

Bordes: los bordes irregulares de los soportes de los pilotes (figuras 3.8) son propensos para la ocurrencia de la corrosión porque en ellos se crean depresiones o hendiduras donde se acumulan los contaminantes, la humedad, el polvo y se desencadena la corrosión. Estas bases no se pintan, pero en el caso que se decidiera aplicar algún recubrimiento protector este problema de diseño anticorrosivo dificultaría el anclaje y la permanencia de este, el tiempo deseado.

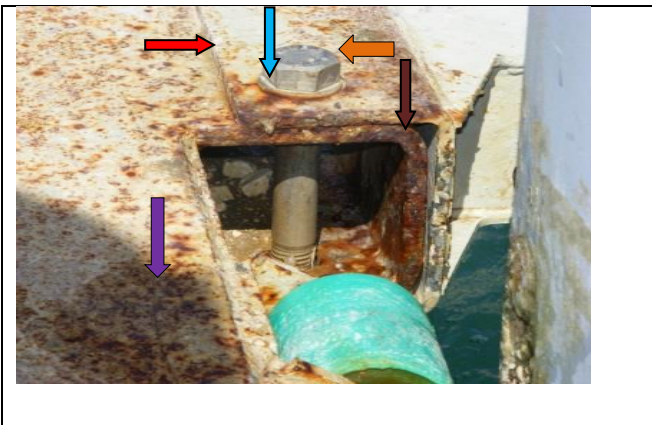


Fig 3.8 Conexiones con pernos (naranja), mala preparación superficial (violeta), par metálico (azul claro), resquicios (rojo) y bordes (carmelita). Corrosión galvánica por par metálico. Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial. Corrosión en resquicios.

3.4 Problema de preparación superficial

Cuando no se logra una limpieza adecuada de la superficie metálica, los contaminantes permanecen sobre la superficie y a la vez que se aplica el recubrimiento protector estos quedan atrapados en la interfase acero-pintura,

generando corrosión interfásica que causa ampollamiento y desprendimiento de la capa protectora de pintura anticorrosiva. Esta se manifiesta por el mecanismo de corrosión electroquímica atmosférica húmeda que es la que mayormente afecta a estas estructuras y la que más daño causa porque el oxígeno y los contaminantes encuentran menor resistencia a la difusión a través de la capa húmeda para llegar hasta el metal y atacarlo. Para resolver este problema se utilizan métodos manuales mecanizados para eliminar el óxido grueso y luego aplicando Disolución de Fosfato DISTIN 504. Estos problemas se pueden observar en las figuras anteriores.

3.5 Soluciones a los problemas de corrosión

Para poder resolver los problemas de corrosión que se presentan en estas estructuras se proponen una serie de medidas que deben cumplirse:

- Enjuague periódico de las superficies para lavar los contaminantes y el polvo depositado sobre ellas.

Con el enjuague periódico se logra el efecto de lavado de los contaminantes de la superficie metálica, logrando un efecto similar al de la lluvia, que de esta forma reduce el ataque corrosivo de la atmósfera sobre las estructuras de los contenedores y los soportes de los pilotes.

- Resolver los problemas de diseño anticorrosivo presentes en estas estructuras.

Al resolver los problemas de diseño anticorrosivo se evita el efecto más intenso de la atmósfera sobre las estructuras de los soportes de los pilotes y los contenedores, porque se eliminan las zonas de desarrollo potencial del fenómeno y se evita la destrucción de las estructuras en estas.

- Aplicar métodos permisibles para lograr la protección superficial adecuada de la superficie metálica.

En el centro turístico Marina Gaviota no se le da la debida atención a la apropiada preparación superficial de las superficies metálicas. En el caso de los

contenedores no se pueden emplear métodos manual mecanizados porque pueden producir chispas y provocar una explosión, pues los mismos guardan combustible inflamable y pueden provocar riesgo de seguridad a la instalación y a la vida de las personas, pero existen otros métodos como el uso de las Disoluciones de Fosfatado que permiten un grado de limpieza elevado.

- Aplicar un sistema de pintura anticorrosiva adecuado para las condiciones en que operan estas estructuras.

El sistema de pintura debe ser escogido de acuerdo a las Normas Internacionales, teniendo en cuenta el grado de agresividad corrosiva de la atmósfera y la durabilidad deseada para este sistema protector. También se tienen en cuenta los costos y períodos de mantenimiento que va a requerir el equipo. En el centro turístico Marina Gaviota actualmente se pinta cada 6 meses, cuando la durabilidad mínima de un sistema de pintura es de 2 a 5 años, por lo que se está incurriendo en elevados costos y derroche de materiales y aun así las estructuras se siguen deteriorando. En el caso de los soportes de los pilotes no se les aplica ningún recubrimiento anticorrosivo y ya la corrosión es evidente, aunque la chapa es bastante gruesa.

- Aplicar una conservación preventiva.

Aplicar una conservación preventiva con productos anticorrosivos entre los que se deben considerar los de la marca DISTIN por ser de producción nacional y de más bajo costo que los del mercado.

3.6 Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación SIPAYC para instalaciones del centro turístico Marina Gaviota.

La solución a los problemas de diseño anticorrosivo es importante para lograr la protección de los equipos tanto en los contenedores como en los soportes de los pilotes. Crear orificios de drenaje en zonas de acumulación de depósitos o superficies inclinadas utilizando Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404. Antes de pintar hay que emparejar soldaduras para eliminar las grietas y los intersticios

