



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
UNIDAD DE DESARROLLO E INNOVACIÓN
CENTRO DE ANTICORROSIVOS Y TENSOACTIVOS (CEAT)

TESIS DE GRADO EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Título: Empleo de un sistema de protección anticorrosivo y conservación (SIPAYC) en el tanque No. 41 de grandes dimensiones de la Comercializadora de Combustible de Matanzas

Autora: Cristina Rodríguez Hernández (Q-41)

Tutores: Ing. Medardo Domínguez Límia
Ing. Carlos Alberto Nuñez Castillo

Pensamiento

“La duda es la semilla del conocimiento”.

Francis Bacon

Declaración de autoridad

Yo, Cristina Rodríguez Hernández, declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma y lo pongo a disposición de la Unión CUBAPETROLEO (CUPET) y de la Universidad de Matanzas para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que estimen conveniente. Quedando prohibida la reproducción parcial o total de este documento, sin la autoridad del autor y el tutor.

Firma: _____
Cristina Rodríguez Hernández

Nota de aceptación

Firma:

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro de Tribunal

Provincia: _____

Fecha: _____

Calificación: _____

Dedicatoria

A mi familia por darme aliento durante mis estudios universitarios y apoyarme en la culminación de este trabajo de diploma. En especial a mi mamá y papá.

Agradecimientos

A mis tutores Medardo Domínguez Límia y Carlos Alberto Nuñez Castillo por su asesoría para la elaboración de esta tesis.

A mi familia querida.

A mi tía Silvia Teresita Hernández Godoy

A mis amigos

A Mire por estar presente en todo momento y ayudarme, por ser mi gran amiga y compañera de estudios de hace más de diez años.

A Milagros y Liliana, compañeras de curso y amigas, por su apoyo durante toda la carrera.

A los trabajadores de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas y a los del Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos.

Resumen

El presente trabajo se realiza en la Comercializadora de Combustible de Matanzas. Esta empresa constituye un sector estratégico del desarrollo socioeconómico del país. Es objetivo principal la realización del Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC) en uno de sus tanques de grandes proporciones. Se ejecuta un diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión para el mantenimiento del tanque No. 41 y se aplican los productos anticorrosivos DISTIN de acuerdo al tipo de deterioro identificado. Se hace uso de la fotografía digital como herramienta en la investigación y se efectúa un análisis económico de esta propuesta demostrando la ventaja de su aplicación.

Abstract

The present work is carried out in the Comercializadora de Combustible de Matanzas. This company constitutes a strategic sector of the socioeconomic development of the country. The main objective is the realization of the Anticorrosive and Conservation Protection System (SIPAYC) in one of its large tanks. A diagnosis of the anticorrosive design and corrosion problems for the maintenance of tank No. 41 is carried out and the DISTIN anticorrosive products are applied according to the type of deterioration identified. Digital photography is used as a research tool and an economic analysis of this proposal is carried out, demonstrating the advantage of its application.

Índice

Introducción	1
Capítulo I Marco Teórico Referencial.....	3
1.1 La corrosión atmosférica en Cuba	3
1.1.1 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica	3
1.1.2 El ion cloruro y la corrosión atmosférica	6
1.1.3 El ion sulfato y la corrosión atmosférica.....	8
1.2 Clasificación de la corrosión	8
1.2.1 Tipos más comunes de corrosión de los metales	9
1.3 Etapas del sistema para la protección anticorrosiva	10
1.3.1 Clasificación de ambientes	10
1.3.2 Consideraciones de diseño.....	11
1.3.3 Tipos de preparación de superficies	11
1.3.4 Sistemas de pinturas protectores.....	13
1.4 Diseño anticorrosivo	14
1.5 Medios de protección anticorrosiva.....	17
1.5.1 Protección anticorrosiva y de conservación	18
1.6 Daños y pérdidas por corrosión en instalaciones petroleras.	21
1.7 Incidencia económica de la corrosión	22
1.8 Conclusiones Parciales del Capítulo.....	23
Capítulo II: Diagnóstico del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación...	25
2.1 Materiales y métodos.....	25
2.2 Diagnóstico.....	26
2.3 Metodología para la preparación superficial.....	35
2.3.1 Diagnóstico de la preparación de superficies.....	35
2.3.2 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación.....	36
2.4 Metodología para la selección del esquema de pintura	39
2.5 Métodos de protección que pueden aplicarse.....	39
2.6 Metodología para el análisis económico	41
2.7 Conclusiones Parciales del Capítulo.....	41
Capítulo III: Propuesta tecnológica de protección anticorrosiva y conservación.....	43
3.1 Materiales y métodos	43

3.2 Aplicación de un sistema de protección anticorrosiva y conservación	44
3.2.2 Agresividad corrosiva de la atmósfera	44
3.2.3 Selección del recubrimiento de pintura para el sistema	45
3.2.4 Preparación de las superficies	46
3.2.5 Esquema de mantenimiento	47
3.2.6 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.....	49
3.3 Análisis económico.....	56
3.4 Conclusiones Parciales del Capítulo.....	59
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Referencias	
Anexos	

Introducción

La corrosión es un proceso de degradación o destrucción de un material metálico. Este objeto, dada su naturaleza, intenta volver a su estado original revirtiendo el procedimiento metalúrgico inicial que le otorgó energía para llevarlo a un estado metaestable y ser utilizado en las diferentes industrias. El desgaste se puede presentar de forma uniforme o localizada, visible o no visible, siendo esta última la más peligrosa pues hace difícil su detección y causa accidentes catastróficos.

Existen diversos factores que fomentan la corrosión en los metales. Destacan las condiciones atmosféricas en las que se ubican estos materiales, así como la forma en que fueron diseñados.

Cuba por sus características geográficas, al ser una isla alargada y estrecha, recibe la influencia del aerosol marino. La interacción del viento y la superficie del mar transportan las sales hasta los objetos metálicos creando una película de agua sobre estos arrastrando principalmente, los iones cloruros responsables de la acción corrosiva.

La corrosión representa una de las pérdidas económicas más importantes de las empresas en el país. Por tal razón, dicha problemática es ampliamente estudiada y existen numerosos logros científicos que proponen diversos métodos de protección que incluyen acciones preventivas contra este deterioro.

El Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC) es resultado de la experiencia desarrollada por más de treinta años de actividad docente-investigativa de los especialistas del Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT) de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas. Los productos de la Marca Estatal DISTIN, en seis líneas diferentes y un total de diecinueve recubrimientos certificados, dan respuesta a los problemas de: diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación de los metales, que se puedan encontrar en la práctica, con un enfoque en sistema, que constituye el fundamento de los SIPAYC, con los cuales se elaboran las diferentes tecnologías de servicio específicas. El Centro desarrolla para su comercialización varios materiales compuestos, que se han convertido en nuevos recubrimientos anticorrosivos y otros se evalúan para la construcción como impermeabilizantes de

cubiertas y sellantes, a partir de virutas y polvo de goma, con otras materias primas nacionales, que han sido aplicados en diferentes empresas de la provincia. La Comercializadora de Combustible de Matanzas, localizada junto a la bahía, en el Consejo Popular de Versalles, posee numerosos depósitos metálicos para la contención de líquidos inflamables. Los mismos están bajo la influencia de la corrosión atmosférica debido a su proximidad al mar y los problemas de diseños anticorrosivos existentes. La falta de exigencia, el control de la calidad de los procesos de diseño, construcción, preparación superficial, la aplicación de recubrimientos y protección adicional, conllevan a que los resultados en cuanto a protección no sean los esperados. Por tanto, es necesario realizar un diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión de los tanques para disminuir los daños identificados.

En función de lo planteado anteriormente el **Problema Científico** de la investigación es:

Deterioro por corrosión que presenta el tanque de combustible #41 de la Comercializadora de Combustible de Matanzas.

Hipótesis

Si se emplea un sistema de protección anticorrosivo y conservación (SIPAYC) en el tanque de combustible de la Comercializadora de Matanzas, se podrá disminuir el deterioro por corrosión que presenta.

Objetivo General

Realizar un SIPAYC al tanque de combustible #41 de la Comercializadora de Combustible de Matanzas.

Objetivos Específicos

- 1- Realizar una búsqueda y estudio bibliográfico de la temática.
- 2- Elaborar un diagnóstico que permita identificar los principales problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión que presenta el tanque 41.
- 3- Aplicar productos anticorrosivos de la UDI-CEAT para disminuir los problemas identificados.
- 4- Valorar económicamente la propuesta de SIPAYC evidenciando las ventajas de su empleo.

Capítulo I Marco Teórico Referencial

1.1 La corrosión atmosférica en Cuba

La corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de los metales y aleaciones. El mecanismo de corrosión es de naturaleza electroquímica (Hernández, 2019). La agresividad corrosiva de la atmósfera es un factor de gran importancia cuando se proyectan y construyen nuevas inversiones. Por estas razones se realizan investigaciones sobre métodos de protección y se proyectan sistemas de recubrimiento, entre otras aplicaciones (Echeverría, 2002).

De acuerdo con (Morcillo, 2002) 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:

- Dada la naturaleza y propiedades electroquímicas del metal.

Cada uno de estos factores juega un rol en la aparición y aceleración de la velocidad de corrosión. Sin embargo, el efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas.

1.1.1 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica

Los parámetros que deben ser considerados como importantes para los cambios climáticos 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 y las partículas de polvo. Estos pueden directamente afectar la corrosión del metal expuesto en condiciones exteriores o interiores.

- 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. Fundamentalmente, se manifiesta cuando alcanza niveles superiores a 70⁰ C en las cuales se elimina toda humedad. De acuerdo con lo anterior, al aumentar la temperatura de la superficie metálica, disminuye la velocidad de corrosión.

Por lo antes expuesto, Echeverría (2002) y otros autores observan, en muchos casos, que la corrosión atmosférica bajo techo es mayor que a la intemperie.

- Humedad Relativa (HR): la corrosión por humedad es uno de los tipos de corrosión atmosférica a destacar donde el desarrollo de su mecanismo, que se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, se forma por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, según refieren investigadores del tema, entre ellos Tomashov (1979) y Feliú (1971).

De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica incrementa considerablemente la velocidad de corrosión. 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.

- Efecto de las lluvias: Las precipitaciones 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 (Corvo, 1995).

Por otra parte, las precipitaciones aumentan el tiempo de humectación del metal, que prolonga el desarrollo de la corrosión. Así mismo, estas pueden traer consigo especies disueltas que pueden provocar la corrosión, sobre todo en superficies donde el agua puede estancarse. Por lo general, las gotas de lluvia más pequeñas tienen una mayor cantidad de agentes corrosivos (Corvo, 1995).

- Incidencia de los vientos: el encargado de transportar los contaminantes es el viento como han referido en Cuba, Corvo (1995) y Echeverría (2002).

Destaca Gómez (1999) que la velocidad del viento puede promover un doble efecto a su vez, si se conjuga con la lluvia ya que, en ausencia de esta, una alta velocidad del viento produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión. Por su parte, un efecto combinado de la lluvia con el viento, da lugar al lavado de la superficie del metal, es decir una remoción de los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto también disminuye la velocidad de corrosión.

- Impacto del aerosol marino en la corrosión: La corrosión atmosférica en los países de climas tropicales húmedos como México, Taiwán, Egipto, Vietnam, India y Cuba ha sido abordada por varios investigadores donde se determina la influencia preponderante en la corrosión del aerosol marino (Maldonado, 1999); (Wei, 1991) y (Gómez, 1999).

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 Cuba, este factor es el responsable de agresividades altas, muy altas y extremas, aspecto destacado por Echeverría (2000).

En el caso de Cuba, debido a su peculiaridad de isla estrecha y alargada, existe una gran influencia del aerosol marino. Corvo (1995) plantea que, en nuestro país, la influencia de los cloruros, transportados por el aerosol marino, es muy

significativa en la elevación de la velocidad de corrosión y una vez que ya está formada la capa, existe un proceso de adsorción competitiva entre los cloruros y los sulfatos.

En cuanto a las condiciones ambientales del archipiélago se ha planteado que se distinguen dos períodos cualitativamente diferentes en el año, a saber:

1. Temporada invernal o de seca (octubre a marzo), con gran influencia de los vientos del norte-nordeste que producen rompientes en la costa, por ende, grandes concentraciones de aerosol marino en el aire, suficientes para incrementar drásticamente la corrosividad.
2. Temporada de lluvias o de verano (abril a septiembre), donde los vientos provenientes del sur originan rompientes de poca envergadura (Echeverría, 2000).

