

**Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas
Universidad de Matanzas
Departamento de Química e Ingeniería Química**



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: *Propuesta Tecnológica de Protección Anticorrosiva y de conservación para la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes de Cárdenas*

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

Autora: Yunet Yanes González

Tutor: MSc. Asael González Betancourt

Matanzas, 2019.

Pensamiento



**Las raíces de la
educación son
amargas, pero sus
frutos son dulces**

Aristóteles

DECLARACION DE AUTORIDAD

Yo Yunet Yanes González declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma Titulado: Propuesta de Tecnologías de Protección Anticorrosiva y Conservación para la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes de Cárdenas, realizado en la Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, por tanto autorizo que el mismo sea utilizado en la institución con la finalidad que estimen conveniente.

Firma: _____

Yunet Yanes González

Facultad de Ciencias Técnicas

Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma:

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro de Tribunal

Provincia: _____ Fecha: _____ Calificación: _____

Dedicatoria.

Dedico este trabajo de Diploma resultado de tantos años de estudio y sacrificio a:

A mi familia la cual siempre me apoyado han sido mi fuerza para seguir adelante.

A amigos los que en cada momento estuvieron hay para alentarme y sufrir conmigo el estrés y alegrándose por mis logros.

A mí querida hija que tuvo que trasnochar junto conmigo para yo poder estudiar.

Agradecimientos.

A mi tutore Ms. C. Asael González Betancourt por el tiempo y dedicación que me ha brindado para la realización de este trabajo de diploma.

A todos mis profesores que durante estos años han contribuido a mi preparación y me han ayudado en todo lo que han podido.

A mis compañeros de estudio por brindarme su amistad y siempre fueron muy considerados conmigo.

A mi familia que junto conmigo ha pasado todo este tiempo apoyándome y ayudándome en todo lo posible.

Resumen.

El presente trabajo se realizó en la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes de Cárdenas a las TOLVAS y GONDOLAS vagones de carga a los cuales esta le brinda sus servicios ya sean de reparación, mantenimiento, montaje, pintura según las condiciones en que estos llegan al taller. A partir del diagnóstico realizado se detectaron problemas de diseño anticorrosivos y corrosión, incorrecta preparación de las superficies metálicas, deficiencia en la aplicación de pinturas, falta de protección anticorrosiva y de conservación adicional, así como pérdidas económicas por corrosión. Estos problemas son debido a la agresividad de la atmósfera, a los deficientes métodos de protección anticorrosiva y a la falta de preparación del personal. Considerando lo anterior se propone un Manual de mantenimiento anticorrosivo mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), con productos nacionales (DISTIN), aceptado para su generalización en todo el país, que se incluye en el Manual de Gestión de la Generación Distribuida aprobado nacionalmente.

Abstract.

The present work was carried out in the José Valdés Reyes de Cárdenas Industrial Railway Company to the TOLVAS and GONDOLAS freight cars to which it provides its services whether they are repair, maintenance, assembly, painting according to the conditions in which they arrive at the workshop. The present work was, majority of those are metals. From the diagnosis made on anticorrosive problems, those of design were detected, incorrect preparation of the metallic surfaces, deficiency in the application of paintings, economic lack of anticorrosive protection and additional conservation, as well as losses by corrosion. These problems are caused by the aggressive environmental conditions, lack of skilled personnel and defects in methods of conservation and protection against corrosion. Considering all that, a manual on anticorrosive maintenance is proposed using a System of Anticorrosive Protection and Conservation (SIPAYC) in Spanish, that employs national products, (DISTIN), that are generated for their use national wide and that are included in the Manual of generation and approved distribution countrywide.

Indices:

	Pág.
Introducción	1
Capítulo I: Análisis Bibliográfico	4
1.1 Fundamentos teóricos	4
1.1.1 Incidencias económicas de la corrosión	4
1.2 Descripción de las instalaciones	5
1.3 Corrosión Atmosférica en Cuba	5
1.3.1 Factores que influyen en la velocidad de corrosión.	6
1.3.2 Corrosión Atmosférica del Acero	8
1.3.3 Agresividad corrosiva de la atmósfera	8
1.3.3.1 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.	10
1.4 Clasificación de la Corrosión. Tipo de Corrosión	12
1.5 Diseño Anticorrosivo	20
1.5.1 El diseño anticorrosivo y su influencia en la corrosión.	20
1.5.2 Forma de reparación para los daños por corrosión a las estructuras	24
1.5.2.1 Chapado	24
1.5.2.2 Sustitución	25
1.5.2.3 Recubrimiento	25
1.6 Enfoque en sistemas de protección anticorrosivo con recubrimientos	26
1.6.1 Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas	28
1.6.2 Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.	28
1.6.3 Recubrimientos Anticorrosivos	32
1.6.4 Protección anticorrosiva y conservación adicional	33
1.6.4.1 Materiales compuestos de matriz asfáltica	33
1.6.4.2 Grasas de Conservación	34
1.6.4.3 Cera abrillantadora e impermeabilizante	35
1.6.4.4 Disolución de Fosfato	35
1.7 Conclusiones parciales del capítulo.	36

	Pág.
Capítulo II: Diagnóstico del Diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación.	37
2.1 Materiales y Métodos	37
2.2 Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión	38
2.2.1 Tolvas	38
2.2.2 Góndolas	47
2.3 Conclusiones parciales del capítulo.	56
Capítulo III: Propuesta de tecnologías de protección anticorrosiva y conservación. Manual de mantenimiento anticorrosivo.	57
3.1 Materiales y Métodos	57
3.2 Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación	57
3.2.1 Agresividad corrosiva de la atmósfera	58
3.2.2 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación.	59
3.2.3 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.	61
3.2.3.1 Tolva	62
3.2.3.2 Góndolas	64
3.2.4 Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.	67
3.2.4.1 Esquema de pintado.	68
3.2.5 Protección anticorrosiva adicional y conservación. Fundamentación del Sistema.	70
3.3 Algunos resultados económicos esperados.	71
3.3.1 Aplicación de los productos DISTIN	71
3.3.2 Valor Actual Neto (VAN)	74
3.4 Conclusiones parciales del capítulo	77
Conclusiones.	78
Recomendaciones.	79
Bibliografía.	80
Anexos.	85

Introducción.

A lo largo del siglo XIX se desarrollaron en diversos países europeos y americanos los procesos de industrialización estos tuvieron en común, la necesidad de organizar medios de transporte rápidos y ágiles que permitieran integrar mercados nacionales e internacionales antes dispersos. Por lo que se pasó a un mundo de máquinas y capitalismo con el objetivo de profundizar en los mercados interiores y abrir brechas en los exteriores. Para ello, en casi todos los países se mejoraron las redes de comunicación desarrollándose así lo que acabaría convirtiéndose en el medio de comunicación terrestre más revolucionario del siglo pasado: el camino de hierro.

El ferrocarril ayudo a integrar mercados, homogenizar precios ,estimulando en algunos países el desarrollo de la siderurgia, la minería del carbón o la industria de bienes de equipo, produciéndose efectos multiplicadores hacia delante en la economía.

La introducción del ferrocarril en Cuba represento un verdadero hito desde el punto de vista socioeconómico, territorial y urbano .Pero fue Cuba el primer país en Iberoamérica en el uso del ferrocarril y sexto a nivel mundial. Este adelanto tecnológico alivio las ingentes necesidades de comunicación entre las zonas productivas del interior de la isla y los puertos para la exportación e importación, al mismo tiempo que estableció un nuevo sector de la economía basado en el trasiego de cargas y pasajeros. Por las características geográficas: Cuba es un país largo y estrecho con predominio de las zonas llanas, unido a que el transporte de cargas por ferrocarril es la variante más económica, propició la instalación de una extensa infraestructura vial, diseminada por todo el territorio .(Palet, M, 2007).

La EES Empresa Industrial Ferroviaria "José Valdés Reyes" (JVR) es una entidad estatal cubana, miembro del Grupo Empresarial de la Industria SideroMecánica (GESIME), subordinado al Ministerio de Industria (MINDUS), con domicilio legal en Carretera a Máximo Gómez Km. 1½, en la Ciudad de Cárdenas, Provincia Matanzas, con más de 50 años de experiencia, cuyo inicio se remonta a 1955 bajo el nombre de "Talleres Llorca" como fabricante de implementos agrícolas, actividad a la que se han ido sumando en sucesivos años la fabricación del Coche Ferroviario de Pasajeros de Primera y Segunda Clase hasta principios de los años 90 del siglo pasado,

posteriormente se ha dedicado a producciones diversas mecánicas en estos momentos se retoma la producción de coches de pasajeros y la reparación de vagones de carga.

Por lo antes planteado se tiene como problema:

Problema Científico:

Deterioro por corrosión de las Tolvas y Las Góndolas a los cuales la Empresa José Valdés Reyes les brinda sus servicios de reparación y mantenimiento.

Por lo que tenemos como Hipótesis

Hipótesis

Si se establecen las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un manual será posible disminuir el deterioro por corrosión y garantizar una mayor calidad de las Tolvas y las Góndolas equipos reparados por la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes de Cárdenas.

Objetivo General:

Proponer las tecnologías de protección anticorrosivas mediante un manual para las Tolvas y las Góndolas equipos reparados por la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes de Cárdenas.

Objetivos específicos:

- Diagnosticar los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación en las Tolvas y las Góndolas equipos reparados por la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes de Cárdenas.
- Proponer tecnologías de protección anticorrosiva mediante un manual.
- Fundamentar técnica y económicamente la propuesta de tecnología de protección anticorrosiva.

Alcance del trabajo:

El Trabajo comprende el estudio del deterioro por corrosión de las Tolvas y las Góndolas a los cuales en La Empresa Industrial José Valdés Reyes, Municipio Cárdenas les brindan servicio de reparación, mantenimiento y pintura. En el mismo se aborda lo referente a problemas de diseño anticorrosivo; corrosión con sus causas, mecanismos y factores que influyen en el deterioro de las Tolvas y las Góndolas en su superficie exterior, a los cuales se les propone soluciones y el SIPAYC, con el objetivo de alargar el tiempo de vida útil del equipo.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico.

1.1) Fundamentos teóricos.

1.1.1) Incidencia económica de la corrosión.

El aspecto económico de la corrosión es uno de los principales factores que hacen que muchos investigadores dediquen su esfuerzo a su estudio y prevención. Las pérdidas económicas provocadas por la corrosión suman millones de dólares. Estos efectos nocivos de la corrosión, se clasifican como pérdidas directas e indirectas.

Frecuentemente pensamos que los perjuicios ocasionados por la corrosión poseen una expresión o equivalencia monetaria definida, es decir, pueden ser siempre valorados en términos de dinero. Sin embargo la realidad demuestra que las pérdidas ocurridas por la corrosión se van más allá del marco puramente económico, alcanzando cuestiones relativas a la salud, la vida y el futuro de la humanidad (Domínguez J. 2010)

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

Las pérdidas económicas totales (directas e indirectas) por corrosión para Cuba en el año 2008 ascendieron a 1760 millones de pesos. A partir de estas pérdidas económicas, se estima que las pérdidas ocasionadas por la corrosión atmosférica, según criterio anterior, ascienden a 880 millones de pesos. La cifra antes señalada resulta de consideración y justifica la necesidad de la toma de medidas para disminuir las pérdidas por corrosión atmosférica. (Echeverría, M. et al. 2009).

En un estudio previo se asumió para Cuba el 4% del PIB, que como se observa no corresponde al mayor nivel de pérdidas reportado por (Biezna, M. et al. 2005). El porcentaje utilizado se debe a la agresividad corrosiva de Cuba y la situación económica del país (González, A. et al. 2018).

Tomashov estima que el 50% de los costos por corrosión corresponden a la corrosión atmosférica planteamiento con el que coinciden varios investigadores del

tema (López, I. 2008). Este planteamiento tiene gran importancia si se tiene en cuenta que la mayoría de estos equipos no se encuentran en lugar fijo sino que se están moviendo constantemente por todo el país sometidos así la acción de la atmósfera.

De las pérdidas anteriormente citadas se podría ahorrar un 15% con un adecuado conocimiento y aplicación de la tecnología de la corrosión. (González, A. 2014)

1.2) DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Características constructivas: Las instalaciones de la empresa se caracterizan por tener dos tipos de estructuras constructivas diferentes, que se corresponden plenamente con las funciones para las cuales fueron concebidas. Las áreas administrativas así como las de servicios (comedor, cafetería,), están construidas de mampostería (bloques), cubierta de hormigón (loza de placa) y carpintería de madera y aluminio, las áreas productivas y de almacenes se encuentran en grandes naves de más de 230m de largo y más de 60m de ancho, cuya estructura constructiva predominante es de columnas y vigas de acero que soportan un techo de tejas de fibrocemento, con paredes de mampostería y ventanales de cristal y aluminio, todas con piso de cemento. Las áreas verdes de la empresa son extensas, sin embargo no cumplen funciones ambientales ni de confort en estos momentos, ya que predominan cubiertas herbáceas (césped) sobre un sustrato poco fértil y poco profundo sin regadío, con ausencia casi total de árboles que proyecten sombra para crear zonas y áreas de estar en un medioambiente más agradable, sirvan de barrera contra el ruido, produzcan temperaturas menos altas, eviten las molestias del viento entre otros efectos no deseados. (ROMAN, R.2018); (Anexo 1)

1.3) La corrosión atmosférica en Cuba.

La corrosión es un fenómeno que causa afectaciones económicas y sociales en todo el mundo. Muchos investigadores dedican grandes esfuerzos al estudio de la corrosión, pero dado lo complejo de su naturaleza esta acción debe ser estudiada de manera sistemática, para evitar en la medida de lo posible, las pérdidas que ocasiona.

(Gil, 2011), plantea que en términos técnicos simplificados, la corrosión ha sido definida como la destrucción de un metal por reacción química o electroquímica con el medio

ambiente y representa la diferencia entre una operación libre de problemas, con gastos en operación muy elevados.

Según (Vázquez, 2013), La corrosión ha sido siempre un problema mayor en las industrias de procesos relacionadas con el gas y el petróleo. A medida que la industria ha ido creciendo y adoptando procesos modernos, los problemas de corrosión se han vuelto más numerosos y complejos. El 56% de los casos de fallas se relacionan con ambientes corrosivos.

La atmósfera es uno de los medios corrosivos naturales que más se han difundido ampliamente y, es precisamente, en este medio donde ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas, además de que alrededor de un 80% de las estructuras metálicas están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50% de estas pérdidas por corrosión, se deben a la atmosférica, según plantean los estudios realizados por varios autores (Domínguez, J.2010; Ruiz, R. et al. 2010).

Al respecto, (<http://www.buenastareas.com>,2010, Gil, 2011) señalan que la producción de acero y las mejoras de sus propiedades mecánicas, han hecho de él un material muy útil. Junto con estas mejoras, se está pagando un tributo muy grande a la corrosión, ya que el 25% de la producción mundial anual del acero es destruida por la corrosión.

1.3.1) Factores que influyen en la velocidad de corrosión.

Según (Echeverría, CA. et al, 2006) los principales factores que operan en la corrosión atmosférica son:

Factores externos:

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

Factores internos:

- ✓ Como naturaleza y propiedades electroquímicas del metal, así como

características de los productos de corrosión.

El efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas.

Los principales factores que se deben considerar en el estudio de las protecciones contra la oxidación y la corrosión son los siguientes:

a) Clase y estado del metal.

Evidentemente hay que tener en cuenta, en primer lugar, la clase de metal y el estado en que se encuentra. Para esto hay que conocer su posición química, su constitución, estructura, impurezas que contiene, procedimientos de elaboración, tratamientos térmicos a que ha sido sometido, tratamientos mecánicos, etc. Las heterogeneidades químicas, estructurales y las debidas a tensiones internas originan pares galvánicos que aceleran la corrosión.

b) Estado de la pieza.

Destaca el estado de la superficie (los surcos de mecanizado, rayas, grietas, orificios, etc., favorecen la corrosión; por el contrario, un pulido perfecto la dificulta), su radio de curvatura y orientación con relación a la vertical, naturaleza de las piezas en contacto y esfuerzos a que está sometida (los de tracción la favorecen).

c) Medio en que se encuentra.

El ataque al metal partirá del medio en que se encuentra y, por tanto, cuanto mejor lo conozcamos, más fácilmente será prever la clase de corrosión que se puede producir y los medios de evitarla. Sobre el medio conviene conocer su naturaleza química, su concentración, el porcentaje de oxígeno disuelto, el índice de acidez (pH), presión, temperatura, etc.

d) Clase de contacto entre el metal y el medio en que se encuentra.

El contacto entre el metal y el medio en que se encuentra queda definido por la forma de la pieza, estado de la superficie, condiciones de inmersión, etc.

En sistemas con flujo se deberán evitar, bien por diseño o cualquier otro método las zonas muertas, donde puedan estancarse el fluido, pues se formaran depósitos de

productos de corrosión, debajo de los cuales pueden producirse una intensa corrosión localizada. (Domínguez, J, 2010).

Teniendo en cuenta cada uno de estos factores podemos resaltar que juegan un papel fundamental en la aparición y aceleración de la velocidad de corrosión, sin embargo las mayores pérdidas ocurren en el efecto que ocasionan cuando se combinan varios de ellos.

1.3.2) Corrosión atmosférica del acero.

Los aceros son los materiales más versátiles, menos caros y más ampliamente usados para la construcción de muchos sistemas ingenieriles. Sin embargo, una de sus principales limitaciones es su gran corrosividad (González, A. 2013)

Por lo que es necesario clasificar la agresividad corrosiva de la atmósfera en las instalaciones y equipos que serán objeto de protección anticorrosivo.

1.3.3) Agresividad corrosiva de la atmósfera.

Considerando los parámetros que intervienen en la velocidad de corrosión, mencionados anteriormente, queda demostrado que el mismo resulta decisivo en la clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera, coincidiendo así la mayoría de los investigadores, sin dejar atrás otros factores de importancia como la humedad, los vientos y temperatura. La agresividad corrosiva de la atmósfera es un factor de gran importancia cuando se proyectan y construyen nuevas inversiones, se realizan investigaciones sobre métodos de protección y se determinan sistemas de recubrimiento, entre otras aplicaciones. (Echeverría, C.A. et al. 2006, 2010, NC ISO 12944 - 3: 2007; Méndez, O. González, A. 2018), clasifica las atmósferas de acuerdo con el grado de contaminación y la naturaleza de los contaminantes, clasificándose en: industrial, marina, urbana, rurales, urbanas-marinas, industriales-marinas, urbanas industriales, rurales interiores y otras combinaciones de éstas. Donde se plantea que la atmósfera más corrosiva es la industrial altamente contaminada, y la menos corrosiva la atmósfera rural pura.

La determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada la instalación es un factor importante. En la Norma (NC ISO 12944 - 3:2007) se

establece la clasificación de la atmósfera, además del Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (Anexo 4, Tabla 4). La agresividad corrosiva determina las medidas a tomar para darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo, así como la preparación superficial que se tiene que lograr, los espesores de la pintura que se debe aplicar y los productos para la protección anticorrosiva y conservación adicional que se apliquen y el tiempo en que resultan efectivos los mismos.

Otros elementos importantes en cuanto al conocimiento de la agresividad de la atmósfera, son los períodos y los momentos en que se decida realizar actividades de mantenimiento con recubrimientos.

✓ **Influencia de los vientos.**

Según (Méndez, O. González, A. 2018) en Cuba el encargado de transportar los contaminantes es el viento. Destaca (Echeverría, C.A. et al. 2006) que la velocidad del viento puede promover un doble efecto, si se conjuga con la lluvia ya que en ausencia de esta, una alta velocidad del viento produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión. Por su parte, un efecto combinado de la lluvia con el viento, da lugar al lavado de la superficie del metal, es decir una remoción de los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto también disminuye la velocidad de corrosión.

