

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



Título: Propuesta de la metodología SIPAYC como alternativa para la protección anticorrosiva de los tanques del área de batería central de EPEP-Centro.

Tesis presentada en opción a título de Ingeniero Químico

Autor: Irasel Avila Martín.

Tutores: Ing. Adel Ortega Echeverría.

MS.C Enrique Revuelta Iglesias.

Matanzas, 2020.

Pensamiento

Nuestro mensaje llegará a todos los rincones de la Tierra y nuestra lucha será ejemplo. El mundo, cada vez más y más ingobernable, luchará hasta que el hegemonismo y el avasallamiento de los pueblos sean totalmente insostenibles.

Fidel Castro Ruz



Declaración de autoridad

Yo Irasel Avila Martín declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma
Titulado: Propuesta de la metodología SIPAYC como alternativa para la
protección anticorrosiva de los tanques del área de batería central de EPEP-
Centro, realizado en la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, como
parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química,
por tanto autorizo que el mismo sea utilizado en la institución con la finalidad que
estimen conveniente.

Firma: _____

Irasel Avila Martín

Facultad de Ciencias Técnicas
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma:

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro de Tribunal

Provincia: _____ Fecha: _____ Calificación: _____

Dedicatoria

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

A mi madre por ser ese motorcito impulsor en el desarrollo de mi vida escolar brindándome todo su apoyo incondicional y esa paciencia que la caracteriza.

Te amo mi Reina

Por otro lado está mi padre que de una forma u otra también ha sabido inculcarme valores y respeto ante todo.

A todos mis amistades que siempre las he tenido en las buenas y en las malas nunca cambien son perfectos, los quiero chicos.

A mi novia Daniela por su inmensa comprensión y pasión por todas mis malcriadeces.

En general a toda mi familia y en especial a mis pérdidas más recientes mis adorables tías YAYA y tía SONIA.

Además aquellas personas que aportaron su granito de arena a esta humilde faena de ayudar a graduarme a pesar de ser el más intranquilo de todos los conocidos.

Agradecimientos

A la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos por darme la oportunidad de realizar algo que mi corazón anhelaba. Sé que sin su ayuda y el apoyo de la Decana de la Facultad Sonia Benavides.

Al departamento de Química en general por abrirme los brazos en esta casa de estudios en donde me he sentido muy bien acogido. Gracias por abrir sus puertas a nuestros horizontes.

A mi tutor Adel Ortega por su desmesurada e incondicional paciencia a la hora de dedicarme parte de su valioso tiempo.

A mi querida familia a la cual me enorgullezco a pertenecer. A ustedes debo todo lo que soy, y sin su apoyo no estuviera aquí. Porque han sido mi ejemplo a seguir y motor para avanzar, a pesar de todo.

Resumen

La Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-Centro) presenta graves problemas de corrosión lo que compromete la vida útil del equipamiento y sus instalaciones, que, en lo fundamental están construidos de acero de bajo contenido de carbono lo que provoca serias afectaciones en un ambiente muy corrosivo. El trabajo se realiza con el objetivo de proponer como alternativa de solución la propuesta de una metodología para la aplicación de las Tecnologías de los Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) para minimizar los daños por corrosión en los Tanques del proceso productivo. El procedimiento de la tecnología, incluye el diagnóstico para la caracterización técnica del equipamiento objeto de estudio, la evaluación de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación en cada los equipos que se requieran, además de la aplicación de productos, que permitirían una vez ejecutadas disminuir las pérdidas por corrosión en dichas instalaciones. Como resultado del trabajo, se fundamenta y se desarrolla la metodología que regirá la protección anticorrosiva y conservación de los Tanques, además se proponen herramientas que permitirán fundamentar económicamente la aplicación de la tecnología una vez elaborada.

Abstract

The Centro Oil Drilling and Extraction Company (EPEP-Centro) presents serious corrosion problems, which compromises the useful life of the equipment and its facilities, which are basically made of low carbon steel, which causes serious damages in a very corrosive environment. The work is carried out with the aim of proposing as an alternative solution the proposal of a methodology for the application of the Technologies of the Anticorrosive Protection and Conservation System (SIPAYC) to minimize the damage caused by corrosion in the tanks of the production process. The technology procedure includes the diagnosis for the technical characterization of the equipment under study, the evaluation of the problems of anticorrosive design, corrosion, protection and conservation in each equipment that is required, in addition to the application of products that would allow once executed, reduce the losses due to corrosion in said facilities. As a result of the work, the methodology that will govern the anticorrosive protection and conservation of the Tanks is founded and developed, in addition tools are proposed that will economically support the application of the technology once it has been developed.

Índice

	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1	3
1.1. Incidencia de la corrosión	3
1.2. La corrosión atmosférica en Cuba	4
1.2.1. Factores que influyen en la velocidad de corrosión	5
1.2.2. Corrosión atmosférica del acero.	6
1.2.3. Características del medio corrosivo	6
1.2.3.1. Años y pérdidas por corrosión en instalaciones petroleras	8
1.2.4. Agresividad corrosiva de la atmosfera	9
1.2.5. Clasificación de la corrosión	10
1.3. Diseño anticorrosivo	20
1.4. Recubrimientos Anticorrosivos	25
1.4.1. Sistemas de protección Anticorrosiva con pinturas	27
1.5. Protección anticorrosiva y conservación adicional	27
1.5.1. Materiales compuestos de matriz asfáltica	27
1.5.2. Gasas de conservación	28
1.5.3. Ceras abrillantadora e impermeabilizante	28
1.5.4. Disolución de fosfatado	29
1.6 Conclusiones parciales del capítulo.	30
Capítulo II: Metodología de los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC)	31
2.1. Metodología	31
2.2. Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivos y de corrosión.	31
2.3. Diagnóstico de la preparación superficial	32
2.4. Sistema de protección anticorrosiva y de conservación	32
2.4.1. Agresividad corrosiva de la atmosfera	32
2.4.2. preparación superficial previa a la aplicación de recubrimientos	33
2.4.3 Tratamiento y soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo	35
2.4.4. Selección de los recubrimientos de pintura para el sistema	35
2.4.5. Protección anticorrosiva adicional y conservación	36
2.5. Valoración económica. Herramientas	37

2.6. Conclusiones parciales del capítulo	38
Conclusiones	39
Recomendaciones	40
Bibliografía	41
Anexos	47

Introducción

La Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-Centro) es una entidad estatal del MINEM que fue creada como persona jurídica el 18 de diciembre de 1976, por resolución 76/109 de la Juceplan y del extinto Ministerio de Minería y Geología. Ubicada en la Finca "La Cachurra", Guásimas, municipio Cárdenas. Su actividad fundamental es la Exploración Geológica, Perforación y Extracción de Petróleo, abarca un territorio desde los límites de la ciudad de Matanzas hasta las provincias Villa Clara y Cienfuegos.

La entidad tiene localizadas sus principales instalaciones productivas y las oficinas centrales en el municipio de Cárdenas, y el resto se extiende dentro de la provincia, la misión actual de la empresa es satisfacer una parte de las necesidades energéticas del país como resultado de la exploración, el desarrollo de la explotación de yacimientos gas petrolíferos y de los servicios especializados, directamente o como contrapartida de firmas extranjeras, representando a CUPET. Para lo cual cuenta con un colectivo de trabajadores con una tradición petrolera y altamente motivados por las labores que realizan, factores claves para el logro de resultados económico-productivos significativos. Además es una organización empeñada en el desarrollo integral de la actividad petrolera nacional, de manera que alcance el liderazgo productivo y tecnológico en un ambiente innovador y participativo. La empresa cuenta con el mayor yacimiento de Petróleo del país, el Yacimiento Varadero con reservas del orden de los 2 mil millones de barriles de petróleo pesado y viscoso con densidades entre 9 y 10 Grados API.

El centro se encuentra en las cercanías de la costa norte la cual tiene gran incidencia con respecto a la corrosión de los equipos localizados en esta instalación. Además de las características de la atmósfera que es altamente corrosiva, la falta de preparación del personal y deficientes métodos de protección y conservación, existen graves problemas corrosivos en los tanques presentes en la empresa.

Problema Científico:

Deterioro por corrosión en los tanques del área de batería central de EPEP-Centro.