En la literatura consultada, Maldonado (1998); Corvo (1995) y Echeverría (2002) se demuestra la influencia del aerosol marino en la magnitud de la corrosión atmosférica, coincidiendo casi la totalidad de los autores, que el principal responsable de esta acción es el ion cloruro.

1.1.2 El ion cloruro y la corrosión atmosférica

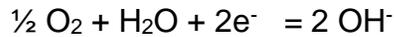
La influencia del ion cloruro en la magnitud de la corrosión atmosférica, se corrobora por las correlaciones que se obtienen entre la velocidad de deposición de cloruros y la velocidad de corrosión como han demostrado en Cuba, Echeverría (2002) y Gómez (1999). Gómez (1999) plantea que la deposición de iones Cl^- tiene un efecto de compactación de la capa de óxidos, pero que dicho ion también eleva la conductividad de la capa del electrolito. Al interactuar con la superficie del metal provoca un ataque continuo en el mismo como consecuencia de que el hierro no forma cloruros básicos estables.

La corrosión atmosférica del hierro y el acero es un proceso de naturaleza electroquímica, bastante conocido, por lo que el hierro en presencia de oxígeno y

humedad conduce a la formación de una capa de herrumbre. La reacción anódica parcial viene dada por la disolución del metal:



En cuanto a la reacción catódica, ocurre la reducción del oxígeno disuelto:



Juega un papel dominante, sin embargo, dependiendo de las características del electrolito en contacto con la superficie metálica, la reacción de descarga de hidrógeno: $2 \text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} = \text{H}_2$

La cual puede constituir la reacción catódica principal del proceso de corrosión atmosférica (Ej. Lluvia ácida).

La cinética del proceso de corrosión por cloruros, abordado por (Echeverría, 2002) se explica a partir del ciclo de formación de herrumbre por cloruros, que consta de los siguientes pasos:

1. El cloruro se deposita sobre la superficie metálica, formando con el acero cloruro de hierro (II) FeCl_2 .
2. El cloruro de hierro (II) en presencia del oxígeno del aire y la humedad forma óxido férrico que precipita sobre la superficie metálica y forma la herrumbre y se origina ácido clorhídrico.
3. El ácido clorhídrico ataca el metal y forma nuevamente cloruro de hierro (II).

Es importante observar que el ataque fundamental sobre el metal se debe a la acción del ácido, por lo cual se incrementa apreciablemente la velocidad de corrosión.

El cloruro de hierro repite el ciclo, por lo que basta con un solo ion cloruro para que se desencadene el proceso corrosivo.

Teniendo en cuenta la contaminación por cloruros, varias investigaciones han tratado de relacionar la corrosión de acero con la salinidad de atmósfera, y todas ellas indican que la corrosión se incrementa de forma casi proporcional a la salinidad en un amplio intervalo de niveles de contaminación marina.

1.1.3 El ion sulfato y la corrosión atmosférica

Del total de sales que contiene el agua de mar, el 7.68% en peso corresponde al ion sulfato. Las emisiones de ion sulfato no resulta despreciable si se tiene en cuenta que el sulfato procede del aerosol marino, máxime cuando no se reporta en Cuba una contaminación apreciable por dióxido de azufre.

La corrosión atmosférica es más rápida cuando el contenido de dióxido de azufre en la atmósfera es más alto (Gómez, 1999). Asimismo, se demostró que la herrumbre se forma más rápidamente durante las estaciones del año en las que el contenido de dióxido de azufre es más alto y que una pequeña cantidad produce un volumen relativamente grande de herrumbre.

Cuando se acumula sobre la superficie metálica suficiente producto de corrosión, principalmente sulfato ferroso y óxido, las condiciones son favorables para que exista un intercambio electroquímico en la celda $Fe/FeSO_4/FeOOH$.

1.2 Clasificación de la corrosión

La corrosión química es la corrosión de los metales en los no electrolitos líquidos (por ejemplo, aceites anhidros, petróleo, etc.) o en gases secos, principalmente a temperaturas más altas (corrosión por gas). Mientras la corrosión electroquímica se refiere a la corrosión de los metales en los medios conductores (entornos) electrolíticos. En la práctica, a menudo, la corrosión química puede anteceder a la electroquímica por diversas razones (humedad, la inestabilidad de compuestos orgánicos y otros).

1.2.1 Tipos más comunes de corrosión de los metales

Corrosión uniforme: la corrosión uniforme o también conocida como corrosión generalizada, es la forma más común de corrosión, la cual se caracteriza por ser una reacción química o electroquímica que se produce de manera homogénea en toda la superficie expuesta a un tipo de atmósfera.

Corrosión por cavitación: la cavitación es un fenómeno hidrodinámico en el que se forman pequeñas cavidades llenas de vapor en una superficie debido a los cambios rápidos de presión en lugares donde la presión es baja. Cuando las cavidades experimentan una alta presión pueden colapsar, generando una onda de choque que es más fuerte mientras más cerca esté de la burbuja. La cavitación-corrosión ocurre en instalaciones como turbinas hidráulicas, aspas de turbinas, hélices, aviones sumergidos e impulsores de bombas.

Corrosión por esfuerzos: la corrosión bajo esfuerzos es un proceso complejo y peligroso debido a que se generan grietas en el material lo que provocará que la vida útil de la pieza disminuya. Este tipo de suele suceder cuando se realiza un mal proceso de soldadura, en consecuencia, de este mal procedimiento puede introducir defectos físicos o químicos y cambiar las características del material.

Corrosión intergranular: es proceso de corrosión galvánica que sucede en el límite de grano. Los causantes de este tipo de corrosión son las soldaduras y los tratamientos térmicos debido a que el metal estará sometiendo a elevadas temperaturas.

Corrosión galvánica: la corrosión galvánica ocurre cuando existe una unión, física o eléctrica, entre metales de diferente naturaleza, los cuales, en la presencia de un electrolito, forman una celda electroquímica, donde el material de menor potencial electroquímico es el que se corroe.

Corrosión por picadura: la corrosión por picadura es un sistema de corrosión extremadamente localizado que genera agujeros en el metal. La experimentan numerosos sistemas metálicos, entre los que destacan los sistemas metálicos

base aluminio, base cobre y base titanio, entre otros, así como distintos aceros inoxidables.

Corrosión-erosión: es el deterioro de un metal debido al movimiento de un fluido. Se presenta por un ataque combinado: ataque químico y ataque mecánico. El fluido actúa como agente corrosivo y con su movimiento se genera un mecanismo de desgaste abrasivo, es por ello que este tipo de corrosión causa el desgaste de las piezas de forma rápida en comparación con otras.

Corrosión-desgaste: Se trata de una corrosión localizada que ocurre en el área de contacto entre materiales bajo carga mecánica y sujetos a vibraciones y a desplazamiento, se forman picaduras y rayas en el material (Ortiz, 2002, p.5-26)

1.3 Etapas del sistema para la protección anticorrosiva

1.3.1 Clasificación de ambientes

Refieren Pérez (1998), Iglesias (2000), Fragata (2002) y Echeverría (2005) que la determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva, según la norma (NC ISO 12 944-2: 2020), resulta decisivo. Dichos aspectos determinan las recomendaciones de diseño, tipos y preparación de superficies, posibles esquemas de pintura a seleccionar, tipos de ensayos a realizar en el laboratorio, desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa dentro del sistema, influirá en los posteriores, todo lo cual en su conjunto contribuirá a aumentar la durabilidad del sistema de protección anticorrosiva con pintura. Además, la propia Norma señala los ambientes interiores de los componentes huecos y áreas cerradas, que por sus peculiaridades (mayor humedad relativa y posible presencia de contaminantes), provocan la corrosión por el interior, pero no ofrece soluciones con otros recubrimientos.

1.3.2 Consideraciones de diseño

Es importante definir y tener en cuenta, desde la etapa de elaboración del proyecto, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan (NC ISO 12 944-3:2018) pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos.

Muchas veces los recubrimientos orgánicos aplicados a estructuras metálicas expuestas al ambiente fallan prematuramente debido al diseño particular de la estructura, por la presencia de áreas con mayor predisposición al ataque corrosivo (zonas de retención o acumulación de lluvia, humedad, partículas de polvo o contaminantes, resquicios).

En la norma de referencia (NC ISO 12 944-3:2020), se detallan los diferentes tipos de problemas de diseño, pero no se aportan soluciones con técnicas o productos específicos.

1.3.3 Tipos de preparación de superficies

Para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado en cada caso, es necesario un análisis previo considerando el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el carácter y grado de la suciedad y oxidación. Además de consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (NC ISO 12 944-4:2020).

Esta es una de las etapas más importantes para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado, el cual obedece en un 90% a la preparación de la superficie que se haga que es la causa de los fallos de los recubrimientos protectores sobre acero en el 60 – 70 % de los casos (Ochoa, 2005). Siempre que

se pueda se debe utilizar el método a chorro por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad (Ochoa, 2005). Al respecto, refiere Morcillo (2002, p. 46) que tanto el chorreado como el decapado son los más seguros y efectivos y destaca que: “mejor comportamiento ofrece un recubrimiento de pintura de baja resistencia que uno de alta calidad si se aplican a superficies deficientemente preparadas”. Esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, todo lo cual tiene un objetivo final que es potenciar la adherencia del recubrimiento a la base metálica. Coinciden la mayoría de las fuentes consultadas con la falta de atención a la preparación de superficies (Echeverría, 2002); (Roberge, 2000); (Iglesias, 2000); (Fragata, 2002); (Morcillo, 2002) y (Ochoa, 2005).

Una vez realizado el chorreado de arena o granallado, se requiere una protección inmediata, ya sea mediante la aplicación de fosfatado, una pintura de protección temporal, o una imprimación reactiva (Iglesias, 2000); (Ochoa, 2005). El chorreado no se recomienda en instalaciones turísticas, en centrales eléctricas y otras muchas instalaciones, por exigencias ambientales.

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

La norma de referencia (NC ISO 12 944-4:2020), que constituye el mejor enfoque en sistema con la aplicación de recubrimientos de pintura, no incluye el fosfatado en la preparación superficial.

1.3.4 Sistemas de pinturas protectores

La elección de las pinturas incluye varios aspectos (Ochoa, 2005), pero dentro de los más importantes están la durabilidad (en función de la exposición y superficie a proteger), extensión del trabajo a realizar (grandes superficies), condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura (por litro). Pérez (1998) define que habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas que responden a distintos requerimientos. Con lo anterior coinciden Echeverría, et al, (2003), Morcillo (2002) y Ochoa (2005).

Según Pérez (1998) un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas:

Imprimación: capa en contacto directo con el sustrato metálico y sobre la cual recaen dos funciones muy importantes: la adherencia al sustrato metálico y el control de la corrosión. La adherencia está influenciada además por la preparación superficial del sustrato.

Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal misión es aumentar el espesor total del sistema de pintura, de ahí que su requerimiento más importante sea una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.

Acabado: capa que está en contacto directo con el medio ambiente, por tanto, será la responsable de la resistencia a los agentes atmosféricos: radiación solar, resistencia a la abrasión, lluvia, además de cumplir exigencias estéticas.

Lo antes expuesto está en concordancia con lo planteado por la Norma (NC ISO 12944-5:2020).

La norma 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. Al respecto, se establecen tres niveles de durabilidad de los sistemas de pintura:

Durabilidad Baja: Sistema sin afectación apreciable hasta 7 años.

Durabilidad Media: Sistema sin afectación apreciable en un período de 7 a 15 años.

Durabilidad Alta: Sistema sin afectación apreciable por un período de 15 a 25 años.

Durabilidad muy alta: Sistemas sin afectaciones por un período superior a 25 años.

Lo anterior lo establece la Norma Internacional (NC ISO 12 944-1:2018). 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.

1.4 Diseño anticorrosivo

Para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular la (NC ISO 12944 - 1: 2018), (NC ISO 12944 - 3: 2020), (NC ISO 12944 - 5: 2020) y la (NC 12944 - 8: 2018). Estos procedimientos en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño, que deben cumplir como consideración técnica.