Según (Méndez, O. González, A. 2018) refiere que la velocidad de corrosión depende de la velocidad y dirección del viento.

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

✓ **Influencia del aerosol marino en la corrosión.**

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

por corrosión que se producen en estas áreas. En las condiciones climáticas de Cuba, este factor resulta determinante, aspecto destacado por. (Echeverría, C.A. et al. 2006; 2010)

En cuanto a las condiciones ambientales de Cuba se ha planteado que se distinguen 2 períodos cualitativamente diferentes en el año, uno es la temporada invernal o de seca (octubre a marzo), con gran influencia de los vientos del norte-nordeste que producen grandes concentraciones de aerosol marino en el aire y el otro es la temporada de lluvias o de verano (abril a septiembre), donde los vientos provenientes del sur son de poca envergadura (Echeverría, C.A. et al. 2006).

1.3.3.1) Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.

Los aspectos más considerables son la temperatura y humedad relativa del aire, la radiación solar, las precipitaciones, velocidad de vientos y su dirección predominante, los contaminantes (parámetros aeroquímicos), acciones mecánicas, acciones químicas por fuerzas naturales, partículas de polvo, entre otras vías. Estos factores pueden afectar la corrosión del metal expuesto en condiciones exteriores o interiores.

Los parámetros más importantes están relacionados por la combinación de:

✓ Temperatura (T).

El efecto de la temperatura en la corrosión atmosférica no resulta determinante en las condiciones del ambiente de Cuba, ya que las variaciones no son de consideración. Su efecto fundamental se manifiesta bajo la acción de la radiación solar. De acuerdo con lo anterior, al aumentar la temperatura de la superficie metálica, disminuye la velocidad de corrosión e incluso, el proceso corrosivo se detiene en ausencia de humedad (Méndez, O. González, A. 2018). Por lo antes expuesto se puede observar que en muchos casos la corrosión atmosférica bajo techo simple es mayor que a la intemperie.

✓ Humedad Relativa (HR).

Uno de los tipos de corrosión atmosférica es la húmeda, la cual se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, lo cual tiene lugar para

humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, según refiere (Echeverría, M. et al. 2009).

El mecanismo de la corrosión atmosférica húmeda es el que se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año, es por ello que constituye el mecanismo fundamental.

De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas de humedecimiento y secado periódico, en lo que determina la falta de establecimiento de capas de productos de corrosión protectoras. No obstante se insiste que lo que determina en la magnitud de la corrosión atmosférica es el tiempo en que permanece la superficie metálica húmeda.

✓ **Tiempo de humectación (TDH).**

Este parámetro es de gran importancia, puesto que es una medida directa para el tiempo real de corrosión del metal.

Habitualmente el TDH es calculado en horas, de acuerdo con la norma internacional ISO 9233: 92, 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. Al llegar la HR a 90 % y $T < 25^{\circ}\text{C}$ se alcanza el punto de rocío y la capa húmeda es más gruesa. Este cambio induce una alteración en la velocidad de corrosión del metal.

Por otro lado es importante analizar en qué intervalos de temperatura se da el TDH, ya que los niveles de temperatura determinan la cinética del proceso de corrosión, es decir su velocidad de corrosión. (Espada, L.R. 2005).

✓ **Efecto de las lluvias.**

Las lluvias, la niebla y el rocío tienen una influencia marcada en el proceso corrosivo de los metales, debido al efecto de lavado de los contaminantes acumulados sobre la superficie metálica, lo que puede provocar un retardo del proceso corrosivo.

Así mismo, éstas pueden traer consigo especies disueltas que pueden provocar la corrosión, sobre todo en superficies donde el agua puede estancarse.

1.4) Clasificación de la corrosión. Tipo de corrosión:

La corrosión existe desde que el hombre descubrió la forma de obtener los metales, a partir de sus respectivos minerales, proporcionándoles una determinada cantidad de energía para llevarlos hasta un estado activo o inestable y hacerlos útiles como materiales de construcción; sin embargo, la misma naturaleza les obliga a regresar a su estado original, la herrumbre u óxidos específicos, dependiendo del metal que se trate. Por mucho tiempo se aceptó pasivamente la existencia de la corrosión y se consideró como inevitable; en la actualidad, debido a consecuencias severas como accidentes y alteraciones económicas, se lleva a cabo un minucioso control de la corrosión y mediante diferentes métodos se trabaja en su prevención. (González, A. 2013).

La corrosión puede clasificarse atendiendo a diferentes criterios. Así pues tenemos.

Por su naturaleza la corrosión se puede clasificar en:

Según el mecanismo:

- a) Corrosión química.
- b) Corrosión electroquímica.

La corrosión química: se produce en un mismo punto o zona de la interfase metal-medio corrosivo o metal óxido-medio corrosivo. Este medio corrosivo lo constituye un no electrolito que actúa fundamentalmente a altas temperaturas. Ej: gases secos o gases a altas temperaturas. (González, A. et al. 2018.)

La corrosión electroquímica: se produce en presencia de un medio corrosivo electrolítico, los procesos de oxidación de los átomos de metal y la reducción del agente corrosivo, ocurre en distintos puntos o zonas de la interface. Esto implica una corriente de electrones por el metal de las zonas anódicas a las zonas catódicas lo que constituye un conjunto de micropilas galvánicas, el medio electrolítico contribuye a cerrar el circuito con el correspondiente movimiento de iones. (González, A. et al. 2018)

De forma general se puede, entonces, plantear que la corrosión electroquímica se presenta en presencia de soluciones electrolíticas, por lo general acuosas, mientras que

la corrosión química se lleva a efecto en ausencia de dichas soluciones; generalmente a elevadas temperaturas, y si existe agua estará en forma de vapor. (Domínguez, J. 2010).

Según la morfología del ataque:

- a) Corrosión uniforme o generalizada.
- b) Corrosión no uniforme o localizada.

Corrosión homogénea, uniforme o generalizada: En este tipo de corrosión la observación visual de la muestra presenta un ataque similar en toda su superficie.

Se manifiesta como un ataque más o menos parejo de la superficie del metal, a nivel macroscópico, por lo que es muy difícil encontrar estos casos, según el mecanismo de la corrosión electroquímica.

Es por tanto, la forma más frecuente de corrosión, aunque es también la menos peligrosa por su menor velocidad de penetración. Sus posibles mecanismos son:

- Ataque por mecanismo químico sin micro celdas galvánicas.
- Micro celdas que alternan su polaridad.
- Submicroceldas a nivel atómico.

Es el tipo de corrosión al cual se le dedica mayor cantidad de recursos para su prevención y combate. Se emplean para ello los métodos más generales de combate anticorrosivo como son los recubrimientos, en particular las pinturas, los inhibidores de corrosión, la protección electroquímica y los materiales resistentes. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión heterogénea, no uniforme, o localizada: En este tipo, el ataque se presenta de forma preferencial sobre algunas zonas, y no siempre puede ser apreciado el daño de manera visual. Se manifiesta como un ataque preferencial en ciertas zonas de la superficie del metal, algunas zonas funcionan siempre como ánodo, mientras que otras siempre lo hacen como cátodo. (Domínguez, J. 2010).

En ocasiones estos ataques localizados se producen con la intervención de efectos o cargas mecánicas de tracción, flexión, torsión, fatiga, cortantes, entre otros. En tal caso

puede generarse un nuevo tipo de deterioro considerado como “corrosión con efecto mecánico” cuya intensidad supera normalmente en mucho la suma de los deterioros químicos y mecánicos por separado. (Domínguez, J.2010).

Según (Méndez, O. et al. 2018.), plantean que la corrosión heterogénea o localizada a su vez se subdivide en dos subgrupos:

a) sin influencia de factores mecánicos.

- Por par metálico.
- Por celdas de concentración.
- Interfacial.
- Intersticial.
- Picadura.
- Inter-cristalina.
- Selectiva.

b) con participación de factores mecánicos:

- Rotura por tensión.
- Fatiga.
- Erosión.
- Cavitación.
- Rozamiento.

Con frecuencia la corrosión electroquímica viene acompañada de acciones mecánicas variadas, como por ejemplo, tensiones de tracción, resultado de casos de sollicitación de cargas del tipo tracción y flexión fundamentalmente, así como de impacto y cortantes, sobre la superficie metálica. En estos casos es posible la aparición de fenómenos de deterioro, combinado químico-mecánico, con un rápido e intenso deterioro de las instalaciones involucradas. Debe señalarse que no se trata de una suma de los deterioros que pudieran ocasionar ambos efectos por separado, sino de fenómenos nuevos con sus propias características y cuya velocidad de acción supera en mucho, la suma de los efectos individuales, es decir, se observa un sinergismo en el deterioro.

En estos casos no se debe olvidar la palabra corrosión pues, por ejemplo, una rotura por fatiga es una destrucción mecánica pura sin intervención del factor químico, por lo tanto, resulta un fenómeno cualitativamente distinto. (Méndez, O. et al. 2018).

Corrosión por par metálico:

Se presenta cuando dos o más materiales metálicos están en contacto eléctrico dentro de un medio corrosivo común. En la práctica productiva tal situación se da con frecuencia. Ejemplos de ello se ven en el empleo de remaches y cordones de soldadura de metales o aleaciones diferentes al del metal constructivo principal y en uniones embridadas o mandriladas como es el caso de los evaporadores de la industria azucarera cubana donde los tubos son de cobre y la placa a la cual se fijan de acero. Este deterioro es raro en las industrias desarrolladas, ya que resulta relativamente fácil de evitar. En este medio se observa con frecuencia por falta de rigor técnico en el diseño y construcción de aparatos. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión intersticial:

Un fenómeno común en equipos industriales, crítico en metales de pasivación no extremadamente fuerte como son los diferentes tipos de inoxidable al cromo y cromo níquel, aluminio y sus aleaciones. Materiales metálicos como el titanio, zirconio, aleaciones níquel cromo, níquel molibdeno, son mucho más resistentes a este tipo de corrosión, ya que no pierden el estado pasivo a bajas concentraciones de los agentes oxidantes. Los metales que no se caracterizan por su pasividad como el cobre y sus aleaciones, así como los aceros al carbono (bajo aleado) lo sufren, pero con menos intensidad. Para que la corrosión intersticial ocurra de manera severa es necesario que el medio presente elevada agresividad (pH ácido, concentración de cloruros media, presencia de oxidantes rápidos como el Fe III, etc.) Un aspecto muy importante es el espesor de la rendija o ranura. Si esta es lo suficientemente pequeña para evitar la introducción del electrolito, la corrosión es baja; pero si es muy ancha (más de 1 mm) también lo es. El pH dentro de la ranura baja por hidrólisis ácida de las sales del metal. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión picadura (pitting):

Se manifiesta como un ataque y disolución puntual que sufren muchos materiales metálicos en determinadas condiciones. En la práctica productiva a todo lo que ocasione una perforación puntual en la pared de un equipo se le llama picadura o pitera. La causa de ello puede ser variada por la presencia de impurezas más activas o nobles que el metal base; la corrosión bajo depósito en el interior de tuberías o recipientes, ya que desde el exterior se ve cómo un punto, aunque en el interior es un cráter o úlcera y es típica de los aceros al carbono o bajo aleados, la corrosión por choque en el cobre y sus aleaciones.

En realidad la picadura clásica es la que sufren los materiales metálicos en estado pasivo, cuando se ponen en contacto con soluciones que contienen iones o sustancias activadoras como cloruros, bromuros, yoduros, hipoclorito, bromo y otras. Hay materiales metálicos más o menos susceptibles; a este tipo de ataque y, es un problema frecuente, en los aceros inoxidable. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión intercrystalina:

Se produce, no en la superficie expuesta del material metálico, sino en su interior. Consiste en la disolución de los límites de granos o cristales metalográficos que avanza desde la superficie hacia las profundidades del material. Este fenómeno provoca el debilitamiento mecánico de la estructura del material y desemboca en la fractura de la pieza o instalación. Son diversos los materiales que pueden sufrir este tipo de corrosión. Es frecuente en aceros inoxidable austeníticos y ferríticos, en aleaciones de aluminio, de níquel y otras, pero para que ocurra el metal debe estar sensibilizado térmicamente. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión selectiva:

Es un tipo de deterioro que sufren algunas aleaciones cuando se produce la disolución u Oxidación selectiva de uno de los componentes de la misma. Esto sólo ocurre cuando uno de los integrantes de la aleación es mucho más activo termodinámicamente que el otro, como es el caso de los latones (Cu-Zn), el hierro fundido (C-Fe) y algunas aleaciones de aluminio y metales nobles. En los aceros inoxidable, otras aleaciones pasivas, los bronce al estaño y otros, puede haber cierta oxidación selectiva de los

componentes más activos, pero este proceso se detiene rápidamente al tender a igualarse las velocidades de disolución de sus componentes, debido a limitaciones difusivas en sólido o por la formación de capas de elevada capacidad protectora. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión rotura por tensión:

La grieta se desarrolla hacia el interior del metal en dirección perpendicular a las tensiones de tracción existentes, las cuales pueden ser aplicadas o residuales de conformación. El nivel de tensiones está por debajo del límite de fluencia del material, por lo que ellas solas no causan la rotura del material. Su función es transformar una posible corrosión generalizada o picadura en otra, en forma de grieta o rajadura que avanza mucho más rápidamente que otras formas y que concluye con la fractura del metal.

Los mecanismos propuestos para explicar este tipo de corrosión son múltiples y pueden verse en la literatura (texto), pero sin dudas ambos efectos tienen importancia: uno para abrir lentamente el fondo de la grieta y el otro para accionar sobre este vértice activo y deformado.

La corrosión rotura por tensión se caracteriza por la selectividad de los distintos materiales metálicos frente a los diferentes medios corrosivos. Así por ejemplo, los aceros inoxidables sufren este tipo de corrosión en soluciones de cloruros, pero no en soluciones amoniacaes, mientras que los latones muestran un comportamiento totalmente opuesto. Los metales puros son muy poco susceptibles a este tipo de corrosión, que es más frecuente en aleaciones y metales técnicos. Además de las características del medio y del metal influyen otros factores, como el nivel de esfuerzo aplicado y la temperatura. También es de destacar que las tensiones de compresión no sólo resultan peligrosas, sino que son beneficiosas.

Por eso con frecuencia, la generación de tensiones de compresión en la superficie de la pieza constituye una forma de combate contra este tipo de corrosión.

El avance de la grieta puede ser intercristalino, por los bordes de granos o cristales, y transcristalino si atraviesa los granos. Esto depende del metal, del medio corrosivo y de la magnitud de las tensiones aplicadas. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión fatiga:

Esta, que al igual que en la SCC el material falla, por rajadura (resistencia), pero en donde las tensiones aplicadas no son estáticas, sino que varían cíclicamente. Esta característica distintiva provoca significativos cambios en el mecanismo de rotura.

Esta corrosión no es selectiva, y cualquier metal lo puede sufrir en cualquier medio corrosivo.

Debido al rozamiento entre las paredes de la grieta, las capas pasivas se deterioran y el efecto galvánico con el fondo es más débil, por lo que es menos rápida. La grieta en la corrosión fatiga, (CF) es generalmente transgranular y el número de ciclos hasta rotura depende del valor de σ máxima.

La fractura en la corrosión fatiga se produce a un menor número de ciclos que en la fatiga pura, para el mismo nivel de tensión. Además, no posee un límite mínimo de esfuerzo para su ocurrencia. Es frecuente en sistemas con movimiento cíclico como volantes, excéntricas, tubos bajo vibración, pistones, etc. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión erosión:

El caso típico se presenta cuando un líquido, con elevado contenido de sólidos en suspensión, se mueve a lo largo de una superficie metálica. En el caso de gases húmedos y corrosivos el % de sólidos que puede provocar este fenómeno es mucho menor. Esto es debido a que los líquidos funcionan como lubricantes y reducen la acción erosiva de las partículas en la superficie metálica.

No obstante, si la velocidad del fluido es muy elevada o hay mucha turbulencia, el fenómeno de corrosión erosión, puede ocurrir en líquidos con muy poca cantidad de sólidos en suspensión e incluso en ausencia de ellos (hidro-erosión).

Este fenómeno se presenta en inyectores, boquillas, toberas, bombas centrífugas y en tubos de intercambio calórico de cobre y latón en su entrada.

La corrosión erosión consiste normalmente en un desgaste, a veces en forma de estrías en la dirección de flujo cuyo mecanismo general parece ser el de deteriorar las capas protectoras de óxido de los metales, permitiendo el ataque libre de la superficie descubierta por los agentes oxidantes del medio y así sucesivamente.

En la práctica productiva le achacan la responsabilidad del deterioro de ductos e instalaciones con mucha frecuencia, aunque en realidad el fenómeno de corrosión sea otro muy distinto. La presencia de algunas cantidades de sólidos en soluciones acuosas móviles o de fluidos más viscosos no ocasiona ningún efecto importante de deterioro de los aceros. Las pastas minerales en movimiento sí son erosivas o pequeñas cantidades de sílice en turbinas y bombas; por lo que también pueden generar grandes afectaciones. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión cavitación:

Cuando un líquido con suficiente fluidez y presión de vapor se somete a un intenso régimen turbulento de movimiento como el presente en bombas centrífugas, propelas de barco, etc., puede provocar el socavamiento de las paredes del equipo o pieza en contacto con perforación del material. Esto se conoce como cavitación o corrosión cavitación.

Todo es debido a que las elevadas turbulencias provocan fuertes caídas de presión y ocasionan vaporizaciones del líquido en forma de burbujas, las cuales colapsan sobre las paredes metálicas levantando las capas protectoras, e incluso provocando deformaciones plásticas puntuales en el material base.

Si este efecto reiterativo es muy fuerte provocan el levantamiento de partículas del metal, y en ese caso, el fenómeno se torna casi puramente mecánico. Si no es tan intenso, el ataque químico juega un papel importante. (Domínguez, J. 2010).

Corrosión rozamiento o fricción:

Se presenta cuando en un ambiente corrosivo, dos superficies sólidas metálicas o una metálica y otra no, están en contacto y se mueven relativamente una respecto a la otra en forma cíclica, produciéndose el deterioro de una o de ambas superficies. Se conoce normalmente como fretting.

Este tipo de deterioro se manifiesta como un ataque por fricción con manchas y cráteres amplios y poco profundos, pero que pueden terminar en una grieta de fatiga.

Se produce en engranajes, turbinas y piezas de maquinarias de la industria mecánica, del transporte y termo energéticas.

Normalmente se considera un efecto tribológico de naturaleza puramente mecánica de fricción o abrasión, pero en realidad participan los agentes químicos oxidantes del medio ambiente que rodea al equipamiento. (Domínguez, J. 2010).

1.5 Diseño anticorrosivo.

Plantea (Álvarez, Y. 2014) que para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, hay que consultar de forma obligada La norma as Normas Internacionales, en particular las Normas (NC ISO12944 – 3, 2007), (NC ISO 12944 – 4, 2014), (NC ISO 12944 – 5, 2007) y la (NC ISO 12944 – 8, 2014) ,aborda cada tipo de problema de diseño anticorrosivo reconocido, estos son Accesibilidad, Tratamiento de orificios, Prevención de la corrosión galvánica, Manipulación, transporte y montaje, Retención de humedad, depósitos y agua, Bordes, Imperfecciones en la superficie de las soldaduras, Conexiones con pernos, Áreas cerradas y componentes huecos, Refuerzos.

1.5.1) El diseño anticorrosivo y su influencia en la corrosión.

Para que se prolongue o no la vida útil de las estructuras es de vital importancia un diseño apropiado, que de conjunto con la selección de materiales compatibles, puede demorar o disminuir la ocurrencia de muchas formas de corrosión. Además las formas geométricas óptimas y procesos de unión disminuyen la corrosión junto con el empleo de medidas de control de la corrosión (Shifler, D. 2005).

Según (Echeverría, C. A, et al.2010) es posible encontrar en conjunto varios problemas de diseño anticorrosivo como son:

- ✓ **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.

