

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



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

Título: Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación para el equipamiento de la Central Eléctrica Fuel-Oil Agramonte.

Autora: Lianet Enríquez Travieso.

Tutor: Dr. Carlos A. Echeverría Lage.

Matanzas, 2012.

Pensamiento:



“Habrá un antes y un después de la Revolución Energética en Cuba, de la cual podrán derivarse lecciones útiles para nuestro pueblo y para los demás pueblos del mundo...”

*Fidel Castro Ruz.
17/01/2006.*

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Lianet Enríquez Travieso, declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma y lo pongo a disposición de la Central Eléctrica Fuel Oil de Agramonte y de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que estimen conveniente.

Lianet Enríquez Travieso

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Tribunal.

Tribunal.

Tribunal.

Tribunal.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

En primer lugar a mis padres ya que son los que me guiaron por el camino correcto desde los primeros momentos y de los cuales siempre estaré orgullosa.

Mi familia de manera general ya que siempre me ayudaron y apoyaron en lo que me hizo falta.

A todo el personal de la Universidad de Matanzas que me ayudó y en especial a mi tutor Carlos Echeverría por creer en mí para la realización de este trabajo de diploma.

AGRADECIMIENTOS

- A mi tutor Carlos A. Echeverría Lage por su gran apoyo y paciencia en la elaboración del trabajo de diploma.
- A todo el personal de la Central Eléctrica Fuel Oil de Agramonte por su gran ayuda y cooperación en la información y en toda la elaboración del trabajo.
- A todos los profesores de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” que me brindaron su ayuda.
- A mis padres y a toda mi familia que siempre estuvieron al tanto de todo mi trabajo hasta el final.
- A todos mis amigos que se preocuparon por la realización de este trabajo de diploma.

RESUMEN

Las Centrales Eléctricas de Fuel Oil han presentado a partir de su puesta en funcionamiento, un alto grado de deterioro por corrosión, evidenciado en la etapa de garantías, en las estructuras metálicas, tanques de combustible etc. ; afectando la disponibilidad técnica de estas instalaciones para la generación eléctrica en todo el país e incrementando los gastos a la economía. En el presente trabajo se identifican las principales causas de estas afectaciones, donde se destacan los problemas de diseño anticorrosivo de las instalaciones y equipos, agravados por la contaminación de los gases de escape, la agresividad de la atmósfera y deficientes métodos de protección anticorrosiva, conservación y falta de preparación del personal para enfrentar esta problemática. Trayendo consigo la disminución del tiempo de vida útil de las instalaciones y equipos. Como resultado del trabajo tenemos una propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), con productos nacionales que han sido certificados en laboratorios acreditados, para la Central Eléctrica Fuel Oil de Agramonte, aprobada para su generalización a todo el país, que se incluye en el Manual de Gestión de la Generación Distribuida aprobado nacionalmente.

SUMMARY

The Central Electric Fuel Oil have presented to leave of their setting in operation, a high grade of deterioration for corrosion, evidenced in the stage of guarantees, in the metallic structures, etc ; affecting the technical readiness of these facilities for the electric generation in the whole country and increasing the expenses to the economy. Presently work the main causes of these affectations are identified, where they stand out the problems of anticorrosive design of the facilities and teams, increased by the contamination of the escape gases, the aggressiveness of the atmosphere and faulty methods of anticorrosive protection, conservation and lack of the personnel's preparation to face this problem. Bringing gets the decrease of the time of useful life of the facilities and teams. As a result of the work we have a proposal of System of Anticorrosive Protection and Conservation (SIPAYC), with national products that have been certified in credited laboratories, for the Central Electric Fuel Oil of Agramonte, approved for their generalization to all country, which is it included in the Manual of Administration of the Distributed Generation approved nationally.

INDICE

	Pág.
Introducción	1
Capítulo I: Análisis Bibliográfico.	3
1.1 La revolución energética y el deterioro por corrosión.	3
1.1.1 Antecedentes de la revolución energética.	3
1.1.2 Incidencia económica de la corrosión.	5
1.2 Definición de corrosión,	6
1.3 Importancia de la corrosión y protección.	6
1.4 Evaluación de la magnitud del daño por corrosión.	7
1.5 Selección de materiales.	8
1.6 Problemas de diseño anticorrosivo según las Normas ISO 12944-3	11
1.6.1 El diseño anticorrosivo y sus problemas.	12
1.6.2 Comportamiento del diseño anticorrosivo en condiciones climáticas que van desde alta hasta extrema agresividad corrosiva.	14
1.7 Tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen.	15
1.7.1 Corrosión por celda de aireación diferencial.	15
1.7.2 Corrosión Atmosférica.	16
1.7.2.1 Corrosión Atmosférica Húmeda.	16
1.7.2.2 Corrosión Atmosférica Mojada,	16
1.7.3 Corrosión Intersticial.	17
1.7.4 Corrosión Interfacial.	17
1.7.5 Corrosión por par metálico.	18
1.7.6 Corrosión selectiva.	18
1.8 Métodos de protección anticorrosiva.	18
Conclusiones parciales del Capítulo.	19
Capítulo II: Caracterización y diagnóstico de los equipos y componentes seleccionados.	20
2.1 Materiales y Métodos.	20
2.1.1 Materiales más empleados en las instalaciones, equipos y componentes.	20
2.1.2 Métodos más empleados en el diagnóstico.	20
2.2 Diagnóstico de los materiales empleados.	31
2.2.1 Área de tratamiento de combustible.	31
2.3 Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.	32
Conclusiones parciales del Capítulo.	43
Capítulo III: Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.	44

3.1 Materiales y métodos.	44
3.1.1 Materiales.	44
3.1.1.1 Disoluciones de fosfatado decapante y no decapante.	44
3.1.1.2 Grasas anticorrosivas y de conservación.	45
3.1.1.3 Mástiques asfálticos con goma.	47
3.1.1.4 Ceras impermeabilizantes y abrillantadoras.	48
3.1.2 Métodos.	48
3.1.2.1 Ensayos acelerados en cámara de niebla salina (NSS).	49
3.1.2.2 Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.	55
3.1.2.3 Metodología para la propuesta de sistema de protección anticorrosiva y conservación.	58
3.2 Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación.	58
3.2.1 Tanque de almacenamiento de Fuel-Oil.	59
3.2.2 Tanque de almacenamiento de Lodo.	76
3.2.3 Contenedor del HTU.	83
3.2.4 Pizarra de control del HTU.	90
3.2.5 Válvulas.	96
3.3 Cálculo del gasto de pintura y productos del SIPAYC. Ahorro.	100
Conclusiones parciales del Capítulo.	103
Conclusiones	104
Recomendaciones	105
Bibliografía	106
Anexos	

INTRODUCCION

La Central Eléctrica Fuel Oil de Agramonte fue creada en el año 2006, en proceso de construcción, lo cual finalizó y fue inaugurada el 24 de Marzo del 2007, poniéndose en práctica el montaje y puesta en marcha de la maquinaria, con un gran por ciento de sus trabajadores tanto directos como indirectos, la entidad está ubicada en el Km 3 carretera Agramonte-Jovellanos, en el poblado de Agramonte **(Anexo 1)**.

Uno de los problemas no menos tenido en cuenta por la sociedad, en su entorno y desarrollo que a veces resulta imperceptible, pero que a lo largo del camino resulta muy destructivo, es el fenómeno de la corrosión; proceso de naturaleza físico-química sujeto a condiciones que hacen variar su intensidad y modo de manifestación y que afecta el ambiente constructivo del hombre principalmente.

En Cuba, en los últimos años, se ha utilizado la generación eléctrica distribuida, como una alternativa dentro del programa energético, sin embargo, los equipos que han sido introducidos al país no están probados en las condiciones climáticas propias del mismo, por lo que es necesario el perfeccionamiento en las instalaciones destinadas a dicha actividad para favorecer su mejor funcionamiento y conseguir el ahorro de recursos.

Por tanto, es preciso tener en cuenta que las condiciones ambientales en el territorio cubano tienden a acelerar el fenómeno de la corrosión. Esto nos obliga a prestarle gran atención a dicho fenómeno, pues la gran mayoría de los equipos e instalaciones están ubicados donde la acción de la atmósfera produce una Extrema Agresividad Corrosiva, lo que resulta poco común en la mayoría de los países de IberoAmérica, según los resultados del proyecto del Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica (MICAT). **(Anexo 2)**. Por lo expuesto anteriormente se proclama el siguiente **Problema**:

¿Cómo disminuir el deterioro por corrosión en el equipamiento que se emplea en el área de tratamiento de combustible de la Central Eléctrica de Agramonte?

La presente propuesta tiene como **Hipótesis** de trabajo:

Si se fundamenta un sistema de protección anticorrosiva y conservación, para equipos y componentes del área de tratamiento de combustible será posible disminuir el deterioro de los mismos en la Central Eléctrica de Agramonte.

Para lograr lo antes descrito se cuenta con Proyectos y Contratos aprobados por la Unión Nacional Eléctrica (UNE), que precisa el apoyo de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Agramonte que contribuirá a la realización exitosa de la investigación propuesta.

Se tiene como **Objetivo General**:

Fundamentar la propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) para el equipamiento del área de tratamiento de combustible de la Central Eléctrica de Agramonte.

Objetivos Específicos:

- 1) Analizar el estado del arte en sistemas anticorrosivos, con énfasis en el diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación de equipos de grupos electrógenos.
- 2) Diagnosticar y evaluar los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, recubrimiento de pinturas, técnicas de conservación y sus soluciones para la implementación del sistema en los equipos.
- 3) Fundamentar la propuesta de aplicación del sistema de protección anticorrosiva y conservación en los equipos del área de tratamiento de combustible.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico.

En este capítulo se abordan epígrafes relacionados con la Revolución Energética, la creación de la generación distribuida con miles de instalaciones en todo el país y su deterioro por corrosión; así como la importancia, de las evaluaciones de la magnitud del daño, selección de materiales, problemas de diseño, la corrosión con los tipos más frecuentes de corrosión, sus causas, mecanismos y factores que influyen y métodos de protección anticorrosiva y conservación.

Se trata en el trabajo de un enfoque en sistema, tratamiento poco usado en la solución de estos problemas, donde se le da la principal importancia a la protección con pinturas, sin emplear otras técnicas e identificar otros problemas de gran incidencia como los de diseño anticorrosivo. Para ello se consultaron una gran variedad de documentos en el Centro de Información de la Universidad de Matanzas, documentos del Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), Normas Cubanas, revistas, artículos y publicaciones científicas facilitados a la autora.

1.1. La revolución energética y el deterioro por corrosión.

1.1.1. Antecedentes de la revolución energética.

Es necesario conocer primeramente que una Central Eléctrica de Fuel Oil está constituida por diferentes áreas, que se pueden agrupar del modo siguiente:

1. Sistema de recepción de combustible.
2. Motores y Unidad de Tratamiento de Combustible (HTU).
3. Calderas, compresores y estacadas.
4. Control eléctrico (ETU), control remoto y arranque en negro.
5. Laboratorio, casa de bomba y planta de tratamiento de agua.
6. Almacenes y Taller.
7. Instalaciones socioadministrativas.

Una Central Eléctrica como la de Agramonte, tiene un total de 16 grupos electrógenos que funcionan organizados en 4 áreas de generación, existiendo en cada una de estas áreas una de tratamiento del combustible.

Forman parte de un área de tratamiento de combustible:

Purificadores de Fuel Oil. (2)

Purificadora de Aceite. (1).

Bombas de combustible. (6)

Bomba de lodo. (1)
Panel de control
Intercambiadores de calor. (4)
Tanque de Nafta. (1)
Tanque de Lodo. (1)
Autofiltro (1)
Tanque de Diesel de 5m³. (1)
Tanque de Fuel Oil de 5m³. (1)
Válvulas y tuberías.

La Revolución Energética ha provocado en los últimos años, un incremento en el número de instalaciones y equipos para la generación y distribución de la electricidad, todas ellas sometidas a las condiciones de la atmósfera de Cuba.

Con el desarrollo de la Revolución Energética a ocurrido un incremento en el mantenimiento en las instalaciones y equipos de las Centrales Eléctricas de nueva creación en todo el país, demandando la toma de medidas en la actividad de protección anticorrosiva.

Influye en lo anterior para toda Cuba, la agresividad corrosiva imperante que se clasifica de media, alta, muy alta y extrema con predominio de las últimas clasificaciones. Lo que provoca el deterioro prematuro de los materiales y sus sistemas de protección.

En la generación distribuida, la totalidad de las instalaciones y equipos están sometidas en lo fundamental a la acción de la atmósfera, además de otros medios agresivos, como son los gases de escape que se producen en el proceso de generación eléctrica.

Según (Betancourt, N. et al, 2002) la influencia de los gases afecta a las superficies metálicas en dependencia de la concentración existente en la atmósfera y de los tipos de metales que se encuentren expuestas a ellos. En nuestro caso tenemos la presencia de los gases productos de la combustión del Fuel Oil para la generación eléctrica, entre otros.

Otra causa es el incumplimiento de las normas establecidas en el propio país, por falta de exigencia y control de la calidad de los procesos de diseño, construcción, preparación superficial, pintura, protección adicional, transportación y montaje.

En (Echeverría, C.A. et al, 2002), se hace referencia a los costos por corrosión anual estimados del 3,5% del Producto Interno Bruto (PIB) y se plantea que constituye una

aproximación por defecto, si se tiene en cuenta los elevados niveles de corrosividad existentes en Cuba en comparación con otros países, tal y como se observa en los Mapas de IberoAmérica, (Morcillo M. et al, 2002), además de la insuficiente aplicación de medios de protección anticorrosiva.

(López, I, 2008) señala que en Cuba la Administración Central del Estado, orienta a todos sus organismos el mantenimiento y conservación anticorrosiva de los equipos y materiales; así como el control periódico de esta actividad.

No obstante, se destaca que en Cuba no se aplica lo establecido con respecto al diseño anticorrosivo, que puede ser adecuado para los países de donde provienen los equipos, pero no en las condiciones de agresividad existentes en la isla. A criterio de la autora estos problemas incrementan los efectos corrosivos en las estructuras metálicas y las insuficiencias en la preparación de superficies y protección con recubrimiento de pintura.

1.1.2 Incidencia económica de la corrosión.

Echeverría, M. et al. 2008, 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 Nacional Bruto (PNB), 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 PNB (Biezna, M. et al. 2005). Como se observa, se utiliza como criterio un porcentaje del PNB, el cual incluye todos los ingresos de un país.

En un estudio previo se asumió para Cuba el 4% del PNB, que como se observa no corresponde al mayor nivel de pérdidas reportado por (Biezna, M. et al. 2005). El porcentaje utilizado se debe a la agresividad corrosiva de Cuba y la situación económica del país (Echeverría, C.A. et al. 2002).

Incrementan el deterioro, y en consecuencia las pérdidas económicas en las Centrales Eléctricas, el inadecuado diseño y protección anticorrosiva acorde a las condiciones de agresividad, así como la falta de preparación del personal encargado del trabajo de mantenimiento (Echeverría, C.A. et al. 2001, 2005, Roberge, P, 2000; Biezna, M. et al. 2005).

(Tomashov, N. D, 1979) estima que el 50% de los costos por corrosión corresponden a la corrosión atmosférica (López, I, 2008), 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). Este planteamiento tiene gran importancia si se tiene en cuenta que la mayoría de las instalaciones y equipos se encuentran sometidas a la acción de la atmósfera como es el caso de la Central Eléctrica.

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

1.2. Definición de corrosión.

Según (Domínguez, J, 1987) el fenómeno de la corrosión puede definirse como el ataque químico o electroquímico que sufren los materiales metálicos por acción del medio ambiente, siempre y cuando conlleve un deterioro de dicho material.

El término de corrosión tiene un significado esencialmente técnico-económico y no sustituye al término científico de oxidación. Es un proceso de retorno de los materiales metálicos a formas similares a aquellas de las cuales fueron obtenidas de la naturaleza.

1.3. Importancia de la corrosión y protección.

La importancia de la atmósfera como medio corrosivo natural ha sido demostrada en numerosos estudios (Tomashov, 1979; Domínguez, 1987; Corvo, 1980, 2002; Echeverría, 1991; Morcillo, 1998). Por su amplia difusión, en este medio ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas.

La naturaleza desde siempre ha tendido a reducir a la materia a sus formas más estables: se pudre la madera como elemento orgánico, se corroen las piedras y se oxidan los metales.

La corrosión es el proceso natural por el que el metal se altera y deteriora a través de reacciones químicas o electroquímicas. Distintos metales se corroen de forma diferente. En el caso del acero los iones férricos forman óxido férrico.

La degradación química simple del acero u oxidación ocurre realmente bastante despacio cuando el proceso queda librado a su propia cadencia. Esta degradación se produce aún cuando el acero esté sumergido en agua de mar. La capa de óxido superficial que se forma aísla en sí mismo al acero que queda debajo, por lo que no continuará el proceso químico de oxidación si no se vuelve a poner al acero limpio en contacto con oxígeno.

Frecuentemente se piensa 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 producidas por la corrosión se van más allá, alcanzando cuestiones relativas a la salud, la vida y el futuro de la humanidad.

Como señalan (Roberge, P, 2000) y (Echeverría, C. A, 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.

Plantea (Echeverría, C. A, 2008) que el diseño anticorrosivo tiene que garantizar un mínimo efecto de los contaminantes agresivos sobre las superficies metálicas y otros materiales de construcción, las mejores condiciones para una buena preparación de las superficies y la aplicación de los recubrimientos, cualquier interferencia se interpreta como un área no bien protegida y por tanto con problemas de diseño anticorrosivo.

El diseño anticorrosivo incluye las operaciones de manipulación, transportación y montaje de materiales y estructuras que puedan afectar su protección anticorrosiva y conservación. (UNE-EN ISO 12 944-3: 1998).

1.4. Evaluación de la magnitud del daño por corrosión.

Plantea (Tomashov, N. D, 1979) que cuando se analiza la magnitud del daño ocasionado por problemas de corrosión que se presentan en un lugar dado, hay que tener bien claro cuáles son las pérdidas que conllevan, es decir pérdidas directas y pérdidas indirectas.

Las pérdidas directas están relacionadas con el metal o equipo que sufre la corrosión como son:

- Reemplazo de estructuras corroídas.
- Sustitución de equipos, maquinarias y sus componentes.

- Sustitución de tuberías, tanques y otros accesorios.
- La mano de obra empleada en estas labores.
- Aplicación de métodos de protección.
- Uso de aleaciones especiales.
- Sobre diseño o exceso de material por encima de los requerimientos mecánicos.

En el caso de las indirectas se dice que son aquellas que se producen como consecuencia del proceso corrosivo, pero que no están directamente relacionadas con el costo del metal, pieza o equipo corroído o su protección. Frecuentemente este tipo de pérdida está relacionado con el daño que esto puede ocasionar al hombre, referido al peligro que esto trae consigo en cuanto a posibles lesiones ocasionadas.

Las pérdidas por corrosión humanas están dadas por las pérdidas de salud o vida por consumo de productos contaminados con metales tóxicos o por roturas de estructuras corroídas o por explosiones de equipos a presión como reactores y calderas debido a fallos por corrosión.

Las pérdidas por corrosión ecológicas consisten en la disminución de los recursos naturales así como en fenómenos de contaminación ambiental, ya sea minerales o de recursos energéticos.

La autora de esta tesis plantea que las metodologías generales para el análisis y solución de los problemas de corrosión, parten de la selección de materiales.

1.5. Selección de materiales.

La primera vía de que disponen los técnicos e ingenieros para evitar o minimizar los problemas de corrosión en las diferentes esferas de la vida socio-productiva y en particular en la industria química es la adecuada selección de los materiales para la construcción de los equipos y aparatos, los cuales deben ser lo más resistentes posible al medio corrosivo que deben manipular.

Un material de construcción de la industria química debe poseer las siguientes cualidades:

- Propiedades físicas y mecánicas adecuadas para las condiciones de empleo.
- Buena resistencia a la corrosión.
- Deben ser compatibles con el resto de los equipos existentes.
- Deben tener amplio campo de aplicación.
- Su empleo debe ser económico.

- Tiempo de vida útil prolongado.
- Disponibilidad y tiempo de entrega.
- Maquinabilidad y propiedades tecnológicas de conformación.
- Tiempo necesario para probar el material.

Los [materiales](#) se clasifican generalmente en cinco [grupos](#): [metales](#), cerámicos, polímeros, [semiconductores](#) y materiales compuestos. Los materiales de cada uno de estos grupos poseen [estructuras](#) y propiedades distintas.

Metales: Tienen como característica una buena conductividad eléctrica y térmica, alta [resistencia](#), rigidez, ductilidad. Son particularmente útiles en aplicaciones estructurales o de carga. Las [aleaciones](#) (combinaciones de metales) conceden alguna [propiedad](#) particularmente deseable en mayor proporción o permiten una mejor combinación de propiedades.

Cerámicos: Tienen baja conductividad eléctrica y térmica y son usados a menudo como aislantes. Son fuertes y duros, aunque frágiles y quebradizos. Nuevas [técnicas](#) de [procesos](#) consiguen que los cerámicos sean lo suficientemente resistentes a la fractura para que puedan ser utilizados en aplicaciones de carga. Dentro de este [grupo](#) de materiales se encuentran: el ladrillo, el [vidrio](#), la porcelana, los refractarios y los abrasivos.

Polímeros: Son grandes estructuras moleculares creadas a partir de moléculas orgánicas. Tienen baja conductividad eléctrica y térmica, reducida resistencia y debe evitarse su uso a temperaturas elevadas.

Los polímeros termoplásticos, en los que las cadenas moleculares no están conectadas de manera rígida, tienen buena ductibilidad y confortabilidad; en [cambio](#), los polímeros termoestables son más resistentes, a pesar de que sus cadenas moleculares fuertemente enlazadas los hacen más frágiles. Tienen múltiples aplicaciones, entre ellas en dispositivos electrónicos.

Semiconductores: Su conductividad eléctrica puede controlarse para su uso en dispositivos electrónicos. Son muy frágiles.

Materiales compuestos: Como su nombre lo indica, están formados a partir de dos o más materiales de distinto grupos, produciendo propiedades que no se encuentran en ninguno de los materiales de forma individual.

Ahora, se comienza con el grupo de los metales:

El uso de metales puros es limitado, pues son blandos o tienden a corroerse. Sin embargo, toleran una considerable cantidad de elementos en [estado](#) sólido o líquido.