Las superficies de las estructuras de acero expuestas a los agentes corrosivos deben ser pequeñas en extensión y tener el número más pequeño posible de irregularidades (por ejemplo: superposiciones, esquinas, bordes). Las uniones deben ser realizadas preferiblemente mediante soldadura, en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible. Las soldaduras discontinuas y por puntos se deben usar solamente cuando los riesgos de corrosión sean insignificantes (NC ISO 12944 - 3: 2020).

Según Echeverría, et al (2003) 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, 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, por ejemplo, entre un alma y una pestaña, es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.
- Manipulación, transporte y montaje: Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes durante su manipulación y transporte, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector durante el transporte.
- 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.

- Bordes: Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos, las capas protectoras en los bordes agudos son además más susceptibles al deterioro.
- 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 antideslizantes con pernos de alta resistencia: Las superficies de fricción en conexiones antideslizantes deben prepararse por chorreado, previo al montaje, 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: Donde las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación. Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.

1.5 Medios de protección anticorrosiva

Todos en la sociedad moderna son afectados de alguna manera por el fenómeno de corrosión, dado que el hombre toma los metales de la naturaleza, que por lo general se encuentran en forma combinada y los transforma para obtener metales

puros. Sin embargo, este proceso no es termodinámicamente favorable, ya que el metal tiende a retornar a su estado primitivo oxidándose, por lo tanto, el proceso de corrosión es inherente al propio metal termodinámicamente favorecido.

El ejecutivo de una corporación, el marino, el ingeniero químico o de materiales el gerente de una refinería de petróleo, el grupo de mantenimiento de una industria o de un parque de diversiones, todos son afectados por la corrosión e intentan de alguna manera prevenir que se revierta el material bajo su control a su inutilizable estado original, pero el ser humano sólo puede actuar mitigándolo, utilizando para ello medidas anticorrosivas, por lo que el control de este proceso de reversión es la meta de la ingeniería de corrosión, refiere Espada (2005).

Las soluciones están en dependencia del material a proteger, la calidad del recubrimiento, la continuidad eléctrica, la localización de la estructura y las mismas pueden involucrar frecuentemente diferentes métodos de protección, que en su conjunto forman un sistema que generalmente incluyen algunos o todos de los siguientes:

Protección catódica (corriente impresa o ánodo de sacrificio)

- Continuidad eléctrica
- Aislamiento eléctrico
- Sistemas de recubrimientos

1.5.1 Protección anticorrosiva y de conservación

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.

- Grasas de conservación

Las grasas de conservación (DISTIN 314, 314S, 314L) se utilizan para la conservación y lubricación de los vástagos de las válvulas, en los bornes de las baterías de los motores de combustión interna y de los contactos eléctricos, en la conservación temporal de tuercas, pernos y arandelas durante las operaciones de mantenimiento frecuente. En la parte inferior de los contenedores, donde no es posible preparar superficies y aplicar recubrimiento de pintura, en zonas inaccesibles, en el sellado de los orificios en las uniones acero – hormigón. Este cumple por lo general una protección temporal, por tanto, tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control anual del estado de las superficies protegidas con estos productos. Estos compuestos se pueden aplicar por proyección, inmersión, por brocha o frotado.

- El Mástique Asfáltico

El Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 403, se aplicaría dentro del sistema de mantenimiento en las uniones solapadas con pernos, una vez pintadas, para eliminar los oficios que se forman tanto en el solape, entre el perno y el orificio, entre la arandela y la tuerca, produciendo las llamadas uniones “húmedas”. En las uniones con bridas, para el problema de orificio en los pernos una vez pintados y para rellenar los orificios que quedan entre la junta y las bridas. En las uniones metal – hormigón y metal- mortero, después de aplicado el recubrimiento de pintura sobre el metal. En la eliminación o atenuación de las zonas de acumulación de depósitos y agua, con el cual se pueden producir superficies inclinadas o rellenar hendiduras.

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.

El Mástique Asfáltico Líquido tipo solvente DISTIN 403 L puede ser atomizado para que penetre en componentes huecos con alta humedad que tienen que ser impermeabilizados, tales como la parte inferior del piso del contenedor, en los orificios de aquellas uniones que no pueden ser separadas durante las labores de

mantenimiento, para proporcionar una protección adicional a pernos, tuercas y arandelas.

- La Cera Abrillantadora e Impermeabilizante

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.

Esta cumple una protección temporal, de meses, en función de las condiciones de agresividad a que esté sometido el equipo.

- La Disolución de Fosfatado Decapante

La Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504, está diseñada para la preparación rápida de superficies metálicas oxidadas y superficies metálicas no oxidadas, 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.

Por todo lo antes expuesto, se fundamenta en el trabajo la aplicación de las Normas (NC ISO 12 944: 1-8) en todos sus aspectos, complementándola con lo siguiente:

- 1- Identificar la agresividad corrosiva de la atmósfera para la instalación objeto de estudio y los principales agentes causantes del deterioro.
- 2- Identificar los principales problemas de diseño anticorrosivo y proponer las formas de atenuación o eliminación.
- 3- La preparación superficial previa, incluyendo los tratamientos manuales mecanizados y las disoluciones de fosfatado.
- 4- Selección y aplicación del sistema de pintura adecuado, que responda a la agresividad del medio existente y el tiempo de duración deseado que debe ser como mínimo de 7 años.
- 5- La aplicación de los materiales de matriz asfáltica modificados con polímeros DISTIN, los cuales se han evaluado y certificado.
- 6- La aplicación de las grasas DISTIN, las cuales se han evaluado y certificado.

- 7- La aplicación de la disolución de fosfatado DISTIN, los cuales se han evaluado y certificado.
- 8- La aplicación de la cera abrillantadora DISTIN, la cual se han evaluado y certificado.
- 9- Completar el sistema con la conservación preventiva de forma periódica, incluyendo la limpieza y aplicación de los productos de conservación antes referidos.

1.6 Daños y pérdidas por corrosión en instalaciones petroleras.

Las fallas por corrosión en instalaciones petroleras pueden provocar gastos directos e indirectos de aspecto económico y humano (Guerrero, 2012 citado por González, 2017, p.7-8).

La vida útil de los equipos de la industria petrolera se acorta a menudo como resultado de los problemas ocasionados por la corrosión. En los últimos 10 años se han tenido grandes adelantos en su detección y remedios aplicados para su control en la producción de petróleo (Muthukumar, 2014 citado por González, 2017, p.7-8).

Entre los aspectos económicos se encuentran:

- Reposición del equipo corroído
- Coeficiente de seguridad y sobre diseño para soportar la corrosión
- Mantenimiento preventivo como la aplicación de recubrimientos
- Paros de producción debido a fallas por corrosión
- Contaminación de productos
- Pérdida de eficiencia
- Pérdida de productos valiosos
- Daño de equipo adyacente a aquel en el cual se tuvo la falla de corrosión

Refiere Orozco, *et al*, (2010) dentro de los aspectos humanos y sociales, los siguientes:

- La seguridad, fallas violentas pueden producir incendios, explosiones, liberación de productos tóxicos y colapso de construcciones
- Condiciones insalubres por ejemplo: contaminaciones debido a la fuga de productos por el equipo o tubería corroídos o bien un producto de la corrosión misma
- Agotamiento de los recursos naturales
- Apariencia, ya que los materiales corroídos generalmente no muestran buenas condiciones a simple vista

Naturalmente, estos aspectos sociales y humanos también tienen sus implicaciones económicas y podemos ver claramente que hay muchas razones para controlar la corrosión.

1.7 Incidencia económica de la corrosión

De los primeros reportes de la incidencia económica de la corrosión, se encuentra el Reporte Hoar en 1971, que consistió en un informe del Comité de Corrosión y Protección del Ministerio de Comercio e Industria en Londres, presidido por Hoar, según refiere González (1984). En el cual se estima las pérdidas anuales causadas por la corrosión, en los países industrializados y en vías de desarrollo, en alrededor del 3.5 % del Producto Nacional Bruto (PNB), cifra en la que se incluye solamente las pérdidas directas. Se expresa, además que los mayores ahorros potenciales en los costos de la corrosión, provienen de un mejor uso de los conocimientos ya adquiridos, cuya correcta aplicación se estima que representaría una reducción de pérdidas del 22.7 %, como resultado de la reducción de los costos en un grupo de sectores industriales. Coincidiendo (NACE Corporation, 2003), con ahorros de un 25-30 %. Sería de interés por tanto producir ahorros de esta magnitud en los costos por mantenimiento que se reportan actualmente y que se consideran de elevados, afectando directamente la eficiencia de la empresa.

Las acciones que más contribuyen a la disminución de las pérdidas (Espada, 2005), radican en el racional uso de materiales en función del medio, tratamientos anticorrosivos más idóneos y el diseño adecuado desde la etapa del proyecto. Precisamente la tecnología de los SIPAYC está dirigida a complementar estos requisitos que normalmente no se consideran en la protección anticorrosiva.

Para hacer comparaciones entre países, los costos de la corrosión han continuado expresándose usualmente como una proporción del PNB, en un rango entre el 2 y el 5 % y dependiendo principalmente si las pérdidas indirectas atribuidas a la corrosión han sido consideradas en adición a las pérdidas directas. De un estudio realizado en el CEAT, se utiliza el rango del 3 al 4 % del PIB (Echeverría, 2002), se asume para Cuba el 4 %, que como se observa no corresponde al mayor nivel de pérdidas reportado, atendiendo a la agresividad corrosiva y la situación económica del país.

1.8 Conclusiones Parciales del Capítulo

1. La búsqueda bibliográfica aportó los datos necesarios sobre la definición de la corrosión atmosférica de los metales, los factores que influyen en su deterioro destacando la influencia del aerosol marino en las condiciones geográficas de nuestro país.
2. La revisión de las normas técnicas revisadas brindó los criterios básicos que deben seguirse para lograr reducir los daños que ocasiona el fenómeno de la corrosión, en particular, en las estructuras y equipos de acero.
3. El incumplimiento de las etapas que establecen las normas de protección anticorrosiva atenta contra la durabilidad de los metales. Los problemas de diseño anticorrosivo, la incorrecta selección de materiales para su mantenimiento y los efectos de los factores atmosféricos exigen de soluciones con técnicas y productos con enfoque en sistemas de protección anticorrosiva y de conservación.

4. Las pinturas constituyen un componente fundamental en los sistemas de protección con recubrimientos, aunque no constituyen por si solas, un sistema de recubrimiento totalmente efectivo. Su éxito está determinado 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.
5. Los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación como complemento a los esquemas de pinturas sobre los sustratos metálicos incluyen materiales compuestos de mastique asfáltica, grasas de conservación, disoluciones fosfatadas y ceras impermeabilizantes.

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

2.1 Materiales y métodos

Para la identificación de los problemas de diseño anticorrosivos del tanque 41 de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas debemos referirnos a las Normas Internacionales, en particular a las Normas NC ISO 12 944 de la 1-8. Las mismas establecen los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión y propone algunas soluciones a los problemas de este tipo que se puedan presentar. De acuerdo con las Normas (NC ISO 12 944-2,4-7), un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados, que van a ser aplicados o que ya lo han sido, sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión. Es posible además, aplicar medidas de protección adicionales u otras medidas, pero se requiere el acuerdo entre las partes interesadas, en el momento de negociar la aplicación de la norma de referencia.

El diseño adecuado es el medio más efectivo para reducir los costos relacionados con la corrosión y prolongar el tiempo de vida útil de una instalación, el cual incluye:

- 1- La selección de materiales compatibles.
- 2- La promoción de geometrías (figuras).

Aunque la vida de los objetos metálicos, depende básicamente de los materiales con que han sido fabricados, de la forma que tienen y la protección que se les dé, en ellos una buena protección con pinturas será más fácil y apropiada si está complementada con un buen diseño.

El diseño de cualquier objeto es tan importante como la elección de los materiales de construcción; y el mismo debe estar de acuerdo con las exigencias físico-químicas, incluyendo la resistencia a la corrosión.

Como métodos para la realización del diagnóstico se emplea:

Análisis visual: para ello se realiza un análisis visual detallado para poder observar todos los problemas que existen. Observación que se realiza de derecha a izquierda, de adelante hacia atrás y de abajo hacia arriba.