- ✓ **Tratamiento de orificios:** Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones, y en las superficies en contacto sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.
- ✓ **Prevención de la corrosión galvánica:** Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos.

La 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.

- ✓ **Entallas:** Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deben tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.
- ✓ **Refuerzos:** Cuando se requieren refuerzos es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.
- ✓ **Manipulación, transporte y montaje:** Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector.
- ✓ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:**

Deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos.

El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidables que puedan provocar la corrosión de estos últimos.

- ✓ **Bordes:** Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado, las capas protectoras en los bordes agudos son más susceptibles al deterioro. Por lo que los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.
- ✓ **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.
- ✓ **Conexiones con pernos:**
 - **Conexiones antideslizantes con pernos de alta resistencia:** Las superficies de fricción en conexiones antideslizantes deben prepararse por chorreado, previo al montaje, hasta un grado de preparación mínimo de Sa 2 ½, tal y como se define en la norma, con una rugosidad acordada y en la superficie de fricción puede aplicarse un material protector con un coeficiente de rozamiento apropiado.
 - **Conexiones precargadas:** Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados (pernos, tuercas y arandelas), los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.
- ✓ **Áreas cerradas y componentes huecos:** Dado que las áreas cerradas (interior

accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación. Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.

Una protección efectiva a lo largo de la vida de servicio de las estructuras que están en explotación, no se garantiza solo con la aplicación de pinturas ya que requiere de otra protección adicional, señalada en la norma (NC-ISO 12944-5, 2008) pero no precisada con lo que concuerda (Echeverría, M. et al. 2009) y demostrado en la práctica.

Los componentes que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del momento de montaje deberían fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión (acero de mayor espesor), o tener un sistema de pintura protector efectivo.

En el diseño de los equipos o su estructura es fundamental considerar el aspecto del diseño anticorrosivo ya que determinará en gran medida las pérdidas por corrosión y protección. En esto coinciden varios investigadores. (Shixer, DA. 2005; González, A. et al. 2018).

Las posibles soluciones para eliminar o atenuar los problemas de diseño que son descubiertos cuando la estructura o equipo ya está en pleno funcionamiento son menores o a veces no existen posibilidades. Lo anterior es una causa de un mal proceder desde la etapa de planeación y diseño (Cook, D.C. 2005, Méndez, O. 2012).

Entre las soluciones propuestas se señala la aplicación de productos anticorrosivos, con o sin modificaciones del diseño existente, para los problemas que se detecten durante el servicio del equipo o estructura. Los productos que se proponen son recubrimientos anticorrosivos, diferentes a las pinturas, que confieren una protección adicional efectiva, y que permiten el uso de técnicas de ensamblaje mojado, para crear una barrera sellante que complementa al sistema de protección anticorrosiva con pintura. (González, A. 2011).

1.5.2) **Forma de reparación para los daños por corrosión a las estructuras.**

Una vez tomadas las precauciones necesarias que se corresponden con las sucesivas etapas de proyecto, construcción, inspección y mantenimiento de la estructura metálica, es posible la aparición de señales positivas de deterioro que hagan necesario una reparación de las partes afectadas.

Algunas de las formas de reparación llevan consigo, en ocasiones, una cierta parte de refuerzos, y cada caso particular adoptara no solo la forma de reparación más idónea y adaptable el deterioro sino que será, en la mayor de los casos, una simbiosis o conjunción de ellas, en las que el componente de refuerzos vendrá dado como un añadido, no voluntario ni buscado, a la reparación

Estas formas simples de reparación las podemos englobar en las siguientes tres técnicas:

1.5.2.1) **Chapado**

Cuando el deterioro observado se limita a algunos elementos o partes de ellos, por lo que la sección ha sufrido una disminución en su resistencia, una manera sencilla y cómoda, a la par que económica, de restituir al elemento su sección primitiva es el chapado, consistente en aplicar metal nuevo sobre la superficie deteriorada; ello se puede hacer colocando dos chapas, una a cada lado del elemento deteriorado, o bien adaptando una chapa en el hueco que el deterioro marque, y uniendo el material nuevo con el viejo bien con soldadura o bien con tornillos de alta resistencia .

Este chapado puede utilizarse también para reparar los elementos fisurados, alabeados o parcialmente aplastados. No debe utilizarse si el deterioro abarca una parte considerable del elemento o si las chapas añadidas no encajan en el conjunto desde un punto de vista estético, resultando mejor el segundo método de sustitución del elemento.

Sera necesario ajustar con toda precisión los elementos nuevos a los viejos, cuidando que tengan unas formas adaptables a las de los elementos sobre los que se van a aplicar.

Se debe una particular atención a las superficies de los elementos antiguos que

estarán en contactos con el metal nuevo, de manera que no quede ninguna huella de óxido, incrustación o suciedad entre las superficies, debiendo tener especial cuidado en la preparación de las superficies en contacto a fin de tratar al conjunto con el correspondiente recubrimiento, generalmente pintado o metalizado.

La colocación de chapas no es forzosamente una reparación definitiva, si no se recubre o se recurre a otra forma de protección definitiva, ya que si no es así la corrosión de los elementos, tanto antiguos como nuevos, proseguirá. En definitiva, si no se realizan acciones conducentes a impedir la corrosión ulterior, este método conducirá simplemente a aumentar el espesor del metal atacable.

Como ya se ha definido anteriormente, la limpieza y el pintado suponen una protección contra la corrosión; también el disponer entre ambas chapas un sellado mediante adhesivos tixotrópicos a base de resina puede ser otro tipo de protección que evite la entrada de humedad y suciedad, o bien con siliconas que produzcan la estanqueidad en zonas poco accesibles en donde se hayan realizado el chapado.

Un caso típico de esta técnica es la reposición de muestras extraídas de un elemento para su análisis. En este caso se restituye la sección original con chapa de igual espesor y uniones soldadas a tope con penetración, si el material viejo es soldado.

1.5.2.2) **Sustitución**

En el caso de que el elemento deteriorado lo esté en toda su extensión, o en casi toda, o cuando no haya sitio para añadir las chapas o bien existan problemas de carácter estético, la forma conveniente de reparar es sustituir el elemento por otro nuevo.

La unión con los otros elementos no dañados deberá hacerse mediante soldadura, si estos elementos viejos lo admiten, o bien con tornillos de alta resistencia

El elemento nuevo tendrá la misma sección y su resistencia será, al menos la del elemento a sustituir.

1.5.2.3) **Recubrimientos**

La renovación del recubrimiento debe entrar en los planes de conservación de la estructura, aunque puede darse el caso de pérdida del recubrimiento extraordinaria e impensable, que darán lugar a la necesidad de reparar esta falta de protección

mediante la su so dicha renovación del recubrimiento. Podrá utilizarse en caso de que no haya pérdida de sección o se cubra con chapado si la ha habido.

Lógicamente el recubrimiento a utilizar debería ser de la misma naturaleza que el deteriorado, pero el hecho de que las pinturas especialmente y el metalizado hayan experimentado un gran avance en su viabilidad técnico –económico hacen que ambas técnicas, pintado y metalizado, sean los recubrimientos de mayor utilización (N.T, 2012).

1.6) Enfoque en Sistemas de protección anticorrosiva con recubrimiento.

Un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados aplicados sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión. Es posible además aplicar medidas de protección adicionales u otras medidas. Esta definición constituye el enfoque más acabado sobre sistema de protección con recubrimientos, aunque la norma no incluye otros recubrimientos diferentes a las pinturas y no utiliza el término conservación.

En la actualidad muy pocos autores abordan el enfoque en sistema. Aspecto de interés que será desarrollado en la presente investigación.

El enfoque en sistema se basa en la solución de los diferentes problemas de diseño anticorrosivos que plantea la norma NC- ISO y que fueron vistos con anterioridad. Para ello hay que tener en cuenta que las soluciones pueden ser de dos formas, una de forma mecánica y la otra mediante la aplicación de productos anticorrosivos. (González, A., 2010).

Las soluciones de los diferentes problemas de diseño son las siguientes:

- ✓ **Accesibilidad:** Este problema se puede resolver convirtiendo el área inaccesible en otro problema de diseño anticorrosivo con mejores condiciones para la conservación como lo son las áreas cerradas y los componentes huecos. En el caso de las áreas cerradas deben estar previstos de agujeros de acceso y drenaje. En ambos casos se le aplican algún tipo de grasa anticorrosiva y se cierran de tal manera que no exista la entrada de los diferentes contaminantes.
- ✓ **Tratamiento de orificios:** Los orificios que surgen entre piezas que no se pueden

separar se le aplican grasas de conservación líquidas y posteriormente debe ser sellado con algún tipo de masilla. En el caso de poder separar las partes, se le aplica algún tipo de masilla anticorrosiva que selle todo el orificio.

- ✓ **Prevención de la corrosión galvánica:** Para prevenir este tipo de problema hay que lograr separar las partes de los materiales de diferentes potenciales mediante algunas juntas con masillas anticorrosivas que eliminen los orificios. En el caso de no poder separar las partes se deben reforzar los esquemas de pinturas sobre los diferentes materiales.
- ✓ **Entallas y Refuerzos:** Deben estar preparados de tal forma que no queden retenidos los contaminantes.
- ✓ **Manipulación, transporte y montaje:** Este problema se crea por la no aplicación de recubrimientos de pinturas adecuados en las zonas que pueden sufrir este problema, además de no tener el cuidado especial para realizar estos trabajos.
- ✓ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua:** Una de las soluciones es la de favorecer una superficie inclinada que impida la retención de los diferentes contaminantes mediante la aplicación de alguna masilla anticorrosiva. La otra solución es la de practicar algún tipo de agujero que permita el drenaje de los contaminantes que se puedan depositar y otra solución puede ser la de inclinar la superficie metálica.
- ✓ **Bordes:** Los bordes deben ser redondeados mediante la aplicación de algún método mecánico.
- ✓ **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras:** Las soldaduras deben estar lo más lisas posibles para evitar la deposición de los contaminantes y para ello se aplica algún método mecánico. Si las soldaduras no son continuas se recomienda la aplicación de alguna grasa de conservación líquida en los orificios y posteriormente se debe aplicar la soldadura continua.
- ✓ **Conexiones con pernos:** Los pernos deben ser preparados superficialmente, se le debe aplicar algún recubrimiento de pintura anticorrosiva con el esquema de pintura recomendado para la zona donde se encuentre y posteriormente se aplica

algún producto anticorrosivo que pueda eliminar los orificios que surgen entre ellos y las partes que serán unidas.

- ✓ **Áreas cerradas y componentes huecos:** Estos problemas a pesar de ser los que menos sufren la corrosión, se les debe aplicar alguna grasa anticorrosiva líquida. Para ellos hay que realizarle dos orificios tecnológicos, uno de acceso y otro de drenaje. Posteriormente se sellan.

1.6.1) Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas.

Durante la década del 90 ocurrió un cambio radical en las tecnologías de pinturas que motivó la reformulación y aparición de nuevas variantes que no agredieran al medio ambiente. La aplicación de pinturas es un método de protección muy utilizado. (Almeida, E. et al. 2006).

1.6.2) Etapas del sistema de protección anticorrosiva con pinturas.

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

- ✓ **Clasificación de ambientes.**

La determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva resulta decisivo (NC-ISO 12944-2. 2008; UNE-EN ISO 11303: 2009; González, A. et al. 2018). Debido a que determina las recomendaciones de diseño, tipos y preparación de superficies, posibles esquemas de pintura a seleccionar, tipos de ensayos a realizar en el laboratorio así como desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa determinará la durabilidad del sistema de pintura.

La estación del año en que se llevará a cabo el sistema de protección con pintura es muy importante definirlo, preferentemente verano o lluvia para lograr que las superficies queden libres de contaminantes. Ello influirá favorablemente en la durabilidad del recubrimiento.

✓ **Consideraciones de diseño.**

Desde la etapa de elaboración del proyecto, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan son importantes tenerlos en cuenta pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos.

La norma (NC-ISO 12944-3: 2007) que se toma como referencia, no propone soluciones a los diferentes problemas de diseño que relaciona, pues solo refiere aplicar una protección adicional sin especificar tipos de productos.

✓ **Tipos y preparación de superficies.**

Es necesario considerar el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el grado de la suciedad y oxidación, para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado. Además, se debe tener consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (UNE-EN ISO 8501-1: 2008; NC-ISO 12944-4: 2014).

Para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado la etapa de preparación superficial es una de las más importantes (Méndez, O. González, A. 2018), el cual obedece en un 90% de su eficiencia. Siempre que se pueda se debe utilizar el método a chorro, por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad.

Esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, lo que potencia la adherencia del recubrimiento a la base metálica. (Ochoa, et al. 2005)

Mientras mejor es la preparación de superficie, mayor será la durabilidad del sistema (Herrera, A. 2012; Méndez, O. et al. 2018) con una superficie bien preparada se logra mejor comportamiento con un recubrimiento de pintura de “baja resistencia” que con uno de “alta calidad” si se aplican a superficies mal preparadas.

En la empresa José Valdés Reyes hay que aplicar un método manual mecánico para lograr una preparación superficial del tipo St 2 ½, y posterior aplicación de un método químico como el fosfatado para lograr una preparación cercana a las exigidas en las normas internacionales, debido a que no se pueden aplicar los métodos de choreado

que son los más efectivos. (González, A. 2011)

✓ **Sistemas de pinturas protectores.**

La elección de las pinturas incluye varios aspectos, dentro de los más importantes están la durabilidad, extensión del trabajo a realizar, condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura. Habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas (González, A. et al 2015; Méndez, O. et al. 2018).

Un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas.

Imprimación: capa en contacto directo con el sustrato metálico provocando la adherencia al sustrato metálico, el control de la corrosión y la adherencia a la capa intermedia.

Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal función es aumentar el espesor total del sistema de pintura, por lo que es importante que tenga 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 además de cumplir exigencias estéticas (Rodríguez, M.T. 2004; Schmidt, D.P. et al. 2006; NC-ISO 12944-5: 2008; Méndez, O. et al. 2018)

La incompatibilidad entre las pinturas es un factor determinante en la calidad del recubrimiento (;Fragata, F. et al. 2006 ; Echeverría, C.A. 2010; Méndez, O. González, A. 2018).

La Norma (NC-ISO 12944-5:2008) 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 durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como: tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del sustrato antes de la preparación, la efectividad de la preparación de superficie, la calidad de la

aplicación y las condiciones de exposición antes y durante la aplicación. Por ello se establecen tres niveles de durabilidad:

Durabilidad Baja: Sistema sin afectación apreciable de 2 a 5 años.

Durabilidad Media: Sistema sin afectación apreciable de 5 a 15 años.

Durabilidad Alta: Sistema sin afectación apreciable por un período superior a 15 años.

En la actualidad, los sistemas que más se emplean en Cuba, sobre la base de la literatura consultada, son los de durabilidad Baja, en lo que incide la falta de cultura, experiencia y condiciones de agresividad existente. (Herrera, A. 2012)

✓ **Ensayos de comportamiento en laboratorio.**

La evaluación de la calidad de las pinturas elegidas debe ser una etapa previa a la selección del sistema de pintura y para ello es necesario analizar no sólo su aporte estético, sino también sus características técnicas y su comportamiento frente a los agentes agresivos. Todas las pinturas para ser aplicadas deben ser certificadas con anterioridad. (Fragata, F. et al. 2006),

✓ **Ejecución y supervisión de los trabajos de pintado.**

Todos los trabajos en las áreas de garantías deben de realizarse en presencia de representantes de todas las partes interesadas. Estas áreas deben estar documentadas e identificadas, deben disponer de un sistema de aseguramiento de la calidad para la ejecución de los trabajos de acuerdo con la norma (Echeverría, C.A. 2010), a no ser que se acuerde lo contrario.

.Los principales pasos para el control de la calidad son (Pierre, R. 2007):

1. Inspección y pruebas previas a la preparación de la superficie.
2. Inspección de la preparación de la superficie.
3. Inspección y aceptación de la superficie preparada.
4. Inspección y prueba, previo y durante la aplicación del primario.
5. Inspección, prueba y aceptación de la capa de primario y su curado.

6. Inspección y prueba previa durante la aplicación del acabado.
7. Inspección, prueba y aceptación de la capa de acabado y curado.
8. Aceptación final del sistema.

1.6.3) Recubrimientos Anticorrosivos.

Los recubrimientos anticorrosivos son los principales componentes de los sistemas de protección anticorrosiva empleados actualmente en el mundo, teniendo como principio esencial de acción aislar o separar al metal del medio corrosivo, según (Espada, L.R. 2005; Shixer, D.A. 2005).

Señala (Echeverría, C.A. et al. 2010), que es necesario estar familiarizado con al menos los principales tipos de recubrimientos, y a su vez entender cómo trabajan, ya sea individualmente o como parte de un sistema. Se deben conocer las características de aplicación y durabilidad (tanto negativas como positivas) para cada tipo de recubrimiento; pues solamente este conocimiento permitirá escoger el sistema correcto para determinada situación.

Refiere(Echeverría, C.A. et al. 2010) que los recubrimientos pueden ser de distinta naturaleza: orgánicos, inorgánicos, metálicos, de conversión, entre otros.

✓ Recubrimientos orgánicos.

Estos son los más variados y difundidos, se caracterizan en general por su buena resistencia ante la acción de los electrolitos salvo los agentes oxidantes y fuertes y los ácidos y álcalis muy concentrados, prácticamente todos se destruyen por la acción prolongada del calor, por lo que no se utilizan a temperaturas elevadas.

Estos recubrimientos se usan muy ampliamente debido a que muestran un excelente comportamiento en los medios donde los metales fallan con mayor frecuencia y entre los más importantes encontramos: los asfálticos y bituminosos, las grasas, los aceites y otros compuestos de conservación, los plásticos y resinas, las gomas y elastómeros y las pinturas.

✓ Recubrimientos inorgánicos.

Estos se caracterizan por su elevada resistencia a la acción de los agentes químicos y

por una extraordinaria resistencia al calor. Sus componentes principales son los óxidos metálicos pero especialmente la sílice; por esta razón son utilizados cuando se requiere operar con reactivos altamente corrosivos.

Como ejemplo de ellos se pueden citar los esmaltes vítreos, porcelanas y otras cerámicas como lozas antiácido, cementos comunes y especiales, masillas inorgánicas, ladrillos refractarios y de grafito.

✓ Recubrimientos metálicos.

Estos recubrimientos pueden dividirse en activos y nobles. Los primeros son aquellos que poseen un potencial estacionario más negativo que el del metal base a proteger en el medio corrosivo, mientras que los nobles son los que presentan una condición contraria.

Es válido destacar que a pesar de existir una amplia diversidad de recubrimientos anticorrosivos; para el caso específico de instalaciones sometidas a un ambiente marino, con presencia del aerosol marino, cambios de temperaturas, alta humedad relativa, influencia de vientos, entre otros factores; el método más utilizado para la protección contra la corrosión es la aplicación de las pinturas, debido a que las dimensiones y sus diseños limitan la aplicación de otros métodos, según (Shixer, D.A. 2005, Echeverría, C.A. et al. 2010), el mismo protege con mayor efectividad de los cambios ambientales a más superficies y sustratos que cualquier otro sistema de prevención contra la corrosión.

Este sistema, para mitigar la corrosión, está basado en la aplicación de los recubrimientos orgánicos, específicamente las pinturas, las grasas de conservación y los mástiques asfálticos y los recubrimientos inorgánicos de protección temporal como la disolución de fosfatado. Con excepción de las pinturas todos los productos son de producción nacional y están amparados bajo la marca DISTIN.

1.6.4) Protección anticorrosiva y conservación adicional.

Los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios agresivos y la presencia de problemas de diseño anticorrosivo obliga a emplear en los sistemas protectores una protección adicional. (Aballe, Y. 2016).