Hipótesis:

Si se analiza la metodología de los Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación (SIPAYC), se puede fundamentar una alternativa para disminuir el deterioro por corrosión de los tanques del área de batería central de EPEP-Centro

Objetivo general:

Proponer una metodología con enfoque en sistema como alternativa para la protección anticorrosiva de los tanques del área de batería central de EPEP-Centro.

Objetivos específicos:

- Realizar un análisis bibliográfico sobre corrosión, diseño anticorrosivo y protección anticorrosiva.
- Proponer una metodología para la protección anticorrosiva de los tanques del área de batería central de EPEP-Centro apoyado en tecnologías, procedimientos y productos de producción nacional.
- Proponer herramientas para validar económicamente la propuesta de alternativa de protección anticorrosiva de los tanques objetos de estudio.

Capítulo I

1.1. Incidencia en la corrosión

Los primeros estudios relacionados con los costos de la corrosión fueron desarrollados por Uhlig en 1949, en su trabajo “Los costos de la corrosión en los Estados Unidos” (Echeverría, M. et al. 2008), en el cual realiza los cálculos relacionados con la corrosión sobre la base de métodos de prevención. En ese reporte se estiman las pérdidas anuales directas causadas por la corrosión en alrededor del 3,5 % del Producto Interno Bruto (PIB), tanto en los países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo. Expresando que los mayores ahorros en los costos de la corrosión provienen de un mejor uso de los conocimientos ya adquiridos, representando una reducción de pérdidas de un 25-30 % (NACE Corporation, 2003). Países como Japón, Reino Unido y EE.UU. han llevado a cabo estudios del costo de la corrosión y han estimado las pérdidas de la economía nacional debido a la corrosión hasta un 5% del PIB (Biezna, M. et al. 2005). Como se observa, se utiliza como criterio un porcentaje del PIB, el cual incluye todos los ingresos de un país. En un estudio previo se asumió para Cuba el 4% del PIB, que como se observa no corresponde al mayor nivel de pérdidas reportado por (Biezna, M. et al. 2005). El porcentaje utilizado se debe a la agresividad corrosiva de Cuba y a la situación económica del país (Echeverría, C.A. et al. 2002).

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

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

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

1.2. La corrosión atmosférica en Cuba

La atmósfera es uno de los medios corrosivos naturales más ampliamente difundido y es, precisamente, en este medio donde ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas, según demuestran los estudios realizados por varios autores. Se plantea que alrededor de un 80 % de las estructuras metálicas están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50 % de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. (González, A. et al. 2018).

Se plantea que el conocimiento más exacto posible, acerca de los factores atmosféricos en los diferentes ambientes, ayudaría a la planificación de las medidas anticorrosivas y por ende a la disminución de las pérdidas por corrosión. (González, A. et al. 2018).

Las preocupaciones que causa este tema, han llevado a científicos e investigadores a realizar numerosos trabajos. Esto se debe, en gran medida a que el fenómeno no es fácilmente tratable con las técnicas de la ciencia de los materiales y de la electroquímica. Uno de los mayores problemas a que se enfrentan los investigadores es la simulación precisa de las condiciones meteorológicas y atmosféricas que se dan en la práctica. (Echeverría, M. et al. 2015).

Para cada ambiente, es necesario tener en cuenta la influencia sobre los materiales, de las condiciones atmosféricas del macro clima (oxígeno; humedad; contaminantes: SO₂, NaCl, NO_x, etc.; la radiación solar global) y del microclima (la formación de rocío, o en general, el tiempo de humectación de la superficie; el calentamiento de la superficie por la radiación solar global, especialmente la radiación infrarroja; la acumulación de iones de naturaleza ácida (SO₂, NO₂, Cl) en la película acuosa depositada sobre el objeto. (Echeverría, M. et al, 2008).

“La corrosión atmosférica, que es la causa más frecuente del deterioro de los metales y aleaciones, es posible únicamente cuando la superficie metálica está

humedecida”, señala (Echeverría, 2010).

De resultados obtenidos en estudios realizados y coincidiendo con (Espada, L.R. 2005) se considera que la corrosividad de una atmósfera está en función de:

- a) Humedad relativa del aire.
- b) Número de días en que haya precipitaciones acuosas.
- c) Posibilidad de formar una capa de electrolito sobre el metal.
- d) Condensación de la humedad por cambios de temperatura (formación de rocío).
- e) Pulverizaciones acuosas del agua de mar o de río por la acción del aire.

La corrosión es un proceso espontáneo que provoca el deterioro acelerado de máquinas, equipamientos, estructuras y productos metálicos en general, con el consecuente impacto en la economía. La identificación de los agentes ambientales agresivos y los de proceso, es fundamental en la etapa de diseño y en la selección de materiales de construcción y protección. Cuando por diversas razones la operación y/o el mantenimiento no son adecuados pueden generarse fallas inesperadas siendo las estrategias de prevención y control de la corrosión las que permiten reducir sustancialmente los costos. (González, A. 2010)

1.2.1. Factores que influyen en la velocidad de corrosión

Según (Méndez, O. González, A. 2018) los principales factores que operan en la corrosión atmosférica son:

Factores externos

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

Factores internos

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

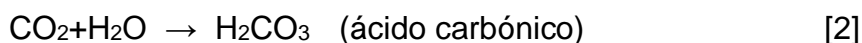
Cada uno de estos factores juega un rol en la aparición y aceleración de la velocidad de corrosión. Pero el efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas.

1.2.2. Corrosión atmosférica del acero:

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

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

El bióxido de carbono está en una solubilidad equilibrada con el agua y los hidrocarburos. La concentración del CO₂ en el agua está determinada por la presión parcial del gas en contacto con el agua de formación. La reacción química por presencia del CO₂ es:



La corrosión por efecto del bióxido de carbono ocurre cuando se moja CO₂ y el acero con el agua de formación. Si el porcentaje de agua se incrementa, la posibilidad de corrosión se incrementará, por lo que la composición química del agua representa un papel importante en este efecto corrosivo. Cuando en el flujo de hidrocarburos del pozo se presenta la combinación de los compuestos del H₂S y CO₂, hacen que el efecto sea más corrosivo sobre el acero

1.2.3. Caracterización del Medio Corrosivo

La hipótesis del origen inorgánico del petróleo sostiene que el petróleo natural se forma a partir del metano en las condiciones termodinámicas del manto superior. La ubicuidad de los hidrocarburos en el sistema solar se toma como evidencia de que puede que haya mucho más petróleo en la Tierra de lo que se piensa y ese petróleo puede tener origen en la emigración de los fluidos carboníferos hacia regiones superiores del manto. La palabra petróleo proviene del latín, *petra* que significa piedra y *óleum*, que significa aceite.

Es un mineral que en condiciones normales es un líquido bituminoso (pegajoso) que puede presentar gran variación en diversos parámetros como color y viscosidad, difundidos en la envoltura de la tierra, es un recurso natural no renovable. Es oleoso (graso, aceitoso), compuesto por diferentes sustancias orgánicas, por átomos de carbono e hidrógeno; además contiene oxígeno, azufre, agua, gas y minerales disueltos.

En la EPEP-Centro existen otros yacimientos menores llamados comúnmente satélites o asociados, contándose entre ellos a los denominados Varadero Sur, Guásimas, Cantel Serpentina, Cantel Caliza, Boca de Camarioca, Majaguillar, San Antón, Chapulín, Mar Bella, Cupey y Motembo, entre otros. Muchos de ellos producen crudo medio o pesado, aunque ante el crudo extra pesado del yacimiento Varadero, mayoritario en el compósito, se le llama habitualmente crudo ligero.

Según informes internos realizados en la EPEP-Centro referente a las características del petróleo crudo comercial y gases de los Centros Colectores, se determinó que el petróleo crudo comercializado tiene las siguientes características: (Tabla 1 según D, Amaro.2015)

Los valores de carbón Conrad son, cenizas y el valor calórico se encuentran dentro de los rangos normales para este tipo de crudo.