Fotografía digital: para dejar constancia gráfica del problema.

Al analizar las normas se constata que las soluciones propuestas para los problemas de diseño son insuficientes por lo que se hace necesaria la incorporación de técnicas y productos con enfoque de sistemas.

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.

2.2 Diagnóstico

Se analizarán los principales problemas de diseño anticorrosivo, así como los tipos de corrosión que se originan en el tanque 41 de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas (Ver figura 2.1).



Figura 2.1. Tanque 41 de la Empresa Comercializadora de Combustible.

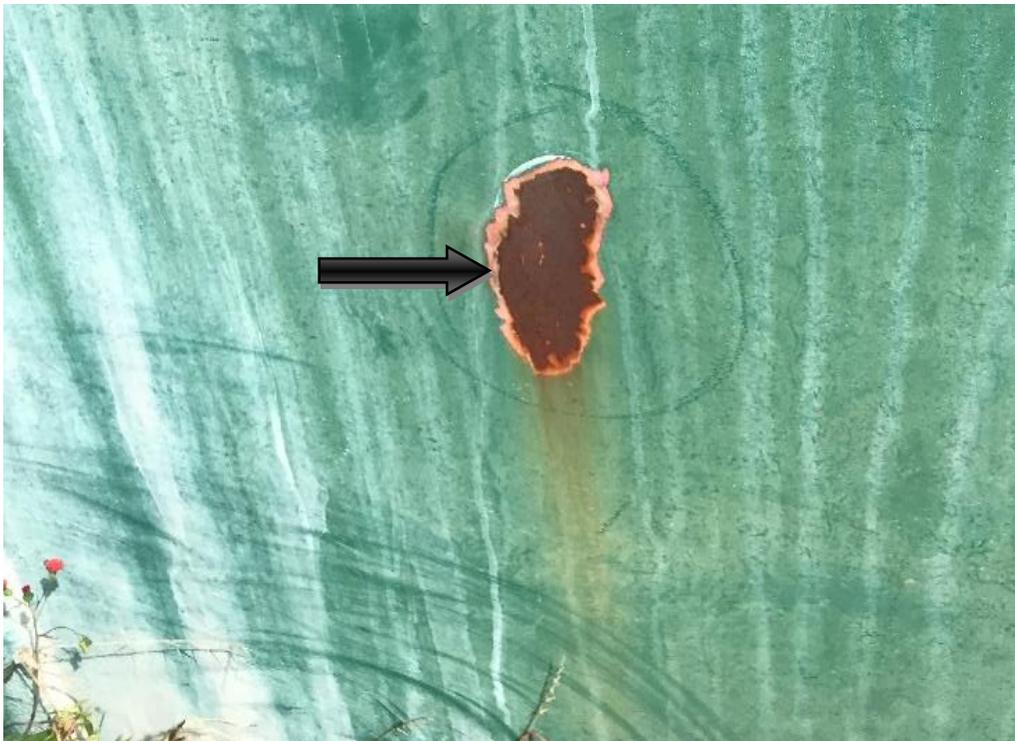


Figura 2.2. Corrosión por celdas de aireación diferencial.

Corrosión por celda de aireación diferencial

Este tipo de corrosión aparece cuando existe una mala preparación superficial donde quedan atrapados contaminantes debajo del esquema de pintura generando corrosión interfacial en su inicio y al romperse el esquema de pintura aparece la corrosión por celda de aireación diferencial.

La humedad adsorbida penetra a la pintura, al igual que el oxígeno hasta la superficie metálica, pero ambos no pueden provocar el proceso de corrosión de no existir contaminantes sobre la superficie (en este caso existe la influencia del aerosol marino) que aumenten la conductividad en la interface acero – pintura y favorezcan el proceso corrosivo.

Otro factor que pueden provocar que se dañe el esquema de pintura es debido a afectaciones en la manipulación, el transporte y el montaje.



Figura 2.3. Se observan uniones de soldaduras por puntos



Figura 2.3.1 Imperfecciones en las superficies de soldadura

Imperfecciones en la superficie de las soldaduras

Las soldaduras deben ser continuas y libres de imperfecciones para evitar la acumulación de contaminantes sobre las superficies irregulares. Las soldaduras por puntos no son admitidas según la normal en este tipo de atmosfera de agresividad muy alta.



Figura 2.4. Bordes agudos

Bordes

Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos son también más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación.

En todos los casos se presenta una corrosión localizada, ya que en esas zonas es por donde primero fallan los recubrimientos de pintura por una deficiente preparación superficial, al no estar pareja la superficie.



Figura 2.5. Uniones con pernos con falta de recubrimiento

Conexiones con pernos y conexiones precargadas

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.

Los pernos, tuercas y arandelas al estar precargados, acumulan tensiones y por tanto son más susceptibles a la corrosión, al presentarse la corrosión bajo tensión.



Figura 2.6 Espacio entre las 2 bridas menor de 50 mm. Resquicios entre el perno y la brida



Figura 2.7. Se observa el fondo del tanque sobre su base, formando un resquicio

Accesibilidad y resquicios

Los componentes de acero deberían diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector. Siempre que sea posible deberían evitarse los espacios estrechos entre elementos. La separación entre las partes no puede ser mayor de 100mm de profundidad, ni menor de 50mm de ancho. NC-ISO: 12944-3, (2017).

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 provocando la corrosión en resquicio.



Figura 2.8. Refuerzo con imperfecciones en la soldadura y creando áreas de difícil acceso

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.



Figura 2.9. Área de acumulación y depósito

Área de acumulación y depósito

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

2.3 Metodología para la preparación superficial

La preparación de la superficie, ejerce una influencia determinante sobre el posterior comportamiento y durabilidad de los sistemas de pintura o recubrimiento que se apliquen.

Los métodos de preparación previa de la superficie dependen de muchos factores, entre los cuales podemos señalar:

- Agresividad corrosiva de la atmósfera
- Tipo de metal y estado superficial
- Forma y tamaño de la pieza o instalación
- Tipo de recubrimiento a aplicar
- Medios técnicos disponibles
- Tiempo de duración deseado

En las Normas sobre recubrimientos de pintura, se vincula la calidad de la preparación previa con la agresividad corrosiva de la atmósfera y la durabilidad de los esquemas de pintura. Para esquemas de pintura de durabilidad baja, se exige una preparación previa de acuerdo con la Norma NC ISO 12944-1: 2018 clasificada de Sa 2.5.

2.3.1 Diagnóstico de la preparación de superficies.

Cada imagen de las expuestas anteriormente ratifica con muchos elementos la importancia de la preparación previa de la superficie con la aplicación de los recubrimientos, siguiendo una serie de importantes pasos que se deben cumplir

de forma obligatoria, producido fundamentalmente a que en muchos casos no se cumplen las normas establecidas, por ejemplo:

Para la preparación con herramientas manuales es recomendable utilizar la norma ISO 8501-1 ST2.

Para la preparación con herramientas mecánicas o de poder la norma SSPC-SP11, esta trata del grado de limpieza.

Para el lavado y desgrase de bases, bridas y soportes la norma SSPC-SP1.

2.3.2 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, obteniéndose dos niveles de limpieza

el St2 donde la abrasión elimina el óxido y partículas extrañas y la superficie tiene ligero brillo metálico y el St3 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 Sa3, Sa2 1/2, para usar preferentemente en mantenimientos capitales.

Los factores que son indispensables 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.

La preparación superficial es fundamental, ya 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 utilizarán cepillos de alambre con taladros, electro-esmeriladora, 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 aún 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 o la Disolución de Fosfatado no Decapante DISTIN 505 dependiendo del estado inicial de la superficie y del resultado deseado.

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.

Antes de comenzar a pintar, se medirá con un psicrométrico la temperatura del bulbo húmedo y del bulbo seco, después de conocer las temperaturas, con la ayuda de las tablas psicométricas se obtiene la humedad relativa y el punto de rocío.

Seguidamente se mide la temperatura del substrato utilizando el termómetro de superficie.

Se deben atender y controlar los siguientes parámetros:

1. Adherencia
2. Espesor de película húmeda por capa
3. Espesor de película seca por capa y total
4. Rugosidad del acero
5. Humedad relativa
6. Temperatura ambiente
7. Viscosidad de la pintura
8. Dureza (rayado)
9. Aspecto general (visual)
10. Brillo (visual)
11. Color (visual)
12. Opacidad (visual)

2.4 Metodología para la selección del esquema de pintura

Para la selección del sistema de pintura adecuado hay que tener en cuenta lo establecido en la Norma NC ISO 12944-5: 20, que posee tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas a las condiciones de agresividad existentes. Es necesario saber el nivel agresividad corrosiva de la atmósfera, además hay tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura para la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas. Este tiempo no es necesariamente un período de garantías, pero sirve para poder planificar los periodos de mantenimientos.

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

2.5 Métodos de protección que pueden aplicarse.

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

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

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

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

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

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

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

2.5.1 Metodología para la aplicación del SIPAYC

La presente metodología, es el resultado de la experiencia práctica desarrollada por más de 30 años de investigación donde se han tenido que enfrentar diferentes problemas en este campo.

No se trata solamente del análisis y propuesta de solución de un problema en este campo, se trata de proponer un sistema que integra los diferentes elementos que contribuyen a una solución efectiva y económica.

Los aspectos que contempla esta metodología se dividen en dos momentos: ante de pintar y después de pintar:

- Caracterización del problema en base a diagnóstico
- Selección de materiales. Identificar problemas
- Diseño anticorrosivo. Identificación de los problemas que se presentan
- Tipos de corrosión y factores que influyen
- Evaluación de la magnitud del daño con criterio técnico y económico
- Medidas que se aplican o pueden aplicarse
- Métodos de protección
- Métodos de conservación
- Enfoque en sistema y propuesta de SIPAYC

2.6 Metodología para el análisis económico

Para analizar la facilidad económica de la aplicación de un SIPAYC al tanque 41 de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas se elabora una ficha de costo. La estructura de los costos contienen los gastos que representa para la empresa el esquema de pintura incluyendo la mano de obra. Consultando al contador del Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) se obtiene un estimado de los costos siguiendo las características técnicas de los productos, definida en las Fichas Técnicas de cada uno de los productos DISTIN.

Los productos DISTIN ofrecen una gran oferta, poseen precios muy competitivos por estar elaborados en un 100% con materias primas nacionales logrando así la sustitución de importaciones.

Se realiza una comparación entre las dos opciones, aplicar el SIPAYC o no, analizando las ventajas para la empresa que conlleva la primera opción.

2.7 Conclusiones Parciales del Capítulo

1. Es fundamental el conocimiento de las Normas NC ISO 12944-(1-9) para la realización del diagnóstico, aspecto principal en el combate contra la corrosión.
2. Las causas principales de la corrosión en el tanque 41 de la Empresa Comercializadora de Combustible están originadas por problemas de

diseño anticorrosivo como accesibilidad, imperfección en la superficie de soldadura, condiciones con pernos y pernos precargados, entre otras.

3. Una mala preparación superficial es otro factor que interviene en el deterioro del tanque 41. De ella depende lograr un buen resultado en el esquema de pintura a aplicar.
4. Es necesario analizar económicamente la propuesta de SIPAYC para resaltar las ventajas de su uso y el ahorro que supone su empleo.

Capítulo III: Propuesta tecnológica de protección anticorrosiva y conservación.

3.1 Materiales y métodos

En los sistemas de mantenimiento con pintura, se constata, que no siempre un único método de protección (pintura), garantiza que no se deteriore el material, sino que se requiere de la combinación de métodos de protección o medidas adicionales.

Materiales a utilizar en la protección adicional:

Mástiques asfálticos. Estos materiales están formados elementalmente por matrices y rellenos. Son aplicables como recubrimientos de sellaje y rellenos de uniones, como material asfáltico impermeabilizante para techos y en estructuras para trabajos de ingeniería, formando un recubrimiento protector, además de que resisten el impacto de otros agentes sobre ellos. Los Mástique asfáltico DISTIN 403 y 403 L están especialmente preparado para ser utilizados con estos fines.

Grasas de conservación. Las grasas líquidas DISTIN 314 L y 316 L están especialmente preparadas para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas y otras partes de las estructuras metálicas y equipos. La grasa semisólida DISTIN 314 está preparada para la protección de partes de piezas y equipos por períodos prolongados bajo techo y a la intemperie, ya que no se chorrea.