1.6.4.1) Materiales compuestos de matriz asfáltica.

Los materiales compuestos están constituidos básicamente por matrices y rellenos. La matriz es, en esencia, el elemento aglomerante y sus propiedades determinan la resistencia a la fatiga, a los efectos del medio, a la temperatura de trabajo, adherencia (Echeverría, M. et al. 2009).

Los rellenos poseen altos valores de dureza, resistencia y módulo de elasticidad. La combinación adecuada de la matriz y el relleno origina unos materiales con mejores propiedades que las partes que los componen por separado. Algunos rellenos presentan un excelente comportamiento ante la corrosión y ataque de agentes ambientales, por otra parte, presentan buenas propiedades mecánicas frente a la tracción, como a compresión, flexión, cortadura y resistencia al impacto, lo cual justifica su utilización en estructuras (Echeverría, M. et al. 2009).

El DISTIN 404 L ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc. la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigraffiti para la protección inferior y exterior de los automóviles, contenedores y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana. El Mástique asfáltico DISTIN 404 está especialmente preparado para usarlo en 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.

1.6.4.2) Grasas de conservación.

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes

resultados. . Estos resultados no se han reportado por otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo (Echeverría, C.A. et al. 2008).

Estas grasas presentan alta resistencia al agua, medios salinos, la no afectación a los recubrimientos de pintura y la formación de una capa protectora que se endurece con el tiempo por curado y no se cuarteo ni chorroa, resistiendo temperaturas superiores a 80° C sobre la superficie metálica (Echeverría, C.A. et al. 2010).

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos en general, proporcionando una barrera al agua y otros agentes. La capa que se forma por evaporación del solvente, no se emulsiona, ni chorroa a temperatura ambiente.

1.6.4.3) Cera abrillantadora e impermeabilizante.

La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L proporciona a los recubrimientos de pintura una mayor resistencia a la radiación ultravioleta. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas. 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.

1.6.4.4) Disolución de Fosfatado.

La disolución de fosfatado decapante DISTIN 504 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. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas, 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. Se recomienda aplicar recubrimiento después de las 72 horas.

La disolución de fosfatado no decapante DISTIN 505 para la preparación rápida de superficies metálicas no oxidadas, logrando los mismos efectos que la anterior.

Ambos productos garantizan la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

Conclusiones Parciales del Capítulo.

1. Se puede apreciar la influencia que tienen los problemas de diseño anticorrosivos sobre los problemas de corrosión. El conocimiento de estos parámetros son aspectos de gran importancia para poder contrarrestar este fenómeno.
2. Los efectos de los factores atmosféricos y la caracterización de la agresividad corrosiva de la atmosfera en la zona de las instalaciones y a la que va a estar expuesta estos equipos, son vitales para proyecta medidas que den soluciones a los problemas
3. Las pinturas constituyen un componente fundamental en los sistemas de protección con recubrimientos debido a su amplio campo de aplicación. Siendo su efectividad determinada por la correcta preparación de la superficie y por el adecuado control de los diferentes pasos a la hora de ser aplicadas, así como de su correcta selección.
4. Por las ventajas que ofrece y su fácil aplicación, las disoluciones de fosfatado son un buen complemento para la preparación superficial.
5. Los productos DISTIN como las grasas de conservación temporal, los materiales compuestos de matriz asfáltica y las ceras impermeabilizantes encuentran utilización en la aplicación de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación para complementar la protección que ofrecen los esquemas de pinturas sobre los sustratos metálicos.

Capítulo II: Diagnóstico del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación.

2.1) Materiales y métodos.

En este capítulo se hace una descripción detallada de los materiales y la metodología empleada para el análisis y solución del problema de corrosión que se nos presenta en las Tolvas y Góndolas equipos a los cuales la Empresa José Valdés Reyes, le brinda sus servicios. El material que principalmente se emplea en la construcción de estos equipos es el acero estructural de bajo contenido de carbono (AISI 1020),

Los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan estos equipos hay que dominarlos para poder proceder al trabajo de mesa, por lo que hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas (NC-ISO 12944 de la 1 - 8: 2007). Estas normas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión. Es válido señalar que Cuba suscribe y aplica las Normas ISO.>

Como método para la realización del diagnóstico tuvimos en cuenta los siguientes pasos

✓ Análisis visual.

Para efectuar un adecuado análisis de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, lo primero que hay que realizar es un correcto diagnóstico de las instalaciones y equipos. Para ello se desarrolla un análisis visual detallado para poder observar todos los problemas que existen. La observación se realiza de derecha a izquierda, de adelante hacia de detrás y de abajo hacia arriba.

✓ Fotografía digital.

Seguido de la observación realizada con el procedimiento anteriormente descrito, se continua con la toma de las muestras fotográficas de todos los problemas existentes en los equipos e instalaciones que posteriormente serán analizadas en trabajo de mesa mediante el uso de las Normas(NC-ISO 12944 de la 1 - 8: (2007-2014) y UNE-EN ISO 11303: 2009).

2.2) Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión.

El primer paso en el tratamiento anticorrosivo y conservación es la identificación de los problemas de diseño anticorrosivo. Su eliminación atenúa en gran medida los efectos de la corrosión y evita que aparezcan algunos tipos específicos, lo que debe prolongar la vida útil de las instalaciones y equipos.

Además, es de gran importancia para el diagnóstico de los problemas de corrosión y en la búsqueda de la solución adecuada, así como la identificación de los tipos de corrosión, sus causas, mecanismos y factores que influyen.

Un factor ignorado frecuentemente es el cumplimiento de las normas internacionales de diseño anticorrosivo desde la etapa inicial del diseño de las construcciones metálicas. Esto decididamente favorece y acelera el proceso de la corrosión, lo que conlleva sin dudas a considerables pérdidas económicas.

Seguidamente se analizarán las Tolvas y las Góndolas equipos tratados en la empresa José Valdés Reyes de Cárdenas, mencionando los diferentes problemas de diseño anticorrosivo identificados como resultado del diagnóstico realizado, así como los tipos de corrosión que se originan.

2.2.1) Tolvas

Las Tolvas graneleras se utilizan para el transporte de productos agroindustriales que requieren protección contra el medio ambiente, como café, o maíz o trigo. Poseen compuertas en la parte superior e inferior que facilitan la carga y descarga de productos a granel. Con una longitud de 62' 0", longitud con coples 64'7 7 1/2", una altura de 15' 6", capacidad cubica 5,800 ft³ y un peso neto 63,300lb/lvas.




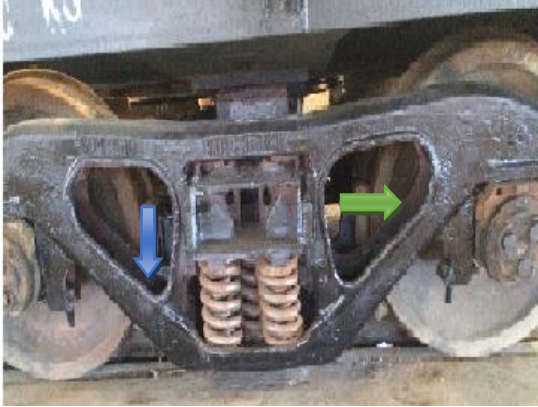
Figura 2.1 Vista general de las Tolvas

Entre los problemas de diseño anticorrosivo existentes en el área podemos identificar en la figura 2.2 y 2.3 el de Accesibilidad señalado con la flecha verde vinculado al acceso para las labores de aplicación del recubrimiento y los trabajos de mantenimiento de los operarios. En este caso la separación entre partes o estructuras, no puede ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad (Norma NC-ISO 12944: 3:2007). Los componentes que pueden sufrir corrosión y deban presentar inaccesibilidad después del montaje, deben fabricarse con materiales resistentes a la corrosión o tener un sistema de pintura protector que sea efectivo durante el tiempo de servicio de la estructura, evitando que tengan lugar:

La corrosión atmosférica húmeda que se clasifica del tipo de corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme. La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos provenientes del aerosol marino, son factores que influyen en la aceleración de la corrosión cuando existe humedad.

La corrosión por celdas de aireación diferencial provocada por la diferencia de concentración de oxígeno entre la superficie donde se encuentra el contaminante y el resto. Esta es también corrosión del tipo electroquímica, atmosférica, pero no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial. Esta diferencia de

concentración, origina una diferencia de potencial, donde el ánodo es la zona donde aparece la acumulación o depósito y el cátodo sus alrededores. También podemos ver problemas de imperfección en las soldaduras con flecha de color naranja, bordes flechas de color blanco , retención de humedad depósitos y agua con flecha de color azul los cuales se verán posteriormente y se mantendrá el mismo color de flecha para cada problema para que nos permita un mejor trabajo a la hora de identificarlos.

	
<p>Figura 2.2 separación intermedia</p>	<p>Figura 2.3 Vista del Truck</p>

En las siguientes figuras 2.4 y 2.5 representadas por flecha amarillas se puede observar el problema de tratamiento de orificios y resquicios. Estos facilitan la corrosión en resquicios, que es corrosión de tipo electroquímica, no uniforme. Esta favorece la acumulación de depósitos como los provenientes del aerosol marino y la humedad. En los resquicios tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y favorece la acumulación y depósitos de contaminantes así como de la corrosión. También están presente las imperfecciones en las soldaduras, bordes, retención de humedad depósitos y agua los cuales veremos posteriormente



Figura 2.4 bisagra del techo



Figura 2.5 borde superior del techo

En las siguientes figuras 2. 6 y 2.7 existen problemas de precauciones para prevenir la retención de humedad depósitos y agua Las piezas deben ser diseñadas de tal forma que no existan estas zonas ya que traen consigo serios problemas de corrosión representados por flechas azules.

Los tipos de corrosión que pueden generar este problema es la corrosión atmosférica húmeda y/o mojada, además de las celdas de aireación diferencial en estas figuras se pueden observar también problemas de refuerzos flecha de color gris y bordes, imperfección en las soldaduras los cuales veremos a continuación.

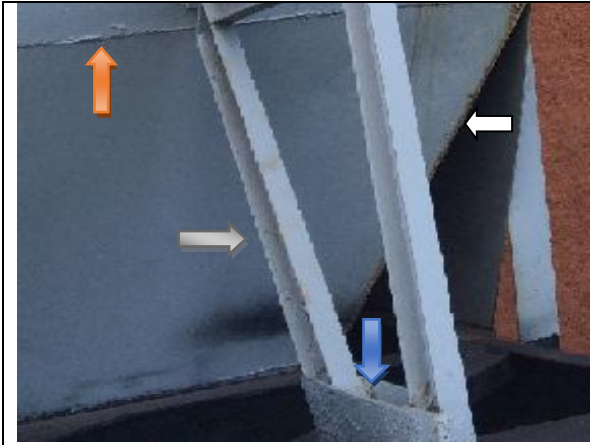


Figura 2.6 refuerzos

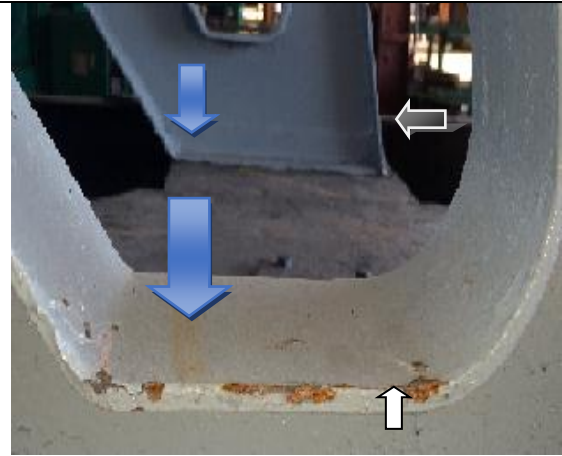
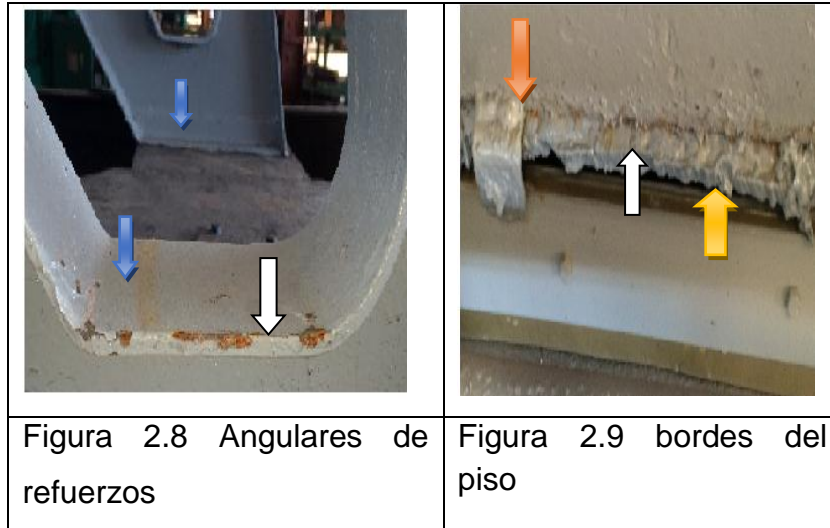


Figura 2.7 refuerzos

En la figura 2.8 y 2.9 se observan problemas con los bordes ya que estos deben ser redondeados o biselados desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y deberían eliminarse a todo lo largo de los bordes agudos, los cuales permiten la buena adherencia y espesor adecuado de los recubrimientos de pintura. Estas zonas también existen retención de humedad, depósitos y agua, el tratamiento de orificios o resquicios, vistos anteriormente; las soldaduras y los refuerzos los explicaremos posteriormente.



La figura 2.10 y 2.11 se observan problemas de imperfecciones en la superficie de la soldadura representado con flecha naranjas. En estas zonas es donde primero fallan los recubrimientos de pintura producto de una mala preparación superficial. Estas deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector. Trae consigo la corrosión en resquicios de tipo electroquímica, no uniforme y la corrosión por celdas de aireación diferencial. Se puede apreciar en la figura problemas de orificios o resquicios, bordes, retención de humedad, depósitos y agua explicados anteriormente y los refuerzos se verán posteriormente.

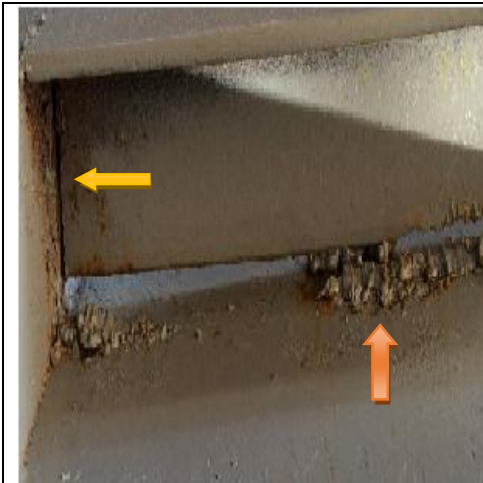


Figura 2.10 Angular

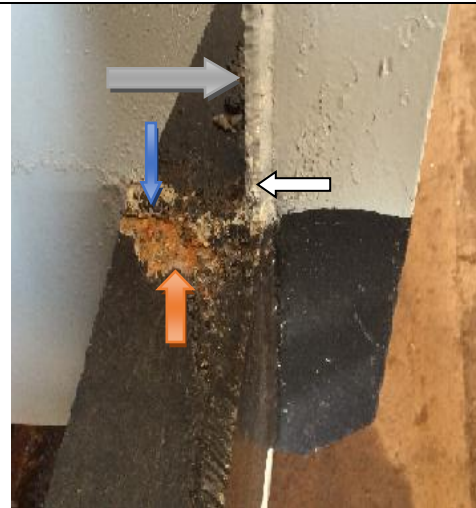


Figura 2.11 Angular

En la propia figura 2.12 y 2.13 identificada por la flecha negra se puede observar problemas con los pernos. Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados. Los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura. Estos elementos están sujetos a la corrosión en resquicios por tener muchas zonas de unión. En estas figuras también están presente los problemas con las soldaduras, orificios o resquicios, retención de humedad, los problemas de bordes ya vistos con anterioridad.

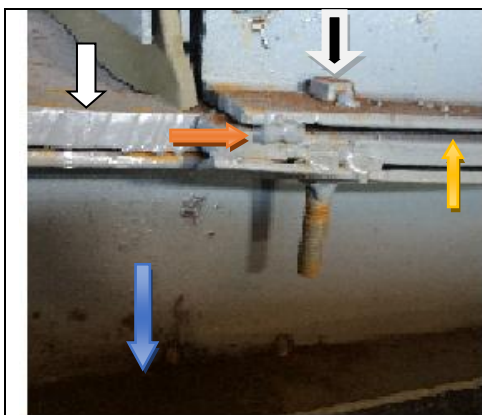
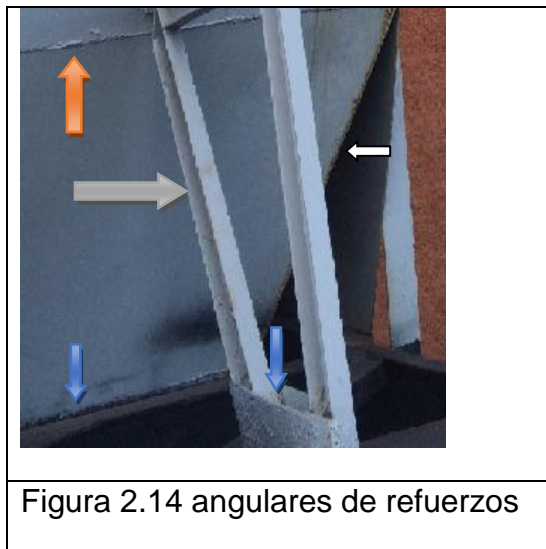


Figura 2.12 unión de la base con un angular



Figura 2.13

En la figura 2.14 se muestran los refuerzos con flecha de color gris. 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 resquicios. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector. Al mismo tiempo se puede apreciar problemas ya analizados anteriormente, como son los bordes, así como depósitos de retención de agua, humedad y los problemas de soldadura los cuales se observaron anteriormente.



Diagnóstico de la preparación de superficies.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos y para ello hay que tener en cuenta una serie de pasos que se deben cumplir de forma obligatoria. En las superficies de acero la pintura se debe mantener prácticamente intacta, los puntos de corrosión no deben sobrepasar un décimo de un por ciento de la superficie. Esto implica un daño no superior al 0,1%.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos y para ello hay que tener en cuenta una serie de pasos que se deben cumplir de forma obligatoria.

En la Empresa Industrial José Valdés Reyes se pueden observar serios problemas de preparación superficial de las Tolvas antes de aplicar los sistemas de pinturas, como muestran las figuras 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12.



2.2.2) Góndolas

Las góndolas son carros descubiertos que transportan todo tipo de material que no necesita protección contra el medio ambiente. Estos carros están diseñados para facilitar la carga y descarga por medio de grúas de volteo de carros o magneto. Con una longitud de 64' 4", longitud con coples 8' 11 1/2", altura 9' 0", capacidad cubica 3,242 ft³ y un Peso neto sin carga: 72,000lb. (Anexo3)



Figura 2.15 Vista de la Góndola

En la figura 2.16 podemos ver el problema de Accesibilidad señalados con la flecha verde vinculado al acceso para las labores de aplicación del recubrimiento y los trabajos de mantenimiento de los operarios. En este caso la separación entre partes o estructuras, no puede ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad (Norma NC- ISO 12944: 3:2007). Los componentes que pueden sufrir corrosión y deban presentar inaccesibilidad después del montaje, deben fabricarse con materiales resistentes a la corrosión o tener un sistema de pintura protector que sea efectivo durante el tiempo de servicio de la estructura, evitando que tengan lugar:

La corrosión atmosférica húmeda que se clasifica del tipo de corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme. La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos provenientes del aerosol marino, son factores que influyen en la aceleración de la corrosión cuando existe humedad.