Así, la mayor parte de los materiales metálicos comúnmente usados son [mezclas](#) de dos o más metales elementales. Es posible realizar estas mezclas de varias maneras, pero casi siempre se obtienen por la unión de metales por arriba de su punto de [fusión](#). Esa mezcla sólida de metales o metaloides se denomina aleación.

Podemos encontrar como materiales metálicos los metales y sus aleaciones, como también sustancias inorgánicas que están constituidas por uno o más elementos metálicos; por ejemplo: hierro cobre, aluminio, níquel y titanio. Es importante tener en cuenta que el carbono es un elemento no metálico. Ahora bien, se puede subdividir a los materiales metálicos en dos grupos importantes: los ferrosos y los no ferrosos.

- Ferrosos: a este grupo pertenece el hierro y sus derivados: el acero y la fundición.
- No ferroso: este grupo está formado por los demás metales y sus aleaciones.

Su uso en la Ingeniería. Es importante destacar que los metales se utilizan en infinidad de aplicaciones. El hierro por, ejemplo, es uno de los más abundantes en la naturaleza, y con él se obtiene el acero. En las construcciones se utilizan hierro y acero de distintos tipos. Se utiliza el cobre para cables, el estaño para soldar, etc. La mayor parte del hierro se utiliza luego de ser sometido a tratamientos especiales, como el hierro forjado, el hierro colado o el acero (tal vez la más usada en construcción en la actualidad por sus características especiales).

Los metales son unos materiales de enorme interés. Se usan muchísimo en la industria, pues sus excelentes propiedades de resistencia y conductividad son de gran utilidad en la construcción de máquinas, estructuras, mecanismos, circuitos y herramientas.

En la tabla 1 se brindan elementos genéricos sobre la resistencia a la corrosión de 5 metales y sus aleaciones. **Anexo 3.**

Las propiedades tecnológicas de los materiales.

Son aquellas propiedades que nos informan sobre el comportamiento del material durante la fabricación:

- Plasticidad: Facilidad de un material para cambiar de forma sin romperse ni agrietarse.
- Fusibilidad: Facilidad de un material para fundir.
- Maleabilidad: Capacidad de algunos metales para extenderse en láminas.
- Ductilidad: Capacidad de algunos metales de extenderse en forma de hilos.

- Soldabilidad: Facilidad de un metal para unirse a otro en soldadura.

Las propiedades mecánicas de los materiales.

- Dureza: Resistencia a ser rayado en su superficie.
- Tenacidad y Fragilidad: Tenacidad es la resistencia a romperse al golpearse. Fragilidad es la propiedad opuesta.
- Elasticidad y Plasticidad: Elasticidad capacidad para recuperar su forma. Propiedad opuesta es la Plasticidad.
- Flexibilidad y Rigidez: Flexibilidad capacidad a romperse sin dañarse. Rigidez es la propiedad opuesta.

Las propiedades físico químicas de los materiales.

- Densidad: Relación entre la masa y el volumen del material.
- Conductividad eléctrica: Facilidad para el paso de la corriente eléctrica.
- Conductividad térmica: Facilidad para conducir el calor.
- Dilatación: Aumento de volumen al calentarse.
- Oxidación: Facilidad a oxidarse.
- Solubilidad: Nos indica que sustancias son solubles en otras y cuanto se solubilizan en cada una de ellas.
- Propiedades mecánicas: Resistencia que ofrecen los materiales a los esfuerzos y cargas.
- Propiedades ópticas: Comportamiento frente a la luz: transparencia, opacidad y brillo.

(Curso de Ciencia de Materiales, Tema 4).

1.6 Problemas de diseño anticorrosivo según las Normas ISO 12944-3.

El sistema de normalización establecido en la Comunidad Europea, se basa en lo fundamental en las Normas ISO, y en el sistema de normalización establecido en Cuba, también emplea estas normas.

Cuando se suscribe una Norma Internacional, se contraen obligaciones bajo consideraciones técnicas de cumplir lo establecido en las mismas. En aquellos casos que se establezcan garantías, quedan obligados mediante documentos contractuales, a cumplir con las obligaciones técnicas, de lo contrario pueden ser demandados, aplicándose los procedimientos penales correspondientes.

Seguidamente se muestran algunos ejemplos de incumplimientos de las Normas ISO en cuanto a los problemas de diseño anticorrosivo, que constituyen violaciones de las consideraciones técnicas que se establecen en la referida norma.

1.6.1 El diseño anticorrosivo y sus problemas.

Plantea (Echeverría C. A, et al, 2003) que para conocer los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, hay que consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas (UNE-EN ISO12944 – 1, 1998), (UNE-EN ISO 12944 – 3, 1998), (UNE-EN ISO 12944 – 5, 1998) y la (UNE-EN ISO 12944 – 8, 1998). Estas normas en su conjunto, establecen 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.

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 (UNE-EN ISO 12944 – 3, 1998).

Según (Echeverría, C. A, et al. 2003) es posible encontrar en conjunto varios problemas de diseño anticorrosivo como son:

- **Accesibilidad:** Los componentes de acero deben diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector. Es muy importante cumplir con los criterios de lograr separaciones entre componentes superiores a 50mm y profundidades menores de 100mm, para garantizar todas las operaciones de preparación de superficie, aplicación de recubrimientos y mantenimiento.
- **Tratamiento de orificios:** Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente, evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de

todas las secciones, y en las superficies en contacto sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.

- **Prevención de la corrosión galvánica:** Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (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 austeníticos, o ferríticos, 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.

1.6.2 Comportamiento del diseño anticorrosivo en condiciones climáticas que van desde alta hasta extrema agresividad corrosiva.

Este es un tema del que no existe mucha información, lo que corrobora que es un aspecto no tenido en cuenta por muchos de los estudiosos del tema, aún siendo este un factor importante en la aparición de la corrosión prematura en equipos e instalaciones metálicas.

Pero no todos aíslan este factor pues (Shixer, D.A, 2005) plantea que así como la apropiada selección de los materiales minimiza la corrosión, el diseño apropiado también influye decisivamente en ello.

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

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

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

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

1.7 Tipos de corrosión, causas, mecanismos y factores que influyen.

1.7.1 Corrosión por celda de aireación diferencial.

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

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

Cuando surge un intersticio, defectos en la pintura, depósitos de óxido o suciedades provocando la aparición de las celdas de aireación diferencial. Debajo del depósito o en el interior del intersticio se crea un área de difícil acceso para el oxígeno, que se constituye en ánodo, tan pronto como en los alrededores con mayor acceso de oxígeno se crea un cátodo.

Factores que influyen:

El factor determinante es la presencia de humedad, conjuntamente con el depósito o intersticio, además de los contaminantes que como el aerosol marino acelera el proceso corrosivo.

En este caso un aumento de la temperatura de la superficie metálica, elimina la humedad adsorbida y detiene el proceso corrosivo. Observe como este tipo de corrosión es menos frecuente en los techos sometidos a la radiación solar.

1.7.2 Corrosión Atmosférica.

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

1.7.2.1 Corrosión Atmosférica Húmeda.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica húmeda se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, refiere (Domínguez, J, 1987), que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc., lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 % y la presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos, provenientes del aerosol marino.

Este mecanismo es el que se presenta en la mayoría de las horas de día y períodos del año, es por ello que constituye el mecanismo fundamental. A partir de este se pueden producir diferentes situaciones durante el proceso corrosivo, en dependencia del espesor de la película de humedad sobre la superficie metálica.

La magnitud de la corrosión, se explica por los mecanismos cíclicos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la condensación de humedad y la presencia de contaminantes. La presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas de humedecimiento y secado periódico, en lo que determina la falta de establecimiento de capas de productos de corrosión protectoras.

1.7.2.2 Corrosión Atmosférica Mojada.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica mojada se presenta en aquellas zonas donde existe acumulación de agua en la cual pueden o no estar disueltos contaminantes, como cloruros y sulfatos fundamentalmente. En estas condiciones la corrosión es similar a lo que ocurre en el agua o en el agua de mar, aunque ligeramente superior, ya que la difusión de oxígeno es mayor en una película de agua. En estas condiciones y en presencia de depósitos se favorece la formación de celdas de concentración, específicamente de aireación diferencial.

La magnitud de la corrosión, se explica por los mecanismos cíclicos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos.

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

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

1.7.3 Corrosión Intersticial.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Durante el diseño de una pieza, equipo o estructura metálica, el diseñador debe tener especial cuidado en no crear intersticios, ya que estos favorecen la acumulación de depósitos (contaminantes) y humedad, que propician el desarrollo de este tipo de corrosión. La explicación de este mecanismo es similar a las celdas de concentración, que fue explicado con anterioridad.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de intersticios (grietas, hendiduras, solapes, etc.), conjuntamente con contaminantes y la humedad.

1.7.4 Corrosión Interfacial.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: Electroquímico homogéneo, en presencia de humedad adsorbida que penetra a la pintura, al igual que el oxígeno, pero que se desarrolla únicamente cuando hay contaminantes.

Factores que influyen:

El factor determinante es la presencia del contaminante sobre la superficie metálica como aerosol marino, en la interfase acero- pintura y la presencia de humedad y

oxígeno que deben atravesar la película de pintura, por lo cual influye además el espesor del recubrimiento de pintura.

1.7.5 Corrosión por par metálico.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Galvánico, donde el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la unión de metales de distinta naturaleza, aunque influye también la magnitud de la diferencia de potenciales, la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica. Incrementa este proceso la presencia de contaminantes, la temperatura y el pH del medio.

1.7.6 Corrosión Selectiva.

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

Mecanismos: El par metálico se presenta en aleaciones donde coexisten dos fases de diferente potencial y se manifiesta en aleaciones de aluminio, fundiciones, latones y otros materiales.

Factores que influyen:

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

1.8 Métodos de protección anticorrosiva.

Todos en la sociedad moderna son afectados de alguna manera por el fenómeno de la corrosión, dado que el hombre toma los metales de la naturaleza y los transforma para obtener metales puros.

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

Las soluciones de mitigación de la corrosión están en dependencia del material a proteger, la calidad del recubrimiento, la continuidad eléctrica, la localización de la

estructura y las mismas pueden involucrar frecuentemente diferentes métodos de protección, que en su conjunto forman un sistema que generalmente incluyen algunos o todos de los siguientes:

- Selección de materiales.
- Alteración del medio corrosivo. pH
- Protección catódica (corriente impresa o ánodo de sacrificio).
- Protección anódica.
- Continuidad eléctrica.
- Inhibidores de la corrosión.
- Sistemas de recubrimientos anticorrosivos.

Conclusiones parciales del Capítulo.

- 1) De la experiencia de cátedra se observa las causas, los mecanismos y los factores que influyen en la corrosión, aspectos de gran importancia para poder emprender el combate contra este fenómeno.
- 2) Se puede apreciar la influencia que tienen los problemas de diseño anticorrosivos sobre los tipos de corrosión.
- 3) Se valora que para realizar una buena selección de materiales hay que tener en cuenta una serie de pasos que se deben cumplir de forma obligatoria, así como las principales clasificaciones de los materiales y algunas de sus características y propiedades.

Capítulo II: Caracterización y diagnóstico de los equipos y componentes seleccionados.

2.1 Materiales y métodos.

2.1.1. Materiales más empleados en las instalaciones, equipos y componentes.

En la Central Eléctrica Fuel-Oil de Agramonte, el material que principalmente se emplea en la construcción de las instalaciones y equipos es el acero estructural de bajo contenido de carbono (AISI 1020), aunque se pueden encontrar los aceros aleados (AISI 403 12Cr), el hormigón armado, el aluminio, los latones (C27000), entre otros.

2.1.2. Métodos empleados en el diagnóstico.

Para el diagnóstico de los materiales, diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, protección y conservación, se emplea la Metodología General para la selección y diagnóstico de materiales, diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, desarrollada en el CEAT, que incluye los siguientes aspectos:

1. Selección y diagnóstico de los materiales.

La primera vía de que disponen los técnicos e ingenieros para garantizar la seguridad del funcionamiento de las plantas y la reducción del costo por mantenimiento o reparación es la adecuada selección de los materiales para el diseño y la construcción de equipos y aparatos.

Esta selección está condicionada por varios aspectos como son propiedades mecánicas, tecnológicas, anticorrosivas, disponibilidad y costos.

La selección correcta de un material se realiza teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1. Definir la función y condiciones de trabajo a que será sometido el material.
2. Seleccionar y evaluar los materiales posibles.
3. Seleccionar el material mediante un análisis costo - beneficio.
4. Disponibilidad y tiempo de entrega.

Cada uno de los aspectos se desarrolla seguidamente:

Definir la función y condiciones de trabajo a que será sometido el material, así como su uso.

Para evaluar este aspecto hay que tomar en consideración los siguientes elementos:

- Características de las sustancias y medios con los que interaccionan, para nuestro objeto de estudio, aquellas condiciones que favorecen la agresividad corrosiva y por tanto el deterioro de los materiales.
- Esfuerzos mecánicos a los que será sometido.

Su uso puede ser para el trabajo mecánico (es decir para transmitir movimiento, para labores de conformación, etc.), como elemento para la transferencia de calor y masa, y para la construcción de estructuras.

Considerar que los esfuerzos mecánicos conjuntos con la corrosión producen una sinergia en cuanto al deterioro, es decir, el resultado final es que la corrosión (deterioro) es mayor que la suma de ambos efectos solos.

Entre los esfuerzos mecánicos a que puede ser sometido un material están las deformaciones mecánicas por golpes, fatiga, rozamiento, vibraciones, tracción, compresión, flexión, etc.

De acuerdo con lo anterior si estos efectos se producen en presencia de medios corrosivos, como generalmente ocurre en la práctica, se obtiene: corrosión rozamiento, corrosión erosión, corrosión fatiga, etc.

Como conclusión de este paso se definen las propiedades que se deben de garantizar por el material a emplear.

Seleccionar y evaluar los materiales posibles.

Se seleccionan los materiales que presentan las propiedades deseadas y de no conocerse se realiza la evaluación de las mismas.

Para evaluar las propiedades de los materiales se analizan las siguientes propiedades y características, entre otras.

- Propiedades mecánicas.

-Resistencia a la tracción, compresión, torsión y flexión.

-Resistencia a los esfuerzos cortantes.

- Dureza, elasticidad, plasticidad.
- Resistencia a desgastes.
- Propiedades físico -química.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a altas temperaturas.
- Contaminación de sustancias o del medio. (Toxicidad del material, solubilidad en el medio, etc.)
- Propiedades de transporte.
- Conductividad térmica.
- Porosidad.
- Conductividad eléctrica.
- Características técnicas.
- Facilidad de elaboración (Maquinado. Soldadura).
- Facilidad de mantenimiento.
- Compatibilidad con los materiales de los equipos existentes. (Para evitar la formación de pares galvánicos).

Una generalidad al abordar la selección de materiales, es que un solo material frecuentemente no reúne todas las propiedades deseadas y por tanto hay que emplear un sistema de materiales.

Seleccionar el material con un análisis costo - beneficio.

En este paso se escogen los materiales anteriormente definidos. Para esto se comparan atendiendo a:

- Costo de adquisición del material.
- Frecuencia de mantenimiento.
- Frecuencia de reposición. (Tiempo de vida útil)
- Costos de fabricación.

Una experiencia práctica al respecto, indica por lo general, que una selección de materiales en sistema rebaja los costos a mediano y largo plazo.

Disponibilidad y tiempo de entrega.

Este paso es muy importante en nuestras condiciones, por razones de limitación de mercado, por presupuesto, por tiempo disponible para la ejecución de la tarea, se debe analizar de los materiales posibles cuales son los que reúnen la mayor cantidad de las propiedades exigidas.

Es necesario enfatizar que la selección incorrecta de un material a pesar de traer consigo mayores gastos económicos puede provocar además lesiones o la muerte al trabajador.

Vinculación de la composición, estructura, propiedades y aplicaciones de los materiales con el análisis costo – beneficio.

2. Diagnóstico del diseño anticorrosivo.

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

- Comprobar las normas de diseño empleadas y su cumplimiento.
- Un antecedente muy importante de los problemas de corrosión que se presentan frecuentemente, es el “Diseño Anticorrosivo”. Al respecto se plantea que los problemas de diseño anticorrosivo, los crea el diseñador, desde que se realiza el diseño. Existen muchos problemas de diseño muy frecuentes.
- La selección de los materiales, entra dentro del diseño y por tanto hay que prestarle especial atención a los materiales utilizados y los métodos de protección utilizados, de acuerdo con los medios en que se encuentra en contacto.
- Cumplimiento de las recomendaciones de puesta en obra de los materiales, componentes, estructuras, equipos, etc.
- Características de los materiales metálicos y no metálicos. Fichas técnicas de los diferentes productos.
- Fichas técnicas de los diferentes productos anticorrosivos.
- Correspondencia de los materiales con los previstos en el diseño.

- Aspectos legales del proyecto, garantías con su cumplimiento, especificaciones técnicas precisas y correctas, sin expresiones ambiguas y genéricas.

2.2. Condiciones de trabajo establecidas en el diseño y la reales.

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

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

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

¿Tienen implementadas las Normas ISO 9000?

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

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

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

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

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

Los aspectos legales del cumplimiento de las normas tienen mucha importancia. Basta señalar lo siguiente: En cada contrato, se establece el período de garantía, que tiene una consideración jurídica, objeto de cláusulas en la parte administrativa del contrato. El tiempo de garantía, tiene que ser menor que la durabilidad del sistema protector, que es una consideración técnica que puede ayudar al propietario a establecer un sistema de mantenimiento. En la Norma ISO 12944 – 1: 1998 para sistema de pinturas, se establecen tres clases de durabilidad:

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

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

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

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

2.4. Historia del problema.

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

- Antecedentes del problema. Historia del problema, que incluye años de servicio de la instalación y de los equipos, así como la acción de factores físicos, químicos, biológicos y combinación de ellos, sin profundizar en los mismos.

- Diagnóstico de la corrosión y protección en el área de haberse realizado con anterioridad. Puede incluir video, tomas fotográficas, muestras, mediciones, etc.

2.5. Toma de muestras, fotos, videos, entre otros para iniciar el análisis del problema.

Debe de realizarse por el especialista que realizará el análisis correspondiente o cumpliendo indicaciones precisas del mismo. Un error en las muestras que se presentan para iniciar un análisis o la alteración de las mismas por implicados en el problema, pueden originar falsas conclusiones y en la mayoría de los casos pérdidas de tiempo.

3. Diagnóstico de los problemas de corrosión.

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

¿En qué forma se presenta la corrosión?

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

¿Qué tipos de corrosión se presentan?

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

¿Cuáles son las causas de la corrosión?

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

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

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

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

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

- Incluye evaluaciones realizadas de la magnitud de daño con datos técnicos y económicos.
- Aplicación de métodos no destructivos para evaluar el daño causado.
- Ensayos para determinar la magnitud de la velocidad de corrosión y evaluaciones realizadas. Resultados de evaluaciones o fundamentación de los ensayos.
- Ensayos para identificar el biodeterioro. Evaluaciones realizadas.
- Aspectos económicos. En correspondencia con las Normas Internacionales actualmente vigentes, la relación coste – eficacia de un determinado sistema protector frente a la corrosión será, generalmente, directamente proporcional al tiempo durante el cual dicha protección es efectiva, reduciendo al mínimo el volumen de los trabajos de mantenimiento o de sustitución necesarios durante la vida en servicio de la estructura. Para recubrimientos protectores, la intensidad del fallo, antes de que sea sometido al primer trabajo de mantenimiento general, debe acordarse entre las partes interesadas y valorarse conforme a las Normas ISO 4628 – 1: 2003 y 4628 – 3: 2003. La primera que establece los principios generales y el esquema de evaluación y la segunda que establece los grados de oxidación permisibles, que son los que se acuerdan entre las partes. Al respecto se establece como máximo de afectación un 1% de la superficie afectada, posterior a lo cual hay que ejecutar el mantenimiento.

- Otros datos económicos que pueden obtenerse sobre el problema objeto de estudio, entre ellos monto de la inversión, pérdidas que se producen, costo de los mantenimientos, etc.
- Impacto ambiental con resultado del problema de corrosión. Posibles afectaciones.

4. Diagnóstico de la protección anticorrosiva.

4.1. Medidas que deben aplicarse y que se aplican.

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

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

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

4.2. Métodos de protección.

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

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

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

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

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

En la instalación a la cual se hace referencia en este trabajo no tiene una línea de pintura definida, lo cual trae consigo que se apliquen diferentes tipos de pinturas.

La durabilidad de un esquema de pintura está determinada primeramente por la preparación superficial.

4.3. Preparación superficial.

Para el diagnóstico de la preparación superficial en una instalación o equipo ya protegido, hay que tener presente los tipos de corrosión que se observan sobre la superficie del material.

La presencia de corrosión interfacial, indica que no se preparó previamente la superficie, ya que el recubrimiento se despega por la presencia del óxido.

La observación de levantamientos en el recubrimiento de pintura, por la presencia de óxido en forma de celdas de aireación diferencial indica una mala preparación de la superficie.

4.4. Recubrimientos de pintura.

El diagnóstico de los recubrimientos de pintura conlleva a identificar todos los defectos que se presentan y que son causa del recubrimiento o de su aplicación.

Observar el desprendimiento de una capa de pintura sobre otra es causa en primer término de incompatibilidad de esquemas o de la presencia de grasa sobre un recubrimiento si el problema no está muy generalizado.

Entre los defectos propios del recubrimiento está la pérdida de brillo, el caleo, el efecto cáscara de naranja, entre otros.

Todos los defectos que se observen de forma prematura, antes de que se llegue al tiempo de vida útil del esquema, son problemas del recubrimiento.

5. Diagnóstico de la conservación.

Las técnicas de conservación comienzan con la conservación preventiva o limpieza de las superficies protegidas. Dentro de estas acciones se encuentra el lavado programado de las superficies de los equipos e instalaciones.

Otras técnicas de conservación implican la aplicación de recubrimientos de ceras impermeabilizantes, grasas de conservación entre otras.

En ocasiones se protegen instrumentos de medición de la acción del ambiente mediante la protección con nylon, entre otras técnicas.