Cera abrillantadora e impermeabilizante. La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causantes del deterioro de las pinturas.

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 y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera.

3.2 Aplicación de un sistema de protección anticorrosiva y conservación

Objetos a Proteger (superficies en metros cuadrados)

Diámetro 24.5

Superficies: Techo Exterior: 519

Estructuras del techo: 368

Fondo: 471

Envolvente exterior: 654

Interconexiones Tecnológicas: 100

Barandas: 120

Escalera: 50

Sistema de espuma: 60

Sistema de Enfriamiento: 120

Pasarelas: 75

Soportes: 12

Materiales: Acero al carbono

Productos manipulados y parámetros de Operación:

Capacidad: 2 000 m³

Producto: Nafta Reductora

Temperatura: 30⁰C

3.2.2 Agresividad corrosiva de la atmósfera

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 atmósfera se debe considerar en todo momento, pero hay fechas del año en que son más significativas. Al respecto en Cuba, existen dos períodos del año, uno de octubre a marzo que coincide con el período

de los frentes fríos y de seca, donde penetra con mayor cantidad y frecuencia el aerosol marino, 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 ubicado el tanque 41 de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas.

El tanque se encuentra en el litoral norte en un ambiente marino-industrial con presencia de aerosoles salinos, gases corrosivos, altos niveles de humedad relativa y radiación ultravioleta de la luz solar.

Ambiente C5 - Muy alta, atmósferas marino-industriales cercanas al mar donde se encuentra la participación de los contaminantes SO_4^{2-} y Cl^- , producto de gases industriales de manipulación del petróleo, de combustión y aerosoles marinos además de niveles altos de humedad relativa. Según establecido por la Norma NC-ISO 12944-2:2017.

3.2.3 Selección del recubrimiento de pintura para el sistema

El sistema de pintura debe proporcionar una durabilidad de hasta 7 años según la clasificación de las NC ISO 12944-1: 2018 para el rango de durabilidad baja. Este tiempo no constituye un periodo de garantía, si no un criterio técnico que puede ayudar a establecer programas de mantenimiento.

De forma general tenemos que el sistema tiene que cumplir con el número AsI03, con un grado de preparación superficial igual o similar al Sa 2.5.

Primario: HEMPADUR AvantGuard 750 (epoxi de dos componentes con alto contenido en zinc activado).

Secundario: HEMPADUR MASTIC 45880 (epoxi de capa gruesa de dos componentes con aducto de poliamida y de alto contenido en sólidos).

Acabado: HEMPATHANE 55930 (esmalte de poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático).

Las pinturas señaladas pertenecen a la firma HEMPEL y son las que se utilizan en las instalaciones y equipos en la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas por lo que en los casos que los requiera, no es necesario remover todo el esquema de pintura existente.

Aspectos a tener en cuenta antes y durante la aplicación de los recubrimientos:

- Condiciones ambientales
- Preparación de la superficie
- Inspección de las condiciones de los equipos de aplicación
- Inspección de las pinturas y su aplicación

3.2.4 Preparación de las superficies

Protección del Área

Antes de comenzar los trabajos de preparación de la superficie se deben proteger los siguientes objetos: todas válvulas, vástagos de válvulas, así como actuadores de las mismas, los manómetros, termómetros, flujómetros, u otros indicadores existentes, los visores o indicadores de nivel de cristal u otro material similar, las chapillas de datos técnicos y motores eléctricos de los equipos similares cercanos al área de trabajo, además los propios equipos de trabajo.

Preparación del acero antes de pintar

Los cordones de soldaduras deben presentar una superficie lisa, continua y homogénea para asegurar la calidad del sistema de pintado. Deben evitarse las grietas, fisuras, que puedan causar discontinuidades en la capa de pintura y si se encuentran deben eliminarse mediante soldadura o esmerilado. Eliminar todas las proyecciones de soldadura. Los cantos y aristas vivos deben aplanarse o

redondearse a fin de que se pueda obtener un espesor de película uniforme en estos puntos. El radio de curvatura del canto debe ser aproximadamente 2 mm. Eliminar la escoria y salpicaduras de soldadura, redondear bordes agudos, nivelación de cordones de soldadura y marcas de cortes, eliminar estructuras auxiliares.

Lavado y desengrase

Eliminar con trapo y espátula o raspillas grasa gruesas existentes. Aplicar la solución de Mariner Desengraser al 30 % y dejar actuar entre 45 min y 2 horas. Eliminar toda la solución con abundante agua dulce a presión y cepillando al mismo tiempo con cepillo de cuerda vegetal. Los residuos alcalinos de los cordones de soldadura recientes, así como los restos jabonosos de las pruebas de presión de los tanques deben eliminarse con agua dulce a presión, cepillando al mismo tiempo si es necesario.

3.2.5 Esquema de mantenimiento

Tuberías del Sistema Contra Incendio. Barandas. Escalera-barandas.

- Eliminar con trapo y espátula o raspillas grasa gruesas existentes
- Aplicar la solución de Mariner Desengraser al 30 %y dejar actuar entre 45 min y 2 horas
- Eliminar toda la solución con abundante agua dulce a presión y cepillando al mismo tiempo con cepillo de cuerda vegetal
- Comprobar visualmente la efectividad del desengrase realizado
- Repetir en las zonas con grasa (sin oxido)
- Chorreado abrasivo con granalla M25 hasta alcanzar un grado de preparación Sa 2.5 por Norma ISO 8501-1 con perfil de anclaje de 75µm a 90µm.BN 10a-b Rugotest 3
- Soplado para eliminar los restos de polvo y pintura soplando con aire comprimido

- Aplicar una capa de imprimación con epoxi de dos componentes con alto contenido de zinc activado.
- Lavado con agua dulce a presión
- Aplicar Strike coat (Reforzamiento con brocha), con epoxi curado con aducto de poliamida a todas uniones soldadas y cantos vivos. Calafatear
- Aplicar capa intermedia con epoxi de capa gruesa curado con aducto de poliamida.
- Aplicar capa de acabado con esmalte poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático con espesor seco de 75µm

Envolvente y Techo

- Eliminar la escoria y salpicaduras de soldadura, redondear bordes agudos, nivelación de cordones de soldadura y marcas de cortes, eliminar estructuras auxiliares
- Eliminar con trapo y espátula o raspillas grasa gruesas existentes.
- Aplicar la solución de Mariner Desengraser al 30 %y dejar actuar entre 45 min y 2 horas.
- Eliminar toda la solución con abundante agua dulce a presión y cepillando al mismo tiempo con cepillo de cuerda vegeta.
- Comprobar visualmente la efectividad del desengrase realizado

Repetir en las zonas con grasa (sin óxido)

- Aplicar un chorreado abrasivo hasta alcanzar un grado de preparación por la Norma ISO 8501 un Sa 1, granalla M60. Para eliminarlas dos últimas capas del recubrimiento, lograr un perfil de rugosidad adecuado.
- Antes de comenzar la aplicación de imprimación eliminar polvo y restos de abrasivo mediante aspiración
- En las zonas donde se llegue al sustrato aplicar capa de pintura con epoxi de dos componentes con alta contenido de zinc activado
- Lavar toda la superficie con abundante agua dulce a presión

- Aplicar un reforzamiento con brochas las uniones soldadas
- Capa de pintura intermedia con epoxi curado con poliamida
- Capa de pintura de acabado con esmalte poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático, con espesor seco de 75µm.

3.2.6 Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo.

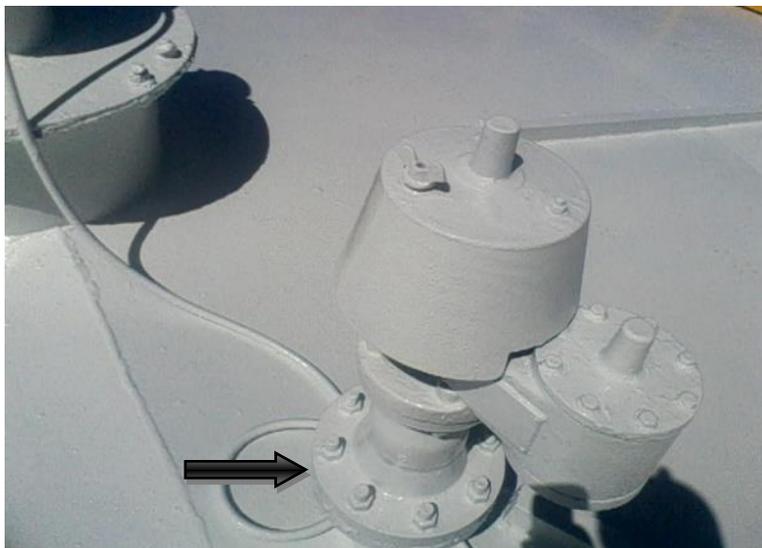


Figura 3.1 Pernos precargados protegidos con grasas y mástique

Solución para el problema de diseño anticorrosivo: conexiones con pernos y conexiones precargadas.

Para dar solución a este problema primeramente se debe limpiar con herramientas mecánicas para producir un metal desnudo y crear un perfil de anclaje, aunque se preparan preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica. Apretar los pernos y las tuercas y se pintan de nuevo para las zonas dañadas, posteriormente recubrir con grasa semisólida DISTIN314 que facilita la protección de la rosca y el perno. Después de colócalos, sellar con mástique asfáltico semisólido DISTIN404, para rellenar los orificios que

queden durante el montaje, una vez terminado se aplica otra capa de acabado de pintura.

Cuando se está en presencia de tuercas que se zafan frecuentemente no sería recomendable estar pintando con frecuencia. Se aplica en estos casos grasa semisólida de conservación DISTIN 314 (Ver figura 3.2).

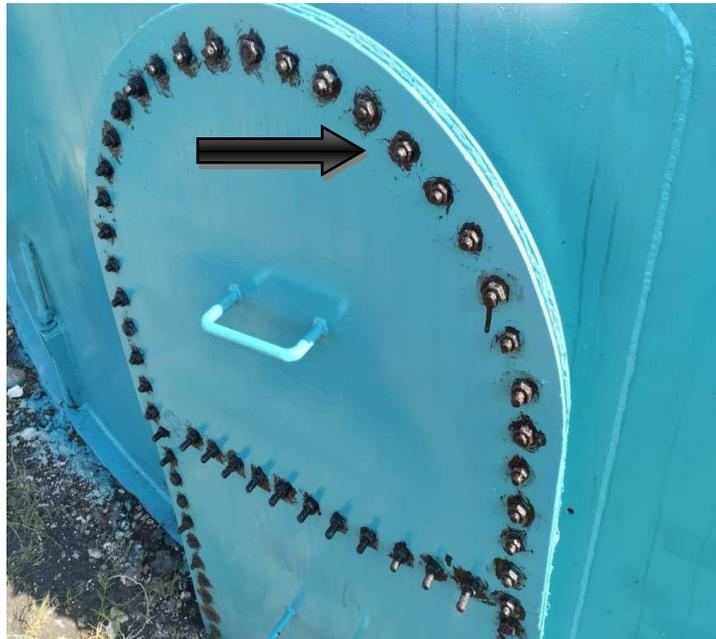


Figura 3.2.1. Pernos cubiertos con grasa semisólida de conservación

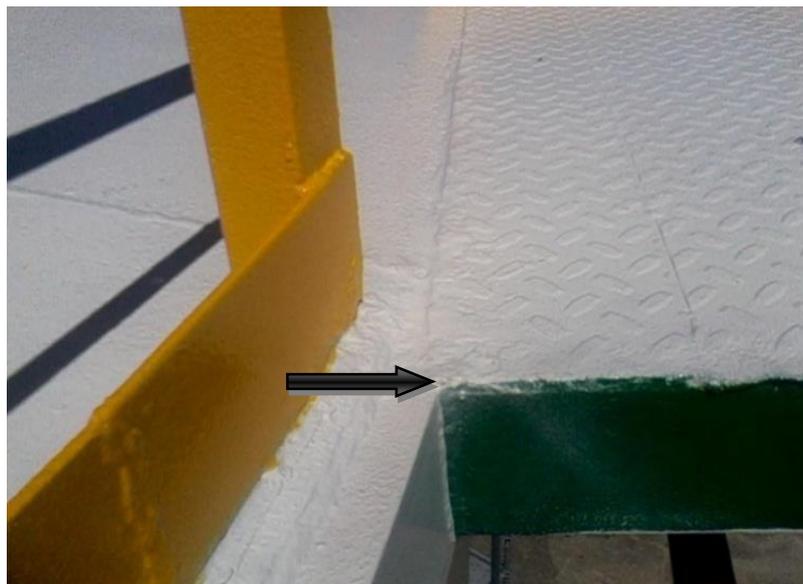


Figura 3.2. Área de difícil acceso sellado con mástique

Solución para el problema de diseño anticorrosivo: orificios, refuerzos, resquicios.