que se crean en esas irregularidades, evitando así la corrosión en resquicios. Los bordes deben ser biselados para garantizar el anclaje de las pinturas o de otros recubrimientos que en zonas de bordes irregulares pueden destruirse o no lograr el espesor deseado. En los componentes huecos presentes en las bases de la puerta del contenedor, se abrirán orificios para atomizar grasa hacia el interior. Se preparará la superficie con métodos manual mecanizados (en los contenedores que están instalados no) y con Disolución de Fosfatado hasta lograr un grado de limpieza similar al Sa2_{1/2} para garantizar la adherencia y el anclaje de la pintura seleccionada, que si se aplica con el espesor sugerido por la Norma Internacional debe permanecer protegiendo al contenedor durante 5 años. Después de pintar, el sellaje de los orificios o intersticios es importante para evitar la acumulación de humedad, contaminantes y polvo, y el posterior desarrollo de la corrosión en resquicios que puede llegar a originar picaduras en estas zonas del metal. Para ello se atomiza Grasa Líquida DISTIN 314L para que penetre a fondo y luego se sella con Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 504. Se aíslan los metales de naturaleza diferente por medio de la pintura anticorrosiva, Mástique Asfáltico o Cera Abrillantadora (se selecciona el material a aplicar según los requerimientos de la pieza), por ejemplo en los resquicios formados por la unión del metal y otro material que este a la vista del público se sella con Cera Abrillantadora DISTIN 603, en los que no son visibles se sella con Mástique Asfáltico DISTIN 404 y donde sea posible se aplica el sistema de pintura con las capas requeridas para aislar un material y luego Cera Abrillantadora DISTIN 603, solucionando el problema de corrosión galvánica por par metálico. Se atomiza Grasa Líquida DISTIN 314L en los componentes huecos y áreas cerradas para evitar el desarrollo de la corrosión de adentro hacia afuera. En la argolla para el izaje del contenedor, tener cuidado de no destruir el recubrimiento y en caso de que ocurra volverlo a aplicar en esa zona. Para ello se debe usar un izaje engomado, cadenas recubiertas con material polimérico para que no ralle.

Los contenedores que actualmente se encuentran instalados en el centro turístico Marina Gaviota por su grado de deterioro ya deben ser restituidos, por el hecho de que presentan orificios por picaduras en varias partes de la estructura y no es

posible reponerlas por chapistería. Por otra parte, no admiten la limpieza con métodos manual-mecanizados porque una chispa podría generar una explosión. Entonces, lo único aconsejable es aplicar Disolución de Fosfatado para limpiar la superficie oxidada, pero no se puede eliminar el recubrimiento de pintura anterior. No obstante, cuando se sustituyan estos que hay por otros nuevos, se debe aplicar la limpieza requerida Sa2_{1/2} para lo cual puede utilizarse también Disolución de Fosfatado, después de los métodos manual-mecanizados para lograr la adherencia y anclaje de la pintura.

Para llevarse a cabo una correcta selección del sistema de pintura, obligatoriamente se tiene que consultar el planteamiento que rige la Norma UNE EN 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. Otro aspecto descrito en dichas tablas es el referido al tiempo de duración del sistema de pintura, que sin dudas resulta importante tener en cuenta poder planificar los periodos de mantenimiento. Como se conoce el nivel de agresividad corrosiva de la atmósfera en el área que comprende el Centro Marina Gaviota es de C5 M (muy alta marina), es por ello que se selecciona el sistema S 7.01 que ofrece una durabilidad de 2 a 5 años categorizándose de durabilidad baja.

Características del S 7.01:

- Ligante: clorocaucho
- Grado de preparación de la superficie: Sa 2^{1/2}.
- Capas de imprimación: 2 capas de 80 µm.
- Capas intermedias y de acabado: 2 capas de 120 µm.
- Número de capas: 4
- Espesor total: 200 µm.

La pintura que se empleará en este esquema es la HEMPATEX HI-BUILD 46330 perteneciente a la firma HEMPEL, que de esta forma si se aplica debe durar de 2 a 5 años.

Valoración económica

Teniendo en cuenta los aspectos de la valoración económica propuesta en el capítulo II, se logró elaborar la ficha de costo del SIPAYC (ver anexo 16) para los contenedores instalados en el centro turístico Marina Gaviota. En la misma se puede observar que el gasto de mayor influencia en los costos totales es el de fuerza de trabajo, con un valor de 1998.4 CUP debido a que el área a proteger es bastante grande, se utilizan 3 obreros para la labor y se les paga por horas. La aplicación del SIPAYC cuesta 3136.4 CUP y de ellos 345.3 CUC, porque las materias primas tienen componentes en divisa. Una vez aplicado, los contenedores estarán protegidos durante 5 años.

El gráfico siguiente muestra el porcentaje de cada costo respecto al costo total:

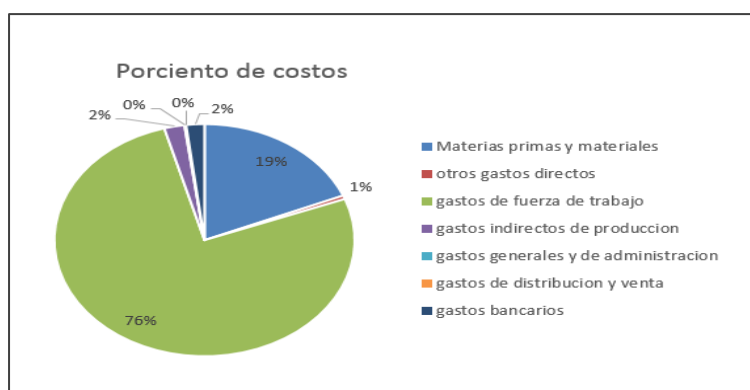


Gráfico 3.1: Porcentaje de costos.

En él se puede observar que los costos más representativos son los de fuerza de trabajo que representa un 76%, seguido del de materias primas y materiales que es mucho menor con un 19% de los costos totales.

La aplicación de pinturas anticorrosivas cada 6 meses no ha logrado resolver el problema de la conservación de los contenedores en el centro turístico Marina Gaviota; tanto es así, que llevan instalados alrededor de 3 años y ya necesitan chapistería que no se le puede aplicar mientras están instalados por causa de tener dentro tanques de combustibles para los barcos y puede ocurrir una explosión, por lo que ya deben ser cambiados. Esto quiere decir que no cumplen

con el tiempo de vida útil mínimo de 5 años y se consideran pérdidas directas debido a la corrosión. Los contenedores instalados costaron 140468, 4 CUC, como su grado de deterioro es muy elevado, aún faltándole más de un año para cumplir su tiempo de vida útil, ya deben ser cambiados. Considerando que a nivel de empresa la tasa de cambio de CUC a CUP es 1 CUC / 1 CUP y comparando, el costo de los contenedores con el costo del SIPAYC propuesto, que de aplicarse garantizaría que estos contenedores pudieran cumplir con su tiempo de vida útil de 5 años, en buen estado y ser reutilizados, una vez aplicado nuevamente el SIPAYC, se ahorraría en el quinquenio 138470 CUC, sin tener en cuenta los gastos de pintura que hoy están alrededor de los 120 CUC anuales y 600 CUC cada 5 años, sin lograr la protección deseada porque no se tienen en cuenta para la selección y aplicación de este sistema de pintura los requerimientos establecidos por la norma ISO 12944-5:2007. Por ello tienen que pintar cada 6 meses y el deterioro sigue siendo evidente en estas instalaciones.