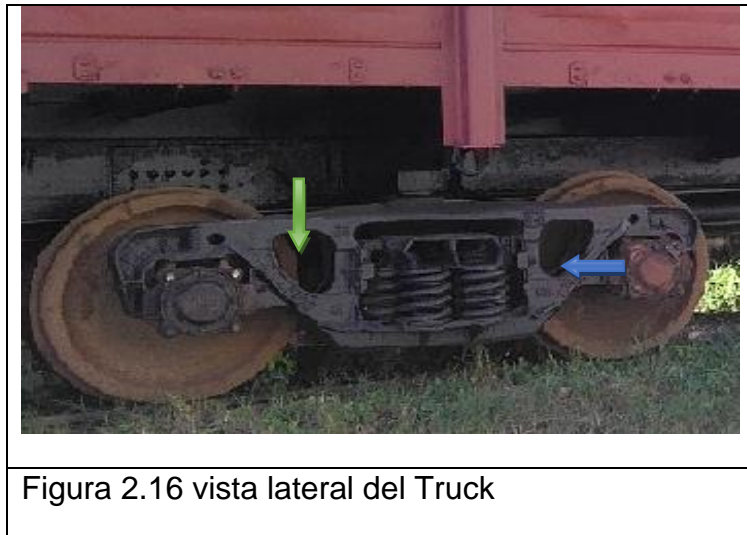
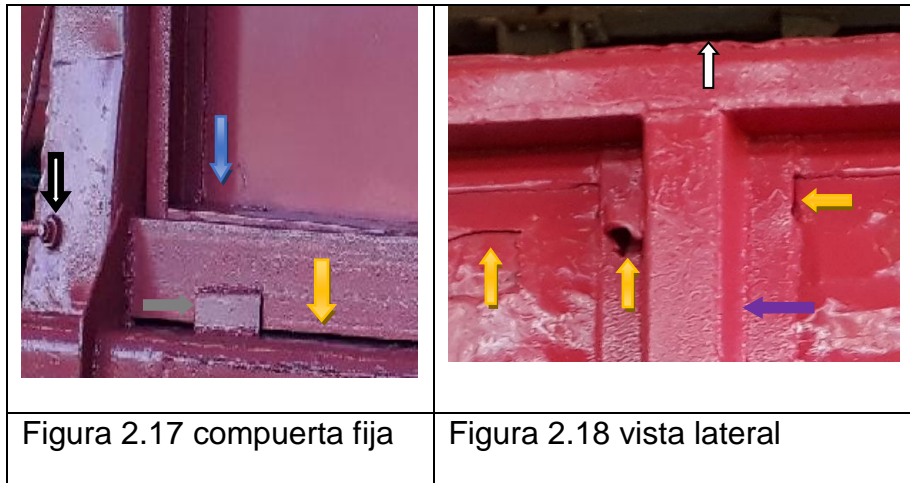


Figura 2.16 vista lateral del Truck

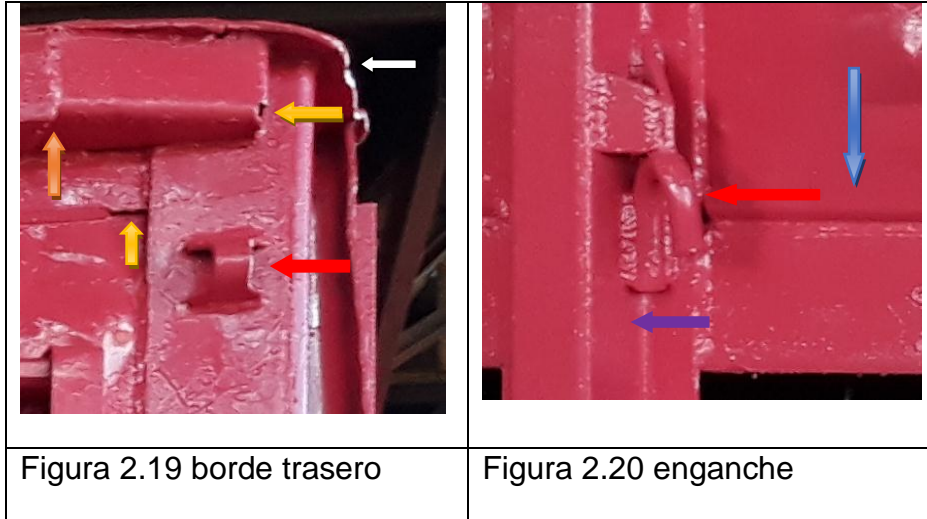
La corrosión por celdas de aireación diferencial provocada por la diferencia de concentración de oxígeno entre la superficie donde se encuentra el contaminante y el resto. Esta es también corrosión del tipo electroquímica, atmosférica, pero no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial. Esta diferencia de concentración, origina una diferencia de potencial, donde el ánodo es la zona donde aparece la acumulación o depósito y el cátodo sus alrededores. También, retención de humedad depósitos y agua con flecha de color azul, componentes huecos con las flecha de color morado los cuales se verán posteriormente y se mantendrá el mismo color de flechas utilizados para identificar los problemas de diseños señalados en las Tolvas e incrementando problemas nuevos si presentes en las Góndolas para que nos permita un mejor trabajo.

Otro problema de diseño anticorrosivo que afecta, es el de tratamiento de orificios y resquicios, que se puede observar en las siguientes figuras 2.17 ,2.18; trae consigo la corrosión en resquicios, que es corrosión de tipo electroquímica, no uniforme. Esta favorece la acumulación de depósitos como los provenientes del aerosol marino y la humedad. En los resquicios tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y favorece la acumulación y

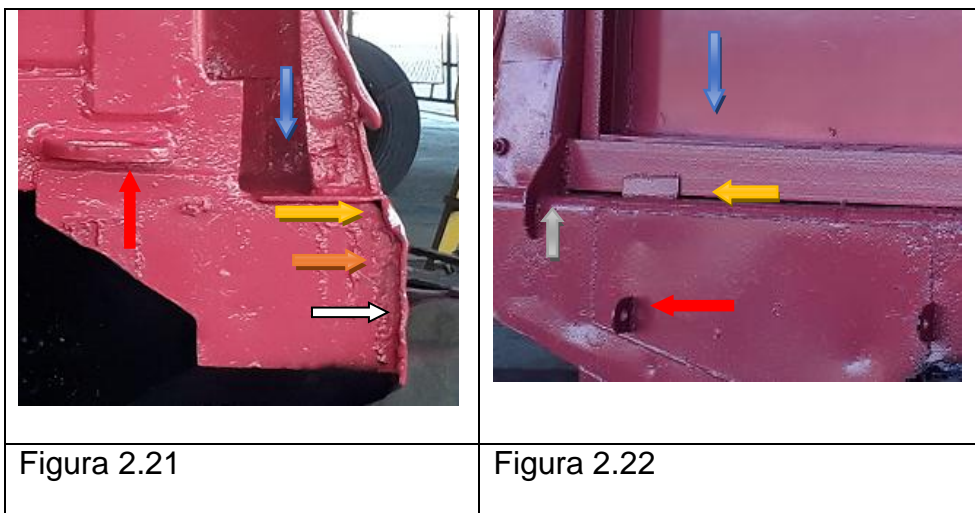
depósitos de contaminantes así como la corrosión. También en estas figuras se pueden observar problemas de diseño como retención de humedad, componentes cerrados o huecos, pernos y arandelas, refuerzos, bordes, cada uno señalado con su flecha correspondiente y los cuales veremos posteriormente.



En la figura 2.19 y 2.20 hay presente problemas de Manipulación transporte y montaje. Por lo general este problema trae consigo el deterioro de los sistemas protectores de pinturas y por consiguiente los efectos de la corrosión atmosférica representado con flecha de color rojo se observan los problemas que se pueden presentar cuando no se tiene cuidado en los momentos de manipular, transportar y montar las instalaciones y equipo también se pueden observar problemas de orificios y resquicios vistos anteriormente, problemas de soldadura ,bordes, retención de humedad depósitos y agua áreas cerrada o componente huecos los cuales veremos posteriormente .

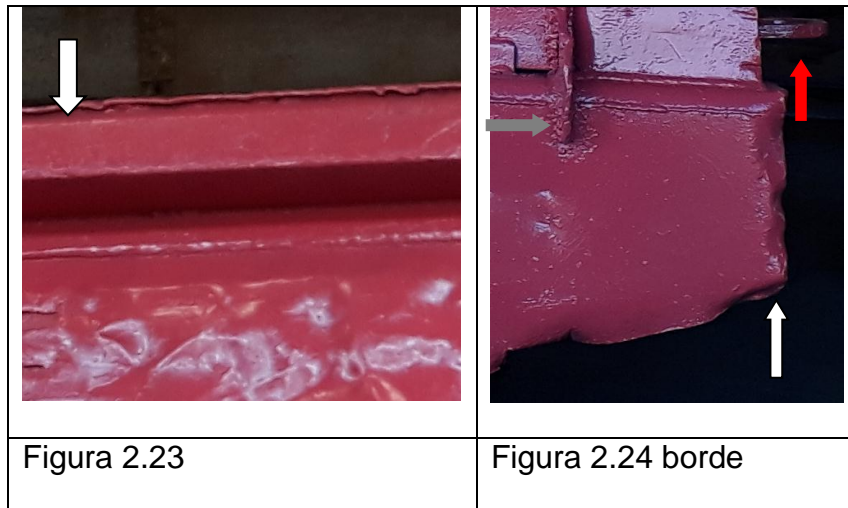


En la figura 2.21 y 2.22 presentan problemas de Precauciones para prevenir la retención de humedad depósitos y agua. Las piezas deben ser diseñadas de tal forma que no existan zonas de acumulación y depósitos que traen consigo serios problemas de corrosión tal y como se muestran en las siguientes figuras representado por flechas de color azul. Los tipos de corrosión que pueden generar este problema es la corrosión atmosférica húmeda y/o mojada, además de las celdas de aireación diferencial. Estas figuras presentan manipulación y montaje, orificios y resquicios, ya vistos anteriormente, refuerzos, soldaduras, bordes los cuales veremos posteriormente.

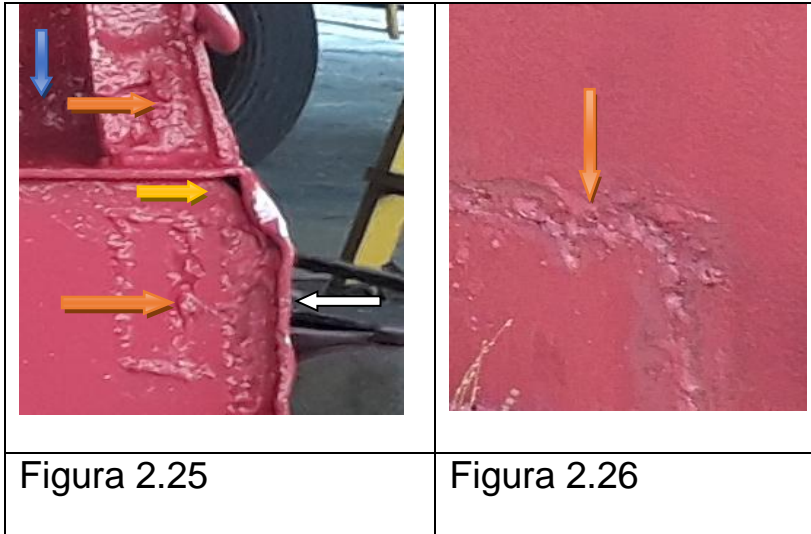


Los bordes deben ser redondeados o biselados desde el proceso de fabricación, las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes que deberían eliminarse para que favorezca el anclaje de los recubrimientos por pinturas.

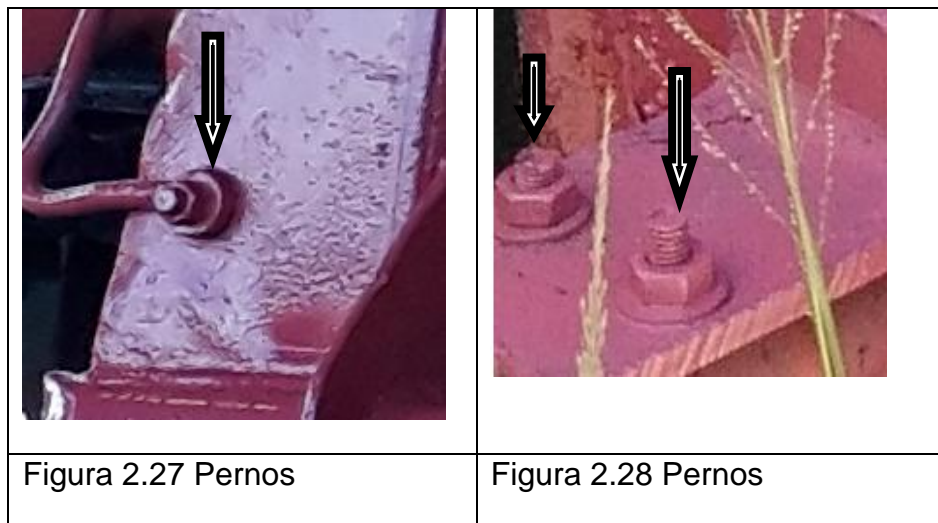
Varias partes de esta área presentan problemas en los bordes, que por lo general, no se les presta la atención que requieren y por consiguiente traen grandes afectaciones a los sistemas de pinturas. Este problema se observa en las siguientes figuras 2.23 y 2.24 que están representados con flecha blanca también existen problemas como lo son los refuerzos manipulación y montaje mencionados anteriormente.



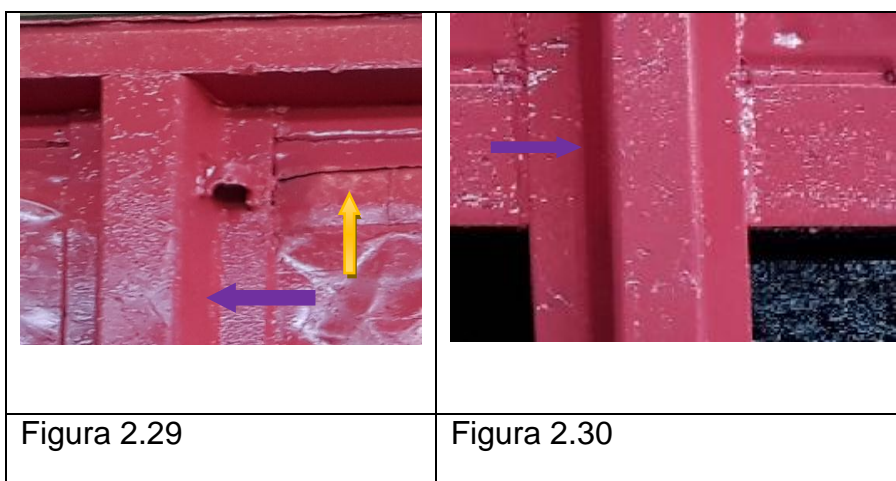
El problema de las soldaduras se puede manifestar de dos formas, una continua e irregular y la otra es por puntos. Este se puede observar en la siguiente figura 2.25 y 2.26 representada con flecha naranja. En este caso se observa problemas de imperfección en la superficie continua que provocan que se depositen los contaminantes como son los cloruros, sulfatos provenientes del aerosol marino principalmente. Trae consigo la corrosión en resquicios de tipo electroquímica, no uniforme y la corrosión por celdas de aireación diferencial. También podemos ver en esta figura problemas como los de retención de humedad depósitos y agua orificios y resquicios bordes ya vistos anteriormente.



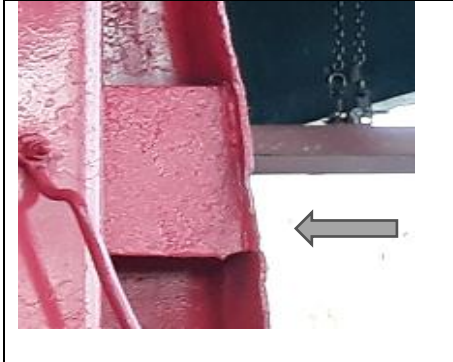
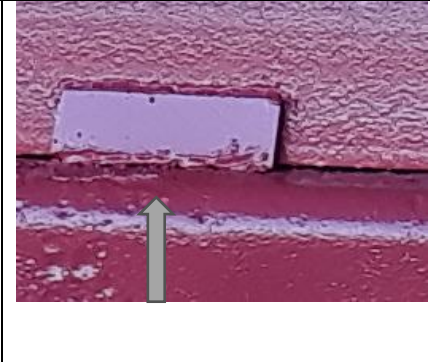
Las superficies de fricción en conexiones antideslizantes deben prepararse, previo al montaje. Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas, los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura. Estos elementos están sujetos a la corrosión en resquicios por tener muchas zonas de unión. Este problema está representado en las siguientes figuras 2.27, 2.28 con su color de flechas correspondientes.



En las figuras 2.29 ,2.30 presenta componentes huecos (interior inaccesible), constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión ya que reducen la superficie expuesta, siempre que estén provistos de aberturas de drenaje y estén protegidos de un modo efectivo contra la corrosión. En estos casos no se observa la corrosión que viene de adentro hacia fuera. Este problema está representado con flechas moradas.



En la figura 2.31y 2.32 se muestran los refuerzos con flecha de color gris. 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 resquicios. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector. Al mismo tiempo se puede apreciar problemas ya analizados anteriormente, como son los bordes, así como depósitos de retención de agua, humedad, y los de soldadura, los pernos, orificios y resquicios cuales se observaron anteriormente.

	
<p>2.31 refuerzos en el angular</p>	<p>2.32 refuerzo entre la compuerta y el piso</p>

Diagnóstico de la preparación de superficies.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos y para ello hay que tener en cuenta una serie de pasos que se deben cumplir de forma obligatoria. En las superficies de acero la pintura se debe mantener prácticamente intacta, los puntos de corrosión no deben sobrepasar un décimo de un por ciento de la superficie. Esto implica un daño no superior al 0,1%. Esto se puede observar las siguientes figuras 2.16, 2.17, 2.19 ,2.21, 2.27, 2.29.





Conclusiones Parciales del Capítulo.

- 1) La causa principal de los problemas de corrosión que se presentan en la Empresa industrial ferroviaria José Valdés Reyes son los problemas de diseños anticorrosivos y la mala preparación de la superficie tanto en las Tolvas Como en las Góndolas.
- 2) Se requiere de conocimientos sobre cómo eliminar los problemas de diseños anticorrosivos, preparación superficial y de los métodos de protección que deben ser aplicados para encontrarle solución a los diferentes problemas de corrosión que se presentan.
- 3) Todos los tipos de corrosión y problemas de diseños anticorrosivos que se presentan, provocan afectaciones tanto a la pintura como a la estructura de estos equipos garantizando que la calidad terminación de estos no sea la más adecuada.

Capítulo III: Propuesta de tecnologías de protección anticorrosiva y conservación. Manual de mantenimiento anticorrosivo.

En este capítulo se aborda lo referente a las soluciones de los problemas de diseño anticorrosivos presentes en la empresa industrial ferroviaria José Valdés Reyes, así como los materiales y métodos, que son empleados en la propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).

La protección anticorrosiva y la conservación enfocada a un sistema no es solo proteger con novedosos esquemas de pintura, sino la combinación de estos con un grupo de productos, que permitan disminuir los efectos de los problemas de diseño anticorrosivo. Dentro de los productos podemos encontrar las grasas de conservación, los mástiques asfálticos, las ceras protectoras y las disoluciones de fosfatado; estableciendo un sistema de supervisión y control de la calidad de los trabajos antes, durante y después de su ejecución por lo que es nuestro objetivo establecer las normativas para la protección anticorrosiva y conservación de los equipos y la infraestructura de las instalaciones preservando siempre el medio ambiente.

3.1) Materiales y Métodos.