Limpiar bien en la zona de resquicio, preparar la superficie. Aplicar el esquema de pintura seleccionado con las dos capas iniciales. Reforzar con pintura los bordes. Se aplica otra capa de acabado de pintura con esmalte poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático, con espesor seco de 75 μm . Recubriendo después con grasa semisólida DISTIN314 diluida al 50%. Se sellará aplicando mediante espátula mástique asfáltico como goma DISTIN404, que evita la penetración de los contaminantes, para finalmente aplicar otra capa de acabado de pintura.

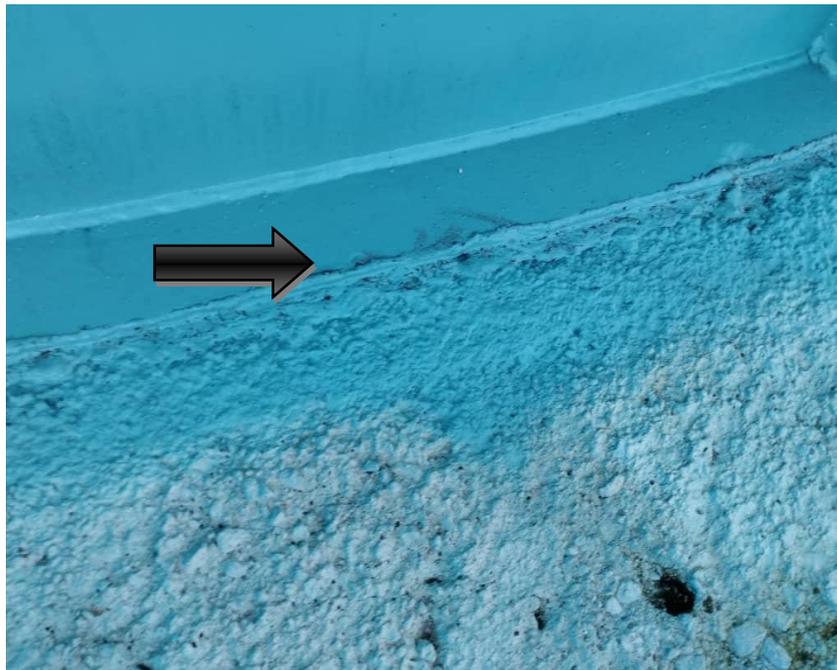


Figura 3.3 Resquicio entre el tanque y base de hormigón sellado con mástique

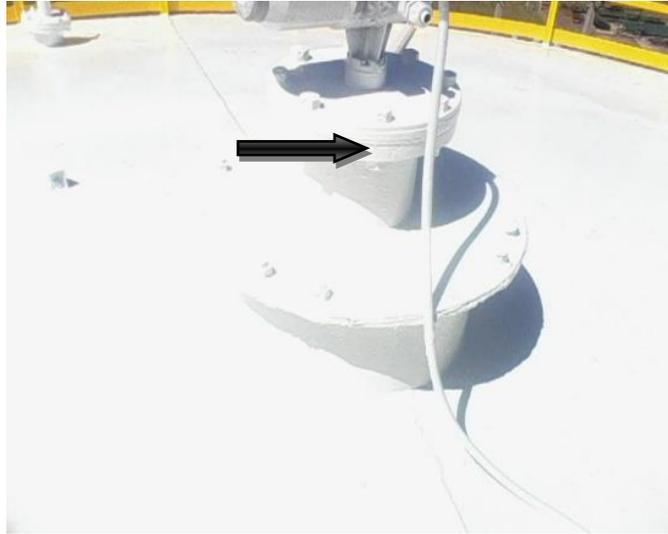


Figura 3.4. Separación entre bridas sellada con mástique

Solución para el problema de diseño anticorrosivo: accesibilidad.

Luego de aplicar el esquema de pintura se atomiza grasa 314L en su interior y posteriormente se sella con mastique DISTIN 404. Finalmente se realiza un acabado con pintura.



Figura 3.5. Componente hueco atomizado con grasa de conservación líquida y sellado con mástique

Componente hueco

Para dar solución a este problema se propone sellar el área con lámina de acero soldada en todo su alrededor convirtiéndolo en un componente hueco, con abertura para atomizar grasa de conservación líquida tipo solvente DISTIN 314 L para proteger de la humedad y posteriormente sellar orificio con mastique.



Figura 3.6. Superficies del tanque cubierta por cera abrillantadora

Solución para la corrosión por celda de aireación diferencial.

Para dar solución a este problema como se ve en la figura 3.5 se debe limpiar la superficie a partir del chorreado abrasivo con granalla M-25 hasta alcanzar un grado de preparación Sa 2.5. Aplicar el esquema de pintura seleccionado. Posteriormente aplicar finas capas de grasa DISTIN 314L frotando con un paño o aplicar cera abrillantadora.



Figura 3.7. Soldadura continua

Solución para el problema de diseño anticorrosivo: imperfecciones en la superficie de las soldaduras.

En las soldaduras irregulares la solución es emparejarla con una electro-esmeriladora y posteriormente preparar la superficie y pintar. Si las soldaduras no son continuas se recomienda la aplicación de la grasa de conservación líquida DISTIN 314L en los orificios y sellar con Mastique Asfáltico DISTIN 404.



Figura 3.8. Bordes redondeados

Solución para el problema de diseño anticorrosivo: bordes filoso y agudos.

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 lograr el espesor de la película adecuada, en ocasiones estas áreas se retocan con brocha para lograr un mayor espesor.



Figura 3.9 Área de acumulación y depósito reforzada con pintura y con cera impermeabilizante abrillantadora

Solución para el problema de diseño anticorrosivo: área de acumulación y depósito

Para evitar la retención de humedad se deben diseñar superficies inclinadas o biseladas. Para solucionar este problema se debe abrir un drenaje en el caso que lo permita. Para los otros casos es necesario reforzar esas áreas con el esquema de pintura, aplicar mástique con el objetivo de darle un ángulo de inclinación que evite que se acumulen los contaminantes. Como protección adicional se emplean las ceras impermeabilizantes.

3.3 Análisis económico

Costo del mantenimiento del tanque 41 de la Comercializadora de Combustible de Matanzas

	MN
Tarifa Técnica Productiva	6719154.66
Materiales	115163.12

Servicios	1892664.81
Mano de obra	84268.30
Total	8811250.89

Fuente: Datos actuales de la empresa.

En la tabla anterior podemos apreciar el valor de la inversión que supone para la aplicación del sistema de pintura, demostrando la importancia del cuidado y conservación de los metales contra la corrosión. Según lo establecido en la Norma (NC ISO 12944-1,2018), el método tradicional (sistema de pintura) de durabilidad baja ofrece un periodo de protección de 7 años.

Gasto material de los productos DISTIN en el tanque 41

Materiales y operaciones	UM	CU MN	Total, utilizar	a	CT MN
DISTIN 314 (grasa semisólida)	Kg	43.5495808	80		3483.97
DISTIN 404 (mástique)	Kg	27.3969863	160		4383.52
DISTIN 603L (cera)	L	39.1652469	20		783.00
DISTIN 504 (fosfatado)	L	35.9268490	50		1796.34
Total					10 446.83

Fuente: Elaboración propia

Gasto de mano de obra (Aplicación de Sipayc).

El consumo de los productos DISTIN se obtuvo mediante la toma de medidas de las zonas a aplicar y de acuerdo con el rendimiento de los mismos según las fichas técnicas de los productos, ver anexos del 2 al 5.

Objeto/ Etapa/ Descripción	Valor del servicio
Aplicación de los productos Distin	11371.82

Fuente: Datos actuales de la empresa

Costo total de la aplicación del SIPAYC = 8 833 069.54

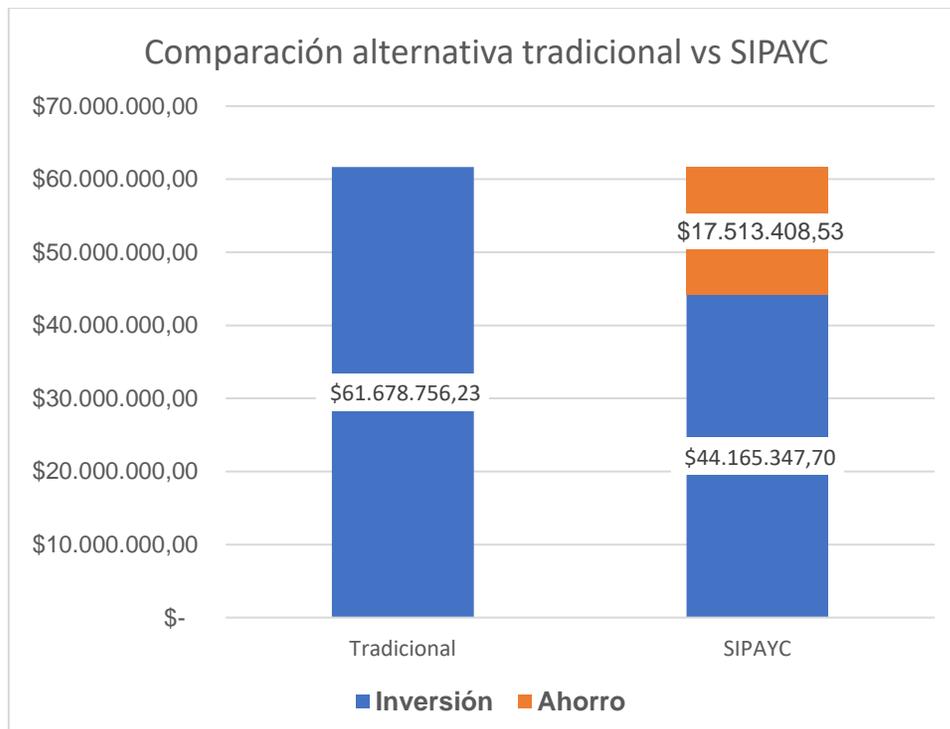
La implementación de los SIPAYC puede alargar el tiempo de protección por un periodo de 10 años. Los productos DISTIN se aplican en el primer año de forma completa y posteriormente se aplica en dependencia del estado de las superficies de los equipos y componentes.

Comparación entre el método tradicional y la aplicación de los SIPAYC

	Tradicional	SIPAYC
Precio	8811250.89	8833069.54
Intervenciones en el ciclo de vida	7	5
Inversión	61678756.23	44165347.70
Ahorro		17513408.53

Fuente: Elaboración propia

Para un período de vida útil del tanque estimado en 50 años se puede apreciar que disminuyen la cantidad de intervenciones necesarias para el mantenimiento con la utilización de los SIPAYC, proporcionando un ahorro para la empresa de 17513408.53.



3.4 Conclusiones Parciales del Capítulo

1. El tanque 41 de la empresa Comercializadora de Combustible se encuentra en un ambiente de alta corrosividad, en presencia de aerosoles salinos, gases corrosivos, altos niveles de humedad relativa y radiación ultravioleta de la luz solar.
2. Las normas NC ISO 12944: 1-9 ofrecen soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión pero, al mismo tiempo, resultan insuficientes, por lo que es necesario implementar una protección adicional. En este caso se utilizaron los productos DISTIN.
3. Los productos DISTIN son de gran efectividad por su fácil manejo al aplicarlos y por los bajos costos que representan a la hora de dar mantenimiento, garantizando la protección del metal.
4. Con el empleo del SIPAYC se logra aplazar el tiempo de mantenimiento necesario de siete a diez años, representando un ahorro de gran importancia para la empresa.