Desde todo punto de vista, el método de protección que se aplica actualmente a los contenedores en el centro turístico Marina Gaviota sólo produce pérdidas materiales y de tiempo, que pudieran ser resueltos con la aplicación del SIPAYC que se propone en este trabajo.

Conclusiones parciales del Capítulo III

- La agresividad corrosiva en el centro turístico Marina Gaviota es extrema, por lo que las estructuras instaladas allí deben ser protegidas adecuadamente para garantizar que cumplan el tiempo de vida útil y evitar pérdidas de materiales innecesarias.
- El problema de preparación superficial en los contenedores debe ser resuelto y aplicado el sistema de protección anticorrosiva antes de ser instalados los mismos, luego utilizar Disolución de Fosfatado para limpiar parcialmente siempre que lo requiera el material.
- La aplicación de pintura anticorrosiva por sí sola no resuelve el problema de la protección de los contenedores instalados en la zona de agresividad extrema en el centro turístico Marina Gaviota por lo que es necesario aplicar el SIPAYC propuesto y garantizar así la protección de estos equipos.
- El costo de salario de los trabajadores que aplican el SIPAYC a los contenedores es el de mayor influencia en el precio de aplicación del mismo, siguiendo la resolución conjunta número uno del Ministerio de Finanzas y Precios.
- La aplicación del SIPAYC propuesto responde a lo planteado en los lineamientos del VI Congreso del Partido, respecto a la sustitución de importaciones y al saneamiento económico.

Conclusiones

- Con el estudio del deterioro por corrosión atmosférica en las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota, se pudo proponer un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) para disminuirlo, validando la hipótesis planteada.
- Se presentan varios materiales en las instalaciones del centro turístico Marina Gaviota destacándose el acero al carbono estructural que necesita la protección con pintura anticorrosiva, por su baja resistencia a la corrosión.
- Se presentan varios problemas de diseño anticorrosivo que generan diferentes tipos de corrosión, entre los que se destacan los resquicios y las zonas de acumulación de depósitos.
- En las estructuras de los contenedores y los soportes de pilotes, se presentan varios tipos de corrosión, destacándose entre ellas la corrosión electroquímica atmosférica localizada.
- Se propusieron medidas y soluciones a los problemas presentes y el SIPAYC que tiene un precio de 3136.4 CUP y de ellos 345.3 CUC cada 5 años y puede garantizar la protección adecuada del material y evitar gastos de productos y pérdidas de materiales innecesarias.

Recomendaciones

Se recomienda aplicar el SIPAYC propuesto para los contenedores del centro turístico Marina Gaviota, con el objetivo de garantizar su vida útil para evitar gastos y pérdidas innecesarias.

Bibliografía

- 1- Agueda, E. (2010). Elementos fijos. 5ta edición.
- 2- Almeida, E., et al. (2006). Anticorrosive painting for a wide spectrum of marine atmospheres: Environmental-friendly versus traditional paint systems. *Progress in Organic Coatings*.**57**(5): p. 11–22.
- 3- Ambler, A. A. and Bain, A.A.J. (1995). Corrosion of metals in tropics. *Journal of Applied Chemistry*, no. 9, p. 437-467.
- 4- Ashby, M., Jones, D. (2009). Materiales para Ingeniería 2: introducción a la microestructura, el procesamiento y diseño. Editorial Reverté
- 5- Betancourt, N. et al. (2002). Influence of SO₂ and NO_x on atmospheric corrosion of steel. Revista CNIC. *Serie Ciencias Químicas***33**(2): 71-75. ISSN 0254 – 0525.
- 6- Biezna, M., San Cristóbal, J. (2005). Methodology to study cost of corrosion. Corrosion Engineering, *Science and Technology***40**(4): 344-352.
- 7- Butler J. D. (1979). Pollution Chemistry. London: Academic Press. 408 págs
- 8- Cao, X.; Xiao, Y.; Tang Z. (2005). Evaluation of atmospheric corrosivity with ACM Electrochemical Method. *Proceedings of 16th International Corrosion Congress*. Beijing, China, September 19-24, 2005.
- 9- 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.
- 10-Cole I.S; Muster T.H; Asmat N.S; Venkatraman M.S; Cook A. (2011). Multiscale modelling of the corrosion of metals under atmospheric corrosion. *Electrochimica Acta* 56. Pág. 1856-1865.
<http://www.elsevier.com/locate/electacta>
- 11-Corvo, F. (1980). Estudio de la corrosión atmosférica en el clima tropical húmedo de Cuba. Tesis para optar por el grado científico de Candidato a

Doctor en Ciencias. Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), Cuba.

- 12-Corvo, F. (1988). Sobre el papel de los iones sulfato en la corrosión atmosférica del acero en la atmósfera salina húmeda. Pronóstico de la corrosión para zonas industriales y urbanas en la cercanía de la costa. *Revista Iberoamericana de Corrosión y Protección*. vol. XIX, no. 5, p. 291-292.
- 13-Corvo, F. et al. (1995). Influencia de la salinidad de la atmósfera sobre la corrosión del acero. *Corrosion Science* **37**(12): 1889-1901.
- 14-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.
- 15-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.
- 16-CORVO, F, MINOTAS, J, DELGADO, J, ARROYAVE, C. (2005). Changes in atmospheric corrosion rate caused by chloride ions depending on rain regime. *Corrosion Science*, vol. 47, no. 6, p. 883-892.
- 17-Crespo, M. (2009). Sesenta años de investigación metalúrgica en el Consejo superior de investigaciones científicas. books.google.com.cu/books?isbn=8400089308
- 18-Domínguez, A. (2010). Protocolo de Actuación frente a la Restauración y Rehabilitación de edificaciones históricos.
- 19-Domínguez, E., Ferrer, J. (2010). Mecanizado básico. p 130. books.google.com.cu/books?isbn=8497715411
- 20-Echeverría, C. (1991). La corrosión atmosférica del acero y la protección temporal de los centrales azucareros en la provincia de Matanzas. Matanzas. Tesis de opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas. Instituto Superior Agroindustrial "Camilo Cienfuegos".