Los materiales que se analizaron fueron productos de fabricación nacional, que se utilizaran para conformar la tecnología del SIPAYC. Ellos son:

- ✓ Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504.
- ✓ Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L.
- ✓ Grasa Semisólida DISTIN 314.
- ✓ Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404.
- ✓ Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L

3.2) Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación.

El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Facultad de Ciencias Técnicas 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, C.A. et al. 2010).

Igualmente existe la Norma (UNE-EN ISO 11303: 2009), que 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 atmosféricas y las Normas (NC-ISO 12944:1-8, (2007-2014), que 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, todo ello tratado en el análisis bibliográfico.

3.2.1) Agresividad corrosiva de la atmosfera.

La agresividad corrosiva determina las medidas a tomar para darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo, así como la preparación superficial que se tiene que lograr, los espesores de la pintura que se debe aplicar y los productos para la protección anticorrosiva y conservación adicional que se apliquen y el tiempo en que resultan efectivos los mismos.

La agresividad corrosiva de la atmosfera se debe considerar en todo momento, pero hay fechas del año en que son más significativas. Al respecto en Cuba, existen dos períodos del año, uno de octubre a marzo que coincide con el período de los frentes fríos y de seca, donde penetra con mayor cantidad y frecuencia el aerosol marino, siendo este período no recomendable para las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación.

El otro de abril a septiembre, que coincide con el período de lluvia, donde hay menos influencia del aerosol marino y las superficies metálicas son frecuentemente lavadas y descontaminadas por la lluvia. Este período es el más recomendado para estas labores.

El primer paso para la aplicación del SIPAYC es la determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada, la Empresa Industrial José Valdés Reyes se encuentra en una atmosfera con gran influencia del aerosol marino cargado de iones cloruros y sulfatos, debido a la cercanía del mar. Las direcciones del

viento predominante son de norte al sur, es decir, del mar a la tierra, acelerando de este modo el proceso del depósito de agentes contaminantes en los equipos y los cuales una vez reparados permanecen en la intemperie brindando su servicio por todo el País expuesto a las lluvias, niebla, y a todo contaminante que pueda existir en la atmosfera ya que estos nunca se encuentran en lugar que los proteja de estas acciones atmosféricas. Según la Norma Cubana(NC- ISO 12944-2,2008) Clasificación de Ambientes de Corrosividad, le corresponda la categoría máxima, donde manifiestan condiciones combinadas de C5-I por las condiciones a las que se van a someter estos equipos al estar siempre en la intemperie expuestos a los contaminantes atmosféricos provocados por la presencia de las diferentes industrias, los gases de combustión generados por los automóviles y con C5-M por estar en una zona marina (máxima en ambiente marino) ya que estos se van a estar moviendo por diferentes zonas del país constantemente. Además nos podemos guiar por el Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (Anexo 4).

3.2.2) Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación.

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos.

Con el objetivo de determinar el volumen y alcance es necesario:

- ✓ Remover todos los contaminantes visibles como: cascarilla de laminación, óxido, grasa, lubricante y otros no visibles como: sales solubles, cloruros, sulfatos, carbonatos y silicatos.
- ✓ Eliminar las imperfecciones que producen aristas y vértices agudos como: gotas de soldadura, bordes de maquinado, esquinas geométricas, filos, cantos, picos y rebabas en general, pues el recubrimiento adopta bajos espesores y se pierde la continuidad de la película e inicia la corrosión.

Los diferentes métodos que existen para una preparación superficial son:

- ✓ Método mecánico (manual y/o mecanizado): Se utilizan instrumentos (cepillo de alambre, espátula, lija en el primero y pulidoras, cepillos, esmeriles u herramienta neumática, eléctrica, mecánica en el segundo), para limpiar las

áreas y eliminar el óxido, las escamas, los restos de soldadura y la pintura en mal estado, para lograr el grado de limpieza de Sa 2 ½ donde la abrasión elimina el óxido y partículas extrañas y la superficie tiene ligero brillo metálico, donde la superficie llega a un pronunciado brillo metálico.

- ✓ Método Químico: Baños con soluciones alcalinas (sosa cáustica, silicatos y carbonatos), solventes orgánicos donde se emplean hidrocarburos (gasolina, benceno) y clorados como el tetra cloruro de carbono, etc.
- ✓ Fosfatación: Aplicación de disoluciones de fosfatado para convertir el óxido del metal en capa protectora.
- ✓ Método por chorro abrasivo seco y húmedo: Es el chorreado de partículas a presión como arena, granallas, sales, así como agua alcanzando grados Sa 2 ½ , para usar preferentemente en mantenimientos capitales.

En correspondencia a las regulaciones ambientales no es posible usar métodos a chorro que es el establecido para estos casos por la norma objeto de estudio.

Los factores que son indispensables a tener en cuenta para una correcta preparación previa son el tipo de metal y estado superficial, la forma y tamaño de la pieza o instalación, el tipo de recubrimiento a aplicar, los medios técnicos disponibles y el tiempo de duración deseado.

Algunos pasos fundamentales para la preparación previa son:

- ✓ El desengrasado.
- ✓ El decapado.
- ✓ Los enjuagues intermedios y finales.
- ✓ El pasivado en dependencia de la situación.

Debido al hecho de que las Tolvas y las Góndolas se encuentran expuesta a un ambiente agresivo constantemente, la preparación superficial es fundamental, debido a que la durabilidad de los recubrimientos está dada por su calidad previa. Para lograr una preparación superficial similar a la de la norma es necesario combinar el método manual mecanizado con métodos químicos.

En el método manual mecanizado se utilizaran cepillos de alambre con taladros, pulidora, lijas y discos abrasivos, luego se limpiarán las superficies con un aspirador

de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio, para adquirir un suave brillo metálico. Estos métodos tienen un mayor rendimiento que los manuales pero aun no logran una superficie bien preparada para la aplicación del recubrimiento. Por lo que después es necesario aplicar un método químico como la Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504 con lo cual se logra un acabado similar al Sa 2^{1/2} que es el requerido por las normas, además de poseer una superficie con una protección.

Las superficies tratadas con disolución de fosfatado no requieren de ser enjuagadas pero en todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia.

El objetivo del método propuesto es la de obtener un perfil de anclaje que asegure la buena adherencia mecánica del recubrimiento.



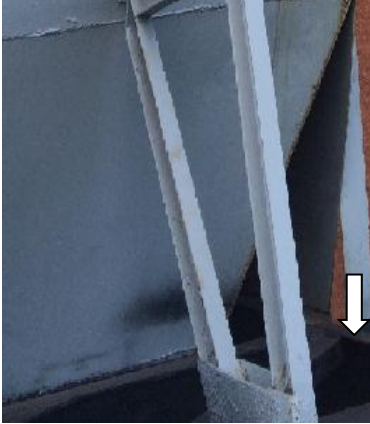
3.2.3) Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.



A continuación se muestra un manual en forma de tabla con las herramientas y productos anticorrosivos a utilizar para los diferentes problemas de diseño que presentan los equipos tratados por la Empresa Industrial José Valdés Reyes.


En la primera etapa se le dan tratamiento a los problemas de diseño de forma manual o manual mecánica, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como las pulidoras. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar.

Mientras que en la segunda se le dan soluciones a los problemas de diseño que necesitan de productos anticorrosivos diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada instalación objeto de estudio. (González, A. 2011).


3.2.3.1) Tolvas.


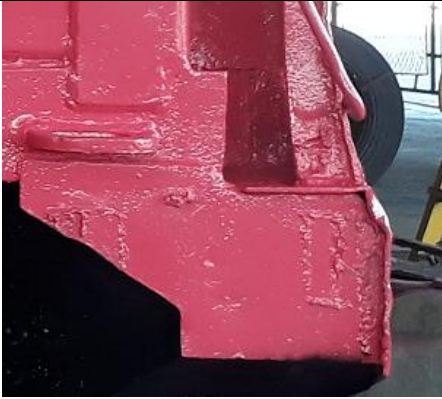

Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa.		
<p>Imperfecciones en la superficie de las soldaduras. (Irregular)</p>	<p>Para solucionar este problema de las soldaduras irregulares se propone desengrasar y enjuagar, después emparejarla con una pulidora para eliminar los pegotes de soldadura, preparar la superficie y posteriormente pintar.</p>	
<p>Bordes.</p>	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una pulidora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y lograr el espesor de la película adecuada.</p> <p>En caso de perfiles delgados, no es práctico el biselado, reforzar con pintura los bordes, previo tratamiento de la superficie y buen pintado.</p>	
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>Para solucionar este problema se propone realizar un pequeño orificio de drenaje y luego la preparación superficial para esta área.</p>	



Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
2da Etapa.		
Tratamiento de orificio.	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, es decir, una de las soluciones es cuando se pueden separar las partes donde se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 y una vez montada, se corta el sobrante. Cuando no se pueden separar se atomiza Grasas Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L y posteriormente se aplica mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 para sellar los orificios.</p>	
Conexiones con perno.	<p>Para solucionar este problema se tienen que preparar las superficies de los pernos, tuercas y arandelas con cepillo, luego se les aplica Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504, posteriormente se pintan y se le añade Mástique Asfáltico Líquido tipo Solvente con Goma DISTIN 404 para rellenar las posibles hendiduras u orificios antes de unirse si a estos no se le dan mantenimiento con frecuencia. Si el mantenimiento se realiza con frecuencia se aplicaría Grasa de conservación semisólida DISTIN 314. Finalmente después que se acoplen los pernos y las tuercas. Las zonas dañadas se retocan nuevamente con pintura y DISTIN 314 o DISTIN 404 según corresponda.</p>	



Accesibilidad	Se atomiza grasa de conservación líquida tipo solvente DISTIN 314 L para proteger de la humedad y sellar, evitando impacto y penetración de partículas	
---------------	--	---

3.2.3.2) Góndolas

Problema de diseño	Soluciones a utilizar.	Muestra fotográfica
1ra Etapa		
Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.	En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con un electro-esmerilador y posteriormente preparar la superficie y pintar.	

<p>Bordes</p>	<p>La solución en estos casos es redondear los bordes usando una electro-esmeriladora, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr el espesor de la película adecuada</p>	
<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>La forma de atenuar su efecto en este caso mediante la práctica de un orificio para que drene el agua que puede quedar retenida cuando llueva o se derrame algún contaminante en estas zonas.</p>	
<p>2da Etapa</p>		
<p>Tratamiento de orificios. (resquicios)</p>	<p>En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, es decir la solución sería aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404 de tal forma que funcione como una junta entre las partes de los equipos.</p>	

<p>Accesibilidad</p>	<p>Se atomiza grasa de conservación líquida tipo solvente DISTIN 314 L para proteger de la humedad y sellar, evitando impacto y penetración de partículas.</p>	
<p>Conexiones con pernos.</p>	<p>Sacar pernos, preparar superficie con cepillo y aplicar Disolución de fosfatado DISTIN 504, pintar los pernos, posteriormente aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para proteger de la humedad y sellar orificios, posteriormente se colocan los pernos y las tuercas. Las zonas dañadas se retocan con la pintura y el mastique asfaltico DISTIN 404.</p>	

<p>Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.</p>	<p>La forma de atenuar su efecto una vez creadas es mediante la creación de superficies inclinadas mediante la aplicación de Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404.</p>	
<p>Áreas cerradas y componentes huecos.</p>	<p>Hacer orificios de acceso y drenaje, aplicar en su interior grasa líquida tipo solvente DISTIN 314 L, posteriormente sellar los orificios para protegerlo de la humedad.</p>	

3.2.4) Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.

Para la selección del sistema de pintura adecuado según (Revuelta, E. I. 2006). En el procedimiento para la selección de sistemas de protección anticorrosiva mediante recubrimientos según las normas cubanas, que posee tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas a las condiciones de agresividad existentes, en nuestro caso es C5-I y C5-M.

Se tiene en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura que se desea lograr en las Tolvas y las Góndolas tratados por esta empresa, siendo este de 2 a 5 años categorizándose de durabilidad baja. Este tiempo no es necesariamente un periodo de garantías, pero sirve para poder planificar los periodos de mantenimientos.

Después de analizar los esquemas de pintura que utiliza la Empresa Valdés Reyes para la Tolva y La Góndola se llega a la conclusión de que este no es el adecuado según la caracterización atmosférica al cuales estos vagones van a estar expuesto

por lo que le proponemos un nuevo esquema de pintura que le garantizara una mejor calidad y que cumple con la norma.

De forma General tenemos que el sistema tiene que cumplir con un grado de preparación superficial similar al Sa 2 ½. Cumpliendo este esquema tenemos que para la estructura de la Tolva y mecanismos de descargue una primera capa de anticorrosivo Hempel Galvosil 1570(Gris) es de 1 de 75 µm y Hempadur 458 cu (Gris) es 1 de 200 µm, Bastidor, Barandas, Escalera, Pasamanos 2 de Hempadur 458 cu (negro). Para las Franja identificadora de los productos que transporta el equipo 1 de Hempthane 553 cu (naranja). El Truck se le aplica 1 de Hempadur 458 cu (negro). Para los Rótulos donde lo requiera el equipo Hempthane 553 cu (Blanco).

Para la Góndola, el lateral del vagón, compuerta fija, compuerta móvil, plancha del piso por debajo una capa de anticorrosivo Hempel Galvosil 1570(Gris) de 75 µm y seguido Hempadur 458 cu (Rojo) 1 de 150 µm. El bastidor y Truck se le aplica 2 de Hempadur 458 cu (negro), 1 de Hempthane 553 cu (Blanco) para el rotulado

Todas las pinturas antes señaladas pertenecen a la firma HEMPEL y son las que se les propone utilizar a la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes para las Tolvas y las Góndolas. Los dos equipos con espesor total de 275 µm

3.2.4.1 Esquema de pintado:

1. Preparación de superficie.

1.1 Eliminar la escoria y salpicaduras de soldaduras, redondear bordes agudos, nivelación de cordones de soldadura y marcas de cortes, eliminar estructuras auxiliares.

1.2 Desengrasar la superficie.

- a) Eliminar con trapo las capas gruesas de grasa de existir estas.
- b) Desengrasar toda el área con solución desengrasante con las proporciones indicadas por el fabricante.
- c) Dejar actuar de 15 a 20 minutos.

- d) Eliminar con abundante agua dulce toda la solución desengrasante cepillando al mismo tiempo con un cepillo de cerda vegetal.
- e) Comprobar visualmente la eficiencia del desengrasante efectuado.
- f) Repetir las operaciones anteriores en los lugares donde exista grasa remanente.

1.3 Se especificará el método de preparación de la superficie y el grado que se debe alcanzar.

1.4 Eliminar los restos de corrosión, polvo y pintura, barriendo el área y/o después soplando con aire comprimido. Utilizar aspiradora si el caso lo requiere.

2. Aplicación del recubrimiento.

Primario, Intermedio y Acabado

Se especifica el producto y espesor de película seca de cada uno de los componentes del sistema de pintura.

- 3. Sellar hendiduras entre superficies metálicas tales como uniones discontinuas de soldaduras entre angulares y planchas, uniones entre planchas, soldaduras muy irregulares y otros que el inspector considere necesario, mediante poliuretano de un solo componente.
- 4. De darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo existentes en la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes y la preparación superficial como se señaló anteriormente, los resultados serán satisfactorios, lográndose una durabilidad de 5 años, que es el tiempo que por lo general establece la norma para este tipo de agresividad.

Todos los pasos para la aplicación de los recubrimientos de pinturas deben ser controlados, debido a que es la garantía de que los esquemas de pinturas propuestos den los resultados esperados. Se debe controlar desde el momento en que se adquiera la pintura hasta que se haya obtenido el espesor final del recubrimiento.

3.2.5) Protección anticorrosiva adicional y conservación. Fundamentación del sistema.

En los análisis anteriormente realizados ha quedado demostrado que las normas (NC-ISO 12944: 1-8, 2007-2014), no son suficiente para darle solución a todos los problemas de corrosión existentes en cuanto a la protección adicional a emplear, ya que no señala qué productos pueden ser utilizados.

Como se ha venido diciendo, como protección anticorrosiva adicional son recomendables los productos DISTIN, por su efectividad ya demostrada por el laboratorio LABET, por su fácil manejo a la hora de aplicarse y por los bajos costos que representa a la hora de dar mantenimiento ya que son de producción nacional.

La Cera Abrillantadora e Impermeabilizante DISTIN 603 L, está preparada para la conservación de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno.

Dentro de las aplicaciones está la conservación de los recubrimientos de pinturas en los manómetros y en general sobre todas las superficies que han sido pintadas, debido a que puede eliminar manchas y evitar la penetración del agua.

Esta cumple una protección temporal, de meses, en función de las condiciones de agresividad a que esté sometido el equipo. Por tanto, tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control y reposición en este caso mensual. Posteriormente a partir de la experiencia práctica, puede extenderse o disminuirse estos plazos y ajustarse a las condiciones de explotación de cada equipo.

La Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504, está diseñada para la preparación rápida de superficies metálicas oxidadas y superficies metálicas no oxidadas respectivamente, dejando así una superficie limpia para su posterior tratamiento de pintado.

Esta cumple una función temporal antes de cada mantenimiento de pintado dependiendo del tiempo de durabilidad de la misma. Además se pueden utilizar cuando existen manchas de óxido sobre las superficies pintadas, las que quitan las manchas de óxido y mantienen la pintura para posteriormente pintar las partes dañadas.

Como medidas complementarias tenemos el lavado de las superficies metálicas para eliminar los contaminantes que puedan depositarse sobre las superficies. Por otro lado tenemos el apantallamiento con el terreno y la vegetación para impedir que los agentes contaminantes presentes en la atmosfera lleguen y se depositen sobre las superficies metálicas.

3.3) Algunos resultados económicos esperados.

A continuación se mostraran algunos resultados económicos de la Empresa José Valdés Reyes en cuanto a la aplicación de los productos DISTIN, mantenimiento y reparación con pinturas.

3.3.1) Aplicación de los productos DISTIN.

Lo que cuestan los equipos e instalaciones que serán objeto de estudio es lo que primeramente se va a tener en cuenta para tener idea de lo necesario de la conservación (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Costos de los equipos.

Nombre	Cantidad	CUP	CUC
Tolva	1	-	348000
Góndola	1	-	326000
Total			674000

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior podemos observar que la compra de estos equipos asciende a más de 674000 mil en CUC, lo que demuestra la importancia de estos talleres ferroviarios con el objetivo de reparar y mantener estos equipos. La aplicación de los SIPAYC puede alargar el tiempo de vida útil de los diferentes equipos.

El costo de los productos DISTIN que se proponen en la aplicación del SIPAYC se observan en la tabla 2. De ella se determina que invertir en estos productos nos va a garantizarle al cliente una mejor terminación, es conveniente por su probada calidad

la aplicación del SIPAYC; debido a que el costo es mucho menor a que los que cuestan estos equipos .

Tabla 2. Consumo y costo de los productos DISTIN

Materiales y Operaciones	UM	CU MN	CU CUC	Total a Utilizar	CTMN	CT CUC
DISTIN 314	kg.	4,18	1,73	4,5	14.63	6.06
DISTIN 314 L	L	3,56	1,71	11,0	42.72	20.52
DISTIN 404	kg.	4.74	0,46	8,5	35.55	3.45
DISTIN 603	L	5,28	0,76	4,5	23.76	3.42
DISTIN 504	L	3,40	1,24	25,0	183.6	66.96
Total					300.26	100.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Consumo y costo del mantenimiento y reparación de pinturas anuales.