El análisis elemental demuestra que el contenido de vanadio es bajo, el cual es un índice favorable debido a que la formación durante la combustión del pentóxido de vanadio es altamente perjudicial desde el punto de vista corrosivo, no siendo así en el caso del azufre el cual presenta valores elevados, lo que puede provocar además de la contaminación ambiental correspondiente, formación de ácidos corrosivos (sulfhídrico y sulfuroso) en zonas frías del sistema de salida de gases de la combustión de las calderas.

Según González, Y. 2015 corrobora lo anterior al determinar por análisis químicos (método del tolueno y lámpara) y cromatografía que el petróleo está compuesto por fracciones pesadas de petróleo, fracciones de keroseno, ciclo para finas, naftenos, asfaltenos y compuestos de azufre. **(Ver tabla1anexo 1)**

1.2.3.1. Daños y pérdidas por corrosión en instalaciones petroleras

Los efectos de la corrosión sobre instalaciones y equipos industriales producen anualmente pérdidas que llegan a cifras muy importantes en los países industrializados, estas pérdidas se han valorado del 3 al 5% del PIB. De todas las fallas que ocurren en la industria del gas y del petróleo la más importante es la debida a la corrosión con el 33% de los casos, (Corrosion Costs and reventive Strategies in the United States, 2002; Kerman y Harrop, 2002)

Se conoce que las fallas por corrosión en instalaciones petroleras pueden provocar gastos directos e indirectos de aspecto económico y humano. (Guerrero, 2012)

Dentro de los aspectos económicos:

- a. Reposición del equipo corroído.
- b. Coeficiente de seguridad y sobre diseño para soportar la corrosión.
- c. Mantenimiento preventivo como la aplicación de recubrimientos.
- d. Paros de producción debido a fallas por corrosión.
- e. Contaminación de productos.
- f. Pérdida de eficiencia ya que los coeficientes de seguridad, sobre diseño de equipo y productos de corrosión por ejemplo, decrecen la velocidad de transmisión de calor en intercambiadores de calor.
- g. Pérdida de productos valiosos.
- h. Daño de equipo adyacente a aquel en el cual se tuvo la falla de corrosión.

Dentro de los aspectos humanos y sociales: (Orozco, et al., 2010)

- a. La seguridad, ya que fallas violentas pueden producir incendios, explosiones y liberación de productos tóxicos y colapso de construcciones.
- b. 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.
- c. Agotamiento de los recursos naturales, tanto en metales como en combustibles usados para manufacturarlos.

d. Apariencia, ya que los materiales corroídos generalmente no muestra 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.

1.2.4. Agresividad corrosiva de la atmósfera

Considerando los parámetros que intervienen en la velocidad de corrosión, mencionados anteriormente y haciendo énfasis en la influencia determinante del aerosol marino en las condiciones climáticas de Cuba, queda demostrado que el mismo resulta decisivo en la clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera, coincidiendo así la mayoría de los investigadores, sin dejar atrás otros factores de importancia como la humedad, los vientos y temperatura. La agresividad corrosiva de la atmósfera es un factor de gran importancia cuando se proyectan y construyen nuevas inversiones, se realizan investigaciones sobre métodos de protección y se determinan sistemas de recubrimiento, entre otras aplicaciones. (González, A. et al. 2015), (Echeverría, C.A. et al. 2006, 2010, NC ISO 12944 - 2: 2017). (Echeverría, C.A. et al. 2004), clasifica las atmósferas de acuerdo con el grado de contaminación y la naturaleza de los contaminantes, clasificándose en: industrial, marina, urbana, rurales, urbanas-marinas, industriales-marinas, urbanas industriales, rurales interiores y otras combinaciones de éstas. Donde se plantea que la atmósfera más corrosiva es la industrial altamente contaminada, y la menos corrosiva la atmósfera rural pura.

La determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada la instalación es un factor importante. En la Norma (NC ISO 12944 - 2:2017) se establece la clasificación de la atmósfera, además del Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (**Ver anexo 2**). 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.

En trabajos realizados con anterioridad se llega a la conclusión que la agresividad corrosiva de la atmósfera en EPEP-centro es extrema, ya que se encuentra a menos de un kilómetro de la costa norte y en una zona no

apantallada, lo que coincide con estudios realizados por (Echeverría, CA., et al. 2003 (b)) en zonas cercanas al establecimiento.

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

1.2.5. Clasificación de la corrosión

- Atendiendo a su naturaleza los fenómenos de la corrosión pueden dividirse en dos grandes grupos:

- 1) Corrosión química.

- 2) Corrosión electroquímica.

La diferencia entre estos tipos de corrosión hay que buscarla fundamentalmente en las características del proceso de intercambio electrónico entre el metal y el medio oxidante.

La corrosión química se produce en un mismo punto o zona de la interfase metal-medio corrosivo o metal óxido-medio corrosivo. Este medio corrosivo lo constituye un no electrolito que actúa fundamentalmente a altas temperaturas. Ej: gases secos o gases a altas temperaturas (Echeverría et al., 2000)

La corrosión electroquímica se produce en presencia de un medio corrosivo electrolítico, los procesos de oxidación de los átomos de metal y la reducción del agente corrosivo, ocurre en distintos puntos o zonas de la interfase. Esto implica una corriente de electrones por el metal de las zonas anódicas a las zonas catódicas lo que constituye un conjunto de micropilas galvánicas, el medio electrolítico contribuye a cerrar el circuito con el correspondiente movimiento de iones. (Echeverría et al., 2000)

De forma general se puede, entonces, plantear que la corrosión electroquímica se presenta en presencia de soluciones electrolíticas, por lo general acuosas, mientras que la corrosión química se lleva a efecto en ausencia de dichas soluciones; generalmente a elevadas temperaturas, y si existe agua estará en forma de vapor. (Domínguez, J. (2010)).

- En función de la forma en que se manifiesta dicho fenómeno se pueden clasificar en:

-Corrosión uniforme.

-Corrosión localizada o no uniforme.

1. Corrosión uniforme

La corrosión uniforme se presenta cuando el material no exhibe diferencias en su microestructura y el ambiente que lo rodea tiene una composición uniforme. Toda el área superficial se corroe a la misma velocidad y podemos predecir la pérdida de material en un cierto período de tiempo. El hecho de que el daño que se produce sea previsible hace que la corrosión uniforme sea menos seria que la localizada, por lo que las fallas inesperadas pueden ser evitadas simplemente con inspección regular. No obstante, la corrosión que se extiende sobre toda la superficie produce una mayor contaminación en el medio ambiente.

2. Corrosión localizada

La corrosión localizada se produce cuando las áreas anódicas (de oxidación) y las catódicas (de reducción) están separadas unas de otras dando lugar a la disolución del metal en un área restringida. La corrosión localizada puede ocurrir tanto a escala microscópica como macroscópica de diversas formas tales como:

1) Corrosión galvánica y uniforme

El ataque uniforme sobre grandes áreas de una superficie metálica, es la forma más común de la corrosión y puede ser húmeda o seca, electroquímica o química, siendo necesario seleccionar los materiales de construcción y los métodos de protección para controlarla.

La corrosión galvánica se presenta, cuando dos metales diferentes en contacto o conectados por medio de un conductor eléctrico, son expuestos a una solución conductora. En este caso, existe una diferencia en potencial eléctrico entre los metales diferentes y sirve como fuerza directriz para el paso de la corriente eléctrica a través del agente corrosivo, de tal forma que el flujo de corriente corroe uno de los metales del par formado.

Mientras más grande es la diferencia de potencial entre los metales, mayor es la probabilidad de que se presente la corrosión galvánica debiéndose notar que este tipo de corrosión sólo causa deterioro en uno de los metales, mientras que el otro

metal del par casi no sufre daño. El metal que se corroe recibe el nombre de metal activo, mientras que el que no sufre daño se le denomina metal más noble.

La corrosión galvánica a menudo puede ser reconocida por el incremento del ataque junto a la unión de los metales. Esta puede ser controlada por el uso de aislamientos o restringiendo el uso de uniones de metales cuando ellos forman diferencias de potencial muy grande en el medio ambiente en el que se encuentran. Otro método para reducir la corrosión galvánica, es evitar la presencia de grandes áreas de metal noble con respecto a las de metal activo.

Este tipo de corrosión puede presentarse de dos formas:

- Par metálico.

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

- Celdas de concentración.