- 21-Echeverría, C. (1998). Grasas de conservación anticorrosiva. Curso de Maestría. Matanzas: Universidad de Matanzas.
- 22-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.
- 23-Echeverría, C.A. et al. (2001). Estudio de los problemas de corrosión, diseño anticorrosivo y protección en el Complejo Paradiso Puntarenas. Propuesta de soluciones. Informe Final del Servicio Científico Técnico elaborado por el CEAT. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT). Universidad de Matanzas.
- 24-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.
- 25-Echeverría, C. A., Echeverría M, 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.
- 26-Echeverría, C. A., Echeverría, M. et al. (2004). Los problemas de diseño anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba. CD Monografías (ISBN 959 – 16 – 0295 – 8). Matanzas, Universidad de Matanzas.
- 27-Echeverría, C. A., Echeverría M, et al. (2005). "El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas." *Retos Turísticos* 3(2): 21-30.
- 28-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.
- 29-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
- 30-Echeverría, C. A., Méndez, O. et. al. (2010). Los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías (ISBN 978 - 959 - 16 - 1326 - 4). Matanzas, Universidad de Matanzas.
- 31-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.
- 32-Echeverría, C.A. (2012). Material de conferencias de la Ingeniería de Materiales I. Facultad de ingenierías. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- 33-Echeverría M. Boan, A. Rodríguez, C.M. Abreu, and C.A. Echeverría. (2013). Unraveling the Impact of Chloride and Sulfate Ions Collection on Atmospheric Corrosion of Steel... *Corrosion*, ISSN: 0010-9312, Vol. 69, No. 12, December 2013. Estados Unidos. pp. 1217-1224.
- 34-Feliú, M. S. (1984). Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. Ed. Geafimol: Madrid, p. 45 – 48.
- 35-Fragata, F. (2002). La pintura como técnica de protección anticorrosiva. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II- Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid.
- 36-Fuente, D., Álvarez, 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
- 37-Gómez, T. (2013). Protección de superficies. books.google.com/cu/books?isbn=8497329864
- 38-González, J.A. (1989). Control de la corrosión. Estudio y medida por técnicas electroquímicas. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. (CNIM).

- 39-González, A. (2011). *Contribución a la disminución del deterioro por corrosión de una Central Eléctrica Diesel MTU Serie 4000*. Matanzas. Tesis para optar por el título de master en ciencias. Universidad de Matanzas.
- 40-Hing, R. (2010). Estudio del comportamiento corrosivo de algunos materiales metálicos en agua de mar. Universidad de Oriente.
- 41-Iglesias H., M. M. (2000). Influencia del aerosol marino en condiciones climáticas de cuba y los ensayos acelerados de corrosión.
- 42-ISO 9223: 2012. Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation
- 43-Leygraft, K. (2002). Indoor Atmospheric Corrosion. *Corrosion Science*, no.7, p.678-682 Available online at www.sciencedirect.com.
- 44-López, I. (2007). Corrosión Atmosférica y Conservación en Obras Soterradas en Matanzas. Matanzas. Tesis presentada para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Matanzas.
- 45-López, G. (2012). Microcorrosión en industrias del noroeste de México: microcorrosión en la industria alimenticia y bebida, automotriz y electrónica. books.google.com/cu/books?isbn=3847369172.
- 46-Meira G.R.; Andrade C.; Alonso C.; Padaratz L.J.; Borba J.C. (2008). Modelling sea-salt transport and deposition in marine atmosphere zone- A tool for corrosion studies. *Corrosion Science* 50. Pág. 2724-2731. <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- 47-Mertel, J. (1985). Peculiaridades de la corrosión atmosférica del acero de bajo contenido de carbono en Ciudad de la Habana y sus implicaciones técnico-económicas. La Habana. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas. Centro Universitario “José Antonio Echeverría” (CUJAE).
- 48-Molina, L. et al. (2011). Estudio avanzado de corrosión: Análisis del estado de corrosión de un edificio modernista de Barcelona y estudio de mecanismos de protección basados en recubrimientos orgánicos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Química.