Materiales y operaciones	UM	CU MN	CU CUC	Total a Utilizar	CT MN	CT CUC
Pinturas						
Hempel Galvosil 1570(Gris)	L	0.07	14.83	82	5.74	1216.06
Hempadur 45880 (negro)	L	1.11	6.23	35	38.85	218.05
Hempadur 45880 (rojo)	L	1.79	10.42	46	82.34	479.32
Hempathane 553 cu (naranja)	L	10.35	2.08	4	41.4	8.32
Hempadur 45880 (Gris)	L	1.85	10.37	42	77.7	805.749
Hempathane 553 cu (blanco)	L	1.61	9.53	2	3.22	19.06
Diluyente						
Hempel`SThinner 08700	L	19.31	3.86	24.6	475.03	94.96
Hempel`SThinner 08450	L	0.16	2.33	5.25	0.84	12.23

Hempel `S Thinner 08710	L	0.41	2.30	23.5	9.64	54.05
Disco Abrasivo	U	0.91	3.58	4	3.64	14.32
Cepillo de alambre	U	0.12	0.41	4	0.48	1.64
Brochas	U	0.66	3.03	2	1.32	6.06
Total					740.2	2929.82

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de los productos DISTIN se obtuvo mediante la toma de medidas de las zonas a aplicar, pues con el área y de acuerdo con el rendimiento de los mismos según las fichas técnicas de los productos, ver anexos del 5 al 10, se determina el consumo.

Los productos DISTIN se aplican en el primer año de forma completa y posteriormente se aplica en dependencia del estado de las superficies de los equipos y componentes, aunque en el consumo de los mismos se tiene en cuenta este aspecto.

Teniendo en cuenta que la aplicación del SIPAYC protege las Tolvas y Las Góndolas por un período de 5 años contra la corrosión, la frecuencia de los gastos laborales por mantenimiento y reparación de pinturas incluyendo la aplicación de los sistemas de pintura dejaría de ser anual para efectuarse cada 5 años.

Los resultados de los costos; por lo expuesto anteriormente, para 5 años para la aplicación del SIPAYC sería la suma de los costos del mantenimiento y reparación de pinturas anual es incluyendo los costos de los productos DISTIN a aplicar lo que equivale a 1040.26 MN y 3030.23 CUC.

De acuerdo a los costos del mantenimiento y reparación de equipos anuales, entonces para 5 años se tendría un costo de 3701 MN y 14649.1 CUC. Entonces, el ahorro que propicia la aplicación del SIPAYC sería la resta de estos valores con los gastos que se tendría para aplicarlo, trayendo un ahorro de 2660.74 MN y 11618.87 CUC.

3.3.2) Valor Actual Neto (VAN).

Es el valor presente de los rendimientos futuros descontados al costo de capital aportado al costo de la inversión, no es más que la diferencia del valor actualizado de todos los flujos de efectivos que genera la inversión y el desembolso inicial. El VAN refleja la rentabilidad de la inversión en términos absolutos, expresa cuánto dinero se gana o se pierde con la consecuencia de la ejecución del proyecto. Un proyecto de inversión será viable si el VAN es mayor que cero, es decir, tiene que ser positivo y entre varias alternativas se escoge el mayor posible.

El costo de capital utilizado se fijó en un 10% teniendo en cuenta su variabilidad entre el 1 y el 10% a partir de las características que considera el Banco Central de Cuba, tales como: el objeto del crédito solicitado, la capacidad de pago del cliente y el análisis de riesgo. En este sentido al tomar la mayor tasa, en caso de que sea rentable, se supone la rentabilidad para niveles inferiores de costo de capital. Los análisis se realizarán en unidades monetarias totales.

La inversión utilizada para los cálculos del VAN es en la que incurre la Empresa José Valdés Reyes en la compra de los diferentes equipos y utensilios que son necesarios para llevar a cabo la aplicación correcta del SIPAYC.

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{FE_t}{(1+i)^t}$$

Para el cálculo de flujo de caja se tuvo en cuenta la variante que se utiliza actualmente todos los años y la variante que se propone de la aplicación de las tecnologías de conservación anticorrosiva que se aplicaría una vez cada cinco años.

Tabla13: Flujo de caja

parametros	0	1	2	3	4	5
Inversion	4070.69	0	0	0	0	0
Ingresos	4070.69	0	0	0	0	0
Egresos (Ahorro)	0	3670.02	3670.02	3670.02	3670.2	3670.02
Flujo de caja	-4070.69	3670.02	3670.02	3670.02	3670.02	3670.02
Flujo de caja actualizados	-4070.69	3336.38	3033.07	2759.41	2513.7	2279.52
Flujo de caja A.Acumulados	-4070.69	-734.31	2298.76	5058.17	7571.88	9851.4

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del valor de la inversión se tuvo en cuenta los costos de equipamiento necesarios para la aplicación de las tecnologías de protección anticorrosiva y los valores del costo de adquisición de las pinturas y de los productos DISTIN.

$$VAN = (-4070.69) + \sum \frac{3670.02}{(1.10)^1} + \frac{3670.02}{(1.10)^2} + \frac{3670.02}{(1.10)^3} + \frac{3670.02}{(1.10)^4} + \frac{3670.02}{(1.10)^5}$$

$$VAN = (-4070.69) + 13922.09$$

$$VAN = \$ 9851.4$$

Período de recuperación de la inversión

$$PRI = \frac{I_0}{FE} = \frac{4070.69}{3670.02} = 1.1091 = 1 \text{ año, } 1 \text{ mes, } 9 \text{ días}$$

✓ **Período de recuperación descontado**

$$\begin{aligned}
 \text{PRD} &= a + \frac{I_0 - b}{FEa} \\
 &= 1 + 4070.69 - 3336.38 / 3033.07 \\
 &= 1 + \frac{734.31}{3033.07} \\
 &= 1 \text{ año, 2 meses, 27 días,}
 \end{aligned}$$

Realizado los cálculos correspondientes se obtuvo un VAN positivo lo que expresa que la inversión tiene una rentabilidad absoluta de \$9851.4. También se analizó el período de recuperación (estático y dinámico), teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, la inversión se recupera con el estático (PRI) 1 año, 1 mes, 9 días y el dinámico (PRD) 1 año, 2 meses, 27 días.

Leyenda.

a: Es el número del periodo inmediato anterior hasta recuperar el desembolso inicial

B: es la suma de los flujos hasta el final del periodo a

I_0 : Inversión inicial

i: Tasa de interés

FE_t : Flujo de caja del año correspondiente

G: Ahorro

FEa: Es el flujo de caja actualizado del año en que se recupera la inversión

FE: Es el flujo de caja del año que se recupera la inversión

t: año de actualización

Conclusiones parciales del capítulo

- 1) Las tecnologías de conservación que se proponen mediante un manual de mantenimiento anticorrosivo garantizan la solución a todos los problemas de corrosión existente en las Tolvas y las Góndolas.
- 2) El esquema de pintura propuesto para las Tolvas y las Góndolas está acorde a lo establecido en las normas internacionales para la agresividad imperante, donde la preparación de la superficie juega un papel fundamental.
- 3) Con la aplicación del SIPAYC para las Tolvas y las Góndolas le garantizara al cliente una calidad y un ahorro en 5 años por los conceptos de gastos laborales por mantenimiento y reparación de equipos y de aplicación de los sistemas protectores de pintura

Conclusiones.

- 1) La fundamentación de las tecnologías de protección anticorrosiva mediante un sistema para las Tolvas y las Góndolas equipos los cuales van a estar expuestos a zonas con agresividad corrosiva muy alta, permite disminuir el deterioro por corrosión y cumplir la hipótesis planteada.
- 2) Se diagnosticó los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, detectándose que existe deterioro por corrosión que afectan la disponibilidad técnica de estos equipos reparados por la empresa Industrial ferroviaria José Valdés Reyes.
- 3) Mediante tecnologías se propone un manual de protección anticorrosivo para la protección contra la corrosión de las Tolvas y las Góndolas equipos reparados por la Empresa Industrial ferroviaria José Valdés Reyes.
- 4) Con la aplicación del SIPAYC la Empresa Industrial ferroviaria José Valdés Reyes logrará garantizarles a sus clientes una mejor calidad del producto con un ahorro en 5 años por los conceptos de gastos laborales por mantenimiento y reparación de equipos y de aplicación de los sistemas protectores de pinturas 2660.74MN y 11618.87CUC; lo que demuestra que es factible económicamente la inversión, que se sustenta en un VAN positivo de \$ 9851.4, con un Período de Recuperación estático (PR) de 1 año,1 mes,9 días y un Período de Recuperación dinámico (PRD) 1 año, 2 meses, 27 días.

Recomendaciones.

- 1) Aplicar y generalizar las tecnologías de protección anticorrosiva y conservación propuesto para la instalación según el manual.
- 2) Atender el control de la aplicación de todos los pasos para la implantación de las tecnologías de protección anticorrosiva y conservación.
- 3) Aplicarle un SIPAYC a los otros equipos a los cuales esta empresa brinda sus servicios.
- 4) Tratar de montar una cámara de pintura la cual le va a garantizar una mejor calidad al producto y facilidades a la hora del trabajo.
- 5) Documentar y preparar bien al personal de la labor que va a realizar

Bibliografía.

1. Aballe, Y. 2016. Propuesta de solución para el proceso corrosivo en el tanque de Residuales 7 en la UEB Producción de la EPEP-Centro, Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.
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): 11–22.
3. Álvarez, Y. 2014 “Estudio Técnico - Económico de la propuesta de solución a los problemas de corrosión en La Central Eléctrica DIESEL MTU serie 4000”, Tesis en opción al Título de Ingeniero Químico.
4. Biezna, M., San Cristóbal, J. (2005). Methodology to study cost of corrosion. *Corrosion Engineering, Science and Technology* **40** (4): 344-352.
5. Cook, D.C. (2005). Spectroscopic identification of protective and non-protective corrosion coatings on steel structures in marine environment. *Corrosión Science* **47**(6): 2550-2570.
6. Dominguez, Jorge A. *et al.* Introducción a la corrosión y protección de metales. Edición ENPES. MES. La Habana, 2010. 222-555 p.
7. Echeverría, C.A. *et al.* 2006. Esclarecimiento de los niveles de deposición de cloruros y sulfatos por diferentes métodos de captación establecidos internacionalmente en la Universidad de Matanzas. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0388 – 6.
8. Echeverría, C.A. *et al.* 2008. Grasas de Conservación Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
9. Echeverría, C.A. *et al.* 2010. Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.

10. 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
11. Echeverría, M. et al. 2008. Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba. Revista Retos Turísticos **7**(1).
12. Echeverría, M. et al. 2009. Influencia del diseño en la protección anticorrosiva en condiciones climáticas de Cuba. Revista Tecnología Química Vol. XXIX, No. 1.
13. Espada, L.R. (2005). La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas. **5**(1). Disponible en <http://www.nervion.com.mx.web>.
14. Fragata, F. et al. (2006). Compatibility and incompatibility in anticorrosive painting. The particular case of maintenance painting. Progress in Organic Coatings **56**: 257–268.
15. González, A. 2010. Propuesta de un sistema anticorrosivo y de conservación para el área de generación de una Central Eléctrica Diésel MTU. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7
16. González, A. 2011. Contribución a la disminución del deterioro por corrosión de una Central Eléctrica Diésel MTU Serie 4000. Tesis en Opción al Título de Máster en Ciencias de Ingeniería Química. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
17. González, A. 2013 "Influencia del diseño anticorrosivo en el deterioro por corrosión en el grupo electrónico del hotel Princesa del Mar" Revista Retos Turísticos. Vol.12, num.2. ISSN:2224-7947
18. González, A. 2014 "Propuesta de soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión del grupo electrónico del hotel Punta Arena" Revista Retos Turísticos. Vol.13.num.1. ISSN:2224-7947

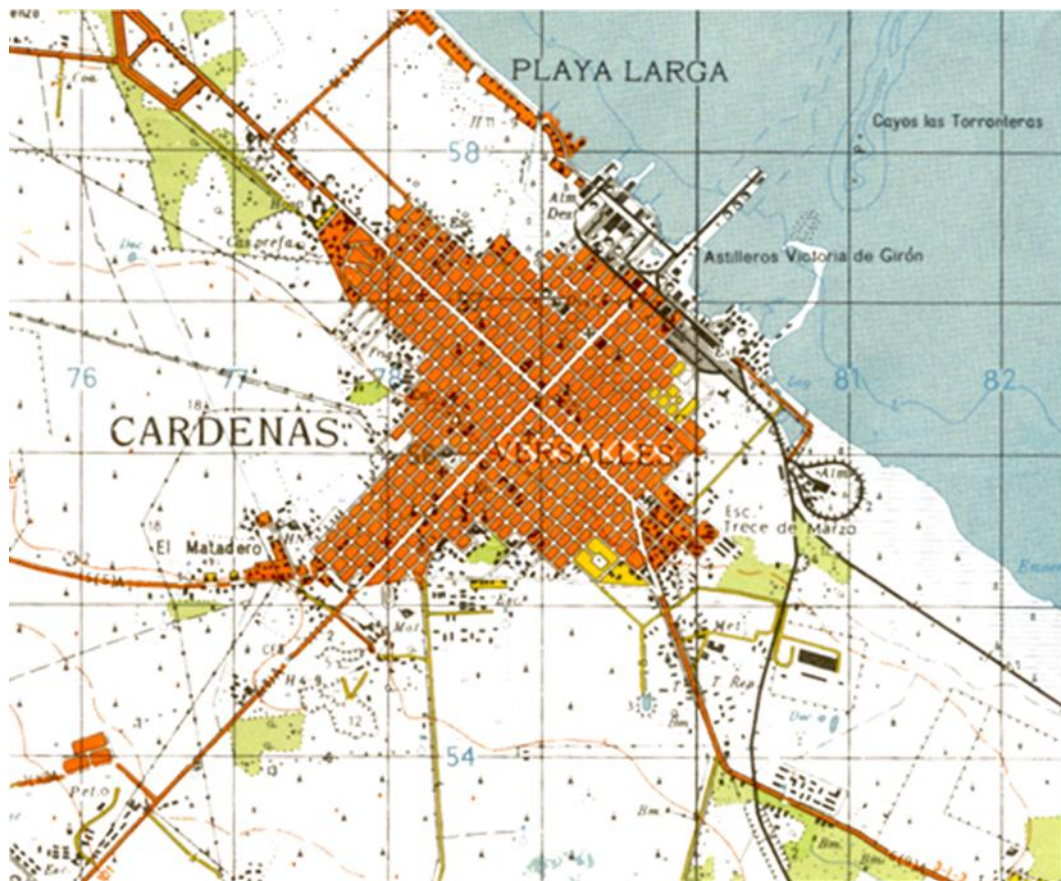
19. González, A. et al, (2015). Influencia del diseño anticorrosivo en la protección anticorrosiva del área de combustibles de una Central Eléctrica Diésel MTU SERIE 4000. RTQ, May 2015, vol.35, no.2, p.193-207. ISSN 2224-6185
20. González, Y. 2015. Síntesis de aditivos en el laboratorio para la disminución del sulfuro de hidrógeno en el petróleo crudo nativo. Tesis en Opción al Título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas.
21. González, A. et al. 2018. Conservación de Motores DETROIT serie 4000. Taller de Tarea Triunfo
22. González, A. et al. 2018. Impacto de la Transferencia de tecnologías y el diseño anticorrosivo en el mantenimiento por corrosión de los grupos electrógenos en zonas de alta agresividad corrosiva. Memorias del Evento Cuba Industria.
23. López, I. (2008). "Corrosión atmosférica y conservación en obras soterradas en Matanzas. Departamento de Ingeniería Química. Matanzas, Universidad de Matanzas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas: 116.
24. Méndez, O. 2012. Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación "SIPAYC" del Auto rural UAZ-469 CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0654-3.
25. Méndez, O. González, A. 2018. Transferencia de tecnologías para la tropicalización y preparación superficial de ómnibus Diana. Taller de Tarea Triunfo
26. Méndez, O. et al. 2018. Transferencia de tecnologías a la Empresa Militar Industrial para la Tropicalización del ómnibus Diana construido por las FAR. Taller de Tarea Triunfo
27. Méndez, O. González, A. 2018. Transferencia de tecnologías para la tropicalización y preparación superficial de ómnibus Diana. Memorias del Evento Cuba Industria.
28. NC- ISO 12944 – 1: 2008. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 1. Introducción general.

- 29.NC- ISO 12944 – 2: 2008. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.
- 30.NC- ISO 12944 – 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.
- 31.NC- ISO 12944 – 4: 2014. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 4: Tipos y preparación de superficies.
- 32.NC- ISO 12944 – 5: 2008. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.
- 33.NC-ISO 12944 – 6: 2009. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio
- 34.N.T, 2012. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. Estructuras Metálicas. Corrosión. Medidas protectoras. NAP 2-1-1-1. Edición 3.
- 35.Ochoa, *et al.*, (2005). *Pinturas anticorrosivas*. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.
- 36.Orozco, R; et al., Año 2010. Corrosión: fenómeno natural, visible y catastrófico.
- 37.Pierre, R. (2007). Handbook of Corrosion Engineering. New York. United State.
38. :(1. Palet, M. "La restauración como actor principal de la revalorización del espacio local. La Habana Vieja, patrimonio vivo". Memorias. 2007. vol. 6].
Disponible
en:<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/memorias/article/view/320/148>.
ISSN 1794-8886)
39. ROMAN, R. (2018). Diagnostico Ambiental. Empresa Central de Acero "José Valdés Reyes."
- 40.Ruiz, R. et al. 2010. Propuesta de un sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) para la planta piloto de Universidad de Matanzas. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.

41. Schmidt, D.P. *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.
42. Shifler, D. 2005. Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life. *Corrosion Science* **47**(5): 2335-2352.
43. Shixer, D.A. 2005. Marine Corrosion Branch, CD., Naval Surface Warfare Center, Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life, *Corrosion Science*, 47. 2335-2352. Disponible en <www.sciencedirect.com.>
44. UNE-EN ISO 11303. (2009). Corrosion of metals and alloys. Guidelines for the selection of protection methods against the atmospheric corrosion.
45. UNE-EN ISO 8501-1:2008. Previous preparation of steel substrata to the application of paintings and related products. Visual evaluation of the cleaning of the surfaces. It leaves 1: Oxide degrees and of preparation of non colored steel substrata after eliminating the previous recubrimientos totally.