Conclusiones

1. Se propone un sistema de protección anticorrosivo y de conservación, que permite reducir el deterioro por corrosión que presenta el tanque 41 de la Empresa Comercializadora de Combustible dando respuesta a la hipótesis planteada.
2. Se diagnosticaron los principales problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión, exponiendo la necesidad del mantenimiento para lograr alargar la vida útil del tanque.
3. Entre los productos más recomendados para atenuar los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión se encuentran: las grasas de conservación (DISTIN 314,314L) y el mástique asfáltico con polímeros de goma DISTIN 404.
4. Con la aplicación de los SIPAYC la empresa logra un ahorro de 17513408.53 CUP, demostrando las ventajas de su implementación.

Recomendaciones

1. Generalizar el estudio del uso de los SIPAYC al resto de tanques combustibles de la Empresa Comercializadora de Combustible.
2. Mantener un seguimiento en el tiempo al tanque 41 para comprobar su estado y verificar si los resultados esperados se cumplen.

Referencias

- Catalá, C. (2021). *Propuesta de un sistema de protección anticorrosivo y conservación (SIPAYC) para la bala de gas en la Estación Colectora Seboruco*. [Tesis de Ingeniero Químico, Universidad de Matanzas]. <http://cict.umcc.cu/repositorio/tesis/Trabajos de Diploma/Ingeniería Química>
- Corvo, F., Betancourt, N. y Mendoza, A. (1995). *Influencia de la salinidad de la atmósfera sobre la corrosión del acero* [Ponencia]. Encuentro Nacional del Área de Investigación, Desarrollo y Lucha contra la Corrosión. Ciudad de La Habana.
- Echeverría, C.A. (2002). *Corrosión Atmosférica del Acero en Condiciones Climáticas de Cuba: Influencia del Aerosol Marino*. [Archivo PDF].
- Echeverría, C.A, Cortijo, O, Sarraf, M. (2000). Influencia de la corrosión atmosférica en la industria azucarera cubana. *Revista Centro Azúcar*, (3), 83-86.
- Echeverría, CA. Méndez, O. Rodríguez, J. González, A. Oquendo, Y. Castellanos, T. Molina, A. Rosales, N. Muñiz, O. Pérez, N (2003). *Estudio de los problemas de corrosión diseño anticorrosivo y protección en el Complejo Paradiso Puntarenas. Propuesta de soluciones*. Universidad de Matanzas. <http://monografias.umcc.cu>
- Echeverría, C. A. (2003). *Métodos de protección a la atmósfera* [Ponencia]. *Conferencia Especializada del Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT)*, Universidad de Matanzas, Matanzas.
- Echeverría, C. A. Echeverría M. Méndez, O. Rodríguez, J. González, A. Oquendo, Y. Castellanos, T. Molina, A. Rosales, N. Muñiz, O. Pérez, N, (2005). El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas. *Retos Turísticos*, 3(2), 21-30.
- Espada, L. R. (2005). *La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas*. <http://www.nervion.com.mx.web.htm>
- Feliú, M.S (1971). Principios de corrosión y protección de metales. *Corrosión y protección*, 2 (4), 126-133.

- Fragata, F. (2002). *La pintura como técnica de protección anticorrosiva. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II- Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED)*. Madrid,
- Gómez, L. J. (1999). *Estudio corrosivo sobre cuatro metales en estaciones cubanas del proyecto MICAT*. [Tesis de Doctor en Ciencias Técnicas].
- González, J. A. (1984). *Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión*. Madrid, España.
- González, E. (2017). *Propuesta de solución al proceso corrosivo del muelle PT-1 de la Empresa Comercializadora de combustibles de Matanzas*. [Tesis de Ingeniero Químico]. Universidad de Matanzas.
- <http://cict.umcc.cu/repositorio/tesis/Trabajo>
- Hernández, J. (2019). *Contra la corrosión, otra pelea para la ciencia cubana*. Agencia Cubana de Noticias. <http://www.acn.cu/medio-ambiente/50165-contrala-corrosion-otra-pelea-para-la-ciencia-cubana>
- Iglesias H., M. (2000). *Influencia del aerosol marino en condiciones climáticas de Cuba y los ensayos acelerados de corrosión*.
- Maldonado, L. Véleva, L. y Castro, P. (22-27 octubre de 1995). *Atmospheric Corrosion Behaviour of Zinc, Copper amashnd Carbon Steels in The Yucatán Península [Ponencia]*. Proceedings del Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección, Canarias, España, 87-88.
- Maldonado, LV. *Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica (Parte I)*. Editor Programa CYTED.
- Morcillo, M. (1998). *Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica. Parte I. Mapas de Iberoamérica de corrosividad atmosférica. (Proyecto MICAT)*. Editor Programa CYTED 1998. Págs. 787.
- Morcillo, M. (2002). *Fundamentos sobre protección anticorrosiva de metales en la atmósfera. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED)*. Madrid,

- González, E. (2017). Propuesta de solución al proceso corrosivo del muelle de aguas profundas en la Base de Supertanqueros de Matanzas. [Tesis de Ingeniero Químico], Universidad de Matanzas, <http://>
- NACE Corporation. (2003). Costos de la corrosión y estrategias preventivas en los EE.UU. [Archivo PDF]. <http://www.costosnace.com>.
- NC-ISO 12944 – 1:(2018). Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.
- NC- ISO 12944 – 2:(2020) Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 2: Classification of environments
- NC- ISO 12944 – 3:(2020) Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 3: Design considerations
- NC- ISO 12944 – 4: (2020) Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 4: Types of surface and surface preparation
- NC- ISO 12944 – 5: (2020) Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems
- NC-ISO 12944–6 :(2018) Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems —Part 6: Laboratory performance test methods
- NC-ISO 12 944-7 (2018). Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 7: Execution and supervision of paint
- NC-ISO 12 944-8 (2018). Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 8: Development of specifications for new work and maintenance
- NC-ISO 12944-9(2018). Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 9: Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures
- Ochoa. (2005). Pinturas anticorrosivas. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.

- Orozco Cruz, R., Martínez Martínez, E. A., Ramírez Reyes, J. L., Galván Martínez, R., Fernández Gómez, I. (2010). Corrosión: fenómeno natural, visible y catastrófico.
- Ortiz, A. (2002). Corrosión. Facultad de Ingeniería, México.
- Pérez, C. (1998). Estudio de los sistemas de protección de las superficies metálicas expuestas a la intemperie. [Archivo PDF]. Universidad de Santiago de Compostela.
- Roberge, P. (2000). Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies.
- Rodríguez, M. T. (2004). *Formulación y evaluación de imprimaciones epoxis anticorrosivas curables a temperatura ambiente*. [Archivo PDF]. Departamento de Tecnología y Departamento de Ciencias Experimentales, Universitat Jaume I.
- Scott, H. P. (2000). Minimizing Infrastructure Deterioration. The corrosion Journal for the Online.
- Schmidt, D. P., B. A. Shawa, et al. (2006). "Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment." *Progress in Organic Coatings* 57: 352–364.
- Tomashov, N.D. (1979). *Theory of corrosion and protection of metals*. La Habana, Ed. Revolucionaria, 1979.
- Wei, I. 1991. Atmospheric Corrosion of Carbon Steels and Weathering Steels in Taiwan. *British Corrosion Journal*, 26: p.291-298.

Anexos

Anexo 1: Mapa de la agresividad corrosiva en Cuba



MAPA REGIONAL DE LA AGRESIVIDAD CORROSIVA DE LA ATMOSFERA EN CUBA

Map of the corrosive aggressiveness of atmosphere in Cuba

- **EXTREMA:** Hasta 1 km de la costa norte en zonas no apantalladas
- **ALTA:** Franja de 1 a 3 km de la costa norte y 1 km de la costa sur
- **MEDIA1:** Zonas montañosas (> 500 m) con mayor humedad
- **BAJA:** Zona a más de 20 km de las costas donde se alcanzan valores mínimos de corrosión
- **MEDIA:** Hasta 20 km de las costas, donde influye ligeramente el aerosol marino

CATEGORIA	TDE horas/año	CONTENIDO SO ₂ mg SO ₂ /m ³ .año	CONTENIDO Cloruro: mg Cl ⁻ /m ³ .año
C1	≤10	≤10	≤3
C2	10-24	10-35	3-5
C3	250-2500	35-50	60-300
C4	2500-5500	80-200	300-1500
C5	>5500	>200	>1500

Anexo 2. Ficha técnica de la disolución de fosfatado



Unidad de Desarrollo e Innovación Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas.
Km 3 ½ Autopista a Varadero. Matanzas.

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.

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 y Durabilidad: El producto debe ser almacenado en tanques plásticos de diferentes capacidades. En estas condiciones se garantizan más de 4 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 sede “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba

Comuníquese: Teléfonos: 45256811/ 45 256870 E - Mail:
harold.betancourt@umcc.cu, merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu.

Anexo 3 Ficha técnica del mástique asfáltico



Unidad de Desarrollo e Innovación Centro de Anticorrosivos y Tensioactivos. Universidad de Matanzas.
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 404 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 que le confieren combustibilidad,

cuando se trabaje con oxicorte o sopletes, debe ser retirado con espátula y colocado nuevamente en caliente.

Dirección: UDI - CEAT Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba

Comuníquese: Teléfonos: 45256811/ 45 256870 E - Mail:
harold.betancourt@umcc.cu, merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu.

Anexo 4 Ficha técnica de la grasa semisólida



Unidad de Desarrollo e Innovación Centro de Anticorrosivos y Tensioactivos. Universidad de Matanzas.
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 chorro a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos.

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

Método de Aplicación:

- >> **Proyección:** Pudiera aplicarse de prepararse líquida, se oferta una grasa líquida con estas características.
- >> **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa fundida que posee una alta estabilidad coloidal, lo que permite fundirla en repetidas ocasiones, sin separar el aceite.
- >> **Brocha o frotado:** Se emplea este método principalmente para la protección y lubricación de cables de acero, aunque puede ser aplicada a otros componentes o piezas que lo requieran.
- >> **Rendimiento:** Para la aplicación de la grasa en forma líquida cuando está fundida, el rendimiento es de 8 a 10 m² /Kg a unos 100 ° C. En la preparación de superficies por frotado o brocha depende del espesor.

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

- >> **Intemperie:** Resiste la acción de la radiación solar que chorro 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.

Almacenamiento y durabilidad:

El producto puede ser suministrado en tanques de 220 litros o cubetas plásticas de 14 Kg y otras capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba

Comuníquese: Teléfonos: 45256811/ 45 256870 E - Mail: harold.betancourt@umcc.cu, merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu.

Anexo 5 Ficha técnica de la cera abrillantadora

Unidad de Desarrollo e Innovación Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos.
Universidad de Matanzas. 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 causantes del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro de los recubrimientos de pintura. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas.

: Método de aplicación:

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

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

>>Rendimiento: Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 8 a 10 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 estas u otras aplicaciones.

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Km 3.5 Autopista
a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 45256811. E.Mail:
harold.betancourt@umcc.cu.

Anexo 6 Ficha técnica de HEMPADUR AvantGuard 750



Ficha Técnica

HEMPADUR AvantGuard 750

1736G

HEMPADUR AvantGuard 750: BASE 1736U: CURING AGENT 97043

Descripción	HEMPADUR AvantGuard 750 es una imprimación de tipo epoxi de dos componentes con alto contenido en cinc activado, que cumple con los requerimientos de la norma ISO 12944 parte 5, 2007, y con un nivel 2, tipo II de la norma SSPC Paint 20, 2002. Puede formularse con polvo de cinc tipo II según la norma ASTM D520.
Uso recomendado:	Como imprimación versátil para la protección del acero a largo plazo en ambientes altamente corrosivos.
Características	<ul style="list-style-type: none">• Reduce los efectos de la corrosión y ofrece una protección excelente• Buena resistencia mecánica, incluso en temperaturas cíclicas, con una mejor resistencia al agrietamiento debido a su gran flexibilidad y a sus cualidades auto reparadoras de micro fisuras• Gran tolerancia a distintas condiciones climáticas (altas temperaturas y alta humedad) durante la aplicación, así como a espesores altos de película seca• Cumple con la norma UNE 48277:2005
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 160°C.
Certificados:	Cumple con la norma UNE 48277:2005 Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	19840 / Gris oscuro
Acabado	Mate
Volumen de sólidos, %:	65 ± 1
Rendimiento teórico:	10.8 m ² /l [433.1 sq.ft./US gallon] - 60 micras.
Punto de inflamación	25 °C [77 °F]
Peso específico	2.3 kg/ltr [19.5 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	10 minuto(s) 20°C
Seco para manipular:	1.5 hora(s) 20°C
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COV:	316 g/l [2.6 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	1 año para la BASE y 3 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	HEMPADUR AvantGuard 750
Proporción de mezcla:	BASE 1736U: CURING AGENT 97043 8.5 : 1.5 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	08450 (5%) / 08450 (10%) / 08450 (5%)
Vida de la mezcla:	4 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.017 - 0.021 "
Presión:	220 bar [3190 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes) Usar un filtro con un tamaño de malla mínimo de 250 micras.
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	60 micras [2.4 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	100 micras [4 mils]
Intervalo de repintado, min	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max.	Ver OBSERVACIONES al dorso.
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.