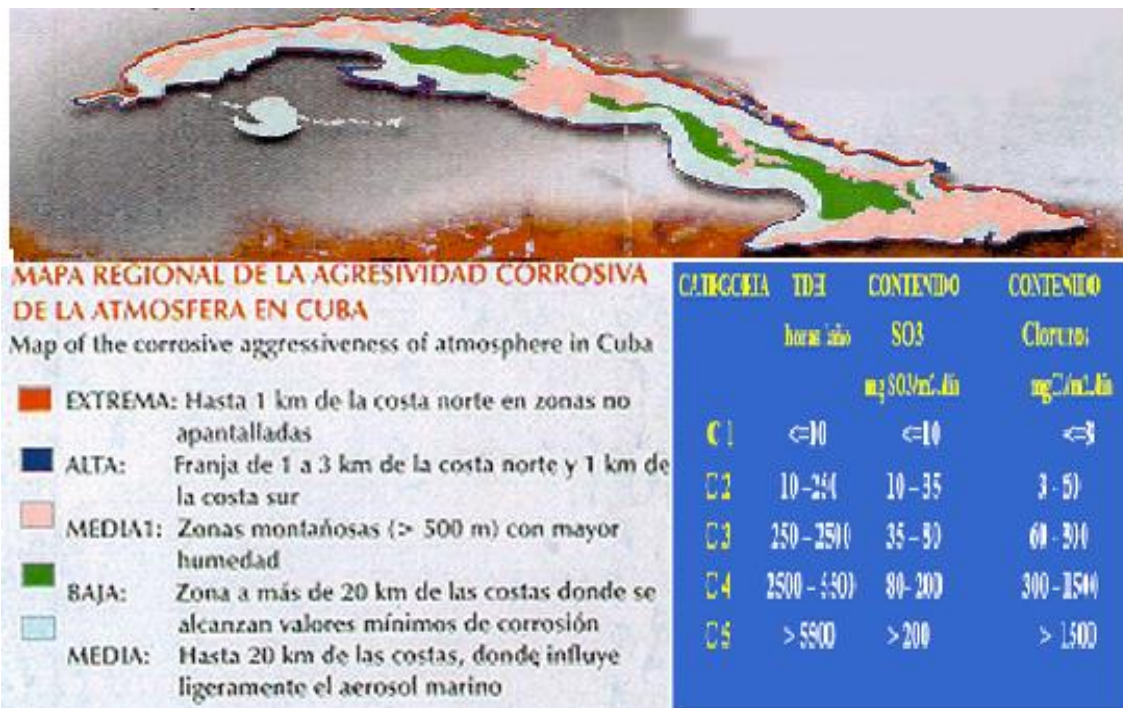
- 49-Morales, J., Matin-Krijer, S., DÍAZ, F., Hernández-Borges, J., González, S. (2005). Atmospheric corrosion in subtropical areas: influences of time of wetness and deficiency of the ISO 9223 norm. *Corrosion Science*, vol. 47, p.2005–2019. Available online at www.sciencedirect.com, www.elsevier.com/locate/corsci.
- 50-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, www.elsevier.com/locate/corsci.
- 51-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.
- 52-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 Pátina, XV.D/CYTED). Madrid.
- 53-NACE Corporation. (2003). *Costos de la corrosión y estrategias preventivas en los EE.UU.* Disponible en <http://www.costosnace.com>.
- 54-Núñez, L. (2000). Corrosión del acero al carbono y el cobre en agua de mar y sus aerosoles. . La Habana. Tesis para optar por el Grado Científico de Doctor en Ciencias Químicas. Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC).
- 55-Ochoa et al. (2005). Pinturas anticorrosivas. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.
- 56-Pancorbo, F. (2011). Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.
- 57-Pereira, J. (2010). Protocolo de actuación frente a la restauración y rehabilitación de edificios históricos. books.google.com.cu/books?isbn=1446183173

- 58-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.
- 59-Roberge, P. (2000). Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies
- 60-Rodríguez, J., Echeverría, C.A., González, A., López, I., Rodríguez, J. E. (2002). Conservación contra el deterioro de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. ANTICORROSION’2001. ISBN 959–16–0190–5, T 14.
- 61-Rodríguez, M. T. (2004). Formulación y evaluación de imprimaciones epoxis anticorrosivas curables a temperatura ambiente. Departamento de Tecnología y Departamento de Ciencias Experimentales. Castellón, Universitat Jaume I: 251.
- 62-Schmidt, D. P., B. A. Shawa, et al. (2006). Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment. *Progress in Organic Coatings* 57: 352–364.
- 63-Schweitzer, (2006). Paints and coatings: Applications and Corrosion resistance. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group. 652
- 64-Serna, M. et al. (2010). Castos y Casta en Cantabria: fortificaciones desde los orígenes de la Edad del Hierro a las guerras con Roma. Catálogo, revisión y puesta al día.
- 65-Sureda, J., Guerra, F., Castells, M. (2010). Interpretación del patrimonio: Diseño de programas del ámbito municipal.
- 66-Tejedor, C. (2012). *Conservación y restauración de objetos antiguos*. pág 147.[books.google.com/cu/books ? ISBN=8436954416](https://books.google.com/cu/books?ISBN=8436954416)
- 67-.Tomashov, N.D. (1979). Theory of corrosion and protection of metals. Ed. Revolucionaria. La Habana.
- 68-Torrens, A. D. (1999). Corrosión Atmosférica en Interiores en el clima tropical. La Habana. Centro Nacional de Investigaciones científicas. CNIC.
- 69-Torrens, A. D., Martínez, L., Rodríguez, O., Caro, J., Sánchez, E. (2005). Compendio de materiales para la conservación de la técnica de uso militar.

Centro de Investigación y Desarrollo de Diagnóstico, Conservación y Modernización del Transporte. Unión de Industria Militar. MINFAR.

- 70-Uhlig, H.H. (1985). Corrosion and corrosion control. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- 71-Uhlig H., (2000). Uhlig's Corrosion Handbook 2da ed. (ed. R. W. Revie) (John Wiley & Sons, Londres).
- 72-UNE-EN ISO 12 944-1:2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 1: Introducción general.
- 73-UNE-EN ISO 12944-2:2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Classification of environments.
- 74-UNE-EN ISO 12 944-3:2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño.
- 75-UNE-EN ISO 12 944-4:2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.
- 76-UNE-EN ISO 12 944-5:2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.
- 77-UNE-EN ISO 11303. 2009. Corrosión de metales y aleaciones. Directrices para la selección de métodos de protección contra la corrosión atmosférica.
- 78-Urban, P. (2009). Construcción de estructuras metálicas. Editorial Club Universitario Casa del libro.
- 79-Valdéz, B, et al, (2013). Corrosión y preservación de loa infraestructura industrial.
books.google.com/cu/books?ISBN=8494023470
- 80-Weldon, D.G., (2001). Failure analysis of paints and coatings. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd. 282.
- 81-Wicks, Jr., et al. (2007). Organic coatings: Science and Technology. 3ra ed

Anexo 1: Mapa regional de la agresividad corrosiva de la atmosfera de Cuba.



Anexo 2: vista delantera del contenedor.



Fig 1. Zona de acumulación de depósitos (amarilla), resquicios (rojo), mala preparación superficial (violeta), accesibilidad (azul). Presenta corrosión atmosférica húmeda y/o mojada por celdas de aireación diferencial.

Anexo 3: vista de la esquina superior del contenedor.