Anexos

Anexo 1:



Anexo 2:

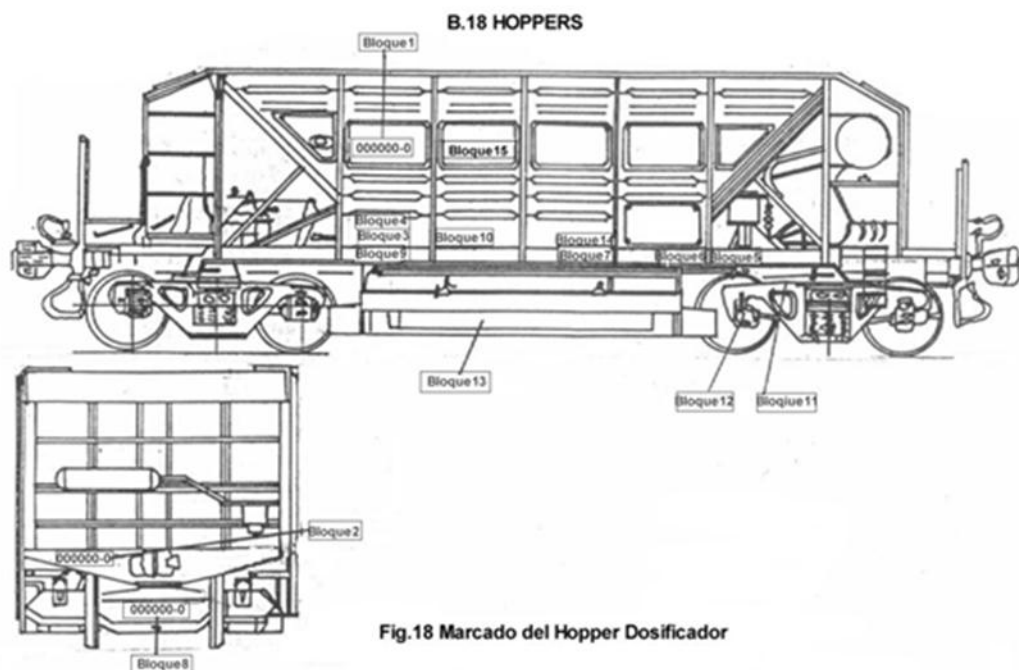


Fig.18 Marcado del Hopper Dosificador

BLOQUE	REFERENCIA DE MARCA	ALTURA NUMERO DE LETRAS(MM)	INFORMACION
1	No de identificación	200	El número codificado que permite individualizar a cada uno de los equipos
2	No de identificación	90	El número codificado que permite individualizar a cada uno de los equipos
3	Tara	75	Para señalar el peso vacío del equipo
4	Capacidad	75	Para señalar la capacidad de carga
5	Longitud	75	Para la longitud del equipo
6	Taller	Según la documentación	Para conocer los trabajos realizados en los talleres
7	Para la Licencia Operativa del transporte(LOT)	Según la documentación	Para señalar que el equipo tiene la Licencia Autorizada
8	No de ident en el truck	75	Para reflejar a que equipo pertenece el truck
9	Para reflejar los inventarios realizados	Según la documentación	El último inventario realizado
10	Sistema de freno	50	Para reflejar el sistema de freno
11	Para reflejar si se usan zapatas de composición	40	En los casos que se use zapata de composición deberá reflejarse
12	Caja de grasa	25	Para las atenciones a los cojinetes
13	Compuertas	50	Para cualquier regulación sobre el trabajo con las compuertas
14	Capacidad volumétrica	75	La capacidad en volumen de carga del equipo
15	Marcas de Presentación	90-300	Nombre Empresa Propietaria

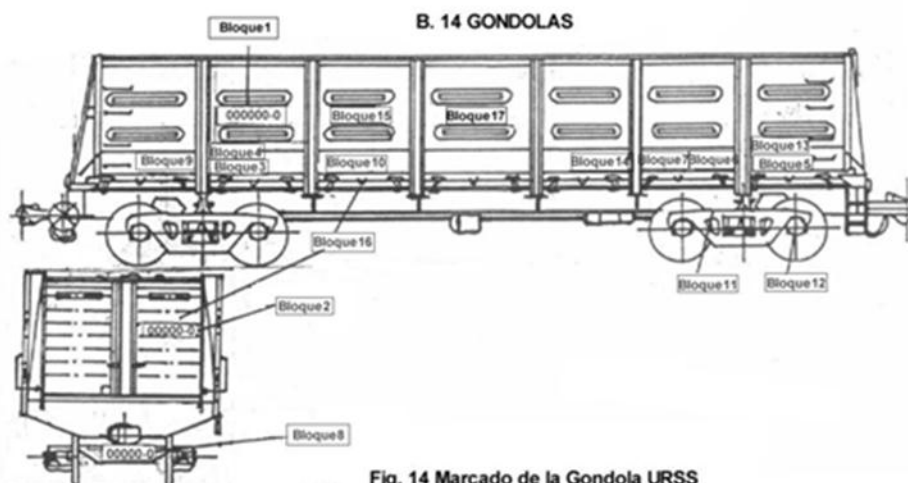
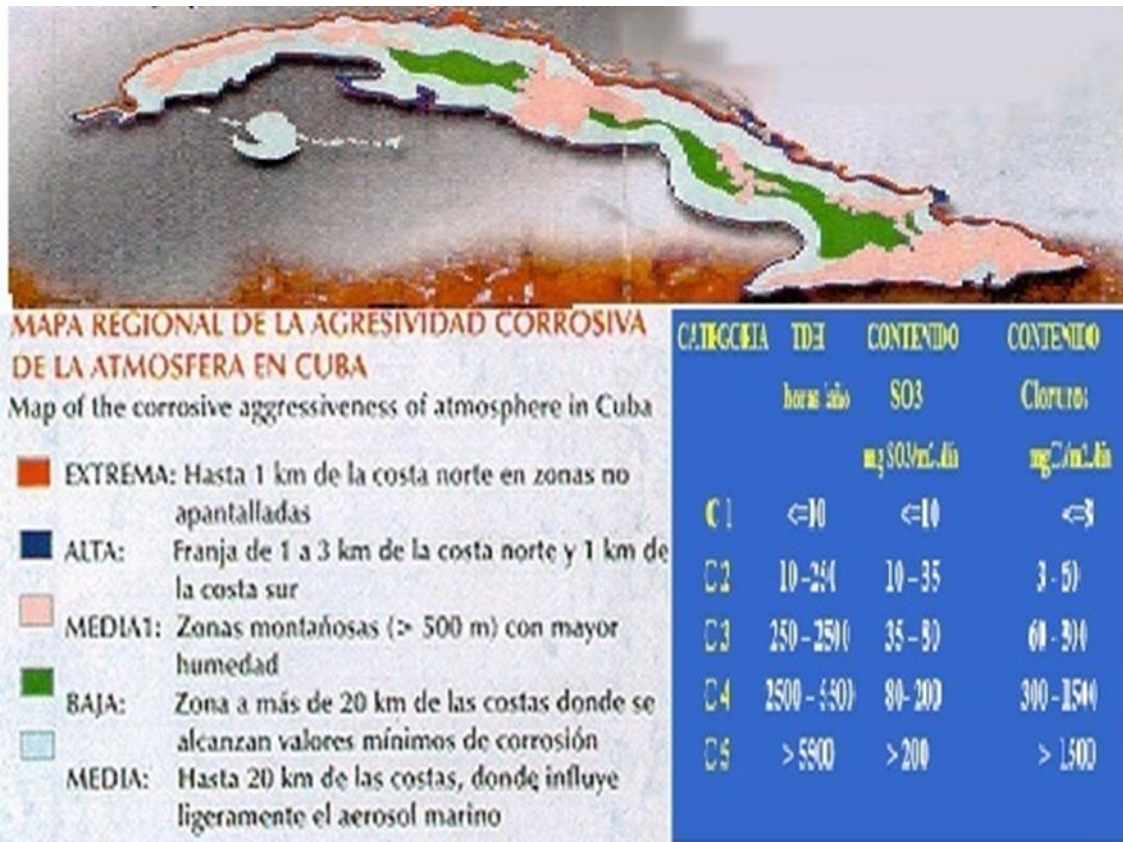


Fig. 14 Marcado de la Gondola URSS

BLOQUE	REFERENCIA DE MARCA	ALTURA NUMERO DE LETRAS (MM)	INFORMACION
1	No de identificación	200	El número codificado que permite individualizar a cada uno de los equipos
2	No de identificación	90	El número codificado que permite individualizar a cada uno de los equipos
3	Tara	75	Para señalar el peso vacío del equipo
4	Capacidad	75	Para señalar la capacidad de carga
5	Longitud	75	Para la longitud del equipo
6	Taller	Segun la documentación	Para conocer los trabajos realizados en los talleres
7	Para la Licencia Operativa del Transporte (LOT)	Segun la documentación	Para señalar que el equipo tiene la Licencia autorizada
8	No de ident en el truck	75	Para reflejar a que equipo el truck
9	Para reflejar los inventarios realizados	Segun la documentación	El ultimo inventario realizado
10	Sistema de freno	50	Para reflejar el sistema de freno
11	Para reflejar si se usan zapatas de composición	40	En los casos que se use zapata de composición deberá reflejarse
12	Caja de grasa	25	Para las atenciones a los cojinetes
13	Ancho	75	Para reflejar el ancho de los cojinetes
14	Capacidad volumétrica	75	Capacidad de carga cúbica
15	Exclusivo	90	Para señalar el uso exclusivo o especial en un tipo de servicio o carga
16	Puertas o compuertas	40	Para regular cualquier medida en la explotación sobre las puertas o compuertas
17	Marcas de presentación	90-300	Nombre Empresa Propietaria

Anexo 4:

Tabla: Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba





Anexo 5

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 oleo química, 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. Pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono por la norma UNE – EN – ISO 6 270: 06 y DIN 50017: 82, y el ensayo de Resistencia a la niebla salina durante 500 horas por la norma ISO 9 227: 07, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Condiciones de Conservación:

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y almacenamiento:

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

Aclaración al Cliente:

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 6



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

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L

Grasa Líquida Tipo Solvente

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas de tuberías, laminados y perfiles almacenados a la intemperie. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, 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, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura. No se inflama, en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

Método de Protección:

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

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

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

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

Protección Anticorrosiva:

El recubrimiento formado toma el espesor por proyección por capas, proporciona una protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas. Pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono por la norma UNE – EN – ISO 6 270: 06 y DIN 50017: 82, y el ensayo de Resistencia a la niebla salina durante 500 horas por la norma ISO 9 227: 07, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Condiciones de Conservación:

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

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

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para la conservación de materiales oxidados que permanecen almacenados a la intemperie y en la conservación estructural en componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles de estructuras metálicas no pintadas, donde incluye parte inferior de contenedores, edificaciones, puentes, instalaciones industriales, ya que al ser aplicada penetra a fondo formando una capa protectora, lubricante y estable que no se endurece y proporciona una alta impermeabilidad al agua.

Transportación y Almacenamiento:

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

Aclaración al cliente:

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu.

Anexo 7



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

FICHA TÉCNICA DISTIN 404

Mástique Asfáltico Semisólido con goma

Mástique asfáltico de consistencia semisólida con goma, de alta flexibilidad, resistencia a la corrosión y adherencia, especialmente preparado para las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a 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 producto.

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.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 8



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

FICHA TÉCNICA DISTIN 404 L

Mástique Asfáltico Líquido

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

Modo de Aplicación:

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

Para aplicar este producto es necesario desengrasar, eliminar el polvo y los óxidos desprendibles. El producto penetra al óxido no desprendible y protege y además puede ser aplicado sobre superficies previamente tratadas con la grasa líquida DISTIN 314 L, con la que se integra como un recubrimiento por poseer un constituyente común a ambos.

Rendimiento: Como es un producto líquido el rendimiento por capa se corresponde con el generalmente establecido de 10 m²/litro.

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 9



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

FICHA TÉCNICA DISTIN 504

Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida

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

Modo de Aplicación:

- **Proyección:** Pudiera aplicarse en áreas de difícil acceso, pero no resulta el método más adecuado por su carácter ácido, que requiere de protección.
- **Inmersión:** Se introduce la pieza desde 5 a 15 minutos en dependencia del grado de oxidación de la superficie a tratar, lográndose un alto rendimiento del baño, no requiere enjuague ni neutralización posterior si se espera al menos 72 horas para completamiento de la reacción.
- **Frotado:** Se emplea este método cuando no pueden ser empleado el método de inmersión, sobre todo en estructuras montadas, en el tratamiento de superficies oxidadas. Se recomienda para el aluminio y el zinc frotados ligeros.

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

Rendimiento: Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m² /l en la preparación de superficies por frotado 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 días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

Pasó el ensayo climático de Humedad – Temperatura, acreditado por el Laboratorio LABET, por las Normas UNE – EN – ISO 6270: 06 y DIN 50017:82, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono, durante 1600 horas, sin afectaciones.

Condiciones de Conservación:

- **Intemperie:** De no encontrarse contaminada la superficie con aerosol marino, puede proteger la estructura por un período de hasta una semana.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por varias semanas.
- **Almacén cerrado:** Puede mantener las piezas protegidas hasta un mes o más, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.
- **Interior de tanques:** Puede utilizarse para preparar la superficie no pintada y protege la superficie durante meses si se logra un buen secado y sellaje. Procedimiento indicado especialmente para instalación de tanques de combustible.

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

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

Anexo 10



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

FICHA TECNICA DISTIN 603 L.

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.

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

:: Método de aplicación:

>>**Proyección:** Pudiera aplicarse pero no se recomienda, ya que se pierde mucho producto.

>> **Frotado:** Es el método más recomendado, para producir una fina capa sobre la superficie de pintura.

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

:: Protección anticorrosiva:

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

:: Condiciones de conservación:

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

:: Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

:: Transportación y almacenamiento:

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

:: Aclaración al usuario:

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 256811. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu



Anexo 11

Ficha Té

HEMPADUR 458CU BASE 458C9 / CURING AGENT 958CU

DESCRIPCION

Es un recubrimiento epoxi de capa gruesa de dos componentes curado con amina cicloalifática de elevado contenido en sólidos. Forma una película dura y tenaz con excelentes propiedades humectantes. Especialmente indicado para climas cálidos.

USO RECOMENDADO

- Como autoimprimación, sobre superficies no preparadas óptimamente o como capa intermedia o de acabado cuando se requiere un sistema de elevadas prestaciones con un bajo contenido en COV y un elevado grosor de capa.
- Recubrimiento muy versátil para especificaciones de mantenimiento incluyendo tanques de lastre y bodegas sumergidas y acero nuevo donde se precise un producto más específico.
- Puede especificarse cuando se requieren unos intervalos amplios de repintado para acabados con poliuretano. Puede utilizarse directamente sobre zinc silicato (GALVOSIL) o superficies metalizadas para evitar la aparición de burbujas.
- Como acabado cuando el factor estético no es relevante.

Temperatura de servicio En seco, máximo: 120°C

Certificados Cumple con la sección 175.300 del Code of Federal Regulations respecto a la carga de productos alimentarios secos (FDA) en espacios cuya superficie interna sea superior a 1.000 m².
Cumple con las especificaciones Aramco APCS 1, APCS 12, APCS 26 y 26T.
Clasificado como Clase 1 de acuerdo con la norma BS 476: Parte 7: 1987 (Prueba del fuego).

DATOS TECNICOS

Aspecto	458CU
Color	Semi-brillante
Volumen de sólidos	Según carta
Rendimiento teórico	80±1%
Punto de inflamación	3.9 m ² /litro - 200 micras
Peso específico	35°C, copa cerrada
Secaje al tacto	1.4 Kg/litro
Curado total	5 horas aprox a 30°C
COV	5 días a 30°C
	210 g/litro

APLICACION

Proporción de la mezcla	BASE 458C9:C.A. 958CU	3:1 en volumen
Método	Pistola sin aire, Brocha (parcheos)	
Dilución y Diluyente	Según la zona a pintar, menos del 5% de THINNER 08450 (Ver OBSERVACIONES)	
Vida de la mezcla	1 hora a 30°C (pistola sin aire) 3 horas a 20°C (pistola sin aire)	
Espesor recomendado	Húmedo: 275 micras Seco: 200 micras (Ver OBSERVACIONES)	
Intervalo de repintado	Ver INSTRUCCIONES DE APLICACION	
Limpieza	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610 o HEMPEL'S THINNER 08450	
Pistola sin aire	Diámetro boquilla: 0.017"-0.023" (Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN) Presión boquilla: 250 atm (Los datos para pistola sin aire son orientativos y están sujetos a cambios)	

Edición: Junio 2009

Anexo 12



Ficha Técnica

HEMPATHANE 553CU BASE 553C9 / CURING AGENT 95370

DESCRIPCION

Esmalte de poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático y poliéster hidroxilado.

USO RECOMENDADO

Como capa de acabado de elevada calidad sobre una gran variedad de sustratos como acero, aluminio, poliéster reforzado con fibra de vidrio, etc., cuando se desean óptimas prestaciones técnicas y estéticas.

PROPIEDADES TECNICAS GENERALES

- Muy resistente a la intemperie, al impacto, a la abrasión y a la corrosividad de los ambientes marinos e industriales
- Muy buena retención de color y brillo
- El blanco y los colores claros son muy resistentes al amarilleamiento
- Excelente poder cubriente
- Flexible a las contracciones y dilataciones naturales del soporte
- Cumple con la normativa CLH ST-05-04 1ª Revisión

DATOS TECNICOS

Aspecto	Muy brillante
Color	Blanco 10000 Crema 20450 y otros según demanda
Volumen de sólidos	54±1%
Rendimiento teórico	13.5 m ² /litro por capa a 40 micras
Peso específico	1.3 Kg/litro según color
Secado al tacto	4 horas a 20°C con buena ventilación
Punto de inflamación	29°C
COV	440 g/litro

APLICACION

Proporción de mezcla	BASE 553C9 : Curing agent 95370 - 3:1 en volumen		
Vida de la mezcla	4 horas a 30°C. 5 horas a 20°C.		
Método	Pistola sin aire	Pistola aerográfica	Brocha (retoques)
Dilución	5% máx	25% máx	5% máx
Diluyente	THINNER 08710		
Espesor	Húmedo: 50-75 micras Seco: 30-45 micras		
Intervalo de repintado	Mín: 12 horas a 25°C. Máx: 1 semana a 25°C.		
Limpieza	THINNER 08570 ó 08710		
Pistola sin aire	Boquilla: 0.015"-0.019" - Presión: 150-240 atm (datos orientativos)		

HEMPEL

Ficha Técnica



Anexo 13

HEMPEL'S GALVOSIL 15700

15700: líquido 15700: HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT 07170/07140

Descripción	Silicato inorgánico de zinc autocurable de dos componentes, que contiene disolventes. Tiene una buena resistencia a la intemperie y a la abrasión. Así como una excelente resistencia química con un pH promedio entre 8-9. Ver temperaturas de servicio. Aplicable a pistola sin aire. Proporciona protección catódica sobre los daños mecánicos. Hempel's Zinc pigmento metálico 07170 está total conformidad con la ISO 3549 y con la ASTM D520 tipo I, Hempel's Zinc pigmento metálico 07140 está adicionalmente en conformidad con la ASTM D520 tipo II.
Uso recomendado:	1. Como imprimación general contra la corrosión 2. Para la protección a largo plazo del acero expuesto a ambientes moderados o fuertemente corrosivos y/o sometido a abrasiones 3. Para protección de interiores de tanques y depósitos Cumple con SSPC-Paint 20, Type 1, Level 1 e ISO 12944-5.
Temperatura de servicio:	Resistente a temperaturas secas permanentes (no cíclicas), así como a picos ocasionales de como máximo: 500°C. Resistente a temperaturas secas cíclicas hasta 400°C Resistente a altas temperaturas en condiciones de humedad (ver NOTAS al dorso).
Certificados:	Buscar los requerimientos referidos en ASTM A-490 Clase B para Coeficiente de Deslizamiento y Resistencia al Arrastre Cumple la sección 175.300 del Code of Federal Regulations Title 21 - Alimentos líquidos. Para detalles consultar a Hempel.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	10840 / Gris metálico
Acabado	Mate
Volumen de sólidos, %:	64 ± 1
Rendimiento teórico:	12.8 m ² /l [513.3 sq.ft./US gallon] - 50 micras.
Punto de inflamación	14 °C [57.2 °F]
Peso específico	2.7 kg/ltr [22.2 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	0.5 hora(s) aprox. 20°C (60-75% RH)
Curado completo	16 hora(s) 20°C y mínimo 75% RH (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Contenido en COV:	434 g/l [3.6 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje	6 meses , 25°C para BASE y el HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT, 3 años (almacenado en contenedor cerrado) desde el momento de fabricación. La vida útil del producto depende de la temperatura de almacenamiento. El tiempo de vida se reduce en temperaturas superiores a: 25°C. No conservar a temperaturas superiores a: 40°C. Se ha sobrepasado la vida útil del producto si el líquido se ha gelificado o si la el producto mezclado se gelifica antes de la aplicación. <i>Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.</i>
DETALLES DE APLICACIÓN:	
Versión, producto mezclado:	15700
Proporción de mezcla:	líquido 15700: HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT 07170/07140 3.1 : 6.9 en peso (en volumen - Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha (parcheos)
Diluyente (vol. máx.):	[08700 (30%) y/o 0870M (15%) Ver OBSERVACIONES al dorso.] / 08700 (50%) / 08700 (10%)
Vida de la mezcla:	4 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.019 - 0.023 "
Presión:	100 bar [1450 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S THINNER 08700
Espesor recomendado, seco:	50 micras [2 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	75 micras [3 mils]
Intervalo de repintado, min	De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.
Intervalo de repintado, max.	De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

HEMPEL