Se presenta cuando en una misma estructura metálica, se establece entre dos de sus partes una diferencia de potencial, debido a diferencias de concentración de iones metálicos o del medio oxidante. En el caso de que el medio oxidante sea el oxígeno se formaría una celda de aireación diferencial. (Domínguez, J. 2010)

En el caso analizado este tipo de corrosión por par metálico se puede encontrar presente, debido a que los separadores horizontales presentan pernos y bridas que deben estar constituidos de aceros diferentes (acero al carbono) por lo que no existirían dos metales que pudieran formar una diferencia en potencial eléctrico

2) Corrosión por erosión

Cuando el movimiento del medio corrosivo sobre la superficie metálica incrementa la velocidad de ataque debido a desgaste mecánico, este recibe el nombre de corrosión por erosión. La importancia relativa del desgaste mecánico y la corrosión, es a menudo difícil de establecer y varía grandemente de una situación a otra, por tanto el mecanismo de la erosión generalmente se atribuye a la remoción de películas superficiales protectoras, como por ejemplo, películas de óxido formadas por el aire, o bien, productos adherentes de la corrosión.

La corrosión por erosión, generalmente tiene la apariencia de picaduras poco profundas de fondo terso y el ataque puede presentar también como una distribución direccional debido al camino seguido por el agente agresivo, cuando se mueve sobre la superficie del metal.

El desgaste por erosión prospera en condiciones de alta velocidad, turbulencia, choque, etc. y frecuentemente se observa en impulsores de bombas, agitadores, codos y cambios de dirección de tuberías. Los líquidos con suspensión conteniendo partículas sólidas duras pueden igualmente causar este tipo de problema.

3) Corrosión por cavitación y desgaste por erosión

La primera es causada por la formación y colapso de burbujas de la superficie del metal. Las altas presiones producidas por este colapso pueden disolver vapor en (fretting) son formas especiales de la corrosión.

Los problemas por desgaste (fretting) ocurren cuando las piezas de metal se deslizan una sobre la otra, causando daño mecánico a una o ambas piezas y el deslizamiento es generalmente un resultado de la vibración.

La corrosión se cree que juega uno de los siguientes papeles: el calor de la fricción oxida el metal y a continuación el óxido se desgasta, o bien, la remoción mecánica de las partículas protectoras de óxido, o los productos de la corrosión resultantes, dan como resultado la exposición de superficies limpias del metal al medio agresivo, en tal forma que el fenómeno corrosivo se acelera.

Este tipo de corrosión no se encuentra presente en los separadores horizontales de medición debido a que este fenómeno es interior y no existe movimiento de

un agente corrosivo sobre la superficie del metal que acelere sus efectos destructivos debido al desgaste mecánico.

4) Corrosión por agrietamiento

Las condiciones ambientales en una grieta, pueden con el tiempo volverse muy diferentes de las existentes en una superficie limpia y abierta, por lo que un medio ambiente muy agresivo puede desarrollar y causar corrosión en las grietas.

Las grietas o hendiduras generalmente se encuentran en los empaques, traslapes, tornillos, remaches, etc., y también pueden formarse por depósitos de suciedad, productos de la corrosión y raspaduras en las películas de recubrimiento.

La corrosión por agrietamiento, generalmente se atribuye a los siguientes factores:

- a) Cambios de acidez en la grieta o hendidura.
- b) Escasez de oxígeno en la grieta.
- c) Desarrollo de iones diferentes en la hendidura.
- d) Agotamiento de inhibidor en la grieta.

Al igual que todas las formas de corrosión localizada, la corrosión por agrietamiento no ocurre en todas las combinaciones metal-agente corrosivo y algunos materiales son más susceptibles para producirla que otros, como por ejemplo aquellos que dependen de las películas protectoras de óxido formadas por el aire para adquirir su resistencia a la corrosión, tal y como sucede con el acero inoxidable y el titanio.

Con lo explicado anteriormente se evidencia que este tipo de corrosión no se presenta en el interior de los separadores horizontales de medición, ya que el interior del equipo, donde se presenta la corrosión, no tiene las características y condiciones necesarias para la aparición de este tipo particular.

5) Corrosión por picaduras

Este tipo de corrosión se caracteriza por producir agujeros de pequeño diámetro y cierta profundidad en el material metálico. La corrosión picadura es una de las

formas más destructivas de la corrosión. Este tipo de ataque causa el fallo de tuberías y equipos por perforación con pérdidas metálicas relativamente pequeñas. A menudo es difícil descubrir las picaduras, debido a su pequeño diámetro ya que generalmente están cubiertas de productos de corrosión. Los agujeros producidos ocasionan grandes trastornos, sobre todo cuando el material metálico se utiliza para contener o conducir productos gaseosos o líquidos, en especial si estos son sustancias tóxicas, alimentos o combustibles, ocasionan grandes pérdidas directas o indirectas. Las picaduras lo mismo puede aparecer aisladas o tan juntas que la superficie metálica puede aparecer rugosa. (Domínguez, J. 2010)

Hasta el momento, se supone que este tipo de corrosión pudiera ser uno de los mecanismos presentes en los separadores horizontales de medición, al ocasionar disminución de espesores en zonas localizadas de la superficie metálica, por un ataque no uniforme, como se supone está ocurriendo en estos equipos.

6) Corrosión por exfoliación

La corrosión por exfoliación es una corrosión subsuperficial que comienza sobre una superficie limpia, pero se esparce debajo de ella y difiere de la corrosión por picadura en que el ataque tiene una apariencia laminar.

Capas completas de material son corroídas y el ataque es generalmente reconocido por el aspecto escamoso y en ocasiones ampollado de la superficie. Al final del ataque, una muestra tiene la apariencia de un mazo de barajas en el cual algunas de las cartas han sido extraídas. Este mecanismo es bien conocido en las aleaciones de aluminio y se combate utilizando aleaciones y tratamientos térmicos.

En los separadores horizontales de medición no se encuentra presente este tipo de corrosión debido a que no presenta una apariencia laminar, además de no tener forma escamosa o de ampollamiento.

7) Corrosión por disolución selectiva

Este fenómeno corrosivo produce un metal poroso que tiene propiedades mecánicas muy pobres y obviamente el remedio a este caso es el empleo de aleaciones que no sean susceptibles a este proceso.

Esta forma de corrosión no está presente en los separadores horizontales de medición ya que la aleación que compone a los mismos es el acero al carbono.

8) Corrosión intergranular o intercrystalina

Para entender este tipo de ataque es necesario considerar que cuando un metal fundido se cuela en un molde, su solidificación comenzó con la formación de núcleos al azar, cada uno de los cuales crece en un arreglo atómico regular para formar lo que se conoce con el nombre de granos o cristales.

Debido a la nucleación al azar, los planos de los átomos en las cercanías de los granos no encajan perfectamente bien y el espacio entre ellos recibe el nombre de límite de grano. Los límites de grano son a veces atacados preferencialmente por un agente corrosivo y el ataque se relaciona con la segregación de elementos específicos o por la formación de un compuesto en el límite. La corrosión generalmente ocurre, porque el agente corrosivo ataca preferencialmente el límite de grano o una zona adyacente a él, que ha perdido un elemento necesario para tener una resistencia a la corrosión adecuada.

9) Corrosión de fractura por tensión

La acción conjunta de un esfuerzo de tensión y un medio ambiente corrosivo, dará como resultado en algunos casos, la fractura de una aleación metálica. La mayoría de las aleaciones son susceptibles a este ataque, pero afortunadamente el número de combinaciones aleación – corrosivo que causan este problema, son relativamente pocas. Sin embargo, hasta la fecha, este es uno de los problemas metalúrgicos más serios.

Los esfuerzos que causan las fracturas provienen de trabajos en frío, soldaduras, tratamiento térmicos, o bien, pueden ser aplicados en forma externa durante la operación del equipo. Las fracturas pueden seguir caminos intercrystalinos o transcristalinos que a menudo presentan una tendencia a la ramificación.

Algunas de las características de la corrosión de fractura por tensión, son las siguientes:

a) Para que esta corrosión exista, se requiere un esfuerzo de tensión.