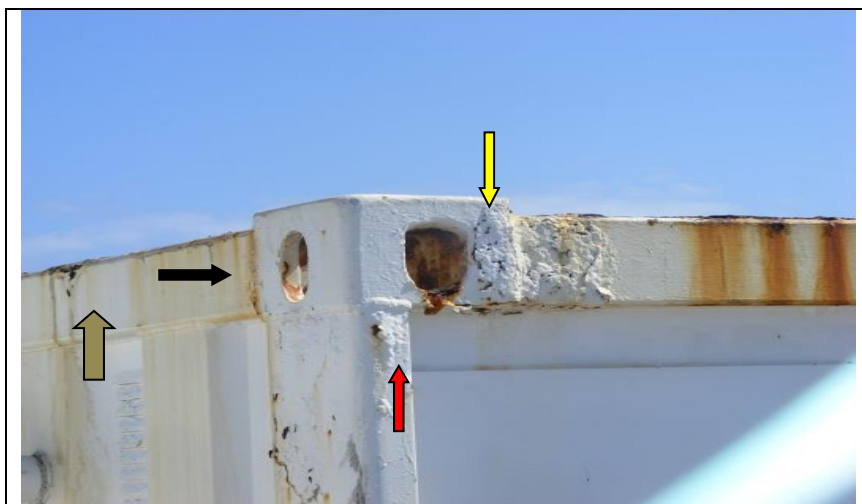


Fig 2. Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Componente hueco (gris). Intersticios (rojo). Manipulación, transporte y montaje (negro). Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial.

Anexo 4: vista de la separación entre la base del contenedor y el hormigón.

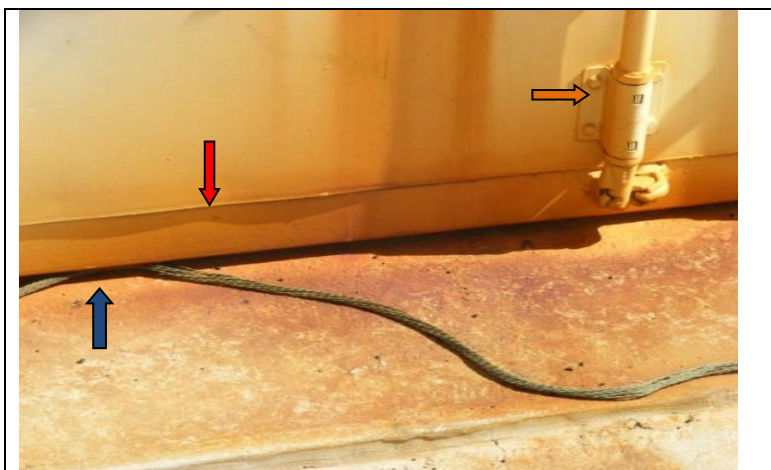


Fig 3 Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Conexiones con pernos (naranja). Área inaccesible (azul). Intersticios (rojo). Corrosión electroquímica atmosférica mojada y/o húmeda e intersticial.

Anexo 5: vista de la base del contenedor.

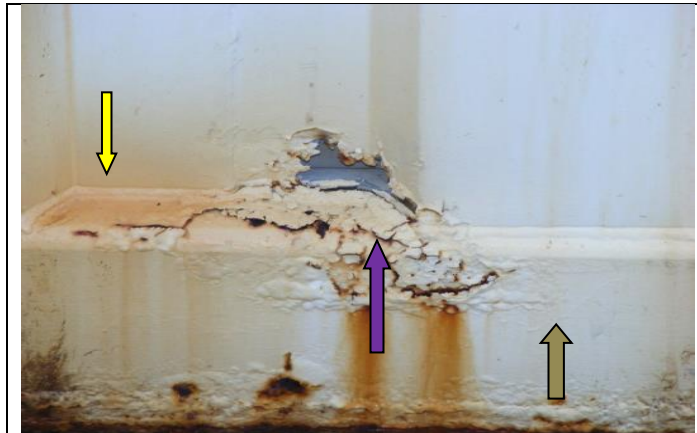


Fig 4. Mala preparación superficial (violeta). Zonas de acumulación de depósitos (amarilla). Componente hueco (gris). Corrosión interfásial y por celdas de aireación diferencial.

Anexo 6: vista de la base del contenedor.



Fig 5. Mala preparación superficial (violeta). Resquicios (rojo). Componente hueco (gris). Corrosión por picadura y celdas de aireación diferencial.

Anexo 7: vista del soporte de los pilotes en el muelle.

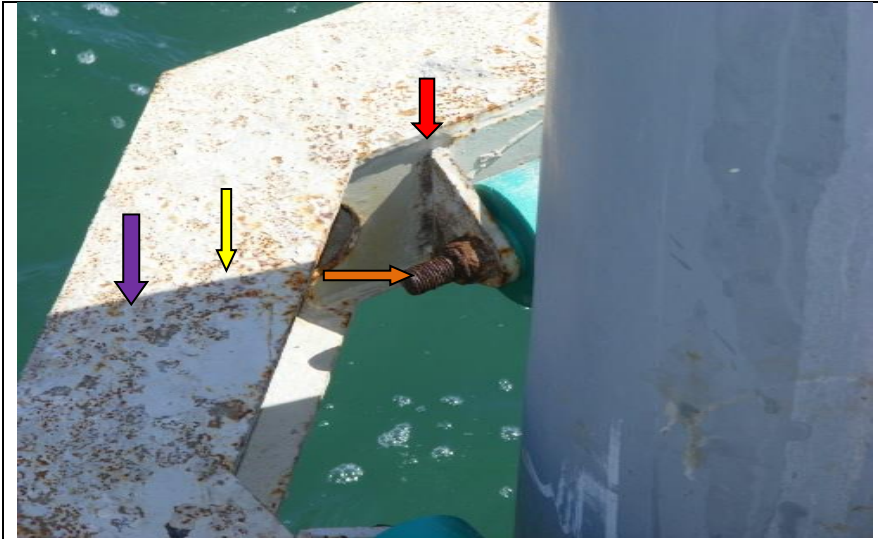


Fig 6. Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Mala preparación superficial (violeta), conexiones con pernos (naranja), resquicios (rojo). Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial e intersticial.