Anexo 7 Ficha técnica HEMPADUR MASTIC 45880

Ficha Técnica HEMPADUR MASTIC 45880



45880: BASE 45889: CURING AGENT 95880

Descripción	HEMPADUR MASTIC 45880 es un recubrimiento epoxi de capa gruesa de dos componentes con aducto de poliamida y de elevado contenido en sólidos. Forma una película dura y tenaz con excelentes propiedades de humectación. Cura a bajas temperaturas.
Uso recomendado:	<ul style="list-style-type: none">- 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 acero nuevo donde no se precise un producto más específico.- Puede especificarse cuando se requieren unos intervalos amplios de repintado para acabados con poliuretano. Puede utilizarse directamente sobre silicato de zinc (GALVOSIL) o superficies metalizadas para minimizar la aparición de burbujas.- Como acabado cuando el factor estético no es relevante.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 120°C.
Certificados:	Según especificación Aramco APCS1, APCS12, APCS26 y 26T Cumple la sección 175.300 del Code of Federal Regulations Title 21 - Alimentos secos Para detalles consultar a Hempel. Cumple con la UNE 48278. Cumple con la European Fire Standard EN 13501-1; classification B-s1, d0. Comprobado como no contaminante de cargas de grano por el Newcastle Occupational Health, Gran Bretaña. Aprobado como retardante del fuego cuando se usa como parte de un sistema previamente definido. Consulte "Declaration of Conformity" en www.Hempel.com para más detalles. Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	12170* / Gris. (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Acabado	semi brillante
Volumen de sólidos, %:	80 ± 1
Rendimiento teórico:	6.4 m ² /l [256.6 sq.ft./US gallon] - 125 micras.
Punto de inflamación	39 °C [102.2 °F]
Peso específico	1.5 kg/ltr [12.1 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	4 hora(s) 20°C
Curado completo	14 día(s) 10°C
Contenido en COV:	216 g/l [1.8 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	3 años para la BASE y 3 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación. <i>* Extensa gama de colores disponible mediante HEMPEL MULTI-TINT</i> <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:	45880
Proporción de mezcla:	BASE 45889: CURING AGENT 95880 3 :1 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	< 5% HEMPEL'S THINNER 08450, en función del propósito (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Vida de la mezcla (Pistola sin aire)	1 hour 20°C
Vida de la mezcla (Brocha)	2 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.017 - 0.023 " (De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.)
Presión:	250 bar [3625 psi]
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	125 micras [5 mils] (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Espesor recomendado, húmedo:	150 micras [6 mils]
Intervalo de repintado, min	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max.	Ver OBSERVACIONES al dorso.
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.

Anexo 8 HEMPATHANE 55930

Ficha Técnica HEMPATHANE 55930



55930: BASE 55939: CURING AGENT 98930

Descripción	HEMPATHANE 55930 es un esmalte de poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático.
Uso recomendado:	Como capa de acabado de un esquema de pintura de elevada calidad. Aplicable sobre una gran variedad de sustratos como acero, aluminio, poliéster reforzado con fibra de vidrio, etc., cuando se desean óptimas prestaciones técnicas y estéticas.
Características	Excelente brillo y retención de color. Resistente a la intemperie, impacto, abrasión y a ambientes marinos e industriales. - Secado rápido - Excelente cubrición.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 120°C Ver OBSERVACIONES al dorso.
Certificados:	Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
Disponibilidad	Disponibilidad sujeta a acuerdo especial.
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	17980*/ Gris. (Ver OBSERVACIONES al dorso.) RAL 9018
Acabado	alto brillo
Volumen de sólidos, %:	58 ± 1
Rendimiento teórico:	11.6 m ² /l [465.2 sq.ft./US gallon] - 50 micras.
Punto de inflamación	30 °C [86 °F]
Peso específico	1.2 kg/ltr [10.4 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	4 hora(s) aprox. 20°C
Curado completo	7 día(s) , 20°C
Contenido en COV:	400 g/l [3.3 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	3 años para la BASE y 1 año (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación. <i>* Extensa gama de colores disponible mediante HEMPEL MULTI-TINT</i> <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:	55930
Proporción de mezcla:	BASE 55939: CURING AGENT 98930 4:1 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	08710 (15%)/ 08710 (20%)/ 08710 (5%)
Vida de la mezcla:	2 hora(s) aprox. 20°C
Boquilla:	0.013 - 0.015 "
Presión:	150 bar [2175 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	50 micras [2 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	100 micras [4 mils]
Intervalo de repintado, min	De acuerdo con la especificación.
Intervalo de repintado, max.	De acuerdo con la especificación.
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.

Anexo 9 Maquetas expuestas 6 meses en los terrenos de la Empresa Comercializadora de Matanzas

(a - sin productos DISTIN) (b – con productos DISTIN)



Anexo 10 Tarifa Técnico Productivo del tanque 41



TARIFA TÉCNICO PRODUCTIVO DEL TANQUE 41 DTCCM

No	Descripción de la Actividad	U/M	HH	Tarifa Técnico Productivo 258,4505
LÍNEA PRINCIPAL				
1	Limpieza Interior	HH	5538,21	1.431.353,14
2	Reparacion Mecanica Envolvente	HH	1182,52	305.622,89
3	Tratamiento Anticorrosivo Interior Techo y Estructura	HH	1990,37	514.412,12
4	Tratamiento Anticorrosivo interior Envolvente	HH	3273,99	846.164,35
5	Tratamiento Anticorrosivo interior Fondo	HH	1593,02	411.716,82
6	Tratamiento Anticorrosivo exterior Techo y Baranda	HH	1247,68	322.463,52
7	Tratamiento Anticorrosivo exterior Envolvente y Escalera	HH	3301,79	853.349,28
8	Tratamiento Anticorrosivo exterior de las Tuberias del Sistema Contra Incendio	HH	300,92	77.772,92
	Tratamiento Anticorrosivo exterior de las Tuberias de Entrada y salida	HH	348,37	90.036,40
9	Prueba Hidráulica	HH	250,00	64.612,63
	Transferencia Hztal y Vertical	HH	87,82	22.697,08
	Limpieza de obrra	HH	763,80	197.404,45
	Total		19.878	5.137.605,59
LÍNEA DE APOYO				
1	Tec SST	XI	1110	230020,95
2	J Obra de Area	XVII	1110	230020,95
3	Especialista A Mtto Industrial (TO)	XVI	1110	230020,95
4	Especialista A Mtto Industrial	XVI	1110	58151,36
5	Especialista A Mtto Industrial (EP)	XVII	555	58151,36
6	Chofer Rastra	V	110	10338,02
7	Chofer B	VI	1110	230020,95
8	Chofer B Pipa de Agua	VI	450	51560,87
9	Chofer B Pipa de Combustible	VI	450	51560,87

10	Operador de Compresor	III	590	253281,49
11	Operador de Grúa	VIII	100,35	25935,51
12	Operador de Elevador de Hombre	V	590	152485,80
TOTAL			8.395,35	1.581.549,07
TOTAL				6.719.154,66

Anexo 11. Servicios contratados



SERVICIOS CONTRATADOS TQ 41 DTCCM

Transportación

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Transportación	km/d	16650	19,00	316350,00
Dias cronogramas	dias	111,0		
Cantidad de kilómetros	km	150		
TOTAL				316.350,00

Hospedaje

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Hospedaje	días/crong	111,0	400,00	310800,00
Cantidad de trabajadores	cantidad	7		
Total				310.800,00

Alimentación

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Alimentación	h/d	1332	42,00	55944,00
Dias cronogramas	dias	111,0		
Cantidad de trabajadores	homb	12		
TOTAL				55.944,00

Inspección de soldadura

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Ultrasonido	m	854	190,96	163079,84
Tiza y Queroseno	m	72	61,12	4400,64
Líquidos Penetrantes	m	40	121,67	4866,80
Alimentación Inspectores de END	h/días	15	210,00	3150,00
Hospedaje	h/días	15	400,00	6000,00
Transportación ida y regreso	dia	2	95,60	191,20
Total				181.688,48

Alquiler Equipos

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Alquiler Generador 1ra etapa	hrs	105,0	285,75	30003,75
Alquiler Generador 2da etapa	hrs	939,34	417,18	391874,38
TOTAL				421.878,13

Calibracion VPV

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Valvulas Presion y vacio	u	2	1650,0000	3300,00
TOTAL				3.300,00

Aforo

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Aforo del Tanque	u	1	2150,0000	2150,00
TOTAL				2.150,00

Movimiento de Tierra

Servicios	U/M	Cant	Precio	Importe
			MN	MN
Mesclado de material	m3	445	1349,5600	600554,20
TOTAL				600.554,20

<u>TOTAL DE SERVICIOS</u>				1.892.664,81
----------------------------------	--	--	--	---------------------

Anexo 12. Costo de materiales

LISTADO DE MATERIALES DEL TANQUE 41 DTCCM				
Descripción	U	Cant.	Precio CUP	Importe CUP
LIMPIEZA INTERIOR				
Navy Wash	L	25	29,54	738,62
TOTAL				738,62
ENVOLVENTE				
PL Ac,Lisa ASTM Gr A A283 1700X8000X8mm	Tn	2,010	3500	7035,00
E 6010 3mm	Kg	6,000	19,21	115,26
E 6013 4mm	Kg	15,000	65,10	976,50
E 7018 3mm	Kg	15,000	28,69	430,35
E 7018 4mm	Kg	15,000	28,69	430,35
Cepillo alambre trenzado 1 50x22	U	7,000	9,67	67,69
Cepillo alambre trenzado 1 80x22	U	7,000	9,67	67,69
Disco abrasivo de 3X180X22	U	7,000	8,25	57,75
Acetileno	Bot	9,000	620,66	5585,94
Oxigeno	Bot	3,000	109,22	327,66
TOTAL				15.094,19
TRATAMIENTO ANTICORROSIVO				
HEMPADUR 45880 MASTIC	Lts	600,000	10,67	6402,00
HEMPADUR 85671 BLANCO APAGADO	Lts	800,000	11,72	9376,00
HEMPADUR 85671 ROJO BRILLANTE	Lts	400,000	11,55	4620,00
HEMPADUR AVANGUARD 750 Gris	Lts	720,000	27,78	20001,60
HEMPATHANE 55930 AMARILLO	Lts	20,000	20,59	411,80

HEMPATHANE 55930 BLANCO	Lts	300,000	10,83	3249,00
HEMPATHANE 55930 NEGRO	Lts	20,000	11,73	234,60
HEMPATHANE 55930 ROJO	Lts	20,000	27,82	556,40
HEMPATHANE 55930 VERDE	Lts	20,000	22,34	446,80
HEMPEL'S NAVI WASH 99330 (Desengrasante)	Lts	200,000	22,85	4570,00
HEMPEL'S THINER 08450 (Diluyente p/ recubrimiento epoxy)	Lts	260,000	6,97	1812,20
HEMPEL'S THINER 08710 (Diluyente p/ recubrimiento poliuretano base poliester)	Lts	60,000	29,96	1797,60
HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610 (Limpiador)	Lts	520,000	5,05	2626,00
GRANALLA ESCORIA DE COBRE M-25	U	138,000	292,20	40323,60
BROCHA 76 MM	U	6,000	1,14	6,84
FRAZADA DEPISO 100% ALGODON	U	5,000	0,55	2,75
				96.437,19
Hasta el 3% del Costo del Material				2.893,12
TOTAL				115.163,12