- b) Las fracturas se presentan quebradizas en forma macroscópica, mientras que las fallas mecánicas de la misma aleación, en ausencia de un agente corrosivo específico, generalmente presentan ductilidad.
- c) La corrosión por esfuerzos depende de las condiciones metalúrgicas de la aleación.
- d) Algunos medios ambientes específicos, generalmente causan fractura en una aleación dada. El mismo medio ambiente no causa fracturas en otras aleaciones.
- e) La corrosión por esfuerzo puede ocurrir en medios ambientes considerados no agresivos para una aleación dada, por ejemplo la velocidad de corrosión uniforme es baja hasta que se presenta una fractura.
- f) Largos períodos de tiempo, a menudo años, pueden pasar antes de que las fracturas sean visibles, pero entonces al presentarse, se propagan rápidamente con el resultado de una falla inesperada.

- Fundamentos técnicos de la corrosión tensión por presencia de sulfuro de hidrógeno:

La ocurrencia de la corrosión-tensión (SSC) por la presencia de sulfuro de hidrógeno se define como el agrietamiento de un metal sometido a la acción de la corrosión por la gestión combinada del agua y el sulfuro de hidrógeno. La SSC es una forma de la fragilidad por hidrógeno resultante de la absorción de hidrógeno atómico por la superficie del metal. Este proceso ocurre con más frecuencia en los aceros con alta dureza, en depósitos duros de soldaduras y en las zonas de afectación térmica que disminuye la resistencia de los aceros.

La susceptibilidad para que ocurra la SSC es producida por la presencia de un flujo que da hidrógeno atómico en el acero y está relacionada con el pH y el contenido de H₂S en agua.

Por las características del crudo, que presenta sulfuro de hidrógeno como gas acompañante y agua este tipo de corrosión es muy probable que esté presente en el separador analizado en este trabajo, pero se descarta, ya que el acero al carbono estructural por el que está compuesto el separador, no tiene el nivel de dureza que necesita para que se presente este mecanismo.

10) Corrosión por fatiga

La corrosión por fatiga, es una forma especial del tipo de corrosión de fractura por tensión y se presenta en ausencia de medios corrosivos, debido a esfuerzos cíclicos repetidos. Estas fallas son muy comunes en estructuras sometidas a vibración continua.

La corrosión fatiga pudiera estar presente en el caso de los separadores, pero habría que definir si hay presencia de esfuerzos cíclicos repetidos.

En el caso de equipos para el procesamiento y transporte de petróleo es más frecuente la corrosión electroquímica no uniforme por celdas de concentración, intersticial o picadura, cuando el agente agresivo proviene de la composición del crudo; también puede ponerse de manifiesto por par metálico, intergranular, bajo tensión y selectiva, cuando se ponen en contacto metales diferentes o influyen las características de la estructura interna del metal.

11) Corrosión microbiológica

La actividad de determinados microorganismos cuando se sitúan en la interfase material metálico-medio agresivo puede introducir cambios, en ocasiones relevantes, en dicha interfase y, en consecuencias, modificar las condiciones en que se lleva a cabo la corrosión electroquímica. Se define, por tanto, la corrosión microbiológica como el fenómeno de corrosión electroquímica en presencia de estos microorganismos.

Los microorganismos que participan más habitualmente en estos procesos son bacterias, hongos y microalgas, aunque sin dudas los primeros son los más importantes. Su tamaño es de aproximadamente $1\mu\text{m}$, lo que permite su presencia y participación en fenómenos de corrosión en resquicios, picaduras, etc. Se producen con gran facilidad y rapidez de manera que una sola bacteria puede transformarse en una colonia de un millón en unas 10 horas.

Corrosión atmosférica

Se entiende por corrosión atmosférica el deterioro que sufren los materiales metálicos cuando se encuentran en contacto con el aire a temperatura ambiente.

La corrosión atmosférica es un fenómeno de interés común para muchos países por los problemas que causa en lo social y lo económico, por lo que ha sido objeto de estudio en proyectos de investigación, nacionales e internacionales.

Se plantea que este proceso de naturaleza electroquímica ocurre de forma espontánea, pero puede ser controlada, prevenida y disminuida su velocidad de corrosión.

En países tropicales, como es el caso de Cuba, el fenómeno adquiere carácter más agresivo debido, entre otros factores, a la humedad relativa elevada que garantiza la permanencia de la capa húmeda sobre la superficie metálica y a la presencia del aerosol marino, que aporta iones que interaccionan con el metal, propiciando la formación de celdas electrolíticas. (López, 2008)

La corrosión atmosférica puede ser húmeda, cuando la capa electrolítica es muy fina o invisible, lo que permite una rápida difusión del oxígeno hacia el metal. También puede ser mojada cuando la condensación de la capa de humedad la hace visible, propiciando una capa de humedad más gruesa y más lenta la difusión del oxígeno hacia el metal, lo que hace menor la velocidad de corrosión, con respecto a la húmeda.

La aparición de este mecanismo depende de forma determinante por la presencia o no de contaminantes (sales, compuestos de sulfuro y otros contaminantes atmosféricos), de cuáles sean estos y de su concentración, por lo que en general las atmósferas se clasifican en: (Según, <http://es.wikibooks.org>)

Industriales: Son los que contienen compuestos sulfurosos, nitrosos y otros agentes ácidos que pueden promover la corrosión de los metales.

Marinos: Esta clase de ambientes se caracterizan por la presencia de cloruros, un ión particularmente perjudicial que favorece la corrosión de muchos sistemas metálicos.

Rurales: En estos ambientes se produce la menor clase de corrosión atmosférica, caracterizada por bajos niveles de compuestos ácidos y otras especies agresivas.

Existen otros factores además de la presencia de contaminantes aéreos que influyen la corrosión atmosférica, ellos son la temperatura y la humedad.

A pesar de no ser este mecanismo la causa del problema en el separador horizontal de medición hay que tener en cuenta que dicho equipo se halla expuesto a la intemperie y a una agresividad corrosiva elevada por su cercanía al mar, por lo que la corrosión atmosférica es un factor que puede afectar en gran medida al recipiente.

1.3. Diseño anticorrosivo

Según señalan (Echeverría, *et al*, 2008) los problemas de diseño anticorrosivo son por lo general los principales causantes de los problemas de corrosión y surgen desde la mesa del proyectista y el diseñador, siendo siempre las soluciones posteriores mucho más costosas.

Los principales causantes de los problemas de corrosión son generalmente los problemas de diseño anticorrosivo, los cuales surgen durante el diseño del equipo y darle solución de forma posterior incurre en mayores gastos. (Echeverría, A. *et al*, 2008).

Para prolongar la vida útil de las estructuras es de vital importancia el diseño apropiado, que de conjunto con la selección de materiales permite regular la ocurrencia de muchas formas de corrosión. (Méndez, O. *et al*. 2009).

Existen una serie de Normas Internacionales que presentan los diferentes problemas de diseño anticorrosivo, en particular las Normas (ISO 12944 – 1, 3, 5, 6: 2007). Dichas normas establecen en su conjunto los criterios básicos de diseño, que deben cumplir como consideración técnica que: “El sistema protector debe ser efectivo por el tiempo de vida de la estructura”. Es decir, cuando se presente un problema de diseño anticorrosivo, hay que garantizar mediante una protección adicional la durabilidad del sistema protector. (González, A. *et al*, 2018).

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, 2007).

Atendiendo al criterio de (González, A. et al. 2018), entre los problemas de diseño anticorrosivo encontramos:

➤ **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 50 mm y profundidades menores de 100 mm, para garantizar todas las operaciones de preparación de superficie, aplicación de recubrimientos y mantenimiento.

➤ **Tratamiento de orificios**

Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones, y en las superficies en contacto sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.

➤ **Prevención de la corrosión galvánica**

Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial entre los dos metales conectados, sus áreas relativas, la naturaleza y período de acción del electrolito.

➤ **Entallas**

Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deben tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.

➤ **Refuerzos:**

Cuando se requieren refuerzos es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.

➤ **Manipulación, transporte y montaje**

Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector.

➤ **Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua**

Deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidable que puedan provocar la corrosión de estos últimos.

➤ **Bordes**

Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado, las capas protectoras en los bordes agudos son más susceptibles al deterioro. Por lo que los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse.

➤ **Imperfecciones en la superficie de las soldaduras**

Las soldaduras deben estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.