Anexo 8: vista del soporte de los pilotes en el muelle

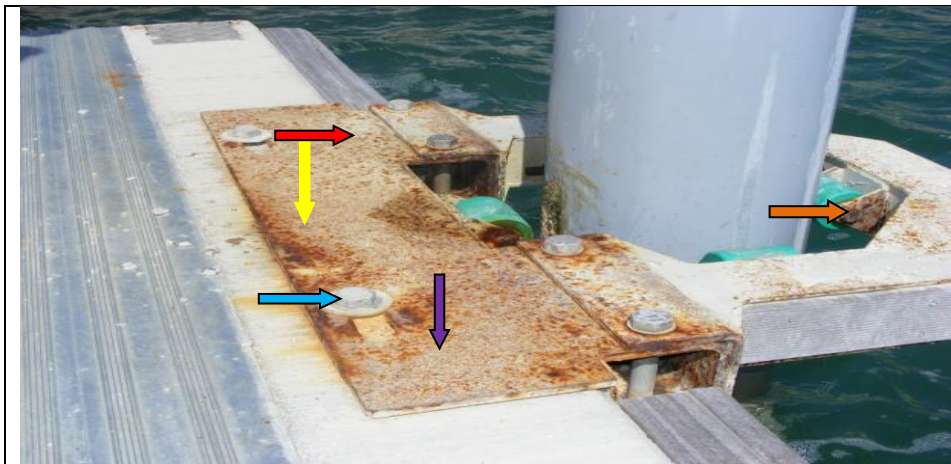


Fig 7. Zona de acumulación de depósitos (amarilla). Conexiones con pernos (naranja), mala preparación superficial (violeta), par metálico (azul claro) y resquicios (rojo). Corrosión galvánica por par metálico.

Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial.

Anexo 9:

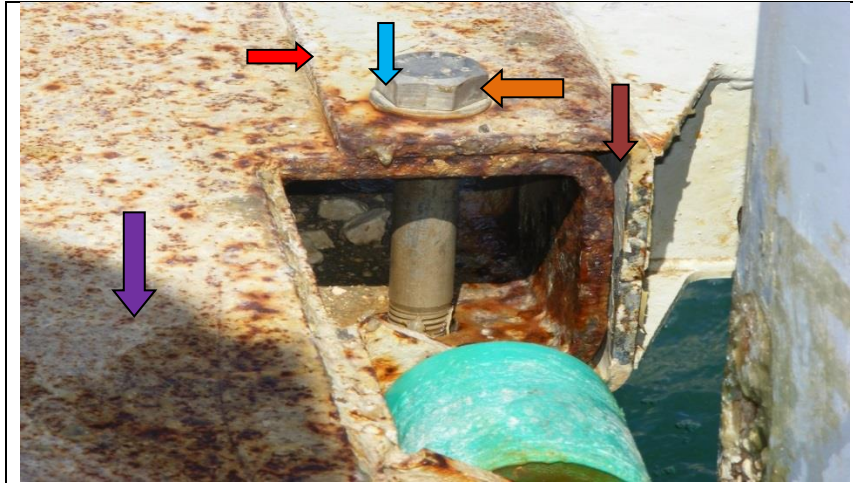


Fig 8. Conexiones con pernos (naranja), mala preparación superficial (violeta), par metálico (azul claro), resquicios (rojo) y bordes (carmelita). Corrosión galvánica por par metálico. Corrosión atmosférica por celdas de aireación diferencial e intersticial.

Anexo 10: Ficha técnica de Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.

Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½

Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TECNICA.

Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504.

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.

Método de Aplicación:

>> **Proyección:** Pudiera aplicarse en áreas de difícil acceso, pero no resulta el método más adecuado por su fuerte 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.

>> **Brocha o 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 en equipos del transporte, etc. Se prefiere el frotado con material sintético de esponja o similar.

>> **Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m² /litro en la preparación de superficies por frotado o brocha con más de una aplicación.

En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m² /litro.

Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas de días a semanas en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de la 4 a la 6, en dependencia de las condiciones de almacenamiento. Si se contamina la superficie con aerosol marino, esta debe ser lavada con agua antes de pintar, de lo contrario puede ser aplicada la pintura o la grasa directamente.

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, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Al eliminar el óxido y manchas de forma rápida y formar una capa protectora con sales insolubles y protectoras, no requiere del enjuague y secado posterior antes de aplicar pinturas, grasas o aceites, las cuales penetran en la capa de fosfato lográndose un excelente anclaje.

Transportación y almacenamiento:

El producto debe ser almacenado en tanques plásticos de diferentes capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto. 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 11: Ficha técnica de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½

Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TECNICA.

Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte.

Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y a los recubrimientos de pintura. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos.

El recubrimiento que se forma por evaporación del solvente, es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos.

No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico.

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

>> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa líquida.

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

>> **Rendimiento:** Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 8 a 10 m² /litro.

El recubrimiento formado en función de su espesor por aplicación, proporciona una protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina el agua por este efecto. Con estos propósitos se recomienda más de una capa por proyección.

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

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

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

Por sus características está especialmente formulada para el procedimiento de conservación estructural de equipos del transporte, ya que al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua.

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

Anexo 12: Ficha técnica de Mastique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½

Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TECNICA.

Mastique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404.

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 altas 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 13: Ficha técnica de Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida DISTIN 603 L.



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos.

Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Km 3 ½

Autopista a Varadero. Matanzas.

FICHA TECNICA

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida DISTIN 603 L.

Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro de los 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.

>> **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 m² /litro.

El recubrimiento proporciona una protección adicional y temporal de las superficies metálicas pintadas e incrementa su durabilidad en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar por salpicaduras.

Como recubrimiento temporal debe ser aplicado con la frecuencia que requiera el tipo de técnica. En automóviles cuando se observe que el agua moja la pintura debe ser aplicada.

>> **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.

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.

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

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

Anexo 14: Ficha técnica de Grasa Semisólida 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 m² /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.

Anexo 15: Ficha técnica de **pintura de clorocaucho HEMPATEX HI-BUILD 46330.**

Descripción: Pintura de clorocaucho de capa gruesa pigmentada con óxido de hierro.

Uso recomendado: Imprimación anticorrosiva para acero o selladora para hormigón en ambientes marinos e industriales, formando parte de sistemas de clorocaucho o clorocaucho-acrílicos. Adecuado para la producción de estructuras sumergidas o enterradas.