Para proceder al desarrollo del trabajo hay que conocer primeramente los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que presentan las instalaciones, por lo que se hace necesario consultar de forma obligada las Normas Internacionales, en particular las Normas UNE-EN ISO 12944 de la 1 - 8: 1998. Estas normas en su conjunto, establecen los criterios básicos de diseño que tienen que cumplirse para prevenir la corrosión. Es válido señalar que Cuba suscribe y aplica las Normas ISO. Como método para la realización del diagnóstico se tiene en cuenta los siguientes pasos:

➤ **Análisis visual.**

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

➤ **Fotografía digital.**

Después de realizada la observación con el procedimiento anteriormente descrito se procede a la toma de las muestras fotográficas de todos los problemas existentes en los equipos e instalaciones que posteriormente serán analizadas en trabajo de mesa

mediante el uso de las Normas UNE-EN ISO 12944 de la 1 - 8: 1998, UNE – EN ISO 11303: 2009 y los aspectos que contempla la metodología general.

2.2. Diagnóstico de los materiales empleados.

2.2.1. Área de tratamiento del combustible.

En la Fig. 2.1 que a continuación se muestra se puede apreciar un área a la cual se hará referencia en este trabajo, ya que se encuentra ubicado el HTU. En esta unidad se analizará la pizarra de control y el contenedor. Las pizarras de control por lo general están constituidas por acero de bajo contenido de carbono (AISI 1020), pero se pueden encontrar también los aceros inoxidable (AISI 403 12Cr) .Los contenedores están contruidos en su totalidad por aceros de bajo contenido de carbono (AISI 1020) al igual que los tanques de Fuel Oil y Lodo.

El tanque de lodo de capacidad 80 m³, se puede observar en la Fig. 2.2, está construido en su totalidad por aceros de bajo contenido de carbono (AISI 1020) ya que es el material más común en la industria química por sus propiedades. Tiene otros componentes contruidos por este material.

En la Fig. 2.3 se muestra el tanque de Fuel Oil, con capacidad de 1000 m³, construido en su totalidad por aceros de bajo contenido de carbono (AISI 1020) ya que es el material más común en la industria química por sus propiedades.

Además se encuentra presente el hormigón armado en las bases que soportan estos tanques ya que es el material utilizado siempre que se someta a pesos, para evitar la rotura por flexión. También se emplea acero inoxidable (AISI 403 12Cr) en las válvulas de entrada y salida.

Otro material presente, son los recubrimientos de pinturas, que serán caracterizados más adelante en el desarrollo del trabajo.



2.3. Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.

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

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

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

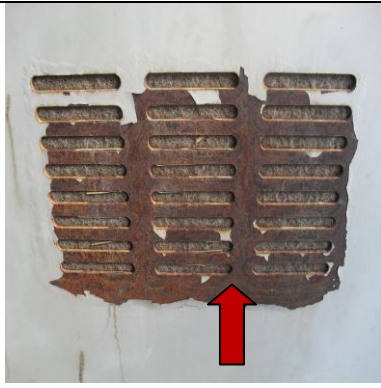


A continuación se analizan los diferentes componentes, equipos e instalaciones, mencionando los diferentes problemas de diseño anticorrosivo identificados en la propia instalación objeto de estudio como resultado del diagnóstico realizado, así como los tipos de corrosión que se originan.

Es necesario destacar que todos los equipos y componentes que están expuestos a la atmósfera se encuentran afectados por la corrosión atmosférica húmeda. Esta será explicada más adelante.

➤ HTU

Pizarra de control

Algunos de los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión se pueden apreciar en las siguientes figuras:

		
<p>Figura 2.4 Entrada de aire a la pizarra.</p>	<p>Figura 2.5 Parte inferior de la pizarra.</p>	<p>Figura 2.6 Parte superior de la pizarra.</p>

Analizando inicialmente los problemas de diseño anticorrosivo, se observa en la figura 2.4 la localización de la corrosión en la zona de la rejilla de ventilación de entrada. Esta rejilla es conformada con el mismo material, creándose efectos de bordes (indicado con la flecha roja), donde la pintura no adquiere el espesor adecuado por lo que comienza a fallar en esta zona. Se suma al efecto anterior, la acumulación y depósitos de contaminantes en esa zona irregular de la superficie.

En la figura 2.6 se observa la parte superior del techo de la pizarra, zona horizontal de acumulación y depósitos, que al no ser limpiados con frecuencia originan la corrosión que se observa, además agravada por problemas de preparación de superficie previa a la aplicación de pinturas.

La mala preparación de la superficie es otro de los problemas que se pueden apreciar en las figura 2.5 y 2.6.

Dicho problema viene dado ya que no se realizó un análisis previo, como indica la norma, considerando el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el carácter y grado de la suciedad y oxidación. (UNE-EN ISO 12 944-4:1998). Además se aprecia la corrosión por celda de aireación diferencial:

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

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


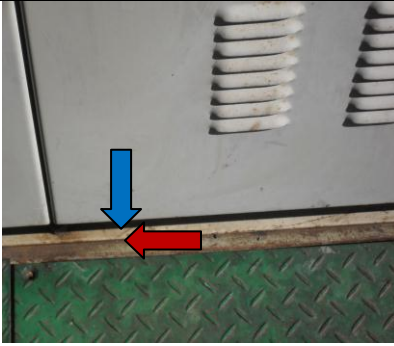
Cuando surge un intersticio, defectos en la pintura, depósitos de óxido o suciedades, todos ellos son causa de la aparición de las celdas de aireación diferencial. Debajo del depósito o en el interior del intersticio se crea un área de difícil acceso para el oxígeno, que se constituye en ánodo, tan pronto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

Esta diferencia de concentración, origina una diferencia de potencial

Como se puede observar, a la mayor concentración de oxígeno corresponde el mayor potencial (cátodo) y a la menor concentración de oxígeno debajo del depósito o el intersticio corresponde el menor potencial (ánodo), donde tiene lugar la corrosión localizada.

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia de humedad, conjuntamente con el depósito o intersticio, además de los contaminantes que como el aerosol marino acelera el proceso corrosivo.

En las figuras 2.7 y 2.8 se observan problemas de tratamiento de orificios y accesibilidad respectivamente que existe entre la pizarra y la base.

	
Figura 2.7 Problemas de tratamiento de orificio (resquicio) entre la pizarra y la base.	Figura 2.8 Problema de accesibilidad entre la pizarra y la base.

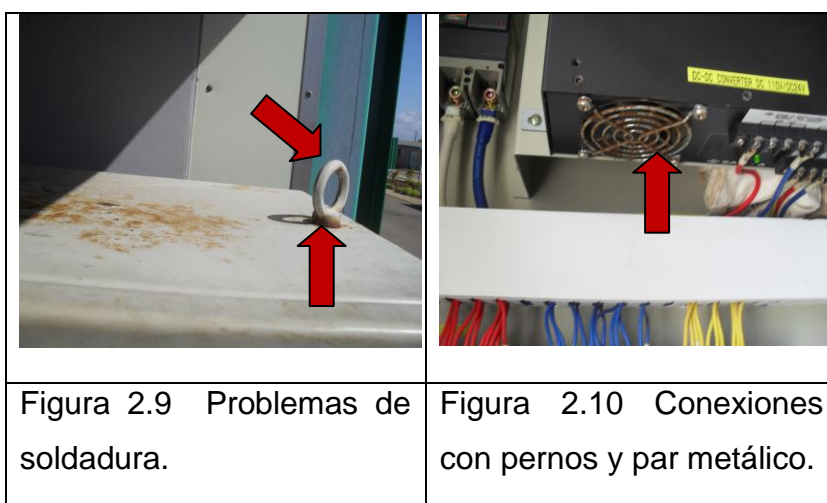
Este problema de diseño que se muestra en la figura 2.7 trae consigo la corrosión en resquicios, que es corrosión de tipo electroquímica, no uniforme. Esta favorece la acumulación de depósitos como los provenientes del aerosol marino y la humedad.

En los resquicios tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y favorece la acumulación y depósitos de contaminantes y la corrosión.

En la figura 2.8 se puede apreciar una zona inaccesible entre la pizarra y la base. Un primer aspecto de la accesibilidad, vinculado al acceso para las labores de mantenimiento de los operarios, sé ha modificado con la introducción de nuevas tecnologías en las construcciones y buscando sobre todo variedad de estilos y belleza, las técnicas de mantenimiento se han tenido que ir modificando.

Un segundo aspecto de la accesibilidad, es la accesibilidad de las herramientas y accesorios que se emplean en la protección anticorrosiva, mediante las labores de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos de pintura, entre otras técnicas de protección. En este caso la separación entre partes o estructuras, no puede ser menor de 50 mm de ancho y mayores de 100 mm en profundidad (Norma UNE EN ISO 12944: 3:1998).

Otros de los problemas que se presentan se encuentran en las figuras 2.9 y 2.10.



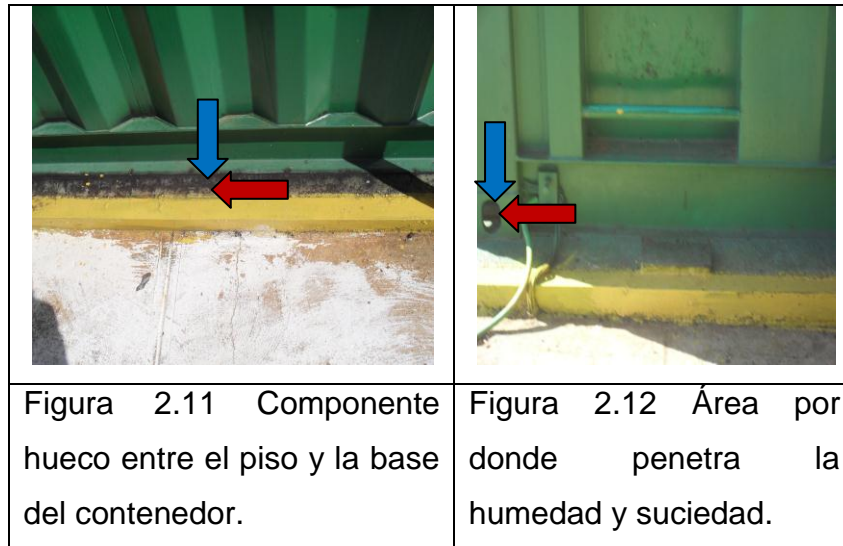
En la figura 2.9 se puede observar el problema de soldadura. Esta trae consigo la acumulación de contaminantes sobre las superficies irregulares y/o sobre superficie con soldaduras discontinuas.

Al observar la figura 2.10 se destacan los problemas de conexiones con pernos y par metálico. Estos problemas casi siempre aparecen juntos y vienen dados por que en ellos el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo. En esto, influye la magnitud de la diferencia de potenciales y la diferencia de áreas entre metales. Si el

diseño es tal que el par galvánico no puede evitarse, las superficies en contacto deberían estar aisladas eléctricamente.




Contenedores

Al igual que la pizarra de control, los contenedores presentan varios problemas de diseño. El primer problema que se presenta son las áreas de difícil acceso, que se pueden observar en las figuras 2.11 y 2.12.



El problema de 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. Además se presentan problemas de orificios entre la base del soporte del contenedor y el piso de hormigón en la fig. 2.11. En todos los casos de orificios (resquicios), se origina en su interior la corrosión en resquicios u orificios, que comienza como una corrosión por celdas de aireación diferencial sobre el acero estructural, que es una corrosión localizada.

Otro problema de diseño anticorrosivo que afecta es el de la mala preparación de la superficie tal es el caso que se observan en las figuras 2.13, 2.14 y 2.15. Además de presentar áreas de acumulación de depósitos y agua.

		
<p>Figura 2.13 Mala preparación superficial.</p>	<p>Figura 2.14 Mala preparación superficial.</p>	<p>Figura 2.15 Mala preparación superficial.</p>

Este problema se presenta cuando no se realiza un análisis previo considerando el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el carácter y grado de la suciedad y oxidación. (UNE-EN ISO 12 944-4:1998). Además se aprecia la corrosión por celda de aireación diferencial y la corrosión atmosférica húmeda:

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica húmeda se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc, lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, y la presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos, provenientes del aerosol marino.

Este mecanismo es el que se presenta en la mayoría de las horas del día y períodos del año, es por ello que constituye el mecanismo fundamental. A partir de este se pueden producir diferentes situaciones durante el proceso corrosivo, en dependencia del espesor de la película de humedad sobre la superficie metálica.

La magnitud de la corrosión, se explica por los mecanismos cíclicos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos, que fue explicado con anterioridad.

Factores que influyen:

El factor determinante en este tipo de corrosión es la condensación de humedad y la presencia de contaminantes. De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos

en zonas de humedecimiento y secado periódico, en lo que determina la falta de establecimiento de capas de productos de corrosión protectoras.

No obstante se insiste que lo que determina la magnitud de la corrosión atmosférica es el tiempo en que permanece la superficie metálica húmeda, destaca Domínguez, 1987.

Otro de los problemas que se presentan mayormente en estos accesorios es el de las uniones con pernos y el par metálico. Ejemplo de esto se aprecia en las figuras que a continuación se muestran:



		
<p>Figura 2.16 Conexiones con pernos.</p>	<p>Figura 2.17 Conexiones con pernos.</p>	<p>Figura 2.18 Conexiones con pernos y par metálico.</p>

En las Fig. 2.16, 2.17 y 2.18, se observan los problemas de corrosión que se originan en las uniones con pernos por un mal diseño anticorrosivo. Por ello no es casual que en estas zonas aparezca la corrosión de forma prematura.

El par metálico es otro de los problemas que se puede encontrar en las uniones con pernos figura 2.18. Este viene dado por la presencia de diferentes materiales. La corrosión galvánica que se genera es del mismo nombre siendo del tipo electroquímica, no uniforme.

➤ Tanque de Lodo.

En este tanque se encuentran presentes varios problemas que se analizan a continuación, uno de ellos, es el de soldadura y el otro es de zonas de acumulación y depósitos tal y como se muestran en las figuras 2.19 y 2.20.

	
<p>Figura 2.19 Superficie mal soldada del tanque de lodo.</p>	<p>Figura 2.20 Superficie mal soldada del tanque de lodo y zona de acumulación y depósito.</p>

Este problema trae consigo la acumulación de contaminantes sobre las superficies irregulares y/o sobre superficie con soldaduras discontinuas. En ambos casos se presenta una corrosión localizada, ya que en esas zonas es por donde primero fallan los recubrimientos de pintura por una deficiente preparación superficial, al no estar pareja la superficie. Provocando la corrosión en resquicios y la corrosión por celdas de aireación diferencial como se observan en las figuras 2.21, 2.22 y 2.23.

		
<p>Figura 2.21 Celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Figura 2.22 Celdas de aireación diferencial.</p>	<p>Figura 2.23 Problemas de tratamiento de orificios.</p>

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

Esta diferencia de concentración, origina una diferencia de potencial, donde el ánodo es la zona donde aparece la acumulación o depósito y el cátodo sus alrededores.

El problema de diseño trae consigo la corrosión en resquicios, que es corrosión de tipo electroquímica, no uniforme. Esta favorece la acumulación de depósitos como los provenientes de la humedad. En los resquicios tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y favorece la acumulación y depósitos de contaminantes y la corrosión.

Otro de los problemas que se debe hacer referencia es a la mala preparación de la superficie como se señala en la figura 2.24 y 2.25.

	
<p>Figura 2.24 Mala preparación superficial, por corrosión interfacial.</p>	<p>Figura 2.25 Mala preparación superficial. Presencia de óxido.</p>

La preparación de la superficie ejerce una influencia determinante sobre el posterior comportamiento y durabilidad de los sistemas de pintura o recubrimiento que se apliquen. En la figura 2.24 se observa la corrosión interfacial la cual es originada fundamentalmente por debajo del recubrimiento como consecuencia de una mala preparación de la superficie y contaminación de la misma.

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme.

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad adsorbida que penetra a la pintura, al igual que el oxígeno, pero que se desarrolla únicamente cuando hay contaminantes.


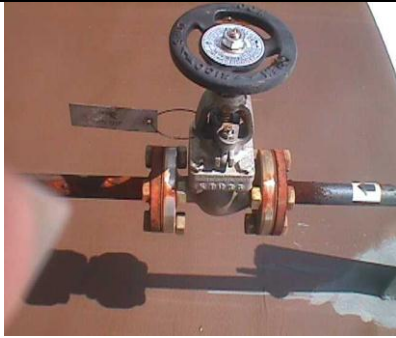

Cuando la superficie queda contaminada antes de pintar, fundamentalmente con cloruros y sulfatos, ya están dadas las condiciones para la corrosión interfacial, de lo contrario no ocurre.

La magnitud de la corrosión, se explica por los mecanismos cíclicos de formación de herrumbre por cloruros y sulfatos.

➤ Tanque de Fuel Oil

Al igual que los equipos anteriores en este tanque se pueden apreciar algunos problemas de diseño. En las válvulas que presenta dicho tanque y tuberías se encuentran varios problemas.

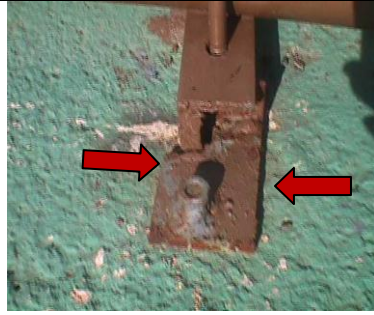
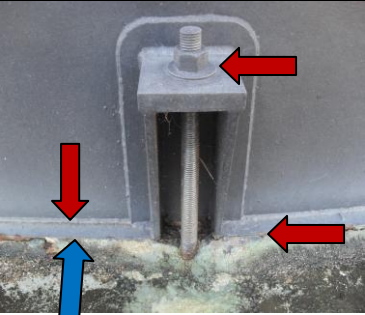
Entre de ellos las conexiones con pernos, intersticios o resquicios y la prevención de la corrosión galvánica.

		
<p>Figura 2.26 Conexiones con pernos y par metálico en las tuberías.</p>	<p>Figura 2.27 Conexiones con pernos y par metálico en las tuberías.</p>	<p>Figura 2.28 Conexiones con pernos y par metálico en las tuberías.</p>

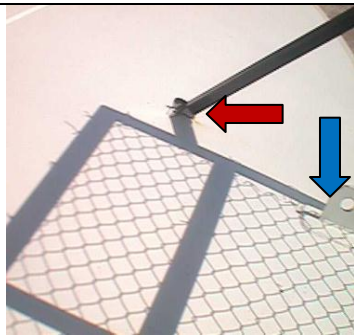

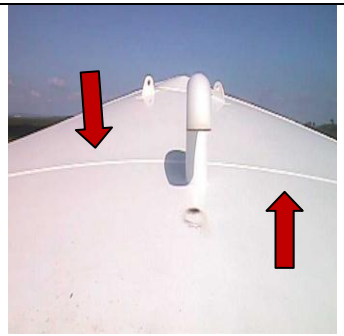
La prevención de la corrosión galvánica, se puede observar por la presencia de diferentes materiales y en el caso que se analiza lo encontramos entre los pernos y las bridas. La corrosión que se genera es del mismo nombre siendo del tipo electroquímica, no uniforme.

En ella el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo. En esto, influye la magnitud de la diferencia de potenciales y la diferencia de áreas entre metales. Si el diseño es tal que el par galvánico no puede evitarse, las superficies en contacto deberían estar aisladas eléctricamente.

En las Fig. 2.29 y 2.30 se aprecian problemas de orificio o resquicio.

	
<p>Figura 2.29 Resquicio entre el soporte y la base.</p>	<p>Figura 2.30 Resquicio entre el espárrago de anclaje y la base.</p>

Además es válido señalar que en la figura 2.30 se observa también problemas de acumulación y depósito y de accesibilidad, este último viene dado ya que poseen una separación menor de 50 cm y una profundidad mayor a 100 cm, pues con estas condiciones no se puede aplicar tratamiento superficial, ni protección con pintura. Razón por la cual se está en presencia de corrosión generalizada sin protección. La soldadura es otro de los problemas que se pueden encontrar en las figuras 2.31, 2.32 y 2.33.

		
<p>Figura 2.31 Superficie mal soldada del tanque de Fuel Oil.</p>	<p>Figura 2.32 Soldadura irregular de la tuerca del soporte de la tubería.</p>	<p>Figura 2.33 Tanque de Fuel Oil. Observe el cordón de soldadura.</p>

Una superficie mal soldada como la que se muestra en las figuras anteriores trae como consecuencia una soldadura irregular, la cual facilita la formación de orificios y crestas, el fallo del recubrimiento y por consiguiente la penetración de la humedad y contaminantes causantes de la corrosión. En la figura 2.31 indicado con la flecha azul se puede observar el problema de bordes.

Estos deben ser redondeados, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos son también más susceptibles al deterioro.

Conclusiones parciales del Capítulo.

- 1) Se puede decir que el material que se emplea es acero estructural.
- 2) Los problemas de diseño anticorrosivo tienen gran influencia en el deterioro por corrosión de la instalación.
- 3) Se constata que en el deterioro de los recubrimientos de pintura incide en mayor medida la insuficiente preparación superficial.
- 4) En la instalación no está definida una línea de pintura ya que se han aplicado diferentes tipos de la misma.
- 5) No se aplican en general técnicas de conservación en la Central Eléctrica, ni el empleo de otros recubrimientos.

Capítulo III: Propuesta de un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.

Como resultado del diagnóstico realizado en la Central Eléctrica, se logró identificar un grupo de problemas de diseño anticorrosivo, de corrosión, de preparación superficial, de recubrimientos de pinturas y de ausencia de otros recubrimientos, que se presentan en estas instalaciones y que fueron detallados en el capítulo anterior. En general se observa, ausencia de aplicación de técnicas de conservación.

En este capítulo se aborda lo referente a las soluciones de los problemas, sobre la base de una propuesta de Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación.

3.1. Materiales y Métodos.

3.1.1. Materiales.

Exceptuando los materiales metálicos de que están constituidos los equipos y componentes objeto de estudio en el presente trabajo, que ya se analizaron en capítulos precedentes, corresponde a este capítulo identificar las principales características de los materiales que se emplearán en la propuesta de sistema.

3.1.1.1. Disoluciones de fosfatado decapante y no decapante.

Estos productos se incluyen como materiales, ya que forman con el metal recubrimientos fosfáticos que se comportan como un recubrimiento con características protectoras y perfiles de anclaje excelentes.

Se emplean para la preparación de la superficie, antes de la aplicación de recubrimientos de pintura, tanto en el mantenimiento periódico como en los mantenimientos generales. Se combina este tratamiento con un decapado previo por métodos manuales mecanizados.

Los productos que se utilizan, con sus principales características anticorrosivas son los siguientes:

- Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504. (Ver anexo 7 para ficha técnica).

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.

➤ **Disolución de Fosfatado No Decapante DISTIN 506.**

Disolución de fosfatado no decapante para la preparación rápida de superficies metálicas no oxidadas. Forma una capa de fosfatos de metales la superficie, penetra en los intersticios, 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 de chapas, accesorios, piezas, equipos del transporte, etc., previo a la aplicación de recubrimientos.

Ambas disoluciones obtuvieron la certificación por el ensayo de resistencia a la corrosión denominado: Cámara de Humedad Temperatura, durante 1600 horas, realizado en los Laboratorios de Ensayos de Tropicalización (LABET).

3.1.1.2. Grasas anticorrosivas y de conservación.

Las grasas que se emplean están especialmente preparadas para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos.

➤ **Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314L. (Ver anexo 8 para ficha técnica).**

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 y a los recubrimientos de pintura.

Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad.

La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de

una capa impermeable a los agentes agresivos. El recubrimiento que se forma por evaporación del solvente, es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

➤ Grasa Semisólida DISTIN 314. (Ver anexo 9 para ficha técnica).

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

➤ Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L.(Ver anexo 10 para ficha técnica).

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. Afecta los recubrimientos de pintura, por su composición negra, por lo que se recomienda para materiales no pintados almacenados. No se inflama, en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, una vez formada la capa libre del solvente.

Ambas grasas obtuvieron la certificación por el ensayo de resistencia a la corrosión denominado: Cámara de Humedad Temperatura, durante 1600 horas, realizado en los Laboratorios de Ensayos de Tropicalización (LABET). Además certificó ensayos más rigurosos en cámara de niebla salina durante 500 horas, realizado en los Laboratorios de Ensayos de Tropicalización (LABET).

Es preciso señalar que al ser estas grasas compatibles se aplican después los mástiques semisólidos:

3.1.1.3. Mástiques asfálticos con goma.

Estos materiales están formados elementalmente por matrices y rellenos. Son aplicables como recubrimientos de sellaje y rellenos de uniones, como material asfáltico impermeabilizante para techos y en estructuras para trabajos de ingeniería, formando un recubrimiento protector, además de que resisten el impacto de otros agentes sobre ellos.

- Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404. (Ver anexo 11 para ficha técnica).

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.

- Mástique Asfáltico Líquido Tipo Solvente con Goma DISTIN 404 L. (Ver anexo 12 para ficha técnica).

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 antigraña 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.

Ambos mástiques obtuvieron la certificación por el ensayo de resistencia a la corrosión denominado: Cámara de Humedad Temperatura, durante 1600 horas, realizado en los Laboratorios de Ensayos de Tropicalización (LABET). Además

certificó ensayos más rigurosos en cámara de niebla salina durante 500 horas, realizado en los Laboratorios de Ensayos de Tropicalización (LABET).

3.1.1.4. Ceras impermeabilizantes y abrillantadoras.

La cera abrillantadora e impermeabilizante 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.

- Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L. (Ver anexo 13 para ficha técnica).

Por la composición líquida que presenta la cera abrillantadora DISTIN 603 L esta 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.

Esta cera obtuvo la certificación por el ensayo de resistencia a la corrosión denominado: Cámara de Humedad Temperatura, durante 1600 horas, realizado en los Laboratorios de Ensayos de Tropicalización (LABET). Además certificó ensayos más rigurosos en cámara de niebla salina durante 500 horas, realizado en los Laboratorios de Ensayos de Tropicalización (LABET).

3.1.2. Métodos.

Cada uno de los productos antes relacionados, fueron sometidos a ensayos específicos, en correspondencia con normas internacionales de resistencia a la corrosión, para obtener la certificación correspondiente, sin la cual no son aceptados para ser aplicados en la protección anticorrosiva. La certificación se realiza cada 2 años en los Laboratorios de Ensayo de Tropicalización (LABET). Seguidamente se describen estos ensayos por su importancia.

3.1.2.1. Ensayos acelerados en cámaras de niebla salina (NSS).

Objetivo y Campo de aplicación.

La norma internacional ISO 9227: 2007 especifica los aparatos, los reactivos y el método operatorio que se deben utilizar en los ensayos de niebla salina neutra (NSS), que permiten evaluar la resistencia a la corrosión de materiales metálicos, con o sin recubrimiento de protección temporal o permanente.

También describe el método empleado para evaluar la corrosividad del medio de la cámara de ensayo.

Todos los métodos de niebla salina son adecuados para verificar que se mantiene la calidad comparativa de un material metálico, con o sin recubrimiento protector. No están previstos como ensayos comparativos, para clasificar diferentes materiales uno respecto a otros frente a la corrosión.

a) Soluciones de ensayo.

Preparación de la solución de cloruro sódico.

Se disuelve una masa suficiente de cloruro sódico en agua destilada o desionizada que tenga una conductividad igual o menor de $20 \mu\text{S}/\text{cm}$, a $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, para obtener una concentración de $(50 \pm 5) \text{ g/l}$. La densidad relativa a $25 ^\circ\text{C}$, debe estar comprendida entre 1,029 y 1,036.

El cloruro sódico debe contener menos de 0,001% (m/m) de cobre y menos de 0,001% (m/m) de níquel, determinados por espectrometría de absorción atómica o por otro método analítico de igual sensibilidad. No debe contener más de 0,1% (m/m) de yoduro sódico ni más de 0,5% (m/m) de impurezas totales, calculado respecto al residuo seco.

Si el pH de la solución preparada, medido a $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ está fuera del intervalo 6,0 – 7,0 se busca la presencia de impurezas indeseables en la sal o en el agua.

b) Ajuste del pH.

Se ajusta el pH de la solución de cloruro sódico de forma que el pH de la solución pulverizada recogida en la cámara de pulverización esté comprendido entre 6,5 y 7,2 a $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Se mide el pH con mediciones electrométricas o, en los ensayos de rutina, con papel indicador de gama estrecha, con el que puedan obtenerse indicaciones con una precisión de aproximadamente 0,3 unidades de pH o menos. Se efectúan las correcciones necesarias mediante la adición de ácido clorhídrico, hidróxido sódico o bicarbonato sódico de calidad analítica reconocida.

c) Filtración.

Si es necesario, se filtra la solución antes de colocarla en el depósito del aparato para retirar todas las partículas sólidas que pudieran obstruir los orificios del dispositivo de pulverización.

d) Aparatos.

El material o el recubrimiento de todas las piezas que se pongan en contacto con la niebla o la solución de ensayo deben ser resistentes a la corrosión y no debe influir en la corrosividad de las soluciones de ensayo pulverizadas.

Cámara de pulverización.

La cámara de pulverización debe tener una capacidad igual o superior a 0,4 m³, la experiencia ha demostrado que con menores volúmenes es difícil obtener un reparto homogéneo de la niebla. Para cámaras de gran volumen, es necesario asegurarse que se consiguen las condiciones de homogeneidad y reparto de la niebla. Se deben diseñar las partes superiores de manera que las gotas de solución acumuladas no caigan sobre la superficie de las probetas a ensayar.

Las medidas y la forma de la cámara de pulverización deben ser tales que la velocidad de recogida de solución en la cámara esté comprendida entre los límites especificados en la tabla 2 del (Anexo 11a), medida para un periodo mínimo de 24h de pulverización continua.

El aparato debe disponer preferentemente de los medios que permitan tratar adecuadamente la niebla después del ensayo y antes de que salga del edificio, e igualmente acondicionar el agua antes de verterla en el sistema de evacuación, para no perjudicar al medioambiente. En el (Anexo 11b) se recoge una representación esquemática de una posible cámara de pulverización.

Dispositivo de calentamiento y de regulación de la temperatura.

Un dispositivo adecuado permite mantener la cámara y su contenido a la temperatura especificada véase el (Anexo 11a). La medición de la temperatura debe hacerse a una distancia mínima de 100 mm de las paredes.

Dispositivo de pulverización.

El dispositivo de alimentación de solución salina se compone de un sistema de alimentación de aire limpio, un sistema de control de la presión y la humedad, de un depósito que contiene la solución que se pulveriza y de uno o varios pulverizadores.

La alimentación de los pulverizadores con aire comprimido debe hacerse a través de un filtro que elimine cualquier resto de aceite o de material sólido, a una presión comprendida entre 70 kPa y 170 kPa.

Para evitar la evaporación de las gotas de agua pulverizadas, el aire debe estar humidificado antes de entrar en el pulverizador, mediante el paso por un saturador cerrado que contenga agua destilada o desionizada y caliente. La temperatura conveniente depende de la presión utilizada y del tipo de boquilla de pulverización, y debe regularse para que se mantenga el caudal de la solución recogida en la cámara y su concentración, dentro de los límites prescritos. En la tabla 3 se recogen los valores guía de la temperatura del agua caliente en la torre de saturación para diferentes presiones.

Tabla 3: Valores guías de la temperatura del agua caliente en la torre de saturación.

Presión absoluta de pulverización.	Valores guía de la temperatura, en °C, del agua caliente del saturador cuando se realizan los distintos ensayos de niebla salina.	
kPa	Niebla salina neutra (NSS) y niebla salina acética (AASS)	Niebla salina cuproacética (CASS)
70	45	61
84	46	63
98	48	64
112	49	66
126	50	67
140	52	69

Los pulverizadores deben ser de materiales inertes. Pueden usarse deflectores para impedir el impacto directo de la solución pulverizada sobre las probetas.

Colectores.

Se debe disponer al menos de dos colectores adecuados, constituidos por dos embudos de cristal o de otro material inerte de 100 mm de diámetro, conectados a recipientes cilíndricos graduados u otros recipientes del mismo tipo. Los colectores deben colocarse en la zona de la cámara donde se encuentran las probetas, de forma que uno de ellos esté próximo a un pulverizador y el otro alejado.

e) Método de evaluación de la corrosividad de la cámara de ensayo.

Generalidades.

Para determinar la corrosividad de los ensayos, se deben utilizar probetas de acero de referencia.

Ensayo de probetas de referencia.

Se utilizan cuatro o seis probetas de referencia de 150 mm × 70 mm y de $(1 \pm 0,2)$ mm de espesor, de acero del tipo CR4 definido en la Norma ISO 3574, con un acabado superficial esencialmente sin defectos y acabado mate [desviación de la media aritmética del perfil $R_a = (0,8 \pm 0,3) \mu\text{m}$]. Estas probetas de referencia deben cortarse de chapas o flejes laminados en frío.

Antes del ensayo se limpian cuidadosamente con un disolvente orgánico adecuado (por ejemplo, un hidrocarburo cuyo punto de ebullición esté comprendido entre 60 °C y 120 °C) utilizando un cepillo limpio y suave o un aparato de limpieza por ultrasonidos, tratando de eliminar los residuos (suciedades, aceites u otras sustancias extrañas) que puedan influir en los resultados del ensayo. Después de la limpieza, se enjuagan las probetas de referencia con disolvente limpio, y por último, se secan. Posteriormente se determina la masa de las probetas de referencia con una precisión de ± 1 mg.

Disposición de las probetas de referencia.

Se colocan las probetas de acero en los cuadrantes en la zona de la cámara donde se colocan las probetas de ensayo, con sus caras no protegidas orientadas hacia arriba y con ángulos de inclinación respecto a la vertical de $(20 \pm 5)^\circ$.

Los soportes de las probetas de referencia deben fabricarse con materiales inertes, como plásticos, o estar recubiertos de este tipo de material. El reborde inferior de las probetas de referencia debe estar al mismo nivel que la parte superior de los colectores de niebla.

Determinación de la pérdida de masa (masa por unidad de superficie).

Al final del ensayo, se retiran inmediatamente las probetas de referencia de la cámara de ensayo y se quita la película de protección. Se eliminan los productos de corrosión mediante la limpieza mecánica y química que se describe en la Norma ISO 8407. Para la limpieza química, se utiliza una solución al 20% (m/m) de citrato diatómico $[(\text{NH}_4)_2\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7]$ de calidad analítica reconocida, en agua, durante 10 min a 23 °C.

Después de cada ataque se enjuagan a fondo las probetas, a la temperatura ambiente, primero con agua, después con etanol, y por último se secan.

Se pesan las probetas de referencia con precisión de 1 mg. Se divide la pérdida de masa determinada por el área de la superficie expuesta de la probeta de referencia, para evaluar la pérdida de masa de metal por metro cuadrado de probeta de referencia. Los datos se muestran en la tabla 4.

También pueden eliminarse los productos de corrosión mediante la limpieza química que se describe en la Norma ISO 8407, por inmersión en una solución decapante de ácido clorhídrico ($p_{20} = 1,18 \text{ g/ml}$) al 50% (m/m), de calidad analítica reconocida, que contenga 3,5 g/l de hexametileno tetramina, como inhibidor de la corrosión.

Tabla 4: Pérdida de masa admisible para las probetas de procedencia de cinc y de acero para la verificación de la corrosividad de la cámara.

Método de ensayo.	Duración del ensayo. h	Pérdida de masa admisible de las probetas de referencia de cinc. g/m^2	Pérdida de masa admisible de las probetas de referencia de acero. g/m^2
NSS	48	50 ± 25	70 ± 20 (apartado 5.2.4)
AASS	24	30 ± 15	40 ± 10 (apartado 5.3.4)
CASS	24	50 ± 20	55 ± 15 (apartado 5.4.4)

Verificación del funcionamiento del aparato de Niebla Salina Neutra.

El funcionamiento del ensayo es satisfactorio cuando la pérdida de masa de cada probeta de referencia de acero es de $(70 \pm 20) \text{ g/m}^2$ en 48 h de funcionamiento.

Probetas.

1) Se debe elegir el número de probetas, su forma y sus medidas, de acuerdo con la especificación del material o del producto que se somete a ensayo.

A falta de tal especificación, estos parámetros deben ser objeto de un acuerdo entre las partes interesadas. Estas probetas deben medir aproximadamente $150 \times 100 \times 1 \text{ mm}$.

2) Las probetas deben limpiarse cuidadosamente antes del ensayo. El método utilizado depende de la naturaleza del material, de la superficie y de los productos que hayan contaminado esta superficie y no deben emplearse abrasivos o disolventes que puedan atacar la superficie de las probetas.

Disposición de las probetas.

- 1) Las probetas deben colocarse en la cámara de forma que no sean rociadas directamente por los pulverizadores de la niebla.
- 2) La probeta debe ser plana y colocada en la cámara formando un ángulo respecto a la vertical lo más próximo posible a los 20°.
- 3) Las probetas deben estar dispuestas de manera que no entren en contacto con la cámara, y que estén expuestas a la libre circulación de la niebla.
- 4) Los soportes de las probetas deben ser de materiales inertes no metálicos.

Condiciones de operación.

Las condiciones de operación se resumen en el Anexo 11a.

- Antes de proceder a un ensayo, se debe verificar las condiciones de ensayo en la cámara. Una vez que ha confirmado que las condiciones de ensayo están dentro de los límites especificados, se colocan las probetas en la cámara y se comienza el ensayo.
- La solución recogida en cada uno de los colectores debe tener los parámetros requeridos.

Duración de los ensayos.

La duración de los ensayos debe fijarse según la especificación que define el material o el producto que se somete a ensayo. En nuestro caso el período de exposición deseado es de 500 h.

La pulverización debe ser continua para toda la duración del periodo de ensayo fijado. Sólo debe abrirse la cámara para exámenes visuales breves de las probetas y para rellenar los depósitos de solución salina, si esta operación no puede realizarse desde el exterior de la cámara.

Se puede realizar un examen visual periódico de las probetas sometidas a examen durante un periodo determinado, pero no deben alterarse las superficies que se están ensayando y el tiempo que la cámara esté abierta debe ser el mínimo necesario para observar y registrar los cambios visibles.

Tratamiento de las probetas después del ensayo.

Finalizado el periodo de ensayo, (ver Anexo 12) se retiran las probetas de la cámara y se dejan secar entre 0,5 h y 1 h antes de enjuagarlas, para reducir los riesgos de eliminar productos de corrosión. Antes de examinar las probetas, se eliminan cuidadosamente los restos de la solución pulverizada de las superficies. Un método

conveniente consiste en enjuagar o sumergir cuidadosamente las probetas en agua corriente limpia, a una temperatura que no sobrepase los 40 °C, y secarlas inmediatamente en una corriente de aire, a una presión que no supere los 200 kPa y a una distancia de aproximadamente 300 mm.

Se puede utilizar la Norma ISO 8407 para el tratamiento de la probeta después del ensayo.

Evaluación de los resultados.

Se pueden aplicar diferentes criterios a la hora de evaluar los resultados del ensayo como son:

- El aspecto después del ensayo.
- El aspecto después de la eliminación de los productos superficiales de corrosión.
- La variación de la masa.
- La modificación de las propiedades mecánicas.
- La alteración revelada por un examen micrográfico.

La evaluación se realiza por cada 1 ciclo de 100 horas con una exigencia de 500 horas sin afectaciones.

En nuestro caso la Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, la Grasa Semisólida DISTIN 314, el Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404, el Mástique Asfáltico Líquido Tipo Solvente Goma DISTIN 404 L y la Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 L, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Este resultado corrobora que el recubrimiento formado 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.

3.1.2.2. Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.

Principios Generales.

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

La atmósfera de ensayo con condensación de agua es a humedad constante (CH). La temperatura atmosférica en la cámara climática durante el proceso de condensación descrita en la Norma UNE-EN ISO 6270: 2006 es de 40 °C.

En la tabla 5 del (Anexo 13a) se muestra un resumen de las atmósferas de ensayo, duración de los ciclos y condiciones.

a) Procedimiento Operatorio.

Probetas de ensayo.

En ningún momento se deben exponer a la vez recubrimientos que puedan ejercer una influencia entre ellos.

Dispositivo para la colocación de las probetas de ensayo.

Este dispositivo debe ser de un material que no provoque la corrosión de la probeta.

Disposición de las probetas de ensayo.

Las probetas de ensayo se deben colocar en la cámara con un ángulo igual o mayor a 60° respecto a la horizontal de manera que no se encuentren en contacto unas con otras y puedan radiar calor adecuadamente.

Se deben cumplir las siguientes distancias mínimas:

- Distancia a las paredes no menor de 100 mm.
- Distancia desde la superficie del agua hasta el borde inferior de las probetas de ensayo no menor de 200 mm.
- Distancia entre las probetas de ensayo no menor de 20 mm

b) Aparatos.

Cámara climática.

Para realizar estos ensayos es esencial una cámara climática hermética al vapor. El material de las paredes interiores debe ser resistente a la corrosión y no debe afectar a las probetas de ensayo. La cámara climática normalmente está equipada con un fondo que actúa como cubeta receptora de agua. La cámara climática se debe controlar calentando el agua de la cubeta del fondo, siendo la temperatura del agua no superior los 60 °C para evitar una excesiva formación de vapor. El Anexo 13b muestra un ejemplo de cámara climática.

Instalación de la cámara climática.

La cámara climática se debe instalar en una sala con atmósfera ambiental que no contenga componentes corrosivos, con una temperatura ambiente de (23 ± 5) °C y

una humedad relativa máxima del 75%, y de modo que quede protegida de corrientes de aire y de radiación solar directa.

Llenado de la cubeta del fondo.

La cubeta del fondo se debe llenar con agua de manera que la profundidad no sea inferior a 10 mm, en ningún momento del ensayo.

Se recomienda la utilización de agua destilada o desionizada para evitar la calcificación del aparato.

c) Etapas del ensayo.

Puesta en marcha.

Se colocan las probetas de ensayo en su posición, se cierra la cámara climática y se enciende el calentador del agua de la cubeta del fondo o de la cámara climática. Se calienta la cámara a la temperatura del aire requerida para la primera parte del ensayo; esta temperatura se debe alcanzar en 1,5 h.

Atmósfera de condensación con humedad constante (CH).

Se mantiene, durante todo el ensayo, la temperatura en 40 °C. Si es necesario realizar una evaluación intermedia, se retiran las probetas, sin apagar el calentador, llevándolas de nuevo a la cámara en menos de 30 min.

Interrupciones.

Toda interrupción de los ensayos que suponga alteración de la atmósfera se debe compensar prolongando el segundo periodo de ensayo.

Fin del ensayo.

El ensayo termina cuando se produzca un deterioro específico del recubrimiento, o cuando se haya completado la duración del ensayo o el número de ciclos especificado.

Evaluación de los resultados.

Se lleva a cabo la evaluación y se registran los resultados, incluyendo el número y el momento de las evaluaciones intermedias y el tipo de evaluación realizada en la evaluación final de las probetas de ensayo.

En nuestro caso la Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, la Grasa Semisólida DISTIN 314, el aceite de conservación DISTIN 318 B, el Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 403, las disoluciones de fosfatado DISTIN 504 y 505, el Mástique Asfáltico Líquido Tipo Solvente DISTIN 403 L y la Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 L pasaron el ensayo de Resistencia a la humedad y Temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de

acero de bajo contenido de carbono según la norma correspondiente, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el LABET.

Este resultado corrobora que el recubrimiento formado 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.

3.1.2.3. Metodologías para la propuesta de sistema de protección anticorrosiva y conservación.

Las metodologías que se aplican para la propuesta de sistema, incluyen la solución de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial, recubrimientos de pintura y la aplicación de técnicas de conservación, que es un desarrollo propio del CEAT, que permite la propuesta del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), para cada equipo y componente objeto de estudio en el trabajo.

Se incluyen dentro de las metodologías las normas ISO correspondientes a los sistemas de pintura (Norma ISO 12944: 1 – 8: 1998) y la Norma UNE-EN ISO 11303: 2009.

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

Las normas UNE-EN ISO 12 944 de la 1-8: 1998 y UNE-EN ISO 11303: 2009 resultan ser los documentos publicados más completos sobre los sistemas de protección anticorrosiva y conservación, aunque tienen varias insuficiencias.

Las Normas UNE-EN ISO 12 944:1-8, 1998, 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 a grandes rasgos en el análisis bibliográfico.

La Norma UNE-EN ISO 11303: 2009, proporciona las directrices para seleccionar los métodos de protección contra la corrosión atmosférica de los metales y de las aleaciones utilizando la clasificación de la corrosividad atmosférica.

El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT), de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre otras líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).

Este abarca componentes, piezas, equipos y estructuras, de acuerdo con una metodología desarrollada que se reporta en (Echeverría, C.A. et al. 2010). Los pasos de esa metodología se desarrollan a continuación, conjuntamente con la propuesta del SIPAYC, para los siguientes equipos y componentes de la instalación:

- Tanque de almacenamiento de Fuel Oil.
- Tanque de almacenamiento de Lodo.
- Contenedor del HTU.
- Pizarra de control del HTU.
- Válvulas.

Seguidamente se fundamenta la propuesta de SIPAYC, de acuerdo con la metodología, para los equipos y componentes antes señalados. Los pasos que incluye la metodología se identifican en cada caso con las letras A, B, C, hasta la F.

3.2.1. Tanque de almacenamiento de Fuel Oil.

El tanque de almacenamiento de Fuel Oil, constituye por sus dimensiones y áreas expuestas a la corrosión uno de los equipos más importantes para este estudio. Seguidamente se desarrolla la propuesta de SIPAYC para este equipo. Ver figura 2.3.

A) Agresividad corrosiva de la atmósfera.

El primer paso para la aplicación del SIPAYC es la determinación del nivel de la agresividad corrosiva de la zona donde está ubicada la Central Eléctrica. En la Norma UNE EN ISO 12944: 2:1998 se establece la clasificación de la atmósfera, además del Mapa de Agresividad Corrosiva de la República de Cuba (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 en la Central Eléctrica de Agramonte se llega a la conclusión que el nivel de corrosión, es superior al nivel básico que establece el mapa y que corresponde a Agresividad Media, ya que en la referida instalación se generan gases de escape, de 16 motores de combustión interna con Fuel Oil que ejercen influencia en los niveles de agresividad.

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.

La agresividad corrosiva de la atmósfera se debe considerar en todo momento, pero hay fechas del año en que son más significativas. Al respecto en Cuba, existen dos períodos del año, uno de octubre a marzo que coincide con el período de los frentes fríos y de seca, donde penetra con mayor cantidad y frecuencia el aerosol marino, siendo este período no recomendable para las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación. Sin embargo esta situación provoca que sea el período en que con mayor frecuencia se lavan las superficies contaminadas con el principal agente corrosivo que es el aerosol marino.

El otro período 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 las labores de mantenimiento anticorrosivo y conservación.

B) Diseño anticorrosivo. Soluciones y propuestas.

Al analizar la Norma Internacional UNE EN ISO 12944: 3: 1998 donde se aborda los problemas de diseño en la protección anticorrosiva con pinturas, resulta insuficiente en las soluciones que propone. Seguidamente se abordan los diferentes tipos de problemas de diseño, con soluciones que en su gran mayoría, no están contenidas en la norma y por tanto forman parte de la metodología desarrollada por el CEAT.

- **Accesibilidad:** Todas las superficies de la estructura que han de ser protegidas deberían ser visibles y encontrarse al alcance del operario mediante un método seguro. El personal involucrado en la preparación de la superficie, pintado e inspección debería poderse desplazar de un modo seguro y fácil por todas las partes de la estructura en buenas condiciones de iluminación.

Las superficies que van a ser tratadas deberían ser lo suficientes accesibles como para permitir que el operario tenga un espacio adecuado para trabajar sobre ellas.

La norma internacional propone lo siguiente:

Los componentes que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del montaje deberían, bien fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión, o bien tener un sistema de pintura protector que debe ser

efectivo a lo largo del tiempo en servicio de la estructura. Como alternativa debería considerarse una tolerancia a la corrosión (acero de mayor espesor), (Norma UNE EN ISO 12944: 3:1998).

Lo propuesto no es lo más adecuado en las condiciones de agresividad de Cuba y se ha encontrado solución con una protección anticorrosiva adicional en la mayoría de los casos, lo que presupone una modificación de la norma.

Soluciones:

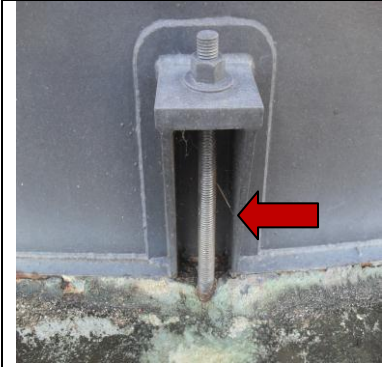
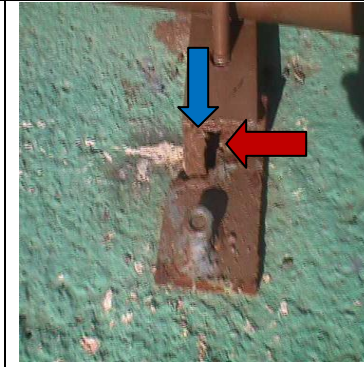
Una primera solución muy efectiva, es convertir las zonas inaccesibles en componentes huecos o áreas cerradas, que son más adecuadas para la protección adicional. En este caso se prepara un acceso en el área cerrada y un drenaje en ambas, para la atomización interior de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L, de color negro más barata, que se aplicaría directamente sobre el metal.

Cuando esta solución anterior (convertir en componente hueco o área cerrada) no es práctica, se propone la aplicación de una protección adicional sobre el recubrimiento de pintura en esa zona con Grasa Líquida Tipo Solvente (DISTIN 314 L), que se aplica por atomización sobre la pintura y no la mancha.

Propuestas:

La solución de convertir la zona inaccesible en un área cerrada, o en un componente hueco, un acceso y un drenaje para la atomización interior de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L, no es aplicable en los problemas de accesibilidad señalados en las figuras 2.34 y 2.35.

La otra solución no propuesta en la norma y no utilizada en la práctica, consiste en aplicar directamente sobre los recubrimientos de pintura la Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L en las zonas inaccesibles. A continuación se propone esta solución en problemas prácticos previamente analizados.

	
<p>Figura 2.34 Zona inaccesible del espárrago de anclaje del tanque de Fuel Oil.</p>	<p>Figura 2.35 Zona inaccesible en el soporte de tubería de tanque de Fuel Oil.</p>

Nota: La propuesta realizada para la figura 2.34 se le debe realizar a los otros 15 espárragos de anclaje del tanque.

- **Soldaduras:** Estas deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector. Una superficie mal soldada trae como consecuencia una soldadura irregular, la cual facilita la formación de orificios y crestas, el fallo del recubrimiento y por consiguiente la penetración de la humedad y contaminantes causantes de la corrosión.

En las figuras 2.36, 2.37 y 2.38 se han violado las indicaciones de la norma al no producirse una superficie de la soldadura completamente pareja.

Soluciones:

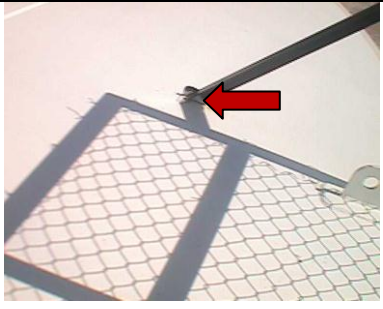

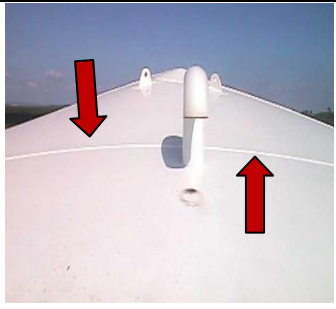
La primera solución sería cumplir con lo que indica la norma.

En la práctica los trabajos de soldadura, no logran en muchos casos un cordón de soldadura completamente parejo, como indica la norma y por ello se presentan los fallos por corrosión.

En este caso hay que atender preferentemente esta zona en la preparación superficial y la aplicación del recubrimiento de pintura.

Cuando se hace difícil aplicar el método manual mecanizado como el lijado o cepillado, hay que preparar muy bien la superficie con método manual de piqueteado, aplicar la disolución de fosfatado DISTIN 504 y pintar, reforzando en los picos el espesor de la pintura.

Por tanto se tiene que preparar bien la superficie con método mecanizado, aplicar la disolución de fosfatado DISTIN 504 y pintar.

		
<p>Figura 2.36 Superficie mal soldada del tanque de Fuel Oil.</p>	<p>Figura 2.37 Soldadura irregular de la tuerca del soporte de la tubería.</p>	<p>Figura 2.38 Tanque de Fuel Oil. Observe el cordón de soldadura.</p>

Propuesta:

Aplicación en todos los casos señalados en las figuras 2.36, 2.37 y 2.38 del método manual mecanizado, como lijado de todas las irregularidades, conformando una superficie pareja, como plantea la norma, para posteriormente completar la preparación de la superficie con la Disolución de Fosfatado DISTIN 504 y pintar. Esta solución no se sugiere en la norma, que no indica la aplicación de las disoluciones de fosfatado.

- **Orificios o resquicios:** Estos facilitan la penetración de la humedad, el agua y el aerosol marino, entre otros contaminantes y en varios casos no tienen drenaje ni protección interior. Es evidente que se produzca un rápido deterioro desde el interior, con la formación de celdas. En estos orificios se origina la corrosión en resquicios, ocasionando por la presión del óxido en el interior.

En la práctica la eliminación de orificios o resquicios sin la aplicación de otros recubrimientos diferentes a las pinturas no se logra.

Soluciones:

En este caso se recomienda las llamadas uniones blandas, que se logran con recubrimientos blandos y flexibles que puedan ser variados y que no recomienda la norma.

En el CEAT se ha desarrollado la experiencia en las zonas donde se crean resquicios de preparar la superficie, pintar, colocar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, producir la unión solapada metal – metal, metal – hormigón o metal-mortero. Una vez montada, se corta el sobrante de mástique.

Cuando no se puede desmontar la estructura donde existe el resquicio, hay que limpiar bien en la zona de resquicio, preparar la superficie, pintar y aplicar mástique asfáltico como goma DISTIN 404, que evita la penetración de los contaminantes.

Propuestas:

Para los problemas de resquicios que se muestran en la figuras 2.39 y 2.40 se tienen que fundamentar diferentes propuestas.

Los resquicios que aparecen en la figura 2.39 se forman por la penetración del agua y contaminantes en la unión del fondo del tanque de acero con la base de hormigón, En este caso no se puede levantar el tanque. Por tanto hay que piquetear todo el resquicio, rompiendo si es necesario el hormigón, preparar superficie con método manual mecanizado, completando preparación con Disolución de Fosfatado DISTIN 504, pintar la superficie metálica y colocar entre esta y el hormigón el mástique asfáltico con goma DISTIN 404. De esta forma desaparece el resquicio en esa zona por la cual no puede penetrar el agua y los contaminantes atmosféricos.

El soporte de la tubería de la figura 2.40 si puede ser levantado. En este caso se indica preparar la superficie con método manual mecanizado en la parte inferior, completar preparación con Disolución de Fosfatado DISTIN 504, pintar, esparcir con espátula el mástique asfáltico semisólido con goma DISTIN 404 sobre el hormigón y colocar el soporte, cortando el sobrante de mástique una vez que se realice el apriete del perno.

<p>Figura 2.39 Resquicio entre el fondo del tanque de Fuel Oil y base de hormigón.</p>	<p>Figura 2.40 Resquicio entre el soporte de la tubería y soporte de hormigón.</p>	<p>Figura 2.41 Problema de acumulación de depósitos y agua.</p>

- **Acumulación de depósitos y agua:** Se originan en las superficies horizontales expuestas a la atmósfera. En estas zonas donde ocurre este problema deberían evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y que puedan de este modo en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos.

Soluciones:

La primera solución es evitar este problema de diseño anticorrosivo, al no propiciar las zonas de acumulación, de depósitos y agua.

Por ello los techos de los tanques y en general de cualquier equipo deben tener superficies inclinadas, tal como se observa en el techo del tanque de Fuel Oil figura 2.38.

Una segunda solución es la creación de superficies inclinadas en las zonas de acumulación y depósitos, con la aplicación de mástiques asfáltico semisólido DISTIN 404.

Una tercera solución es rellenar las zonas de acumulación y depósitos, con la aplicación de mástiques asfáltico semisólido DISTIN 404.

Propuestas:

Al observar la figura 2.41 se puede decir que las formas de atenuar o eliminar la zona de acumulación y depósitos ya creada, sería mediante la tercera de las soluciones, rellenando esa zona mediante la aplicación del mástiques semisólido DISTIN 404.

- **Uniones con pernos:** Requieren como se ha analizado un tratamiento especial por ser elementos con tratamiento térmicos, tensionados y donde se originan resquicios.

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 como se define en la norma ISO 8501 – 1:2008, con una rugosidad acordada. 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.

Como se observa de lo planteado por la norma, esta no da la solución a los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión que se presentan en las uniones de pernos, tuercas y arandelas.

Soluciones:

Una primera solución si los pernos, tuercas y arandelas pueden ser desmontados, es la siguiente: Preparación de la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica, aplicación de los recubrimientos de pintura y después colocarlos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para rellenar los orificios que quedan. Montaje de los pernos tuercas y arandelas y repintar todas las superficies.

Una segunda solución, cuando los pernos no son desmontables sería: Preparación de la superficie de los pernos, con método manual mecanizado y aplicación posterior de la Disolución de Fosfatado DISTIN 504. Las tuercas y arandelas, que son desmontables se preparan preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica.




Posterior al tiempo indicado de trabajo de la disolución de fosfatado, si es posible, se aplican directamente los recubrimientos de pintura y después colocarlos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para rellenar los orificios que quedan, durante el montaje de las arandelas, tuercas y repintar todas las superficies.

Una tercera solución se puede aplicar cuando se está en presencia de tuercas que se zafan frecuentemente, o forman parte de sistemas de anclaje eléctrico y por tanto no sería recomendable estar pintando con frecuencia. Se aplica en estos casos con muy buenos resultados grasa semisólida de conservación DISTIN 314.

Propuestas:

En la figuras 2.42, 2.43 y 2.44 se muestra como la corrosión ataca a los pernos, tuercas y arandelas, acelerado el proceso además por el par metálico existente, que posteriormente se analizará.

La propuesta en estos casos se corresponde con la primera de las soluciones, ya que los pernos, tuercas y arandelas pueden ser desmontables. Preparación de la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica, esperar el tiempo indicado, aplicación de los recubrimientos de pintura y después colocarlos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para rellenar los orificios que quedan. Montaje de los pernos tuercas y arandelas y repintar todas las superficies.

		
<p>Figura 2.42 Conexiones con pernos y par metálico en las tuberías.</p>	<p>Figura 2.43 Conexiones con pernos y par metálico en las tuberías.</p>	<p>Figura 2.44 Conexiones con pernos y par metálico en las tuberías.</p>

- **Componentes huecos:** El problema de los componentes huecos (interior inaccesible) minimiza la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituye una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación.

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.

Son las estructuras mejor adaptadas para resistir la acción del ambiente, pero en las condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad como Cuba sufren la corrosión desde su interior y por tanto tienen que ser protegidos.

Los componentes huecos por su configuración y por lo establecido hasta el momento por las normas consultadas, excepto las del automóvil, no son protegidos interiormente con recubrimientos de pintura, en la casi generalidad de las estructuras.

Soluciones:

Una primera solución para los componentes huecos es practicarles un acceso generalmente por la parte superior o exterior y un drenaje por la parte inferior si es posible u otra salida, para atomizar interiormente por proyección la Grasa Líquida Tipo Solvente de Conservación DISTIN 314 L. De esta forma la grasa penetra el óxido de todas las superficies en que se pone en contacto, las impermeabiliza, y detiene el proceso de corrosión del metal.

Otra solución específica para los tanques de combustible que tienen fondo metálico y que se depositan sobre una base de hormigón, formando entre ambos componentes huecos, zonas inaccesibles y resquicios, es la preparación de accesos entre ambos materiales y atomizar por ellos grasas líquida tipos solvente DISTIN 316 L.

Propuestas:

Para proteger el componente hueco formado entre el fondo metálico de acero del tanque de Fuel Oil y la base de hormigón, se tienen que preparar accesos entre ambos materiales y atomizar por ellos grasas líquida tipos solvente DISTIN 316 L. Con esta propuesta es posible atenuar el daño que generalmente se origina por el fondo de estos tanques, que se encuentra sin protección. En la figura 2.45 se muestra la parte inferior del tanque de Fuel Oil.

Lo ideal es aplicar esta técnica en la etapa de montaje del tanque, para lo cual sí se puede atomizar la grasa antes de poner en funcionamiento el tanque.

- **Áreas cerradas:** El problema de las áreas cerradas (interior accesible) al igual que los componentes huecos minimiza la superficie expuesta a la corrosión atmosférica. También constituye una sección especialmente bien adaptada a la


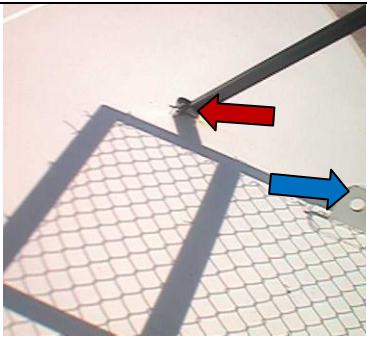
protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación. Las áreas cerradas que están expuestas a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.

Soluciones:

La solución para las áreas cerradas es aplicar el producto por el acceso y realizarle un drenaje por la parte inferior, u otra salida, atomizando interiormente por proyección la Grasa Líquida Tipo Solvente de Conservación DISTIN 314 L. De esta forma la grasa penetra el óxido o las pinturas de todas las superficies en que se pone en contacto, las impermeabiliza, y detiene el proceso de corrosión del metal.

Propuestas:

No hay propuestas, ya que el tanque de Fuel Oil, no presenta áreas cerradas, excepto su interior, que posee una compuerta, pero que no se protege por contener el combustible.

	
<p>Figura 2.45 Área cerrada entre el fondo del tanque y la base de hormigón.</p>	<p>Figura 2.46 Problemas de bordes.</p>

- **Par metálico:** Se puede observar por la presencia de diferentes materiales. La corrosión galvánica que se genera es del mismo nombre siendo del tipo electroquímica, no uniforme. En ella el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo. En esto, influye la magnitud de la diferencia de potenciales y la diferencia de áreas entre metales. Si el diseño es tal que el par galvánico no puede evitarse, las superficies en contacto deberían estar aisladas eléctricamente.

Soluciones:

La solución que plantea la norma es evitar la unión de metales de diferente naturaleza y de realizarse tratar de aislar ambos metales.

Cuando se trate de válvulas no de vapor y conexiones con pernos, tuercas, arandelas de diferentes materiales una solución se encuentra al rellenar los resquicios con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404.

Propuestas:

Cuando existe la unión de dos metales en la que el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo, se produce el par metálico, por lo que se propone para las figuras 2.42, 2.43 y 2.44 evitar este problema de corrosión rellenando los resquicios con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404.

- **Bordes:** Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos son también más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse. Además se acumula agua en esos bordes. En el caso de que la estructura tenga pernos, utilizar el biselado.

Soluciones:

Cuando se trate de perfiles delgados, donde no es práctico el biselado, hay que reforzar con pintura los bordes, previo tratamiento superficial y buen pintado.

Propuestas:

Al observar los bordes en la figura 2.46 se puede observar que por donde primero comienza a fallar la pintura es por estos ya que la capa de la misma no requiere el espesor adecuado por lo que se propone en los casos de perfiles delgados, el reforzamiento de la pintura en los bordes, un previo tratamiento superficial y después un buen pintado.

C) Corrosión. Soluciones y propuestas.

El tanque de Fuel Oil por encontrarse en una zona expuesta a la atmósfera y a la acción de contaminantes presenta problemas de corrosión atmosférica húmeda y mojada, además de corrosión en resquicios, celdas de aireación diferencial, par metálico, entre otros problemas de corrosión. (Ver figuras del capítulo 2 de este equipo).

Es válido aclarar que todos los equipos y componentes que se encuentran a la intemperie presentan corrosión atmosférica húmeda y mojada.

Soluciones:

Como se ha analizado, la principal causa de los problemas de corrosión en la instalación, es el diseño anticorrosivo, que tiene que ser tratado adecuadamente para evitar la corrosión, como fue analizado anteriormente. Otra causa es la deficiente preparación superficial antes de la aplicación de recubrimientos y la insuficiente protección, aspectos que se analizarán posteriormente.

Propuestas:

La propuesta de soluciones a los problemas de corrosión, se encuentran en general del enfoque en sistema que se realiza, partiendo de la selección correcta de los materiales, la clasificación del ambiente para diseñar los sistemas de protección, el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo, la correcta preparación superficial, aplicación del esquema de pintura y la conservación. Como tratamiento preventivo ante la presencia de puntos de corrosión, aplicar disolución de fosfatado DISTIN 504, para eliminar el óxido y posteriormente aplicar el método de protección que corresponda.

D) Preparación superficial. Soluciones y propuestas.

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

Dado el hecho de que la Central Eléctrica de Fuel Oil de Agramonte se encuentra en un ambiente agresivo, la preparación superficial del mismo es fundamental, ya que la durabilidad de los recubrimientos está dada por la calidad de la preparación superficial previa; pero debido a las regulaciones ambientales no es posible usar en todos los casos, los métodos a chorro que es el establecido por la Norma UNE-EN ISO 12 944-4: 1998.

Para lograr una preparación superficial similar a la de la norma es necesario combinar el método manual mecanizado con métodos químicos.

Siempre es necesario tener en cuenta 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, el tiempo de duración deseado, ya que estos factores son indispensables para una buena preparación previa eficiente.

Algunos pasos fundamentales para la preparación previa son: el desengrasado, el decapado, los enjuagues intermedios y finales y en dependencia de la situación el pasivado.

El método manual mecanizado, está basado en el empleo de cepillos de alambre con taladros, lijas y discos abrasivos, luego se limpiarán las superficies con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Estos métodos tienen un mayor rendimiento que los manuales pero aun no logran una superficie bien preparada para recibir posteriormente el recubrimiento. Con este método se logra una superficie con preparación manual mecanizada St2, que no logra completamente la eliminación del óxido sobre la superficie metálica.

En las figuras 3 y 4 del Anexo 14, aparecen las preparaciones superficiales Sa2 y Sa 2½, que se emplean como elemento de comparación, en correspondencia con la Norma ISO.

Por ello es necesario aplicar la Disolución de Fosfatado Decapante DISTIN 504, con lo cual se logra un acabado similar al Sa 2½ que es el requerido por las normas, además de formarse un recubrimiento sobre la superficie, que proporciona una protección temporal contra la corrosión.

El aplicar las disoluciones de fosfatado no solamente durante la preparación superficial previa, sino también en la conservación temporal le permite tratar superficies pintadas con manchas de óxido, eliminado la mancha, penetrando a fondo y fosfatando las partes oxidadas, con lo cual se recupera el aspecto original y queda en condiciones para la aplicación de la pintura o de la Cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L.

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

Las superficies tratadas con disolución de fosfatado no requieren del enjuague pero es necesario un tiempo de reacción y el secado de la superficie metálica.

E) Protección con recubrimientos de pintura. Soluciones y propuestas.

Para la selección del sistema de pintura adecuado hay que tener en cuenta lo establecido en la Norma UNE EN ISO 12944-5: 1998, que posee tablas que proponen sistemas de pinturas adecuadas a las condiciones de agresividad existentes. Para la selección del sistema de pintura hay que saber el nivel agresividad corrosiva de la atmósfera, en este caso es C4, además hay que tener en cuenta el tiempo de duración del sistema de pintura que para la Central Eléctrica se propone una duración de 5 años categorizándose de durabilidad baja (2 a 5). Este tiempo no es necesariamente un período de garantías, pero sirve para poder planificar los periodos de mantenimientos.

Con la información previa anterior y los requerimientos de durabilidad se consulta la Norma UNE EN ISO 12944-5: 1998 y se selecciona la tabla para la categoría de agresividad C4. Ver tablas 6 y 7 del (Anexo 15), que son una versión reducida de la norma.

Como se analizó en la etapa de diagnóstico, la situación que presenta la Central Eléctrica con respecto a la aplicación de diferentes esquemas de pintura, no permite proponer ninguno de los específicos que han utilizado.

De forma General el sistema puede cumplir con el esquema del número S4.08, con un grado de preparación superficial similar al Sa 2½. El tipo de ligante puede ser Clorocaucho (CR), Acrílico (AY) o Policloruro de Vinilo (PVC). El número de capas de imprimación es 2 y la de intermedio y acabados 3, siendo siempre el espesor por capas de 40 µm para un espesor total de 200 µm.

Cumpliendo este esquema es posible garantizar la protección deseada, ya que en la Central Eléctrica reciben diferentes tipos de pinturas, no dominan esta forma de selección y en general hay falta de cultura de esta temática.

De darle solución a los problemas de diseño anticorrosivo existentes en la Central Eléctrica y la preparación superficial como se señaló anteriormente, los resultados serán satisfactorios, lográndose una durabilidad de 5 años, que es el tiempo que por lo general establece la norma para este tipo de agresividad.

Todos los pasos para la aplicación de los recubrimientos de pinturas deben ser controlados, 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, para ello se aplican las Normas UNE EN ISO 12944: 6 -8: 1998.

F) Conservación. Soluciones y propuestas.

En los análisis anteriormente realizados ha quedado demostrado que las normas (UNE-EN ISO 12 944: 1-8, 1998), no son suficiente para darle solución a todos los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial y conservación existentes, ya que no señala las soluciones y no incluye los productos que pueden ser utilizados.

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

El Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404, se aplicaría dentro del sistema de mantenimiento en las uniones solapadas con pernos, una vez pintadas, para eliminar los orificios que se forman tanto en el solape, entre el perno y el orificio, entre la arandela y la tuerca, produciendo las llamadas uniones “blandas”. Esto es aplicable para el Tanque de Fuel Oil en las figuras que presentan conexiones con pernos.

En las uniones con bridas, para el problema de orificio en los pernos una vez pintados y para rellenar los orificios que quedan entre la junta y las bridas.

En las uniones metal – hormigón y metal- mortero, después de aplicado el recubrimiento de pintura sobre el metal.

En la eliminación o atenuación de las zonas de acumulación de depósitos y agua, con el cual se pueden producir superficies inclinadas o rellenar hendiduras.

Cuando se efectúa otro mantenimiento que implica la destrucción de los recubrimientos, estos tienen que ser restituidos, aunque aún no se cumpla con la durabilidad establecida para el producto, que puede garantizar la durabilidad de 5 años para los recubrimientos de pinturas, como se desea.

El Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404, en los orificios o resquicios de aquellas uniones que no pueden ser separadas durante las labores de mantenimiento, para proporcionar una protección adicional a pernos, tuercas y arandelas y en la unión metal hormigón de las bases de tanques.

Este cumple por lo general una protección temporal, por tanto tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control anual del estado de las superficies protegidas con estos productos.

Las grasas de conservación DISTIN 314, DISTIN 314 L, DISTIN 316 L, son grasas de conservación semisólidas y líquida base solvente que encuentran aplicaciones en la protección anticorrosiva y conservación.

Estas se emplean en la conservación de los recubrimientos de pintura en zonas de difícil acceso y áreas cerradas.

Las grasas cumplen por lo general una protección temporal, por tanto tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control anual del estado de las superficies protegidas con estos productos. Posteriormente a partir de la experiencia práctica, puede extenderse o disminuirse estos plazos.

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 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, Disolución de Fosfatado No Decapante DISTIN 505, están diseñadas 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.

3.2.2. Tanque de almacenamiento de Lodos.

El tanque de lodo posee una capacidad de 80 m³, construido en su totalidad por aceros de bajo contenido de carbono (AISI 1020) ya que es el material más común en la industria química por sus propiedades. Seguidamente se desarrolla la propuesta de SIPAYC para este equipo. Ver figura 2.3.

A) Agresividad corrosiva de la atmósfera.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto, debiéndose proceder en este caso de forma similar, es decir, la agresividad corrosiva en la zona en cuestión es de Categoría C4.

B) Diseño anticorrosivo. Soluciones y propuestas.

➤ Accesibilidad:

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

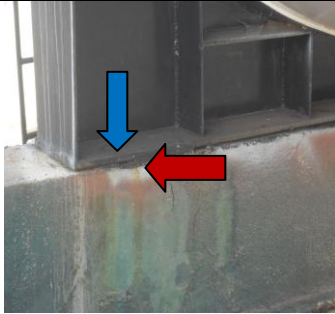

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Para la figura 2.47 una propuesta muy efectiva, es convertir las zonas inaccesibles en componentes huecos o áreas cerradas, que son más adecuadas para la protección adicional. En este caso se prepara un acceso en el área cerrada y un drenaje en ambas, para la atomización interior de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L.

No siendo la propuesta anterior recomendable para la figura 2.48 se propone para este caso la aplicación de una protección adicional sobre el recubrimiento de pintura en esa zona con Grasa Líquida Tipo Solvente (DISTIN 314 L), que se aplica por atomización sobre la pintura y no la mancha.

	
<p>Figura 2.47 Zona inaccesible entre el soporte del tanque de Lodo y la base.</p>	<p>Figura 2.48 Zona inaccesible entre las dos bridas.</p>

➤ **Soldaduras:**

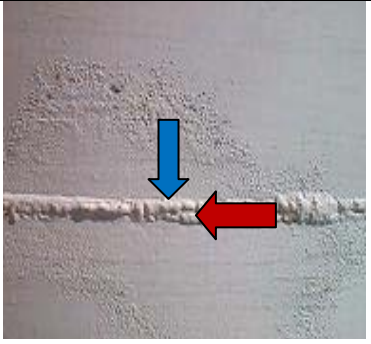

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Para la figura 2.49 se propone la aplicación del método manual mecanizado, como lijado de todas las irregularidades conformando una superficie pareja, como plantea la norma, para posteriormente completar la preparación de la superficie con la Disolución de Fosfatado DISTIN 504 y pintar. Esta solución no se sugiere en la norma, que no indica la aplicación de las disoluciones de fosfatado. No siendo así para la figura 2.50 ya que en la misma es recomendable la aplicación del método manual mecanizado, puesto que su área es muy pequeña e incómoda para dicha aplicación por lo que se propone atender preferentemente esta zona en la preparación superficial y la aplicación del recubrimiento de pintura.

	
<p>Figura 2.49 Superficie mal soldada del tanque de Lodo.</p>	<p>Figura 2.50 Superficie mal soldada del tanque de Lodo.</p>

➤ **Orificios o resquicios:**

. En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

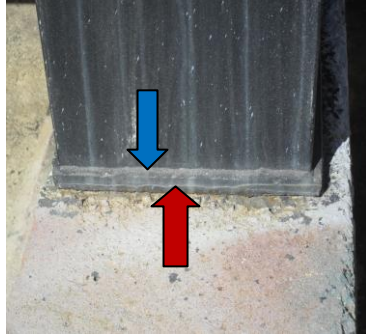

Propuestas:

Para los problemas de resquicios que se muestran en la figuras 2.51 y 2.52 se tienen que fundamentar diferentes propuestas.

Los resquicios que aparecen en la figura 2.51 se forman por la penetración del agua y contaminantes en la unión del fondo del soporte del tanque con la base de hormigón.

En este caso no se puede levantar el soporte del tanque. Por tanto hay que piquetear todo el resquicio, rompiendo si es necesario el hormigón, preparar superficie con método manual mecanizado, completando preparación con Disolución de Fosfatado DISTIN 504, pintar la superficie metálica y colocar entre esta y el hormigón el mástique asfáltico con goma DISTIN 404. De esta forma desaparece el resquicio en esa zona por la cual no puede penetrar el agua y los contaminantes atmosféricos.

Cuando no se puede desmontar la estructura como es el caso de la figura 2.52 donde existe el resquicio, hay que limpiar bien en la zona de resquicio, preparar la superficie, pintar y aplicar mástique asfáltico como goma DISTIN 404, que evita la penetración de los contaminantes.

	
<p>Figura 2.51 Resquicio entre el soporte del tanque y la base.</p>	<p>Figura 2.52 Problemas de tratamiento de orificio.</p>

➤ **Acumulación de depósitos y agua:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.



Soluciones:

Como soluciones para este problema se debe primeramente antes que nada evitar este problema de diseño anticorrosivo, al no propiciar las zonas de acumulación, de depósitos y agua.

Además se deben crear en estos casos superficies inclinadas, con la aplicación de mástiques asfáltico semisólido DISTIN 404.

Propuestas:

Para las figuras 2.53 y 2.54 antes que nada se debió prevenir este problema a la hora de fabricación e instalación del tanque, se propone para estos casos la creación de superficies inclinadas en las zonas de acumulación y depósitos, con la aplicación de mástiques asfáltico semisólido DISTIN 404.

	
<p>Figura 2.53 Zona de acumulación y depósito de agua.</p>	<p>Figura 2.54 Zona de acumulación y depósito de agua.</p>

➤ **Uniones con pernos:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.



Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

En la figuras 2.55 y 2.56 se muestra como la corrosión ataca a los pernos, tuercas y arandelas, acelerado el proceso además por el par metálico existente, que posteriormente se analizará.

La propuesta en estos casos se corresponde con la primera de las soluciones abordadas en el epígrafe 3.2.1, ya que los pernos, tuercas y arandelas pueden ser desmontables. Preparación de la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica, esperar el tiempo indicado, aplicación de los recubrimientos de pintura y después colocarlos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para rellenar los orificios que quedan. Montaje de los pernos tuercas y arandelas y repintar todas las superficies.

	
<p>Figura 2.55 Problemas de uniones con pernos y par metálico.</p>	<p>Figura 2.56 Problemas de uniones con pernos y par metálico.</p>

➤ **Par metálico:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Cuando existe la unión de dos metales en la que el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo, se produce el par metálico, por lo que se propone para las figuras 2.55 y 2.56 evitar este problema de corrosión rellenando los resquicios con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404.

➤ **Bordes:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Al observar los bordes en la figura 2.56 se puede observar que por donde primero comienza a fallar la pintura es por estos ya que la capa de la misma no requiere el espesor adecuado por lo que se propone en los casos de perfiles delgados, el

reforzamiento de la pintura en los bordes, un previo tratamiento superficial y después un buen pintado.



Figura 2.57 Problemas de bordes.

C) Corrosión. Soluciones y propuestas.

El tanque de Lodo al igual que el tanque de Fuel Oil se encuentra en una zona expuesta a la atmósfera y a la acción de contaminantes, presenta problemas de corrosión atmosférica húmeda y mojada, además de corrosión en resquicios, interfacial, celdas de aireación diferencial, par metálico entre otros problemas de corrosión. (Ver figuras del capítulo 2 de este equipo).

Las soluciones y propuestas se corresponden con las que aparecen en el epígrafe 3.2.1. Agregando que para el caso de la corrosión interfacial se hace necesario primeramente eliminar la capa de pintura existente, para aplicar la Disolución de Fosfatado DISTIN 504 ya que existen zonas oxidadas. Posteriormente se aplica pintura.

D) Preparación superficial. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto.

E) Protección con recubrimientos de pintura. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto.

F) Conservación. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto de forma más amplia, no obstante existen soluciones específicas, que se tratan seguidamente:

El Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404, en los orificios o resquicios de aquellas uniones que no pueden ser separadas durante las labores de mantenimiento, para proporcionar una protección adicional a pernos, tuercas y arandelas y en la unión metal hormigón de las bases de tanques.

Este cumple por lo general una protección temporal, por tanto tiene que establecerse en los planes de mantenimiento un período de control anual del estado de las superficies protegidas con estos productos.

3.2.3. Contenedor del HTU.

Los contenedores son un área más del HTU, estos están contruidos en su totalidad por aceros de bajo contenido de carbono (AISI 1020) al igual que los tanques de Fuel Oil y Lodo también se encuentra expuesto libremente a la atmósfera. Seguidamente se desarrolla la propuesta de SIPAYC para este equipo. Ver figura 2.1.

A) Agresividad corrosiva de la atmósfera.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto, debiéndose proceder en este caso de forma similar, es decir, la agresividad corrosiva en la zona en cuestión es de Categoría C4.

B) Diseño anticorrosivo. Soluciones y propuestas.

➤ Accesibilidad:

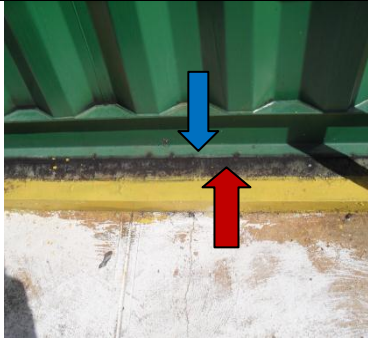

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Para las figuras 2.58 y 2.59 se proponen convertir las zonas inaccesibles en componentes huecos o áreas cerradas, que son más adecuadas para la protección adicional. En este caso se prepara un acceso en el área cerrada y un drenaje en ambas, para la atomización interior de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L, de color negro más barata, que se aplicaría directamente sobre el metal.

	
Figura 2.58 Zona inaccesible entre el fondo del contenedor y el piso.	Figura 2.59 Zona inaccesible.

➤ **Soldaduras:**

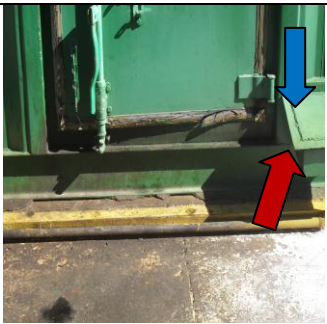
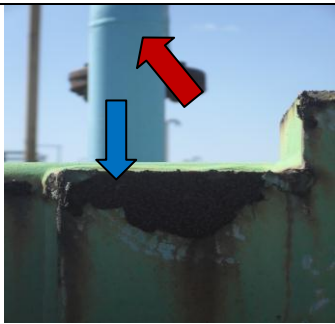
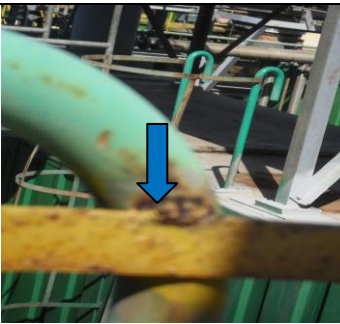
En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Aplicación en todos los casos señalados en las figuras 2.60, 2.61 y 2.62 del método manual mecanizado, como lijado de todas las irregularidades, conformando una superficie pareja, para posteriormente completar la preparación de la superficie con la Disolución de Fosfatado DISTIN 504 y pintar.

		
Figura 2.60 Problemas de soldadura.	Figura 2.61 Problemas de soldadura.	Figura 2.62 Problemas de soldadura.

➤ **Orificios o resquicios:**

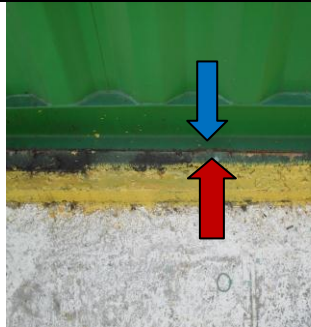
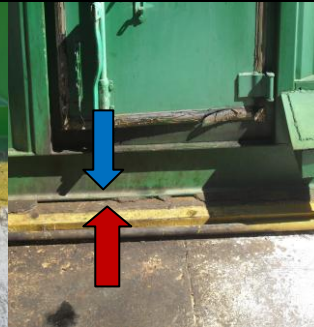
En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Los resquicios que aparecen en las figuras 2.63 y 2.64 se forman por la penetración del agua y contaminantes en la unión del fondo del contenedor con la base de hormigón, En este caso no se puede levantar el contenedor. Por tanto hay que piquetear todo el resquicio, rompiendo si es necesario el hormigón, preparar superficie con método manual mecanizado, completando preparación con Disolución de Fosfatado DISTIN 504, pintar la superficie metálica y colocar entre esta y el hormigón el mástique asfáltico con goma DISTIN 404. De esta forma desaparece el resquicio en esa zona por la cual no puede penetrar el agua y los contaminantes atmosféricos.

	
Figura 2.63 Problemas resquicio entre el fondo del contenedor y el piso.	Figura 2.64 Problemas resquicio entre el fondo del contenedor y el piso.

➤ **Acumulación de depósitos y agua:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.


Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Para la figuras 2.65 se propone evitar este problema de diseño anticorrosivo, al no propiciar las zonas de acumulación, de depósitos y agua. Por ello los techos de los contenedores y en general de cualquier equipo deben tener superficies inclinadas.

Para el caso en específico de la figura 2.66 se debe crear una superficie inclinada en las zonas de acumulación y depósitos, con la aplicación de mástiques asfáltico semisólido DISTIN 404.

	
Figura 2.65 Área superior del contenedor donde se acumula el agua.	Figura 2.66 Área superior del contenedor donde se acumula el agua.

➤ **Uniones con pernos:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.




Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

En la figuras 2.67, 2.68 y 2.69 se muestra como la corrosión ataca a los pernos, tuercas y arandelas, acelerado el proceso además por el par metálico existente, que posteriormente se analizará.

La propuesta en estos al ser los pernos, tuercas y arandelas desmontables es la de preparación de la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica, esperar el tiempo indicado, aplicación de los recubrimientos de pintura y después colocarlos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para rellenar los orificios que quedan. Montaje de los pernos tuercas y arandelas y repintar todas las superficies.

		
<p>Figura 2.67 Conexiones con pernos.</p>	<p>Figura 2.68 Conexiones con pernos.</p>	<p>Figura 2.69 Conexiones con pernos y par metálico.</p>

➤ **Componentes huecos:**


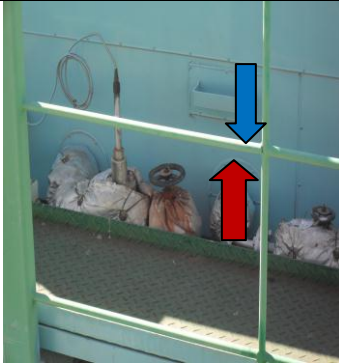
En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Al observar las figuras 2.70 y 2.71 se propone para este problema de corrosión practicarles un acceso generalmente por la parte superior o exterior y un drenaje por la parte inferior si es posible u otra salida, para atomizar interiormente por proyección la Grasa Líquida Tipo Solvente de Conservación DISTIN 314 L. De esta forma la grasa penetra el óxido de todas las superficies en que se pone en contacto, las impermeabiliza, y detiene el proceso de corrosión del metal.

	
<p>Figura 2.70 Componente hueco del pasa mano.</p>	<p>Figura 2.71 Componente hueco de la baranda.</p>

➤ **Par metálico:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Cuando existe la unión de dos metales en la que el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo, se produce el par metálico, por lo que se propone para las figuras 2.67, 2.68 y 2.69 evitar este problema de corrosión rellenando los resquicios con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404.

➤ **Bordes:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

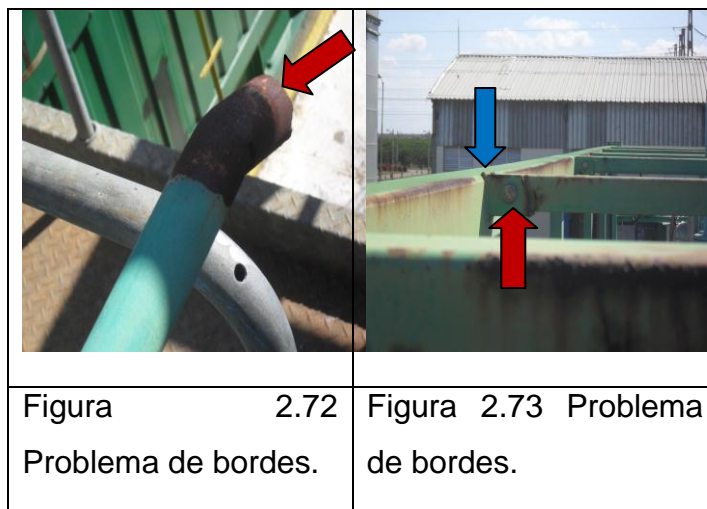
Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Al observar los bordes en las figuras 2.72 y 2.73 se puede observar que por donde primero comienza a fallar la pintura es por estos ya que la capa de la misma no requiere el espesor adecuado por lo que se propone en los casos de perfiles

delgados, el reforzamiento de la pintura en los bordes, un previo tratamiento superficial y después un buen pintado.



C) Corrosión. Soluciones y propuestas.

El contenedor del HTU se encuentra expuesto a la atmósfera al igual que los demás equipos por lo que presenta problemas de corrosión atmosférica húmeda y mojada, además de corrosión en resquicios, celdas de aireación diferencial, par metálico entre otros problemas de corrosión. (Ver figuras del capítulo 2 de este equipo).

Las soluciones y propuestas para estos problemas de corrosión se corresponden con los del epígrafe 3.2.1.

D) Preparación superficial. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto.

E) Protección con recubrimientos de pintura. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto.

F) Conservación. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto de forma más amplia, no obstante se presentan aplicaciones específicas como las siguientes:

El Mástique Asfáltico Semisólido DISTIN 404, en los orificios o resquicios de aquellas uniones que no pueden ser separadas durante las labores de mantenimiento, para proporcionar una protección adicional a pernos, tuercas y arandelas y en la unión metal hormigón del piso de los contenedores.

Las grasas de conservación DISTIN 314, DISTIN 314 L, DISTIN 316 L, son grasas de conservación semisólidas y líquida base solvente que encuentran aplicaciones en la protección anticorrosiva y conservación.

Estas se emplean en la parte inferior de los contenedores, donde no es posible preparar superficies y aplicar recubrimiento de pintura, en zonas inaccesibles, en el sellado de los orificios en las uniones acero – hormigón.

3.2.4. Pizarra de control del HTU.

Las pizarras de control se encuentran dentro de los contenedores. Por lo general están constituidas por acero de bajo contenido de carbono (AISI 1020), pero se pueden encontrar también los aceros inoxidables (AISI 403 12Cr). Seguidamente se desarrolla la propuesta de SIPAYC para este equipo.

A) Agresividad corrosiva de la atmósfera.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto, debiéndose proceder en este caso de forma similar, es decir, la agresividad corrosiva en la zona en cuestión es de Categoría C4.

B) Diseño anticorrosivo. Soluciones y propuestas.

➤ Accesibilidad:

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

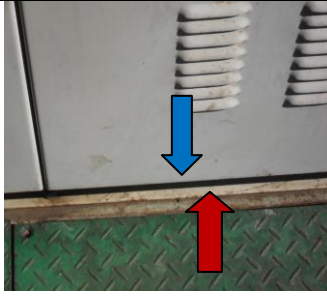

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Para la figura 2.74 se propone convertir dicha zona inaccesible en un componente hueco o área cerrada, ya que es lo más adecuado para la protección adicional. En este caso se prepara un acceso en el área cerrada y un drenaje en ambas, para la atomización interior de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 316 L, de color negro más barata, que se aplicaría directamente sobre el metal.

En el caso de la figura 2.75 se propone la aplicación de una protección adicional sobre el recubrimiento de pintura en esa zona con Grasa Líquida Tipo Solvente (DISTIN 314 L), que se aplica por atomización sobre la pintura y no la mancha.

	
<p>Figura 2.74 Zona inaccesible entre la pizarra y el piso.</p>	<p>Figura 2.75 Zonas inaccesibles en la parte superior de la pizarra.</p>

➤ **Soldaduras:**


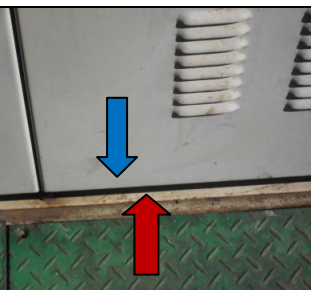
En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Aplicación en la figura 2.76 del método manual mecanizado, como lijado de todas las irregularidades, conformando una superficie pareja, como plantea la norma, para posteriormente completar la preparación de la superficie con la Disolución de Fosfatado DISTIN 504 y pintar. Esta solución no se sugiere en la norma, que no indica la aplicación de las disoluciones de fosfatado.

	
<p>Figura 2.76 Problemas de soldadura.</p>	<p>Figura 2.77 Problema de resquicio entre la pizarra y el piso.</p>

➤ **Orificios o resquicios:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

La pizarra que se muestra en la figura 2.77 si puede ser levantada. En este caso se indica preparar la superficie con método manual mecanizado en la parte inferior, completar preparación con Disolución de Fosfatado DISTIN 504, pintar, esparcir con espátula el mástique asfáltico semisólido con goma DISTIN 404 sobre el hormigón y colocar la pizarra, cortando el sobrante de mástique una vez que colocada.

➤ **Acumulación de depósitos y agua:**


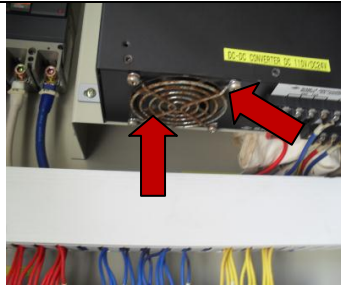
En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Para el caso de la figura 2.78 se propone la creación de superficies inclinadas en las zonas de acumulación y depósitos, con la aplicación de mástiques asfáltico semisólido DISTIN 404.

	
Figura 2.78 Zona de acumulación de depósitos.	Figura 2.79 Conexiones con pernos y par metálico.

➤ **Uniones con pernos:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Al observar la figura 2.79 mostrada anteriormente se puede apreciar que los pernos, tuercas y arandelas son desmontables, por lo que se propone la preparación de la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica, aplicación de los recubrimientos de pintura y después colocarlos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para rellenar los orificios que quedan. Montaje de los pernos tuercas y arandelas y repintar todas las superficies.

➤ **Componentes huecos:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Al observar la figura 2.80 que se muestra posteriormente se propone para proteger el componente hueco formado entre el piso de la pizarra y el del contendor, preparar accesos entre ambas estructuras y atomizar por ellos grasa líquida tipo solvente DISTIN 316 L.

➤ **Áreas cerradas:**

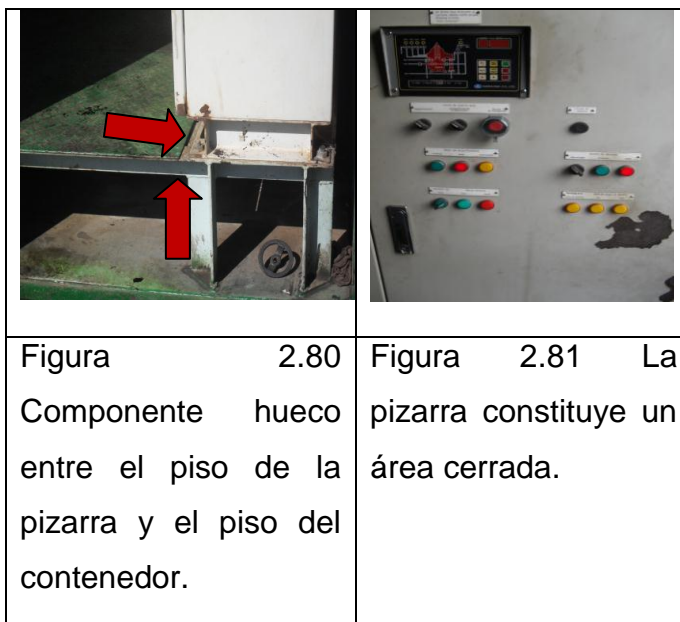
En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Al ser la pizarra de control del HTU mostrada en la figura 2.81 un área cerrada en la cual existe en su interior corriente eléctrica, se tienen que aplicar productos específicos para los contactos eléctricos. Al respecto el CEAT posee productos que no se han certificado y por tanto no se recomiendan.



➤ **Par metálico:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Se propone para dar solución al problema de par metálico de la figura 2.79 evitar este problema de corrosión y en este caso específico se puede aplicar sobre el recubrimiento metálico de la rejilla cera abrillantadora e impermeabilizante, DISTIN 603 L.

➤ **Bordes:**

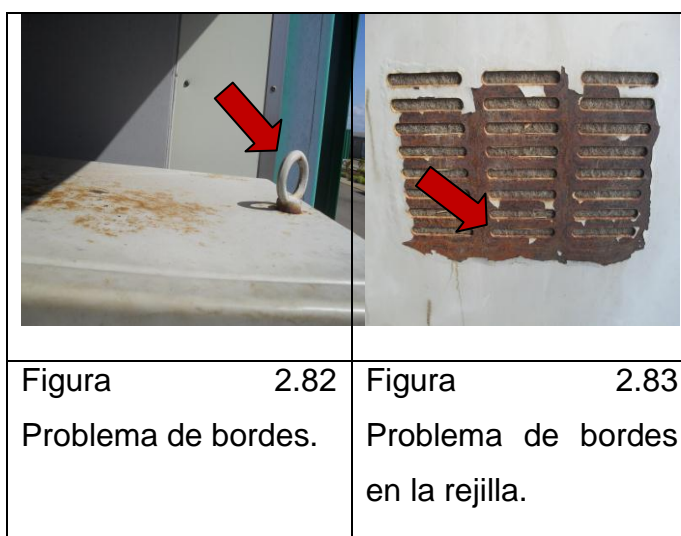
En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Al observar los bordes en las figuras 2.82 y 2.83 se puede observar que por donde primero comienza a fallar la pintura es por estos ya que la capa de la misma no requiere el espesor adecuado por lo que se propone en los casos de perfiles delgados, el reforzamiento de la pintura en los bordes, un previo tratamiento superficial y después un buen pintado.



C) Corrosión. Soluciones y propuestas.

La pizarra de control del HTU se encuentra protegida de la acción de la atmósfera ya que se encuentra ubicada dentro del contenedor. No por esto deja de presentar problemas de corrosión. Los problemas de corrosión más significativos son la corrosión en resquicio, celdas de aireación diferencial y par metálico.

Soluciones:

Como se ha analizado, la principal causa de los problemas de corrosión en la instalación, es el diseño anticorrosivo, que tiene que ser tratado adecuadamente para evitar la corrosión, como fue analizado anteriormente. Otra causa es la deficiente preparación superficial antes de la aplicación de recubrimientos y la insuficiente protección, aspectos que se analizarán posteriormente.

Propuestas:

La propuesta de soluciones a los problemas de corrosión se encuentra en general del enfoque en sistema que se realiza, partiendo de la selección correcta de los materiales, la clasificación del ambiente para diseñar los sistemas de protección, el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo, la correcta preparación superficial, aplicación del esquema de pintura y la conservación. Como tratamiento preventivo ante la presencia de puntos de corrosión, aplicar disolución de fosfatado DISTIN 504, para eliminar el óxido y posteriormente aplicar el método de protección que corresponda.

D) Preparación superficial. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto.

E) Protección con recubrimientos de pintura. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto.

F) Conservación. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto de forma más amplia, no obstante existen soluciones específicas, que se tratan seguidamente:

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.

3.2.5. Válvulas.

Las válvulas que presenta la Central Eléctrica de Agramonte son en su mayoría de cuña, además se encuentran también las de globo pero en menor proporción. Seguidamente se desarrolla la propuesta de SIPAYC para dichos accesorios.

A) Agresividad corrosiva de la atmósfera.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto, debiéndose proceder en este caso de forma similar, es decir, la agresividad corrosiva en la zona en cuestión es de Categoría C4.

B) Diseño anticorrosivo. Soluciones y propuestas.

Todas las válvulas de manera general presentan problemas de diseño anticorrosivo en cuanto a:

➤ **Accesibilidad:**


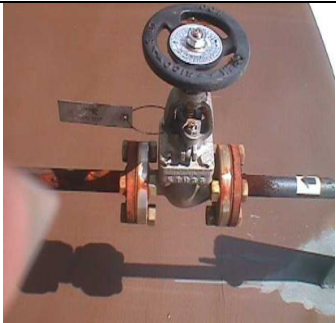

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Para las figuras 2.84, 2.85 y 2.86 se propone la aplicación de una protección adicional sobre el recubrimiento de pintura en esa zona con Grasa Líquida Tipo Solvente (DISTIN 314 L), que se aplica por atomización sobre la pintura y no la mancha.

		
Figura 2.84 Problemas de accesibilidad, resquicio, uniones con pernos y par metálico.	Figura 2.85 Problemas de accesibilidad, resquicio, uniones con pernos y par metálico.	Figura 2.86 Problemas de accesibilidad, resquicio, uniones con pernos.

➤ **Orificios o resquicios:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

En el caso de las figuras 2.84, 2.85 y 2.86 se recomiendan las llamadas uniones blandas, que se logran con recubrimientos blandos y flexibles que pueden ser variados y que no recomienda la norma.

➤ **Uniones con pernos:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

En la figuras 2.84, 2.85 y 2.86 se muestra como la corrosión ataca a los pernos, tuercas y arandelas, acelerado el proceso además por el par metálico existente, que posteriormente se analizará.

La propuesta en estos casos se corresponde con la primera de las soluciones, ya que los pernos, tuercas y arandelas pueden ser desmontables. Preparación de la superficie de los pernos, tuercas y arandelas, preferiblemente por inmersión en Disolución de Fosfatado DISTIN 504, como indica la Ficha Técnica, esperar el tiempo indicado, aplicación de los recubrimientos de pintura y después colocarlos con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, para rellenar los orificios que quedan. Montaje de los pernos tuercas y arandelas y repintar todas las superficies.

➤ **Par metálico:**

En el epígrafe 3.2.1 se dio una explicación previa de este problema.

Soluciones:

Las soluciones que corresponden a este problema se mencionaron anteriormente en el epígrafe 3.2.1.

Propuestas:

Cuando existe la unión de dos metales en la que el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo, se produce el par metálico, por lo que se propone para las figuras 2.84 y 2.85 evitar este problema de corrosión rellenando los resquicios con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404.

C) Corrosión. Soluciones y propuestas.

Las válvulas al igual que los tanques y el contenedor se encuentran expuestos a la acción de la atmósfera y de los contaminantes. Entre los problemas de corrosión que presenta se encuentra la corrosión atmosférica húmeda y mojada, además de corrosión en resquicios entre bridas, pernos, tuercas y arandelas, celdas de aireación diferencial, par metálico, entre otros.

Las soluciones y propuestas se corresponden con las del epígrafe 3.2.1, donde se abordaron las soluciones a todos estos tipos de corrosión.

D) Preparación superficial. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto que en general es aplicable a la válvula y las bridas, sin embargo, no es aplicable a los pernos, tuercas y arandelas. Específicamente para estos componentes el método de preparación superficial más efectivo es la inmersión en disolución de fosfatados DISTIN 504, con lo cual se logra una excelente preparación en corto tiempo. Posteriormente hay que dejar que la disolución trabaje y forma la capa protectora durante 72 horas, para después pintar sobre la misma sin necesidad de enjuague.

E) Protección con recubrimientos de pintura. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto, es necesario señalar que para el caso específico de los pernos, tuercas y arandelas al ser colocados con mástique asfáltico semisólido DISTIN 404, se deben repintar seguidamente.

F) Conservación. Soluciones y propuestas.

En el epígrafe 3.2.1 se analizó este aspecto de forma más amplia, no obstante existen soluciones específicas, que se tratan seguidamente:

Las grasas de conservación DISTIN 314, DISTIN 314 L, DISTIN 316 L, son grasas de conservación semisólidas y líquida base solvente que encuentran aplicaciones en la protección anticorrosiva y conservación.

Estas se emplean en la conservación y lubricación de los vástagos de las válvulas, en la conservación temporal de tuercas, pernos y arandelas durante las operaciones de mantenimiento frecuente.

Se utilizan para la conservación de los recubrimientos de pintura en zonas de difícil acceso y áreas cerradas.

Por todo lo antes expuesto, se fundamenta en el trabajo la aplicación de la norma (UNE-EN ISO 12 944: 1-8: 1998) en todos sus aspectos, complementándola con lo siguiente procedimientos, que en su conjunto constituyen tecnologías específicas para cada componente o equipo:

- Identificar la agresividad corrosiva de la atmósfera para la instalación objeto de estudio y los principales agentes causantes del deterioro.
- Identificar los principales problemas de diseño anticorrosivo y proponer las formas de atenuación o eliminación.
- La preparación superficial previa, incluyendo los tratamientos manuales mecanizados y las disoluciones de fosfatado.
- Selección y aplicación del sistema de pintura adecuado.
- La aplicación de los productos DISTIN, los cuales se han evaluado y certificado.
- Completar el sistema con la conservación preventiva de forma periódica, incluyendo la limpieza y aplicación de los productos de conservación antes referidos, así como el lavado periódico.

3.3. Cálculo del gasto de pintura y productos del SIPAYC. Ahorro.

Ante la falta de datos en la Central Eléctrica de Agramonte de los costos de los recubrimientos de pintura se toma como ejemplos los gastos en que se incurriría en aplicar un esquema de pintura de la firma HEMPEL basado en una oferta oficial con respecto a un SIPAYC en este mismo esquema de pintura.

Para esto se escogió los contenedores del HTU de la Central Eléctrica que fueron analizados en este propio trabajo en cuanto a los problemas de materiales, diseño anticorrosivo, corrosión, preparación superficial y conservación.

En la tabla 8 que se muestra posteriormente aparecen las dimensiones del contenedor y el cálculo de área que incluye:

- Área exterior donde se aplicará la pintura.
- Área de refuerzo, la cual es un componente hueco y por tanto se le propone aplicar grasa líquida DISTIN 314L.
- Área del piso inferior en contacto con el hormigón de la base la cual también forma un componente hueco y que se le propone aplicar grasa líquida DISTIN 314L.
- Área de resquicio en todo el borde de contacto entre el contenedor y la base de hormigón y que se le propone aplicar mástique asfáltico semisólido DISTIN 404.

- Área exterior donde se aplicará la disolución de fosfatado DISTIN 504 como preparación previa de la aplicación de la pintura.

Tabla 8: Cálculo de áreas y costo de los recubrimientos para un contenedor y total.

Áreas	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Área de 1 conte- nedor.	No. de contene- dores.	Área total.	Costo (CUC/m ²)	Costo Total. (CUC)
Área exterior (pintura)	12.25	2.43	3.00	117.85	4	471.39	5.65	2663.35
Área refuerzos (DISTIN 314 L)	12.25	0.20	0.20	39.20	4	156.80	0.08	12.92
Área piso(DISTIN 314 L)	12.25	2.43		29.77	4	119.07	0.08	9.81
Área resquicio (DISTIN 404)	12.25	2.43	0.02	0.59	4	2.35	0.21	0.50
Área exterior (DISTIN 504)	12.25	2.43	3.00	117.85	4	471.39	0.05	2.26
Costo TOTAL SIPAYC								2688.84

En la referida tabla además de las áreas totales antes mencionadas aparece el costo en CUC /m² para los diferentes materiales de recubrimientos.

Se aclara que se utiliza solamente los precios en CUC de los referidos productos por metro cuadrado y no se incluye la moneda nacional ni otro costo.

El costo en CUC de la pintura de la firma HEMPEL se toma de una oferta solicitada por el CEAT para un área total de 5160 m², con lo cual se obtiene un costo por metro cuadrado de 5.65 CUC /m².

Este dato se toma por ser una oferta reciente y actualizada, considerando que la única alternativa actual de aplicación de pintura es utilizando la importada.

En la situación actual y como se comentó en el trabajo la aplicación de pintura se realiza cada 3 años, por lo cual para aplicar la pintura de referencia en los 4 contenedores del HTU se tendría que gastar 2663,35 CUC /m².

En la tabla antes mencionada también aparece el cálculo del resto de los productos que se propone para el SIPAYC de forma tal que la pintura más las grasas, más los mástiques, más las disoluciones de fosfatados constituirían el total de productos empleados para el Sistema de Protección Anticorrosivo y Conservación a un costo total de 2668,84 CUC /m².

Los precios en CUC de los productos DISTIN que se relacionan en la tabla se toman de la ficha de costo oficial que posee el CEAT.

De lo explicado anteriormente el costo del SIPAYC que aparece en la tabla incluye el costo de la pintura más los productos aclarándose que el SIPAYC propuesto tiene una durabilidad de 5 años superior a los 3 años de la pintura.

Al observar la tabla 9 que se muestra seguidamente se apreciar los costos en CUC inicial tomado de la tabla 8 y los costos a los 3, 6, 9 y 10 años, así como el ahorro que representa la aplicación del SIPAYC para este último año. Lográndose un ahorro de 2586,89 CUC solamente con la aplicación del SIPAYC a los 4 contenedores de los HTU de la Central Eléctrica.

Tabla 9: Aplicación del SIPAYC para la Central Eléctrica de Agramonte.

Alternativas	Aplicación del SIPAYC de la CE de Agramonte.					
		Costo 3er año	Costo 6to año	Costo 9 año	Costo 10mo año	Ahorro en 10 años.
	Mtto Inicial	CUC	CUC	CUC	CUC	CUC
Mantenimiento actual	2663,35	5326,707	7990,06	10653,41	10653,41	
Aplicación del SIPAYC	2688,84	2688,84	5377,68	5377,68	8066,52	
Ahorro						2586,89

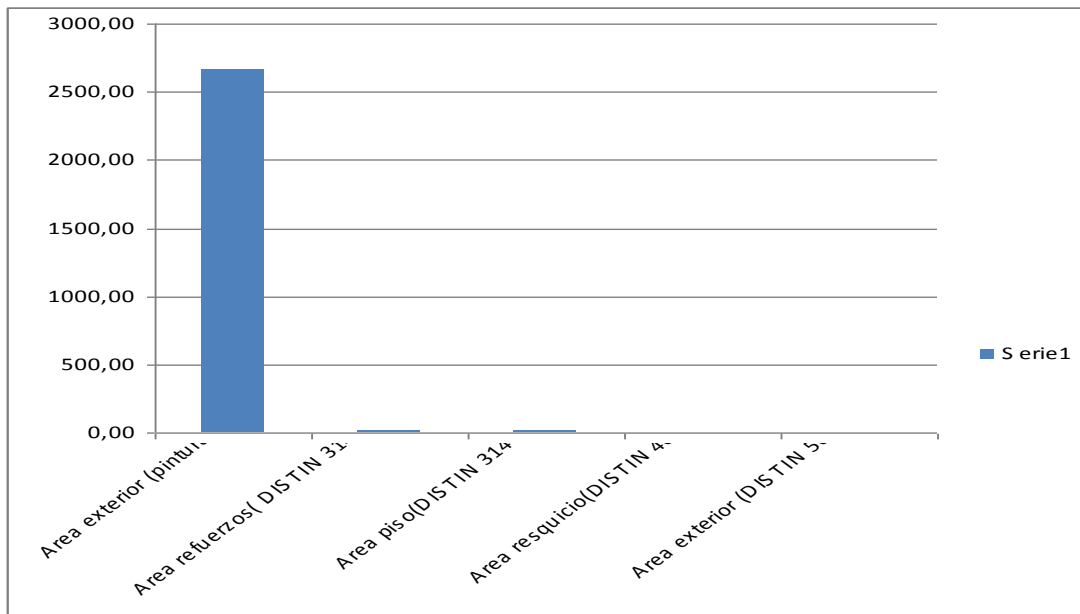


Fig.5. Gráfico de los costos de aplicación de la pintura y del resto de los productos.

Este resultado se aprecia en la figura 5 mostrada anteriormente, donde se aprecia además los costos de aplicación de la pintura y del resto de los productos los cuales no se aprecian muy bien por ser muy bajos.

De aplicarse la propuesta a todos los equipos estudiados en el presente trabajo se emprende que el ahorro por sustitución de importaciones sería de consideración justificándose económicamente la aplicación del SIPAYC.

Nota: Se hace necesario señalar que estos cálculos fueron realizados en Excel.

Conclusiones parciales del Capítulo.

- 1) En la propuesta del SIPAYC tiene un mayor peso en las soluciones, los tratamientos a los problemas de diseño anticorrosivo.
- 2) La propuesta del SIPAYC para diferentes equipos y componentes de la instalación permite precisar los diferentes tratamientos y con ello la tecnología a aplicar para cada uno de ellos.
- 3) Del cálculo económico en CUC del consumo de pintura y de otros recubrimientos que forman parte del SIPAYC se concluye que a los 10 años se puede obtener un ahorro de 2586.89 CUC.

Conclusiones

- 1) La fundamentación de un sistema de protección anticorrosiva y conservación para los equipos y componentes del área de tratamiento de combustible de la Central Eléctrica Fuel- Oil, permite disminuir el deterioro por corrosión y cumplir la hipótesis planteada.
- 2) Del análisis realizado se demuestra que las normas ISO 12944: 1-8, 1998 y UNE-EN ISO 11303. 2009, son insuficientes en el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y conservación, donde en la mayoría de los casos no precisa las soluciones.
- 3) La propuesta del SIPAYC para equipos y componentes de la instalación pretende precisar en mayor medida los trabajos a realizar en cada caso.
- 4) El sistema de protección anticorrosiva y conservación que se fundamenta, justifica el empleo de los productos DISTIN en la protección anticorrosiva y conservación de los equipos e instalaciones.
- 5) La valoración económica del costo en divisa de la pintura para los contenedores del HTU con respecto al costo en divisa del conjunto de materiales que incluye el SIPAYC demuestra económicamente la ventaja de este último.

Recomendaciones

- 1) Definir con la Unión Nacional Eléctrica un sistema de pintura para así contribuir a la durabilidad del mismo.
- 2) Realizar un SIPAYC para los equipos y componentes que no fueron tratados en este trabajo.
- 3) Aplicar y generalizar el sistema de protección anticorrosiva y conservación propuesto para la instalación, por sus ventajas técnicas y económicas y las soluciones propuestas a los problemas de diseño anticorrosivo.
- 4) Atender el control de la aplicación de todos los pasos para la aplicación del sistema de protección anticorrosiva y conservación.
- 5) Elaborar las instrucciones de operación para cada equipo y componente, que incluya donde y como se aplicarían los productos DISTIN.

Bibliografía

- Betancourt, N. et al. 2002. Influence of SO₂ and NO_x on atmospheric corrosion of steel. Revista CNIC.
- Biezna, M., San Cristóbal, J. 2005. Methodology to study cost of corrosion. Corrosion Engineering, Science and Technology **40**(4): 344-352.
- Corvo, F. (1980). Estudio de la corrosión atmosférica en el clima tropical húmedo de Cuba. Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC). La Habana, Cuba
- Corvo, F., N. Betancourt, et al. (2002). "Atmospheric corrosion in the tropics. Experiences obtained after more than 20 years of research in Cuba." Corrosion Science.
- Curso de Ciencia de Materiales, 4º curso, 2004/2005. Tema 4. Los Materiales y las materias primas.
- Domínguez, J. 1987. Introducción a la corrosión y protección de metales. La Habana: Editorial EMPES, p. 25-29, p. 426-431, p. 325-368.
- Echeverría, C. A. (1991). La corrosión atmosférica del acero y la protección temporal de los centrales azucareros en la provincia de Matanzas. Departamento de Ingeniería Química. Villa Clara, Universidad Central de Las Villas: 98. ISO 8407 (1991). Corrosion of metals and alloys - Removal of corrosion products from corrosion test specimens.
- Echeverría, C.A. et al. 2001. Estudio de los problemas de corrosión, diseño anticorrosivo y protección en el Complejo Paradiso Puntarenas. Propuesta de soluciones. Matanzas. Universidad de Matanzas.
- Echeverría, CA., et al. Corrosión Atmosférica del Acero en Condiciones Climáticas de Cuba: Influencia del Aerosol Marino. 2002, CD Monografías Matanzas, p. 32 p (monografía).
- Echeverría, C.A. 2003. Métodos de protección a la atmósfera. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), Universidad de Matanzas. Conferencia especializada.

- 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 **3**(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
- 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, C.A. et al. 2008. Grasas de Conservación Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
- 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.
- ISO 8407 (1991). Corrosion of metals and alloys – Removal of corrosion products from corrosion test specimens.
- ISO 9227 (2007). Ensayos de Corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina.
- 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.

- Morcillo, M. et al. 2002. Factors influencing the corrosion behavior of coated steel sheets in lap-joints. Report EUR 20067 EN.
- Morcillo M. y otros. 1998. Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica: Parte I, Mapas de Iberoamérica de corrosividad atmosférica. (Proyecto MICAT). Editor Programa CYTED. 787 p.
- NACE Corporation. 2003. Costos de la corrosión y estrategias preventivas en los EE.UU. **2003**. Disponible en <http://www.costosnace.com>.
- Roberge, P. 2000. Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies.
- Shixer, DA. 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. [citado 10 diciembre 2005], Disponible en www.sciencedirect.com.
- Tomashov, ND. Theory of corrosion and protection of metals. La Habana. Edición Revolucionaria ed. 1979.
- UNE-EN ISO 12 944-1 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 1: Introducción general.
- UNE-EN ISO 12 944-2 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.
- UNE-EN ISO 12 944-3 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño.
- UNE-EN ISO 12 944-4 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.

- UNE-EN ISO 12 944-5 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.
- UNE-EN ISO 12 944-6 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en el laboratorio.
- UNE-EN ISO 12 944-7 (1998). Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 7: Ejecución y supervisión de trabajos de pintado.
- UNE-EN ISO 12 944-8 (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 8: Desarrollo de especificaciones para trabajos nuevos y mantenimiento.
- UNE-EN ISO 4628-1 (2003). Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 1: Introducción general y sistema de designación.
- UNE-EN ISO 4628-3 (2003). "Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 3: Evaluación del grado de oxidación."
- UNE-EN ISO 11303 (2009). Corrosión de metales y aleaciones. Directrices para la selección de métodos de protección contra la corrosión atmosférica.
- UNE-EN ISO 6270-2 (2006). Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a la humedad. Parte 2: Métodos de exposición de probetas en atmósferas con condensación de agua.
- UNE-EN ISO 8501-1 (2008). Preparación de sustratos 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 sustratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores.

Anexos

Anexo 1:



Fig. 1: Mapa de ubicación geográfica del Grupo Electrógeno de Agramonte.

Anexo 2:



Fig. 2: Mapa regional de la agresividad corrosiva de la atmósfera en Cuba.

Anexo 3:

Tabla 1: Metales, aleaciones y su resistencia a la corrosión.

Metal o aleación	Nombre común	Composición	Propiedades anticorrosivas
Aceros comunes	<u>Acero al carbono</u>	0.3-1.2% de <u>carbono</u> .	Se corroen en el aire y agua naturales, pero resisten el <u>ácido sulfúrico</u> concentrado y las soluciones salinas a temperaturas

			normales.
Hierro fundido	Fundición	2-5% de carbono	Igual que el anterior, pero un tanto mejores.
Hierro fundido aleado	Fundiciones inoxidables.	2- 5% de carbono. 25% de cromo . 20% de níquel . A veces 5-8% de cobre .	Elevadas propiedades anticorrosivas.
Hierro al silicio.		Hasta 14% de silicio	Resistencia muy alta al ácido sulfúrico en diferentes concentraciones y en caliente.
Hierro al silicio-molibdeno		14-17% de silicio. 2.5-3% de molibdeno.	Resiste los ácidos sulfúrico y clorhídrico .
Aceros al cromo.	Acero inoxidable	Común	Se corroe en los ácidos sulfúrico y clorhídrico, pero resisten el aire húmedo, el agua dulce y el ácido nítrico. En el agua salina se produce corrosión puntiforme .
		Mejorado	
		12-14% de cromo. 0.1 -0.4% de carbono.	
		16-18% de cromo. 0.1% de carbono. A veces 1.2 - 2% de	

			níquel.	
		Termorresistente	27-30% de cromo. 0,1% de carbono. 1.2-2% de níquel.	
Aceros al cromo-níquel	Acero inoxidable	17- 25% de cromo. 8-20% de níquel. 0.1% de carbono. generalmente contienen algo de titanio y a veces de 2-3% de molibdeno.		Son resistentes a los mismos medios que los anteriores, su tendencia a la corrosión puntiforme es considerablemente menor y resisten un poco mas el ácido sulfúrico y el agua salina.
Aceros al cromo-níquel-titanio	Acero inoxidable	18% de cromo. 9% de níquel. 1% de titanio.		Resistencia a la corrosión elevada en múltiples medios.
Cobre	Cobre	Sin aleación		Se corroe en ácido nítrico y en disoluciones de amoníaco, cianuro de potasio y ácido clorhídrico diluido en presencia de

			oxígeno. Resiste el ácido sulfúrico.
Aleaciones cobre-estaño	Bronces comunes	Hasta 13% de estaño	Las mismas cualidades del cobre pero algo mejores.
Aleaciones cobre-cinc	Latones	Hasta 45% de cinc	Se usa para piezas que trabajan en aguas naturales y aire húmedo.
Aleaciones cobre-aluminio	Bronce al aluminio.	Hasta 10% de aluminio .	Buena resistencia a los ácidos diluidos (excepto el nítrico) y a algunas soluciones salinas.
Aleaciones cobre silicio	Bronce al silicio	Hasta 3-4% de silicio.	Buenas propiedades anticorrosivas.
Níquel	Níquel	Sin aleación	Es muy resistente al aire húmedo, a las aguas naturales y a los álcalis. Se corroe lentamente en los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Al ácido nítrico no es resistente.
Aleaciones de níquel.	Monel	68-69% de níquel. 28-29% de cobre. algo de hierro , manganeso y silicio.	Propiedades como las del níquel pero mejoradas.

Plomo	Plomo	A veces con 10% de antimonio .	<p>Resiste al ácido sulfúrico y en las disoluciones de sus sales, al ácido clorhídrico hasta el 10% a la temperatura ambiente.</p> <p>Es poco resistente a los ácidos nítrico y acético, el álcalis y en aguas que contienen CO₂.</p>
Aluminio	Aluminio	Sin aleación	<p>Resiste el aire húmedo, las disoluciones de nitratos y cromatos y en el ácido sulfúrico concentrado. Se corroe lentamente en los ácidos sulfúrico y acético a temperatura normal.</p> <p>No resiste el ácido clorhídrico ni los álcalis.</p> <p>Sus aleaciones tiene peores cualidades anticorrosivas.</p>

Anexo 4: Ficha Técnica.

FICHA TÉCNICA DISTIN 504

Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida.

Disolución de fosfatado decapante para la preparación rápida de superficies

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

Modo de Aplicación:

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

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

Rendimiento: Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 10 m² /l en la preparación de superficies por frotado con más de una aplicación. En baños donde se introducen las piezas, permite tratar hasta 50 m²/litro.

Protección Anticorrosiva: Garantiza la protección temporal de las superficies metálicas días, semanas e incluso meses, en las condiciones climáticas de Cuba en zonas de agresividad de alta a extrema, en dependencia de las condiciones de almacenamiento.

Condiciones de Conservación:

- **Intemperie:** De no encontrarse contaminada la superficie con aerosol marino, puede proteger la estructura por un período de hasta una semana.

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

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

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

Anexo 5: Ficha Técnica.

FICHA TÉCNICA DISTIN 314 L

Grasa Líquida Tipo Solvente.

Es una grasa especialmente preparada para la protección por proyección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas de los equipos del transporte, contenedores, puentes, estructuras en edificaciones, etc. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y a los recubrimientos de pintura. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua de mar, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. El recubrimiento que se forma por evaporación del solvente, es un producto derivado de la oleoquímica, biodegradable, que no contamina al medio por emulsión en contacto con los líquidos. No se inflama en contacto con la llama de soplete oxiacetilénico, 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 de mar, no se emulsiona por contacto y no contamina el agua por este efecto. Se recomienda más de una capa por proyección. Existen experiencias de su aplicación en la conservación de componentes huecos y áreas cerradas del componente estructural del transporte por más de 10 años sin afectaciones por corrosión.

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 del espesor de la capa.
- **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por más de 3 años y resiste el ataque de microorganismos causantes de la corrosión microbiológica.
- **Almacén cerrado:** Garantiza más de 5 años con las mismas características que bajo techo.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para el procedimiento de conservación estructural en componentes huecos, áreas cerradas y zonas inaccesibles de estructuras metálicas del transporte, 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.

Anexo 6: Ficha Técnica.

FICHA TÉCNICA DISTIN 314

Grasa Semisólida Conservante y Lubricante.

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

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

Método de Aplicación:

- **Proyección:** Pudiera aplicarse de prepararse líquida, se oferta una grasa líquida con estas características.
- **Inmersión:** Se introducen las piezas que se quieren proteger en la grasa fundida que posee una alta estabilidad coloidal, lo que permite fundirla en repetidas ocasiones, sin separar el aceite.
- **Brocha o frotado:** Se emplea este método principalmente para la protección y lubricación de cables de acero, aunque puede ser aplicada a otros componentes o piezas que lo requieran.

- **Rendimiento:** Para la aplicación de la grasa en forma líquida cuando está fundida, el rendimiento es de 8 a 10 m² /Kg a unos 100 ° C. En la preparación de superficies por frotado o brocha depende del espesor.

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

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

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y almacenamiento:

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

Anexo 7: Ficha Técnica.

FICHA TÉCNICA DISTIN 316 L

Grasa Líquida Tipo Solvente.

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

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.

Anexo 8: Ficha Técnica.

FICHA TÉCNICA DISTIN 404

Mástique Asfáltico Semisólido con goma.

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

dependencia de la aplicación específica que se requiera, tanto para sellar cavidades, formar recubrimientos, etc. Especialmente preparado para sellar orificios.

Modo de Aplicación:

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

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

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

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

Condiciones de Protección:

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

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

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

Anexo 9: Ficha Técnica.

FICHA TÉCNICA DISTIN 404L

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 antigraña 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.

Durante su aplicación por proyección se tienen que utilizar medios de protección para la vista y las vías respiratorias.

Anexo 10: Ficha Técnica.

FICHA TÉCNICA DISTIN 603L

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 aplicada.

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:

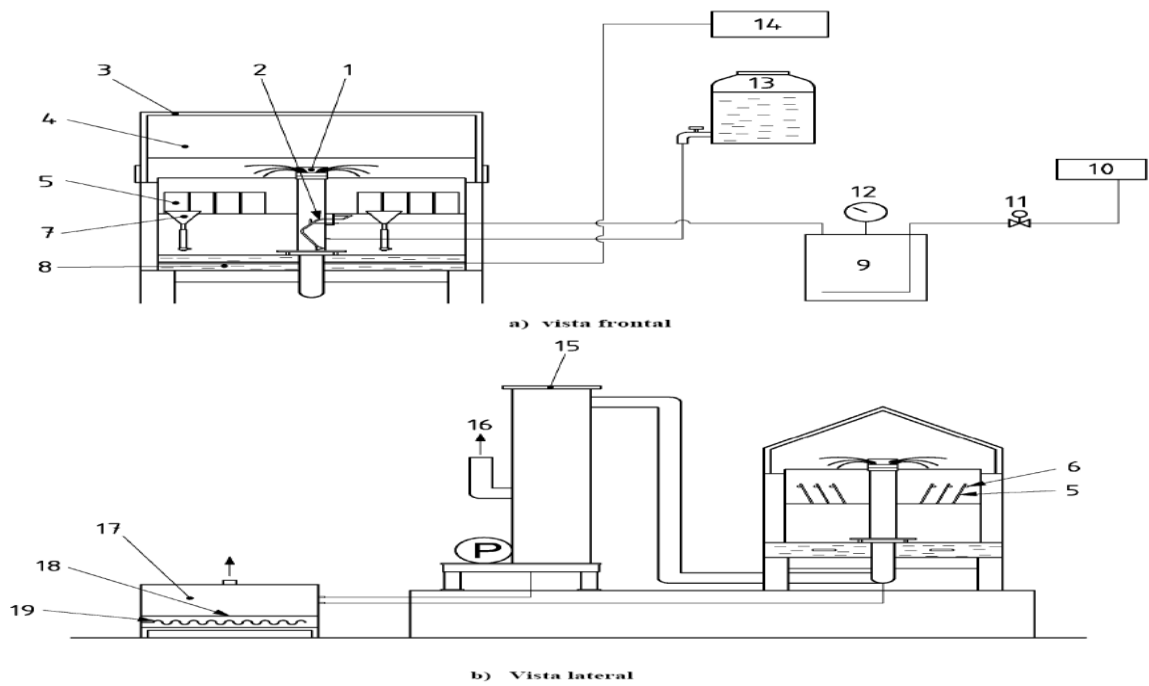
El producto se suministra en frascos de 1 litro de capacidad.

Anexo 11: Condiciones de operación.

Tabla 2 – Condiciones de operación

Etapa del método de ensayo	Niebla salina neutra (NSS)	Niebla salina acética (AASS)	Niebla salina cuproacética (CASS)
Temperatura	(35 ± 2) °C	(35 ± 2) °C	(50 ± 2) °C
Velocidad media de recuperación de la solución para un área horizontal colectora de 80 cm ²	(1,5 ± 0,5) ml/h		
Concentración de cloruro de sodio (en solución recogida)	(50 ± 5) g/l		
pH (en solución recogida)	6,5 a 7,2	3,1 a 3,3	3,1 a 3,3

a)



Leyenda.

1--Torre de dispersión de la solución.

2--Pulverizador.

3--Cubierta.

4--Cámara de ensayo.

5--Probeta.

6--Soporte de las probetas.

7--Colector de la niebla.

8--Cámara.

9--Saturador de aire.

10--Compresor de aire.

11--Electroválvula.

12--Manómetro.

13--Depósito de la solución.

14--Control de Temp.

15--Evacuación de la niebla después del tratamiento.

16--Orificio de salida de aire.

17--Evacuación del agua después del tratamiento.

18--Bandeja de la sal.

19--Elementos de calefacción.

b)

Anexo 12:



Anexo 13: Atmósferas de ensayo de condensación.

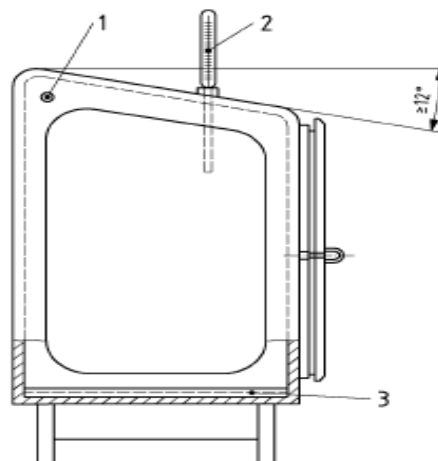
a)

Tabla 1 – Atmósferas de ensayo con condensación

Atmósfera de ensayo		Duración del ciclo		Condiciones en la cámara después de alcanzar el equilibrio	
Tipo	Código	Periodo(s) de ensayo	Total	Temperatura del aire	Humedad relativa
Atmósfera de condensación con humedad constante	CH	Desde el calentamiento hasta el final de la exposición	1600 h	$(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$	100% aprox. con condensación sobre las probetas
Atmósfera de condensación alternante	AHT	8 h incluido calentamiento	24 h	$(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$	100% aprox. con condensación sobre las probetas
		16 h incluido enfriamiento (abriendo la cámara climática o ventilando)		18 °C a 28 °C	Ambiental, aproximadamente
Atmósfera de condensación alternante	AT	8 h incluido calentamiento	24 h	$(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$	100% aprox. con condensación sobre las probetas
		16 h incluido enfriamiento (cámara climática cerrada)		18 °C a 28 °C	100% aprox. (\approx saturado)

NOTA Los parámetros de operación y sus fluctuaciones se pueden programar independientemente o en un formato "parámetro \pm fluctuaciones". El valor establecido es la condición deseada, programado por el usuario para el sensor empleado. Las fluctuaciones de operación son desviaciones respecto al valor programado indicadas en la lectura del sensor calibrado durante la operación en condiciones de equilibrio y no suponen mediciones de incertidumbre. En el punto de control, las fluctuaciones de operación en el equilibrio pueden no exceder lo programado. Cuando una norma exige un valor dado de operación, el usuario programa el número exacto. Las fluctuaciones de operación especificadas para el valor dado, no implican que el usuario esté autorizado para programar un parámetro más alto o más bajo que el punto exacto especificado.

b)



Leyenda

- 1 válvula de control de la presión
- 2 dispositivo de medida de la temperatura
- 3 cubeta en el fondo llena de agua

Ejemplo de cámara climática

Anexo 14: Preparaciones Superficiales.



Figura 3: Preparación Superficial de Sa 2.



Figura 4: Preparación Superficial de Sa 2^{1/2}.

Anexo 15: Sistema de Pintura. Capa de Primario, Intermedio y Acabado. Categoría de corrosividad C4.

Tabla 6: Versión reducida de Sistema de Pintura. Capa de Primario. Categoría de corrosividad C4.

Sistema de Pintura. Capa de Primario. Categoría de corrosividad C4				
No Sistema Pintura	Capa Primaria			
	Aglomerante	Tipo Primario	No de Capas	Espesor (µm)
S 4.01	Alquídico.	Misceláneo con pigmentos anticorrosivos	1-2	80
S 4.02			1-2	80
S 4.03			1-2	80
S 4.04			1-2	80
S 4.05			1-2	80

S 4.06	Acrílico, goma clorinada, cloruro polivinílico.	Misceláneo con pigmentos anticorrosivos	1-2	80
S 4.07			1-2	80
S 4.08			1-2	80
S 4.09			1-2	80

Tabla 7: Versión reducida de Sistema de Pintura. Capa Intermedia y de Acabado. Categoría de corrosividad C4.

Sistema de Pintura. Capa Intermedia y de Acabado. Categoría de corrosividad C4					
No Sistema Pintura	Capa Intermedia y de Acabado			Sistema de Recub.	
	Aglomerante	No. de Capas	Espesor (µm)	No. Capas Totales	Espesor Total (µm)
S 4.01	Alquílico	2-3	120	3-5	200
S 4.02	Bitumen	2	160	3-4	240
S 4.03		2-3	200	3-5	280
S 4.04	Acrílico, goma clorinada, cloruro polivinílico	2-3	120	3-5	200
S 4.05		2-3	160	3-5	240
S 4.06	Bitumen	2	160	3-4	240
S 4.07		2-3	200	3-5	280
S 4.08	Acrílico, goma clorinada, cloruro polivinílico	2-3	120	3-5	200
S 4.09		2-3	160	3-5	240