➤ **Conexiones con pernos:**

- Conexiones antideslizantes con pernos de alta resistencia

Las superficies de fricción en conexiones antideslizantes deben prepararse por chorreado, previo al montaje, hasta un grado de preparación mínimo de Sa 2 ½, tal y como se define en la norma, con una rugosidad acordada y en la superficie de fricción puede aplicarse un material protector con un coeficiente de rozamiento apropiado.

- Conexiones precargadas

Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados (pernos, tuercas y arandelas), los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.

➤ **Áreas cerradas y componentes huecos**

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

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

Los componentes que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del momento de montaje deberían fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión (acero de mayor espesor), o tener un sistema de pintura protector efectivo. En el diseño de los equipos o su estructura es fundamental considerar el aspecto del diseño anticorrosivo ya que

determinará en gran medida las pérdidas por corrosión y protección. En esto coinciden varios investigadores. (Shixer, DA. 2005; González, A. et al. 2018).

Factores que influyen en la corrosión

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

a) Clase y estado del metal.

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

b) Estado de la pieza.

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

c) Medio en que se encuentra.

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

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

El contacto entre el metal y el medio en que se encuentra queda definido por la forma de la pieza, estado de la superficie, condiciones de inmersión, etc. En sistemas con flujo se deberán evitar, bien por diseño o cualquier otro método las zonas muertas, donde puedan estancarse el fluido, pues se formaran depósitos de productos de corrosión, debajo de los cuales pueden producirse una intensa corrosión localizada. (Domínguez, J, 2010).

1.4. Recubrimientos anticorrosivos

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

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

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

➤ Recubrimientos orgánicos.

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

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

➤ Recubrimientos inorgánicos.

Estos se caracterizan por su elevada resistencia a la acción de los agentes químicos y por una extraordinaria resistencia al calor. Sus componentes principales son los óxidos metálicos pero especialmente la sílice; por esta razón son utilizados cuando se requiere operar con reactivos altamente corrosivos.

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

➤ Recubrimientos metálicos.

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

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

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

1.4.1. Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas

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

1.5. Protección anticorrosiva y conservación adicional

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

1.5.1. Materiales compuestos de matriz asfáltica

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

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

El DISTIN 404 L ofrece una capa protectora de la superficie por evaporación del solvente, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras, etc. la cual penetra en todas las cavidades e intersticios que puedan existir y protege contra la acción agresiva de la atmósfera. Especialmente preparado como recubrimiento antigavilla para la protección inferior y exterior de los automóviles, contenedores y en estructuras o pisos en contacto con agua y humedad, impermeabilizando y protegiendo contra la acción microbiana. El Mástique asfáltico DISTIN 404 está especialmente preparado para usarlo en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, donde resiste vibraciones sin partir, evitando la penetración de los contaminantes. Sella orificios y protege superficies sometidas a la acción del agua y la humedad. Ofrece una capa protectora a la superficie, resistente a altas temperaturas, deformaciones por golpes de agua, piedras y a la acción agresiva de la atmósfera. Su espesor estará en dependencia de la aplicación específica que se requiera.

1.5.2. Grasas de conservación

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Un ejemplo de ello es su duración por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas. Estos resultados no se han reportado por otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo (Echeverría, C.A. et al. 2008).

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

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

1.5.3. Cera abrillantadora e impermeabilizante

La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L proporciona a los recubrimientos de pintura una mayor resistencia a la radiación ultravioleta. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas. Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causantes del deterioro de las pinturas.

1.5.4. Disolución de fosfatado

La disolución de fosfatado decapante DISTIN 504 para la preparación rápida de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en los intersticios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora. Produce un efecto inmediato al tratar superficies oxidadas, previo a la aplicación de recubrimientos. Puede ser aplicada sobre recubrimientos de pintura que

muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura. Se recomienda aplicar recubrimiento después de las 72 horas.

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

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

1.6. Conclusiones Parciales del Capítulo

1. Se puede apreciar la influencia que tienen los problemas de diseño anticorrosivos sobre los problemas de corrosión. Se deduce que el conocimiento de estos parámetros son aspectos de gran importancia para poder emprender el combate contra este fenómeno.

2. Los efectos de los factores atmosféricos, los problemas de diseño anticorrosivo, el incorrecto uso de las normas y la incorrecta selección de materiales exige de soluciones con técnicas y productos con enfoque en

sistemas de protección anticorrosiva y conservación, existiendo al respecto, muy pocas referencias en la bibliografía consultada.

3. Las pinturas constituyen un componente fundamental en los sistemas de protección con recubrimientos debido a su amplio campo de aplicación. Siendo su efectividad determinada por la correcta preparación de la superficie y por el adecuado control de los diferentes pasos a la hora de ser aplicadas, así como de su correcta selección.

4. Por las ventajas que ofrece y su fácil aplicación, las disoluciones de fosfatado son un buen complemento para la preparación superficial cuando no puede ser aplicado el método de chorreado.

5. Los productos DISTIN como las grasas de conservación temporal, los materiales compuestos de matriz asfáltica y las ceras impermeabilizantes encuentran utilización en la aplicación de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación para complementar la protección que ofrecen los esquemas de pinturas sobre los sustratos metálicos.

Capítulo II: Metodología de los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC)

2.1. Metodología

Las instalaciones de los tanques del área de batería central de EPEP-Centro presentan diferentes problemas de diseño anticorrosivo los cuales deberían ser tratados para poder ser utilizados en el de cursar del trabajo diario, por lo que hay que revisar y trabajar con las Normas Internacionales, en particular las Normas NC ISO 12944 de la 1 - 8: 2017. Debido a que estas contienen en su conjunto el establecimiento de los criterios básicos de diseño que tienen que

cumplirse para prevenir la corrosión como un fenómeno de estos tiempos. Es válido señalar que Cuba suscribe y aplica las Normas ISO.

Como método para la realización del diagnóstico en la aplicación de la metodología se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- **Análisis visual**

Este paso tiene como objetivo realizar un exhaustivo y adecuado análisis de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, existentes en los tanques objeto de estudio. Lo primero es realizar un correcto diagnóstico de los equipos existentes. Para ello se tiene que desarrollar un análisis visual detallado para poder observar todos los problemas de diseño que existan en el área señalada. Esta observación debe realizarse de adelante hacia atrás, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

- **Fotografía digital**

La fotografía visual se realiza después de la observación visual descrita anteriormente. Se continúa con la toma de las muestras fotográficas de todos los problemas existentes en los equipos que posteriormente serán analizadas mediante el uso de las Normas NC 12944 de la 1 - 8: 2017 y NC 11303: 2009.

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

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

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

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

2.3. Diagnóstico de la preparación de superficies

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

Determinar el estado inicial del material según la norma NC ISO 8501-1: 2008, para poder tomar decisiones y aplicar los métodos de protección anticorrosiva más adecuados para esta instalación.

2.4. Sistema de protección anticorrosiva y de conservación

El Centro de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre otras líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), que abarca componentes, piezas, equipos y estructuras, de acuerdo con una metodología desarrollada que se reporta en (Echeverría, C.A. et al. 2010).

Igualmente existe la Norma UNE-EN ISO 11303: 2009, que proporciona las directrices para seleccionar los métodos de protección contra la corrosión atmosférica de los metales y de las aleaciones utilizando la clasificación de la corrosividad atmosféricas y las Normas UNE-EN ISO 12944:1-8, 2007, que abarcan desde los estudios para la clasificación del medio, hasta los proyectos de ejecución y mantenimiento, que incluyen el control de la calidad para la protección anticorrosiva, todo ello tratado en el análisis bibliográfico.

2.4.1. Agresividad corrosiva de la atmosfera

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

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

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

El primer paso para la aplicación del SIPAYC es la determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada el área de tanques de batería central.

En la Norma UNE EN ISO 12944: 2: 2007 se establece la clasificación de la atmósfera, además existe un Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (Anexo 1) el cual es muy útil para clasificar las zonas de interés.

2.4.2. Preparación superficial previa a la aplicación de recubrimientos

Es necesario determinar el volumen y alcance en estas labores:

- 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.

Debido al hecho de que los tanques se encuentran en un ambiente agresivo, 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 aun no logran una superficie bien preparada para la aplicación del recubrimiento. Por lo que después es necesario aplicar un método químico como la Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504 dependiendo del estado inicial de la superficie y del resultado deseado, con lo cual se logra un acabado similar al Sa 21/2 que es el requerido por las normas.

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. La aplicación de este producto proporciona una protección temporal de las piezas, estructuras o equipos.

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

2.4.3. Tratamiento y soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo

La tecnología de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación en el tratamiento y solución de los problemas se desarrolla en dos etapas fundamentales:

- Primera etapa se les dan tratamiento a los problemas de diseño de forma manual o manual mecánica, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como las electro-esmeriladoras. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar
- Segunda se le dan soluciones a los problemas de diseño que necesitan de productos anticorrosivos diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada instalación objeto de estudio. (González, A. 2011).

2.4.4. Selección de los recubrimientos de pintura para el sistema

Para la selección del sistema de pintura adecuado hay que tener en cuenta lo establecido en la Norma UNE EN ISO 12944: 5: 2007, que posee tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas según las condiciones de agresividad existentes en las instalaciones objeto de estudio.

Además, hay tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura que se desea lograr. Este tiempo no es necesariamente un periodo 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 adquiera la pintura hasta que se haya obtenido el espesor final del recubrimiento.

2.4.5. Protección anticorrosiva adicional y conservación

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

La tecnología recomienda para la protección anticorrosiva adicional el empleo de los productos DISTIN, por su efectividad ya demostrada por el laboratorio LABET, por su fácil manejo a la hora de aplicarse y por los bajos costos que representa a la hora de dar mantenimiento ya que son de producción nacional.

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

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

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

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

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

Como medidas complementarias tenemos el lavado de las superficies metálicas para eliminar los contaminantes que puedan depositarse sobre las superficies.

Por otro lado, tenemos el apantallamiento con el terreno y la vegetación para impedir que los agentes contaminantes presentes en la atmosfera lleguen y se depositen sobre las superficies metálicas.

2.5. Valoración económica. Herramientas

A continuación, se muestran las principales herramientas que permitirán valorar económicamente la propuesta de tecnología.

El Valor Actual Neto (VAN) es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Consiste en descontar al momento actual todos los flujos de cajas futuros del proyecto; a este valor se le resta la inversión inicial, de forma tal que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. Si el valor del VAN es positivo se acepta el proyecto y si es negativo se rechaza el proyecto.

Para calcular este indicador se utiliza la expresión 2.1.

$$VAN = S_0 + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \frac{S_2}{(1+i)^2} \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n} \quad (2.1)$$

Donde:

S: Movimiento de fondos (\$).

i: Interés (%).

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Por este motivo el criterio de selección corresponderá no solo al proyecto que tenga la mayor TIR, sino que se requiere que se cumpla que la TIR tiene que ser mayor que la tasa de actualización utilizada, solo así se podrá garantizar que se obtiene la rentabilidad mínima exigida al proyecto.

La ecuación 2.2 permite obtener la TIR.

$$TIR = i_1 - \frac{VAN(P)(i_1 - i_2)}{VAN(P) - VAN(N)} \quad (2.2)$$

Donde:

VAN (P): Valor actual neto positivo (\$).

VAN (N): Valor actual neto negativo (\$).

i_2 : Interés para el cual el VAN se hace negativo (%).

El Plazo de Recuperación de la Inversión (PRI) es un indicador que expresa el tiempo que se tarda en recuperar la inversión si se destinara toda la ganancia a reponer dicha inversión. Mediante este indicador se seleccionan aquellos proyectos cuyos beneficios permiten recuperar más rápidamente la inversión, por lo que mientras más breve sea este intervalo de tiempo, mejor será el proyecto.

Este plazo puede obtenerse utilizando la ecuación 2.3.

$$PRI = \frac{I}{G} \quad (2.3)$$

Donde:

I: Inversión (\$).

G: Ganancia (\$/año).

2.6. Conclusiones parciales del capítulo

- 1) Se describe la metodología de los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC).
- 2) Se desarrollan los diferentes aspectos de la metodología propuesta, de los cuales resaltan por su importancia: la caracterización de la atmosfera, la preparación superficial, la correcta selección y aplicación del sistema de pinturas y la solución a los diferentes problemas de diseño anticorrosivo en cada etapa de esta.
- 3) Se proponen herramientas como el cálculo del VAN, la TIR y el PRI para realizar una valoración que permita demostrar el beneficio que trae la aplicación de la metodología propuesta desde el punto de vista económico.

Conclusiones

- 1) Se logra proponer una metodología de tecnología que permitirá dar solución a los problemas de corrosión que presentan los tanques de del área de batería central de la EPEP-Centro una vez aplicada, cumpliendo con la hipótesis planteada.

- 2) Del análisis realizado se demuestra que las normas UNE-EN ISO 11303-2009, UNE-EN ISO 12944-2007 son insuficiente en el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión, donde en la mayoría de los casos no precisan la protección anticorrosiva adicional que se requiere.
- 3) Las pinturas constituyen un componente fundamental en los sistemas de protección con recubrimientos debido a su amplio campo de aplicación. Siendo su efectividad determinada por la correcta preparación de la superficie y por el adecuado control de los diferentes pasos a la hora de ser aplicadas, así como de su correcta selección.
- 4) Por las ventajas que ofrece, su fácil aplicación y la protección temporal que ofrece, las disoluciones de fosfatado son un buen complemento para la preparación superficial.
- 5) Los productos DISTIN como las grasas de conservación temporal, los materiales compuestos de matriz asfáltica y las ceras impermeabilizantes encuentran utilización en la aplicación de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación para complementar la protección que ofrecen los esquemas de pinturas sobre los sustratos metálicos.
- 6) El VAN, la TIR y el PRI son herramientas que se proponen para la aplicación de la metodología propuesta desde el punto de vista económico.

Recomendaciones

- 1) Aplicar la metodología propuesta en la elaboración de la tecnología de protección anticorrosiva y conservación para la instalación.

- 2) Atender y controlar todos los pasos de la aplicación de la tecnología durante su implementación.
- 3) Impartir un curso de superación al personal encargado de la actividad de mantenimiento de Batería Central de la EPEP-Centro sobre la aplicación de los Sistemas De Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC).

Bibliografía

- Almeida, E. et al. (2006). Anticorrosive painting for a wide spectrum of marine atmospheres: Environmental-friendly versus traditional paint systems. *Progress in Organic Coatings* 57(5): 11–22.
- Amaro, D. 2015. Propuesta de solución para el proceso corrosivo en el Separador Horizontal de Medición en el Centro Colector 7 de la EPEP-Centro. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0250 – 2.
- Betancourt, N. *et al.* (2002). Influence of SO₂ and NO_x on atmospheric corrosion of steel. *Revista CNIC. Serie Ciencias Químicas* (2): 71-75.
- Biezna, M., San Cristóbal, J. 2005. Methodology to study cost of corrosion. *Corrosion Engineering, Science and Technology* 40(4): 344-352.
- Domínguez, J. (2010). Conferencia de diplomado de corrosión. CUJAE – CUPET. La Habana.
- Echeverría C.A; et al. 2002. La corrosión por problemas de diseño anticorrosivo en condiciones climáticas de Cuba. Soluciones con productos y tecnologías nacionales. Memorias.
- Echeverría et al., 2000, Conferencia No 3.1 Generalidades de la corrosión. Metodología general para el análisis y solución de un problema de corrosión. Tema III. Fundamentos de la corrosión. Ingeniería de Materiales II. CEAT. Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. UMCC. Matanzas.
- Echeverría, C.A. et al. 2002. Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba. Influencia del aerosol marino. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.

- Echeverría, C.A. et al. 2003 (b). Estudio de los problemas de corrosión diseño anticorrosivo y protección en el Complejo Paradise Puntarenas. Propuesta de soluciones. Informe Final del Contrato Marco entre el Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas " Camilo Cienfuegos " y el Complejo Hotelero Paradise -Puntarenas.
- Echeverría, C.A. et al. 2004. Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0250 – 2.
- Echeverría, C.A. et al. 2005. El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas. Retos Turísticos (2): 21-30.
- Echeverría, C.A. et al. 2006. Esclarecimiento de los niveles de deposición de cloruros y sulfatos por diferentes métodos de captación establecidos internacionalmente en la Universidad de Matanzas. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 – 16 – 0388 – 6.
- Echeverría, C.A. et al. 2008. Grasas de Conservación Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.
- Echeverría, C.A. et al. 2010. Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
- Echeverría, M. et al. 2007. Estudio y evaluación de materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímeros (MAP) para su aplicación como

- recubrimientos anticorrosivos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959-16-0490-4.
- Echeverría, M. et al. 2008. Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba. Revista Retos Turísticos 7(1).
- Echeverría, M. et al. 2009. Influencia del diseño en la protección anticorrosiva en condiciones climáticas de Cuba. Revista Tecnología Química Vol. XXIX, No. 1.
- Echeverría, M. et al. 2015. Unraveling sulfur compounds origin in marine zones by using the chloride/sulfate ratio. Applications in atmospheric corrosion studies. Corrosion Science.
- Espada, L.R. (2005). La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas. 5(1). Disponible en <http://www.nervion.com.mx.web>.
- González, A. 2010. Propuesta de un sistema anticorrosivo y de conservación para el área de generación de una Central Eléctrica Diesel MTU. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
- González, A. 2011. Contribución a la disminución del deterioro por corrosión de una Central Eléctrica Diesel MTU Serie 4000. Tesis en Opción al Título de Máster en Ciencias de Ingeniería Química. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- González, A. 2013 "Influencia del diseño anticorrosivo en el deterioro por corrosión en el grupo electrónico del hotel Princesa del Mar" Revista Retos Turísticos. Vol.12, num.2. ISSN:2224-7947.

- González, A. et al, (2015). Influencia del diseño anticorrosivo en la protección anticorrosiva del área de combustibles de una Central Eléctrica Diesel MTU SERIE 4000. RTQ, May 2015, vol.35, no.2, p.193-207. ISSN 2224-6185.
- González, A. et al. 2018. Impacto de la Transferencia de tecnologías y el diseño anticorrosivo en el mantenimiento por corrosión de los grupos electrógenos en zonas de alta agresividad corrosiva. Memorias del Evento Cuba Industria.
- González, Y. 2015. Síntesis de aditivos en el laboratorio para la disminución del sulfuro de hidrógeno en el petróleo crudo nativo. Tesis en Opción al Título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas.
- Guerrero, Carlos. Corrosión en la industria petrolera. Monografías.com. 2012. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos15/corrosionpetrolera/corrosion-petrolera.shtml#ixzz3Lun9nUzd>.
- Kerman, M. B. Harrop, D. BP International, SPE 29784, 2002.
- López, I. (2008). Corrosión atmosférica y conservación en obras soterradas en Matanzas. Departamento de Ingeniería Química. Matanzas, Universidad de Matanzas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas: 116.
- Méndez, O. González, A. 2018. Transferencia de tecnologías para la tropicalización y preparación superficial de ómnibus Diana. Taller de Tarea Triunfo.
- NACE Corporation. (2003). Costos de la corrosión y estrategias preventivas en los EE.UU. Disponible en: <http://www.costosnace.com>. Consultado: enero 2020

NC ISO 11303. (2009). Corrosión de metales y aleaciones. Directrices para la selección de métodos de protección contra la corrosión atmosférica.

NC ISO 12944 – 1: 2017. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.

NC ISO 12944 – 2: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part2: Clasificación de ambientes

NC ISO 12944 – 3: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Consideraciones de diseño.

NC ISO 12944 – 4: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.

NC ISO 12944 – 5: 2017. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.

NC ISO 12944 – 6: 2017. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.

NC ISO 8501-1:2008. Preparación de substratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de substratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores.

Orozco Cruz, Ricardo; Martínez Martínez, Enrique A.; Ramírez Reyes, José Luís;
Galván Martínez, Ricardo; Fernández Gómez, Imelda. Corrosión:
fenómeno natural, visible y catastrófico. Año 2010.

Shixer, D.A. 2005. Marine Corrosion Branch, CD., Naval Surface Warfare Center,
Understanding material interactions in marine environments to promote
extended structural life, Corrosion Science, 47. 2335-2352. Disponible en
www.sciencedirect.com.

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

UNE-EN ISO 12944 – 3: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de
acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores.
Part4: Tipos y preparación de superficies. Consideraciones de diseño.

UNE-EN ISO 12944 – 5: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de
acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores.
Parte5: Sistemas de pinturas protectores.

UNE-EN ISO 12944 – 6: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel
structures by protective paint systems. Laboratory performance test
methods.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 1. Características del petróleo. Mover a los anexos

Parámetros	Unidades	Rango de valores.
B.S.W.	% V	< 2.0
Agua por destilación	% V	< 2.0
Azufre	% P	5.488
Gravedad	A.P.I.	9.5 – 10.5
Densidad	g / cm ³	1.0015 – 0.9937
Asfaltenos	% P	16.0 – 24.3
Resinas	% P	20.0 – 24.4
Sales (NaCl)	g / cm ³	423 – 1 438
Punto inflamación	°C	< 45.8
Punto ignición	°C	> 100
Carbón Conradson	% P	11.4 – 15.0
Cenizas	% P	0.005 – 0.1
Valor Calórico superior	Kcal/kg	9770 – 10000
Valor Calórico inferior	Kcal/kg	9200
Contenido Carbono	% P	82.02
Contenido Hidrógeno	% P	9.89
Contenido Vanadio	Ppm	88 – 106
Contenido Níquel	Ppm	28.0
Parafinas	% P	0.6 – 1.4
Recuperación fracciones Claras hasta 300 °C	% V	20 – 24

Viscosidad	Cp	
30 °C		8900 – 14600
40 °C		4000 – 7200
50 °C		1800 – 4700
60 °C		960 – 1350
70 °C		500 – 700

Anexo 2

Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba



MAPA REGIONAL DE LA AGRESIVIDAD CORROSIVA DE LA ATMÓSFERA EN CUBA

Map of the corrosive aggressiveness of atmosphere in Cuba

- EXTREMA:** Hasta 1 km de la costa norte en zonas no apantalladas
- ALTA:** Franja de 1 a 3 km de la costa norte y 1 km de la costa sur
- 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	10-250	10-35	3-50
C3	250-2500	35-80	60-300
C4	2500-5500	80-200	300-1500
C5	>5500	>200	>1500



nAnexo 3

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

FICHA TÉCNICA DISTIN 314

Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

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

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

Método de Aplicación:

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

Protección Anticorrosiva:

Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas por años en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina las aguas por este efecto. Pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono por la norma UNE – EN – ISO 6 270: 06 y DIN 50017: 82, y el ensayo de Resistencia a la niebla salina durante 500 horas por la norma ISO 9 227: 07, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Condiciones de Conservación:

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y almacenamiento:

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

Aclaración al Cliente:

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

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

Anexo 4



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

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L

Grasa Líquida Tipo Solvente 314L.

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

Método de Protección:

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

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

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

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

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y Almacenamiento:

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

Aclaración al cliente:

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

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

Anexo 5

The logo for CEAT, consisting of the letters 'CEAT' in a stylized, red, outlined font.

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

FICHA TÉCNICA DISTIN 404

Mástique Asfáltico Semisólido con goma

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

Modo de Aplicación:

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

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

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

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

Condiciones de Protección:

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

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

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

Comuníquese: Teléfono: 256811 Fax: 253101 E.Mail: merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu

Anexo 6



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

Mástique Asfáltico Líquido

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

Modo de Aplicación:

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

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

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

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

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

Comuníquese: Teléfono: 256811. Fax: 253101 E.Mail: merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu

Anexo 7



Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. 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.

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

Condiciones de Conservación:

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

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

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

Comuníquese: Teléfono: 256811. Fax: 253101 E.Mail: merca.ceat@umcc.cu, o comercial.ceat@umcc.cu.

Anexo 8



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

FICHA TECNICA DISTIN 603 L.

Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.

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

:: Método de aplicación:

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

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

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

:: Protección anticorrosiva:

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

:: Condiciones de conservación:

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

:: Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

:: Transportación y almacenamiento:

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

:: Aclaración al usuario:

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

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