Propiedades técnicas generales

- Buena adherencia sobre acero y hormigón debidamente preparados
- Impermeable al agua: lluvia, condensaciones, inmersión en agua dulce y salada, humedad del suelo, etc.
- Transpirable, permitiendo la respiración del hormigón
- Resiste derrames de aceites minerales, gasolina y otros combustibles
- Aplicable en capas gruesas, especialmente con pistola sin aire
- Buen poder anticorrosivo para el acero
- Aplicable sobre pinturas sintéticas, de clorocaucho, acrílicas o epoxy envejecidas

Datos técnicos

Aspecto: Mate

Color: Gris 12170, Rojo 50630

Volumen de sólidos %: 42±2%

Rendimiento teórico: 5.3 m²/litro a 80 micras

Peso específico: 1.4 Kg/litro

Secaje al tacto: 8 horas a 20°C con buena ventilación

Punto de inflamación: 32°C

VOC: 510 g/litro

Método de aplicación: Pistola sin aire. Pistola aerográfica. Brocha (parcheos)

Dilución: 5% máx. 15% máx. 5% máx

Diluyente: THINNER 08080

Espesor: Húmedo: 175 micras Seco: 80 micras

Intervalo de repintado: Mín: 8 horas a 20°C. Máx: no tiene (ver observaciones)

Preparación de la superficie y esquema recomendado

Obra nueva: acero

- Chorreado abrasivo al agrado Sa 2½ de la norma ISO 8501.1
- Eliminar el polvo y los residuos de abrasivo por aspiración
- Aplicar una o más capas de HEMPATEX HI-BUILD 46330 al espesor recomendado
- Aplicar las capas de acabado

Hormigón

- Dejar fraguar completamente (28 días mínimos)
- Eliminar lechada de fraguado y eventuales eflorescencias con chorro de agua y abrasivo o con chorro de agua a alta presión (200 Kg/cm² aprox)
- Si se ha utilizado abrasivo, lavar con agua dulce para eliminar residuos
- Dejar secar
- Sellar con una capa fina de HEMPATEX HI-BUILD 46330 diluído con un 20% de THINNER 08080
- Aplicar una o más capas de HEMPATEX HI-BUILD 46330 al espesor recomendado
- Aplicar las capas de acabado

Restauración y mantenimiento: acero

- 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

Hormigón

- 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

Pintado:- Parchear las zonas de acero corroídas o de hormigón deteriorado con una capa de HEMPATEX HI-BUILD 46330 aplicada preferentemente a brocha. (Hormigón: diluir con un 20% de THINNER 08080)

- Aplicar una o más capas de HEMPATEX HI-BUILD 46330 al espesor recomendado
- Aplicar las capas de acabado

Capas precedentes: Ninguna, HEMPATEX PRIMER 16320 o según la especificación.

Capas subsiguientes: Sistema HEMPATEX o según la especificación.

Observaciones: El espesor recomendado de 80 micras de película seca sólo se puede alcanzar en una capa cuando se aplica a pistola sin aire. Si se aplica a rodillo será necesario aplicar dos o más capas para alcanzar el mismo espesor. No es recomendable extender excesivamente la pintura con el rodillo, ya que pueden quedar porosidades en la película. Temperatura máxima de la superficie: 60°C en exposición continua, con puntas esporádicas de hasta 80°C. No resiste a aceites y grasas animales o vegetales, Para pintar superficies en inmersión o enterradas, consultar el Servicio Técnico de HEMPEL. El producto puede aplicarse a espesores por capa distintos del recomendado, pero ello influirá en el secaje, intervalo de repintado y rendimiento.

Seguridad: 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.

Anexo 16

FICHA PARA DETERMINAR EL PRECIO Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES.

EMPRESA: Universidad de Matanzas.	Código: SIPAYC para Contenedores.		
Organismo: MES Plan de Produc: 100 contenedores.	Capac. Instalada: <u>125</u> contenedores.		
Producto o Servicio: Servicio.	% utiliz. Capacidad: 80		
Código Prod o Serv.: Sipayc contenedores. UM: \$/conte	Producc.Period. Anterior		
Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
Materias Primas y Materiales	1	489,3	272,6
Materia Prima y materiales fundamentales	1,1	486,0	271,3
Combustible y Lubricantes	1,2	1,4	1,4
Energía Eléctrica	1,3	1,9	0,0
Agua	1,4	0,0	0,0
Sub total (Gastos de elaboración)	2	2124,4	41,2
Otros Gastos directos	3	13,2	1,2
Depreciación	3,1	12,8	0,8
Arrendamiento de equipos	3,2	0,0	0,0
Ropa y calzado (trabajadores directos)	3,3	0,4	0,4
Gastos de fuerza de trabajo	4	1998,4	0,0
Salarios	4,1	1449,7	0,0
Vacaciones	4,2	130,5	0,0
Impuesto utilización de la Fuerza de trabajo.	4,3	237,0	0,0
Contribución a la seguridad social.	4,4	181,2	0,0
Estimulación en pesos convertibles	4,5	0,0	0,0
Gastos indirectos de producción	5	56,9	30,0
Depreciación	5,1	0,0	0,0
Mantenimiento y Reparación	5,2	30,0	30,0
Gastos Generales y de Administración	6	3,1	2,4
Combustible y Lubricantes	6,1	1,6	1,6
Energía Eléctrica	6,2	0,7	0,0
Depreciación	6,3	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	6,4	0,0	0,0
Alimentos	6,5	0,0	0,0
Otros	6,6	0,8	0,7
Gastos de Distribución y Venta	7	1,5	1,5
Combustible y Lubricantes	7,1	0,4	0,4
Energía Eléctrica	7,2	0,0	0,0
Depreciación	7,3	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabaj. Indirectos)	7,4	0,0	0,0
Otros	7,5	1,0	1,0
Gastos Bancarios	8	51,3	6,2
Gastos Totales o Costo de producción	9	2613,7	313,9
Margen utilidad S/ base autorizada	10	522,7	
Precio según lo establecido por el MFP	11	3136,4	
% Sobre el gasto en divisa (hasta el 10 %)	12		31,4
Componente total en pesos convertibles	13		345,3
	Firma:	Cargo:	Fecha: