

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas.



**Propuesta de Sistema de Mantenimiento de Protección
Anticorrosiva y Conservación para herramientas de fondo en
la empresa EMPERCAP.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Irian Cabrera del Forn.

Tutores: Ing. Medardo Domínguez Limia.

M Sc. Ing. Harold García Betancourt.

Matanzas, 2020

Pensamiento

“El mantenimiento adecuado es el éxito de su empresa”

Anónimo.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

Resumen:

El siguiente Trabajo de Diploma se realiza en el área de la Brigada Tool Master perteneciente a la Empresa EMPERCAP especializada en prestar servicios de **herramientas de fondo** (*Packers*), **liquidación de averías** (pescas) y **reparación de bombas de profundidad**.

Al tomarse como punto de partida experiencias y bibliografías adquiridas en la carrera de Ingeniería Mecánica, sobre todo en la asignatura de Mantenimiento, se elaboró un Plan de Mantenimiento y Conservación a las herramientas con las que brinda servicio la Brigada *Tool Master*.

Basándose en la recopilación de información extraída en las visitas, se definirá un plan de mantenimiento preventivo apoyándonos en el que ya estaba anteriormente definido para esta empresa; ya que la agresividad atmosférica existente en esa área ha provocado un rápido deterioro de las herramientas y con este, el aumento de los gastos en mantenimiento, que como se sabe, son elevados en sector petrolero.

Al realizarse el diagnóstico de las herramientas se detectaron, además de problemas de diseño anticorrosivo, problemas de corrosión, incorrecta preparación de la superficie, deficiencia en la aplicación de pinturas, falta de protección anticorrosiva y de conservación adicional.

Como resultado se obtiene la Propuesta de un Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación (**SIPAYC.**), el cual, puede ser extendido hacia todas las instalaciones de este tipo en el país.

Abstract:

The following Diploma Work was carried out in the area of the Tool Master Brigade belonging to the EMPERCAP Company specialized in providing services of bottom tools (packers), liquidation of faults (fishing) and repair of depth pumps.

Taking as a starting point the experiences acquired in the Mechanical Engineering Career, especially in the Maintenance Subject, a Maintenance and Conservation Plan will be drawn up for the tools with which the Tool Master Brigade provides service.

Based on the compilation of information extracted in the visits, a preventive maintenance plan will be defined based on the one that was previously defined for this company; since the atmospheric aggressiveness existing in that area has caused a rapid deterioration of the tools and with this, the increase in maintenance expenses, which, as is known, are high in the oil sector.

A diagnosis was made where, in addition to anticorrosive design problems, corrosion problems, incorrect surface preparation, deficiency in the application of paints, lack of anticorrosive protection and additional conservation were detected.

As a result, the Proposal for a Maintenance System for Corrosion Protection and Conservation (SIPAYC) is obtained, which can be extended to all installations of this type in the country.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I: Análisis del estado del arte del mantenimiento de protección y de conservación.....	3
1.1. Mantenimiento.....	3
1.1.1. Mantenimiento correctivo.....	4
1.1.2. Mantenimiento preventivo planificado.....	6
1.1.3. Mantenimiento predictivo o por diagnóstico.....	8
1.1.4. Mantenimiento anticorrosivo y conservación.....	9
1.2. Principales tipos de Corrosión.....	10
1.2.1. Corrosión uniforme o generalizada.....	11
1.2.2. Corrosión atmosférica húmeda.....	11
1.2.3. Corrosión no uniforme o localizada.....	12
1.3. Sistemas de Mantenimiento.....	13
1.3.1. Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad (M.C.C).....	13
1.3.2. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado.....	14
1.4. Sistemas de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación.	16
1.4.1. Sistema Rust Stop en Estados Unidos.....	16
1.4.2. Sistema RustBlock de Canadá.....	17
1.4.3. Sistema de Protección frente a la corrosión con PROTEGOLR.....	18
1.4.4. Sistema DUCAR desarrollado en el UDI - CEAT.....	19
1.4.5. Sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC).	20
1.5. Sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación para el área de la Brigada Tool Master perteneciente a EMPERCAP.....	35
1.6. Conclusiones parciales.....	36
Capítulo II. Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión en el área de la Brigada Tool Master perteneciente a la empresa EMPERCAP.....	37
2.1. Métodos y productos que se emplean.....	37
2.1.1. Normas Internacionales.....	37
2.1.2. Materiales.....	38

2.2. Identificación de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión de cada una de las herramientas.	38
2.2.1 Tipos de Herramientas y Herramientas de la Brigada.....	39
2.3 Identificación de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.....	47
2.3.1 Análisis de diseño anticorrosivo y corrosión.....	52
2.4 Solución a los problemas de diseño anticorrosivo.	59
2.5. Impacto medioambiental de las sustancias utilizadas en el mantenimiento de las herramientas de la brigada Tool Master.....	61
2.5.1 Aguarrás.....	61
2.5.2 DISTIN 504.....	63
2.5.3 DISTIN 314 y 314L.....	64
2.6. Conclusiones parciales.....	64
Capítulo III: Fundamentación del Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación para la empresa EMPERCAP.....	65
3.1 Identificar la agresividad corrosiva de la atmósfera para la instalación.....	65
3.2. Diseño Anticorrosivo.	66
3.3 Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en la instalación... ..	66
3.4. Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.....	67
3.5. Protección anticorrosiva adicional y conservación.....	68
3.5.1 Aplicación de las grasas de conservación DISTIN 314 y DISTIN 314 L.....	68
3.5.2 Aplicación del Decapante DISTIN 504.	69
3.6. Resultados económicos esperados.....	70
3.6.1. Tabla de precios de los productos utilizados.....	70
Conclusiones Generales.....	71
Recomendaciones.....	72
Bibliografía.....	73
ANEXOS	78

Introducción.

El país se encuentra en vías de fomentar el desarrollo de la industria petrolera en aras de fomentar su soberanía energética, por lo cual ha sido definido como uno de los sectores estratégicos en los objetivos de desarrollo económico hacia el 2030.

La principal vía para lograr este despegue es incrementar la eficiencia económica en todos los procesos, particularmente incrementando el rendimiento de las inversiones en maquinarias y herramientas; en este sentido los planes de mantenimiento enfocados a la protección anticorrosiva pueden contribuir al incremento de la vida útil de estos y con ello lograr niveles de explotación superiores.

Sin lugar a dudas, el elemento más controversial y complejo para llevar a cabo una utilización correcta de un plan de mantenimiento es el cambio de mentalidad que se necesita para reconocer la importancia de los mantenimientos y su contribución al ahorro de recursos por la empresa a corto y mediano plazos. Alcanzar una verdadera conciencia basada en la cultura del mantenimiento, es una tarea que requiere de un gran trabajo educativo incorporando a esta batalla la protección del medio ambiente, es un loable esfuerzo dirigido en el sentido de la promoción y el fomento de una ética y una cultura para el desarrollo sostenible.

Conociendo de la necesidad del país por evitar costes de reparación innecesarios si se lleva a cabo un buen plan de mantenimiento, la Brigada *Tool Master* se ha visto en la obligación de realizar diversos trabajos con vista a mejorar dicha situación.

Para ello se han consultado diversas bibliografías, muchas brindadas por la empresa y otras tomadas de la Universidad de Matanzas elaboradas en conjunto por los laboratorios de la UDI - CEAT y también se han tomado como referencia tesis de años anteriores.

Problema Científico:

Deterioro por corrosión de las herramientas de fondo en la empresa EMPERCAP.

Hipótesis:

Si se realiza un estudio de los factores que influyen en el deterioro por corrosión de las herramientas de fondo de la empresa EMPERCAP se podrá proponer un Sistema de Mantenimiento para la protección Anticorrosiva y Conservación.

Objetivo Principal:

Proponer Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación para disminuir el deterioro de las herramientas de fondo de la empresa EMPERCAP.

Objetivo Específico:

1. Realizar búsqueda bibliográfica del estado del arte de la temática abordada.
2. Diagnosticar el grado de deterioro por corrosión que presentan las herramientas de fondo de la empresa EMPERCAP.
3. Analizar las causas que ocasionan el deterioro corrosivo de la herramientas de fondo de la empresa EMPERCAP.
4. Valorar de un punto de vista ecológico la importancia de este estudio.

Capítulo I: Análisis del estado del arte del mantenimiento de protección y de conservación.

En el presente capítulo se hará un acercamiento a los principales tipos de mantenimiento, corrosión y sistemas de mantenimiento, además de llevarse a cabo una descripción de los mismos tanto a nivel general como a la empresa que se analiza.

1.1. Mantenimiento.

El mantenimiento surge desde que el hombre comienza a producir artículos y/o máquinas y las mismas, por su uso, tienen desperfectos. (Valencia 2020)

El mantenimiento en su aspecto económico, nació a partir de la introducción de un elemento diferenciador entre la actividad productiva y la de mantenimiento, olvidando que ambas actividades, más que complementarias, son la misma cosa. (Arenas 2010)

Mantenimiento es tener y conservar en condiciones seguras de uso cualquier utensilio, dispositivo, herramienta, sistema, equipo o maquinaria. (Alvarez 2004)

El mantenimiento es un estado de ánimo, una conciencia, una sistematización de operaciones de conservación de las instalaciones y maquinarias productivas. Mantenimiento es toda acción necesaria para que una máquina o equipo sea conservado o restaurado de modo que pueda permanecer en buen estado. (Morejon 2011)

También puede ser definido el mantenimiento como el conjunto de actividades, cuya finalidad y objetivo es conservar todo Buen Capital en condiciones de eficiencia funcional que le permitan el más alto grado de **fiabilidad**, que no es más que la probabilidad de que la instalación realice su función sin fallo y adecuadamente, durante un período de tiempo establecido y en condiciones operativas específicas. La explotación racional de los equipos significa trabajar sin reparaciones costosas, averías y sin otras interrupciones que desorganizan los servicios y la elaboración de productos. La explotación adecuada a cada máquina o equipo garantiza a las empresas la posibilidad de aumentar la producción y la productividad del trabajo; lo cual, respaldado por buenos mantenimientos, asegura mucho más el correcto funcionamiento de los equipos, durante el mayor tiempo posible y con el menor gasto por concepto de los mantenimientos. (Sanchez 1996)

Mantenimiento es el conjunto de actividades y procesos estratégicos realizados para conservar y/o restablecer infraestructuras, sistemas, equipos y dispositivos (ISED) a una condición que les permita cumplir con las funciones requeridas dentro de un marco económico óptimo y de acuerdo a las normas técnicas y procedimientos de seguridad establecidos.(Morejon 2011)

Otros autores identifican el mantenimiento con la manutención que se aplica a un equipo para cubrir su propia demanda de servicio expresada a través de fallas, por calendario o por condición. De hecho, toda manutención detendrá el equipo, pero es obvio que una falla genera un tiempo perdido medio (TPM) mayor en la medida de la naturaleza destructiva de la falla.(Morejon 2011)

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas. Las fallas son una condición no deseada que hace que el elemento estructural no desempeñe una función para la cual existe. Una falla no necesariamente produce colapso o catástrofe.(Morejon 2011)

Existen diversas clasificaciones de los mantenimientos, en la actualidad hay una tendencia a clasificar los tipos de mantenimiento como sistemas de mantenimiento. En este trabajo se hace referencia a los tipos de mantenimientos clásicos, más frecuentes, vinculados con los mantenimientos de protección anticorrosiva y conservación de estructuras, que instituye el caso concreto de esta investigación.

1.1.1. Mantenimiento correctivo.

Su inicio comienza justificado por una lógica aplastante: “hay que arreglar o reparar lo que se rompe” y consiste en invertir con una acción de reparación cuando el fallo se ha producido, restituyéndole la capacidad de trabajo a la máquina. El mantenimiento correctivo no requiere de estudios e investigaciones que justifiquen su accionar, ya que éste no es programado sino eventual en correspondencia con la aparición de los fallos y deterioros.(Arenas 2010)

Este es uno de los mantenimientos de mayor costo, las averías se producen de forma imprevistas. Se realiza para restablecer a los equipos a una situación satisfactoria, mediante la corrección de un mal funcionamiento, o sea, consiste en reparar después de la avería dejándolo en condiciones aceptables para la operación. Su costo de operaciones también es elevado, debido a las constantes interrupciones y su ventaja es que es de bajo costo en equipos pequeños y auxiliares.

- **Mantenimiento contra averías:** Es el que se le realiza a un equipo después que se haya producido la avería, dejándolo en condiciones óptimas de funcionamiento.
- **Mantenimiento de emergencia:** Es el mantenimiento correctivo que se le realiza a un equipo de forma inmediata para así evitar males mayores, cuando este ha empezado a dar síntomas de una alta degradación, y solo logra mejorar en algo sus parámetros de trabajo, no lo deja en condiciones óptimas.
- **Mantenimiento de urgencia:** Es el que se realiza de forma inmediata y con el objetivo de ponerlo en funcionamiento a cualquier precio y generalmente el equipo queda bajo pésimas condiciones.(Sanchez 1996)

El **mantenimiento correctivo** también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para en ese momento tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- ✓ Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- ✓ Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

- ✓ Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- ✓ La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible. (Alvarez 2004)

Como aspectos positivos se le señalan: la no necesidad de un personal tan calificado, no hay necesidad de detener las máquinas con ninguna frecuencia prevista ni velar por el cumplimiento de las acciones programadas. (Arenas 2010)

Durante el mantenimiento de averías, de urgencias y emergencias, frecuentemente se produce el deterioro de los sistemas de protección anticorrosiva aplicados a los componentes estructurales, en estos casos se aplicaría el mantenimiento correctivo.

1.1.2. Mantenimiento preventivo planificado.

El **mantenimiento preventivo** planificado tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.

- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva. (Alvarez 2004)

Como su nombre lo indica es un mantenimiento planificado que se realiza para conservar a un equipo en condiciones óptimas de funcionamiento por medio de inspecciones sistemáticas, las cuales permiten la detección y prevención de fallas incipientes, y se realizan cambios de piezas al vencer un período determinado de tiempo, con la finalidad de reducir probabilidades de fallo y a su vez pérdidas de la producción. Este posee mayores ventajas que el anterior, por realizarse de forma planificada, donde son detectados los fallos con anterioridad, lo que hace disminuir los costos de mantenimiento aumentando los costos de su aplicación con respecto al correctivo.(Morejon 2011)

El mantenimiento preventivo planificado, es el mantenimiento que se ejecuta a intervalos predeterminados y/o de acuerdo a criterios prescritos, utilizando todos los medios disponibles, para determinar frecuencia de inspecciones, revisiones, sustitución de piezas, probabilidad de aparición de fallas, vida útil, etc., con el objetivo de reducir, predecir y/o prevenir fallas, o detectarlas en su fase incipiente, evitando así la degradación y sus consecuencias negativas para el proceso productivo.(Morejon 2011)

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de no llegar al correctivo y todo lo que este representa. Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y sus características.

Ventajas:

- Ayuda en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- Al reducir el mantenimiento correctivo representa una disminución de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como la previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

Desventajas:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- El mantenimiento preventivo puede convertirse en actividades rutinarias.

Según las características del mantenimiento preventivo planificado, al mismo pertenece el mantenimiento anticorrosivo, que tiene como características principales, que es planificado, porque se crean las condiciones materiales, incluyendo el personal y se planifica en función del tiempo.

1.1.3. Mantenimiento predictivo o por diagnóstico.

Como consecuencia de las incertidumbres que presenta el mantenimiento preventivo y con el apoyo del desarrollo tecnológico, se desarrolló un nuevo concepto de mantenimiento basado en la condición o estado de la máquina. Este tipo de intervención se conoce como mantenimiento predictivo, y viene a suponer toda una revolución dada su filosofía de anticipación a la avería por medio del conocimiento del comportamiento de la máquina y de cómo debería comportarse, conociendo de este modo previamente qué elemento puede fallar y cuándo. Así se puede programar una intervención sin afectar al proceso productivo, con las consiguientes optimizaciones en costos de producción, mano de obra y repuestos. Se evitan de este modo grandes y costosas averías agilizando las intervenciones.

El **mantenimiento predictivo** o por diagnóstico consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en las aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no

producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado.

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

Este mantenimiento tiene como características:

- Inspecciones sin parar o desmontar los equipos.
- Intervenciones efectuadas en función del real estado del equipo.
- Las informaciones de la inspección reciben tratamiento científico.
- Los resultados son mensurables de forma cualitativa y cuantitativa.

Su aplicación se torna especialmente importante en:

- Máquinas cuyas paradas lleva a pérdidas de producción.
- Equipos con alto valor de reposición.
- Máquinas sujetas a defectos debido al uso extremo.
- Máquinas no redundantes que pueden influir en la producción.
- Equipos que ofrecen peligro de daños a personas y al medio ambiente.

1.1.4. Mantenimiento anticorrosivo y conservación.

El **mantenimiento anticorrosivo** de los componentes estructurales, que se enmarca en términos generales, como se ha analizado, dentro del mantenimiento preventivo planificado, persigue, la protección anticorrosiva de las estructuras y componentes metálicos, de la acción agresiva del ambiente en la zona en cuestión y de las contribuciones que aporta en cuanto a la agresividad, los residuales gaseosos que se emiten a la atmósfera.

Hay que destacar que este tipo de mantenimiento, no restituye las condiciones iniciales de los componentes metálicos, ya que, al producirse el daño, se pierde material, se afectan las superficies y se origina un deterioro que no se recupera totalmente con el mantenimiento.

Plantea (Godoy 2005), que la corrosión es un fenómeno que afecta a todos, pero el ser humano sólo puede actuar mitigándolo, utilizando para ello medidas anticorrosivas. Por lo que el control de este proceso de reversión es la meta de la ingeniería de corrosión.

De acuerdo con lo anterior, la protección anticorrosiva debe ser preferentemente preventiva planificada y de ser posible, predictiva. Los recubrimientos protectores se emplean ampliamente para el control de la corrosión, proporcionando una protección de larga duración bajo un amplio rango de condiciones corrosivas. El principio esencial de acción es aislar o separar al metal del medio corrosivo(Alvarez 2004, Godoy 2005). (Morejon 2011)entre otros, coinciden en que existe una gran variedad de recubrimientos protectores. No obstante, considera (Laliberte 2006), que el aislamiento del acero del medio utilizando recubrimientos y en particular pinturas, es el método de protección más empleado. Las razones fundamentales son su bajo costo y su facilidad de aplicación. Criterio que comparten la mayoría de los investigadores del tema (Pérez 1998, Alvarez 2004, Laliberte 2006, Torrecilla 2010). Ahora bien, la aplicación de sistemas de pintura, requiere del cumplimiento de diferentes normativas al respecto, que abarcan desde el conocimiento de la agresividad corrosiva en la zona en cuestión, el diseño anticorrosivo, la preparación superficial previa al recubrimiento, hasta el propio proceso de aplicación y su control. El mantenimiento de protección anticorrosiva, lleva además de la protección con pintura la conservación con el uso de otros productos. Destaca, que el concepto "conservación" es sin duda uno de los que hoy poseen mayor vigencia. Se piden medidas para evitar la degradación del medio ambiente, de la naturaleza. En esta sociedad tecnificada el alargar la vida en servicio de los metales y, en general, de los materiales debe convertirse en algo prioritario. Tomar conciencia de este hecho es el primer paso que puede ayudar a la conservación. Se han identificado muchos tipos de mantenimiento, que tienen en común, que pertenecen a los tipos de mantenimiento clásicos ya señalados como son: correctivo, preventivo planificado y predictivo. Dado el alcance del presente trabajo, no se abordan los otros tipos de mantenimiento.

1.2. Principales tipos de Corrosión.

Concepto de corrosión.

Se define el fenómeno de la corrosión como: Deterioro de un material o alteración de sus propiedades a causa de una reacción espontánea con el medio en el cual se encuentra expuesto. (Almeida 2002)

1.2.1. Corrosión uniforme o generalizada.

Corrosión que ocurre a igual velocidad en todos los puntos de la superficie, aunque de forma más clara se puede plantear que es aquella en que se produce un ataque uniforme en toda superficie. (Morcillo 1998)

1.2.2. Corrosión atmosférica húmeda.

La corrosión atmosférica húmeda, se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, refiere (Morcillo 1998), que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc.; lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 %, según refieren investigadores del tema, entre ellos (Pérez 1998)

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.

1.2.2.1. Corrosión atmosférica mojada.

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. El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de agua y contaminantes, además de la temperatura (Morcillo 1998). La corrosión atmosférica mojada es menor que la húmeda, ya que en la primera existe una delgada capa de humedad.

1.2.2.2. Corrosión interfacial.

Es una corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme. Ocurre en presencia de humedad adsorbida que penetra a la pintura, al igual que el oxígeno, pero que se desarrolla únicamente cuando hay contaminantes (Morcillo 1998). La corrosión interfacial se presenta por debajo del recubrimiento como consecuencia de una mala preparación de la

superficie y contaminación de la misma. Cuando la superficie queda contaminada antes de pintar, fundamentalmente con cloruros y sulfatos, ya están dadas las condiciones para la corrosión interfacial.

1.2.3. Corrosión no uniforme o localizada.

Esta corrosión ocurre a distintas velocidades en diferentes partes de la superficie y por tanto se produce un ataque no uniforme (Morcillo 1998).

1.2.3.1. Corrosión por contacto o par metálico.

La corrosión por contacto o par metálico es 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 (Morcillo 1998).

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. (Morcillo 1998)

1.2.3.2. Corrosión por celdas de aireación diferencial.

Es una corrosión electroquímica en presencia de humedad adsorbida o de agua, galvánica por diferencia de concentración de oxígeno. Esta surge cuando hay una grieta, hendidura, intersticio, desprendimiento de la pintura, depósitos de óxido o suciedades, todos ellos son causa de la aparición de celdas de aireación diferencial. Debajo del depósito o en el interior del intersticio se crea un área de difícil acceso para el oxígeno, que se constituye en ánodo, tan pronto como en los alrededores con mayor acceso de oxígeno se crea un cátodo (Morcillo 1998).

1.2.3.3. Corrosión en resquicios.

Durante el diseño de una pieza, equipo o estructura metálica, el diseñador debe tener especial cuidado en no crear resquicios, ya que estos favorecen la acumulación de depósitos (contaminantes) y humedad, que propician el desarrollo de este tipo de corrosión (Morcillo 1998).

El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de resquicios (grietas, hendiduras, solapes, etc.), producidas por la presencia del resquicio, que se produce en la

unión metal – metal, metal – madera, metal – hormigón y en general entre un metal y otro material. Sin dejar de faltar los contaminantes y la humedad. El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de grietas, hendiduras, solapes, etc., conjuntamente con la acumulación de contaminantes y la humedad.

1.2.3.4. Corrosión Fatiga.

Es una corrosión con efectos mecánicos, donde la grieta que se forma actúa como ánodo y en ella se concentra la corrosión y en los alrededores de la grieta, en el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo. En la corrosión fatiga resulta fundamental la presencia de tensiones cíclicas, es decir la fatiga, la que provoca conjuntamente con la corrosión la aparición de la grieta y su rápido crecimiento por la acción combinada de la corrosión y la fatiga (Morcillo 1998).

Se han identificado varios tipos de corrosión, que son muy frecuentes en Cuba. Basado en el alcance del presente trabajo, no se abordan los otros tipos de corrosión existentes.

1.3. Sistemas de Mantenimiento.

El actual desarrollo alcanzado en la esfera científico – técnica a nivel mundial ha obligado al hombre a crear y mejorar los métodos para mantener y preservar los activos de cualquier empresa o negocio para obtener de ellos un uso más eficiente y al mismo tiempo, disminuir al máximo los gastos que impone el mantenimiento lo que influye de manera muy especial en la economía (Amedola 2002). Un sistema de mantenimiento bien diseñado debe adecuarse a las características de cada instalación o máquina, lográndose el sistema de mantenimiento deseado (Pichardo 1989). A continuación, se abordarán algunos sistemas de mantenimiento que aparecen en la literatura consultada.

1.3.1. Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad (M.C.C).

Existen múltiples tendencias para establecer sistemas de mantenimiento, como el Sistema mantenimiento centrado en la confiabilidad (M.C.C).

El M.C.C. es “El Mantenimiento que debes hacer para que las instalaciones hagan lo que la Empresa desea que hagan”, en otras palabras, es la alineación del mantenimiento con la misión de la empresa.(Pichardo 2002)

El trabajo es realizado por equipos de trabajo multifuncionales con participación de operadores, técnicos, ingeniería, seguridad y ambiente, así como especialistas cuando sean requeridos (proceso, instrumentos, etcétera.), el grupo está entre 5 y 7 personas máximo, dirigidos por un facilitador quien en realidad es experto en M.C.C (Pichardo 2002).

La aplicación adecuada de las nuevas técnicas de mantenimiento bajo el enfoque del M.C.C., permiten de forma eficiente, optimizar los procesos de producción y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, que traen consigo los fallos de los activos en un contexto operacional específico.(Lucia 1990)

En la actualidad (Lucia 1990), este objetivo puede ser alcanzado de forma óptima, con la metodología de gestión del Mantenimiento, titulada Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C). En términos generales, permite distribuir de forma efectiva los recursos asignados a la gestión de mantenimiento, tomando en cuenta la importancia de los activos dentro del contexto operacional y los posibles efectos o consecuencias de los modos de fallos de estos activos, sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones.

“El M.C.C. (Lucia 1990), sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias, a los activos más importantes de un contexto operacional. En otras palabras, el M.C.C. es una metodología que permite identificar las políticas de mantenimiento óptimas para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción. El M.C.C. incluye otros tipos de mantenimiento y los integra como sistema. En este tipo de enfoque como sistema se centra el análisis del presente trabajo. No se conocen referencia de la integración del Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), con el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (M.C.C.).

1.3.2. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado.

Existe una tendencia a describir los diferentes tipos de mantenimiento, como sistemas, así se trata el Sistema de Mantenimiento Preventivo. De acuerdo con (ECURED 2020). Concibe la realización de intervenciones con carácter profiláctico según una programación con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios. No obstante, estos no se eliminan totalmente. Con el accionar preventivo se introducen nuevos costos,

pero estos se reducen en las reparaciones, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad. Este sistema requiere de un personal de nivel para ejecutar las investigaciones y estudios que justifiquen las acciones que se programan, su periodicidad y su realización.

Como ventajas más significativas, el sistema de mantenimiento preventivo logra:

- Mayor vida útil de las máquinas
- Incrementa su eficiencia y calidad en el trabajo que realizan.
- Incrementa la disponibilidad, la seguridad operacional y el cuidado del medio ambiente.
- También garantiza la planificación de los recursos para la ejecución de las operaciones.

Como aspectos negativos se le señalan:

- El costo del accionar obligatorio del plan
- Las afectaciones en mecanismos y sistemas que se deterioran por los continuos desmontajes para garantizar las operaciones profilácticas
- Limitación de la vida útil de elementos que se cambian con antelación a su estado límite.

Como su nombre lo indica es un mantenimiento planificado que se realiza para conservar a un equipo en condiciones óptimas de funcionamiento por medio de inspecciones sistemáticas, las cuales permiten la detección y prevención de fallas incipientes, y se realizan cambios de piezas al vencer un período determinado de tiempo, con la finalidad de reducir probabilidades de fallo y a su vez pérdidas de la producción. (Arenas 2010)

Son intervenciones típicas de este sistema la limpieza, ajustes, reaprietes, regulaciones, la lubricación, los cambios de elementos, siempre que sean planificadas previamente. El sistema de mantenimiento preventivo logra una mayor vida útil de las máquinas y les incrementa su eficiencia y calidad en el trabajo que realizan. Incrementa la disponibilidad, la seguridad operacional y el cuidado del medio

ambiente. También garantiza la planificación de los recursos para la ejecución de las operaciones.

Como aspectos negativos se le señalan el costo del accionar obligatorio del plan, las afectaciones en mecanismos y sistemas que se deterioran por los continuos desmontajes para garantizar las operaciones profilácticas y la limitación de la vida útil de elementos que se cambian con antelación a su estado límite, generando residuos que provocan impactos negativos al medio ambiente (Torrecilla 2004).

1.4. Sistemas de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación.

En la literatura consultada, existen pocas referencias a sistemas de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación estructural, ya que, por lo general, esta temática se trata separada del mantenimiento, cuando en la práctica se hace necesario un enfoque en sistema, para encontrar las soluciones más abarcadoras.

La mayor experiencia al respecto, se tiene en la línea de Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (**SIPAYC**), del Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (**UDI - CEAT**), de la Universidad de Matanzas, lugar para el que se desarrolla el presente trabajo.

1.4.1. Sistema Rust Stop en Estados Unidos.

El Sistema *Rust Stop*, que significa parar el óxido (2008), se ha propuesto para el componente estructural de automóviles. Incluye entre sus componentes, un dispositivo electrónico que previene la formación de óxido mediante una carga eléctrica dentro del cuerpo del automóvil. Es un producto que usa la corriente impuesta y las tecnologías del Ánodo de Sacrificio para inhibir la corrosión tanto en condiciones mojadas como en secas de la carrocería.

Se conecta de la batería de 6 o 12 volts un equipo que produce una carga de 45 V a los electrodos que funcionan como ánodos y a la carrocería que funciona como cátodo y sobre la cual debe ocurrir la reducción del medio oxidante. Para que el circuito funcione, debe existir una carga iónica por la superficie, con un flujo de cationes al cátodo (carrocería) y un flujo de aniones a los ánodos inertes que se colocan. Para garantizar este

flujo de iones por la superficie interna y externa de la carrocería, tiene que existir un medio conductor similar al agua o un electrolito, lo que se garantiza según la firma suministradora mediante la aplicación de un producto iónico, identificado por Rx25.(2008)

Como se comprende este producto iónico siempre tiene que estar presente y por tanto tiene que aplicarse frecuentemente y por sus características tiene menor durabilidad que otros productos anticorrosivos.

El sistema es efectivo en autos ligeros y en cabinas, no así para los remolques, donde se recomienda colocar ánodos de sacrificio pegados a la estructura metálica.

Recientemente este sistema ha incorporado otros productos anticorrosivos que se identifican como Rx100 y Rx50. El Rx100 es un producto multipropósito, un recubrimiento transparente, flexible que dará protección a largo plazo a las áreas en las que se aplique, sin necesidad de reaplicación en varios años, bajo las condiciones más agresivas. Puede ser aplicado para dejar al descubierto, pintado y / o el metal oxidado. Desafortunadamente, Rx100 no está aún disponible, según referencia.(2008)

El producto Rx50 se rocía sobre el metal. Este producto puede ser usado en condiciones altamente corrosivas para dar protección adicional a las áreas problemáticas y puede servir para otros propósitos, además de vehículos. El Rx50 tiene una propiedad excepcionalmente capilar, aun en contra de la gravedad, a todo lo largo de las áreas en que se aplique, haciéndolo posible para penetrar en áreas y paneles. Este producto es sumamente efectivo desplazando humedad aun en las grietas más pequeñas y los arañazos dando una protección duradera en contra de los efectos de la corrosión. Es incluso efectivo cuando es aplicado para las áreas oxidadas, se creó para que proporcionara brillo.(2008)

Como se comprende, en la práctica, el sistema de protección catódica, no es efectivo sin la aplicación frecuente del producto iónico y por tanto si el cliente coloca el equipo y no aplica el producto iónico, no garantiza la protección.

1.4.2. Sistema RustBlock de Canadá.

Sistema de protección de carrocerías, que significa bloquear el óxido (2008), se ha desarrollado en Canadá, aunque ya se extiende a Estados Unidos. Este consiste en la aplicación de un producto por las partes interiores de puertas, pasillos, y por la parte inferior del piso. El producto anticorrosivo, de consistencia similar a una grasa, protege los recubrimientos e impide la formación del óxido. El procedimiento recomienda la aplicación del producto anualmente durante la vida útil de equipo. Rustblock no solo cubre el metal, sino que lo trata realmente, atomizando el producto, lo que permite que este producto proteja su vehículo penetrando en la mayoría de las áreas críticas, entre ellos los sitios donde existe humedad y protegen muchas de las hendiduras vulnerables que se encuentran en los vehículos de hoy (2008).

El sistema incluye dispositivos y equipos para efectuar a la carrocería accesos por donde se le aplica el producto y suministran además tapones para los mismos. Como se observa, el sistema se basa en la aplicación de un solo producto, lo que puede traer problemas ya que todas las zonas de un vehículo no tienen las mismas características, por ejemplo, en interiores de puertas, columnas, pasillos, se debe aplicar un producto blando para que no se formen grietas por las que puedan penetrar los contaminantes causantes de la corrosión.

En la parte inferior del piso se debe emplear un producto semisólido anti gravilla, resistente a los impactos de partículas.

Sobre la pintura se pueden aplicar ceras para la impermeabilización de estos recubrimientos en contacto con agua y sales, proporcionando además brillo.

En resumen, el producto de referencia, no cumple con todas estas expectativas, aun cuando resulte de gran calidad para una aplicación específica. Del análisis de los sistemas para estructuras de automóviles, ruststop y rustblock, se concluye que los mismos no garantizan una protección anticorrosiva y conservación efectiva, por las razones expuestas en el análisis.

1.4.3. Sistema de Protección frente a la corrosión con PROTEGOLR.

Los recubrimientos PROTEGOLR a base de poliuretano y resinas epoxi se aplican en la industria del petróleo, en la economía energética, en la industria de la valvulería o en la

fabricación de tubos. Son dos componentes que se aplican, para tubos, valvulería y piezas moldeadas, por el procedimiento de aspersión sin aire.

Estos productos, endurecen rápidamente y se aplican con facilidad. Los recubrimientos PROTEGOLR a base de poliuretano o resinas epoxi son adecuados tanto para recubrimientos nuevos en la fabricación industrial como para saneamientos sobre el terreno. (2000)

Los sistemas de recubrimiento PROTEGOLR están hechos a medida de aplicaciones y exigencias específicas, y cumplen estándares internacionales. Desarrollan y producen estos sistemas de recubrimiento innovadores de máxima calidad desde hace 50 años. Suministra el cliente el sistema adecuado o desarrollan soluciones nuevas a la medida de sus necesidades.

Los recubrimientos PROTEGOLR a base de poliuretano o resinas epoxi protegen de forma duradera frente a la corrosión, incluso en entornos agresivos.

El PROTEGOLR se aplica sobre el terreno fácil y rápidamente por procedimiento de proyección en caliente a alta presión de 2 componentes, sin asistencia de aire. (2000)

El sistema de protección con recubrimientos PROTEGOLR como se explica, es muy ventajoso para válvulas y tuberías, pero no incluye el resto de las estructuras. Además, es costoso y para ponerlo en práctica en Cuba, habría que importar la tecnología.

1.4.4. Sistema DUCAR desarrollado en el UDI - CEAT.

En el Sistema DUCAR, que es un SIPAYC aplicado al transporte, conocido como Servicio DUCAR, se desarrolla a partir de un diagnóstico por equipo, donde se identifican los problemas de diseño anticorrosivo que presentan las carrocerías de los automóviles; los problemas de corrosión, de protección por recubrimientos y otros. Con todos ellos se conforma el sistema de protección anticorrosiva y conservación.

Seguidamente se comentan los diferentes componentes que conforman este sistema de mantenimiento, que se aplica con éxito en el Área de Producción y Servicios del UDI - CEAT, desde el año 2004.

- Diseño anticorrosivo. Comprende la identificación de los diferentes problemas que se presentan y la forma de atenuarlos o eliminarlos. Implica la aplicación de diferentes productos anticorrosivos diferentes a las pinturas.
- Preparación superficial. Este paso se ejecuta cuando se hace necesaria la aplicación de recubrimientos que exigen una preparación superficial. Lo más común es que se efectúe la preparación superficial para posteriormente después del servicio aplicar pinturas.
- Aplicación de recubrimientos de pintura. Este componente del sistema no se aplica normalmente durante el Servicio DUCAR, ya que los automóviles vienen pintados.
- Conservación. En esta etapa se conservan los recubrimientos de pinturas con productos específicos, además de otros productos de conservación que ya fueron aplicados desde la etapa de diseño anticorrosivo.

Este sistema aplica para la protección anticorrosiva adicional y conservación un total de 4 productos de la marca DISTIN.

Seguidamente se analizarán los diferentes componentes del sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación, a partir de la experiencia práctica, derivada del Servicio DUCAR, que se posee en el UDI - CEAT.

1.4.5. Sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC).

Un SIPAYC constituye un traje a la medida en cuanto al mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación, ello depende del objeto y de la manera en que se le aplique.

Los elementos fundamentales de un SIPAYC son los siguientes:

1.4.5.1. Diseño Anticorrosivo.

La Norma UNE-EN ISO 12944-3 (ISO 1999) considera importante definir y tener en cuenta, desde la etapa de elaboración del proyecto de mantenimiento con pinturas, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan, pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos.

El diseño apropiado constituye un elemento de importancia, que, de conjunto con la selección de materiales, determinan que se prolongue o no la vida útil de las estructuras (Shifler 2005); refiere, que un diseño correcto involucra la selección de materiales que sean compatibles, tanto desde el punto de vista de la corrosión como mecánico, promoción de geometrías óptimas y procesos de unión que minimicen la corrosión y utilización de medidas de control de la corrosión.

En el texto de (Roberge 2000), se destaca al respecto del diseño anticorrosivo, que una buena práctica del mismo implica:

- Proporcionar adecuada ventilación y drenaje para minimizar la acumulación de condensación.
- Evitar áreas con depresiones donde el drenaje es inadecuado.
- Evitar el uso de materiales absorbentes (tales como filtros, asbestos y tejidos) en contacto con superficies metálicas.
- Preparar las superficies adecuadamente, previa a la aplicación de cualquier sistema de recubrimiento protector.
- Usar técnicas de ensamblaje mojado (wetassemblytechniques) para crear una barrera sellante efectiva contra el ingreso o entrada de humedad o fluidos.
- Proporcionar fácil acceso para la inspección de la corrosión y trabajos de mantenimiento.

La Norma de Mantenimiento Anticorrosivo con Pinturas (ISO 1999), aborda que 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). Refiere, además, que las uniones deben ser realizadas preferiblemente mediante soldadura, en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible y que las soldaduras discontinuas y por puntos se deben usar solamente cuando los riesgos de corrosión sean insignificantes. Al respecto de la acumulación y depósitos y el tratamiento de orificios la norma (ISO 1999), establece:

Con relación a las precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua, plantea la norma (ISO 1999): 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.

Con respecto al tratamiento de orificios la norma (ISO 1999) aborda: 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.

Sobre este último tipo de problema de diseño (Roberge 2000), plantea que en el caso de la corrosión que tiene lugar en los resquicios, solapes, etc., siempre que sea posible, se debe evitar las condiciones que la promueven. Puesto que las modificaciones ambientales no son efectivas una vez que este tipo de corrosión se ha iniciado, porque la corrosión del micro ambiente dentro del intersticio o hendidura no se modifica fácilmente. Ofrece una solución cuando señala el uso de técnicas de ensamblaje mojado para crear una barrera sellante efectiva contra el ingreso o entrada de humedad o fluidos en las uniones solapadas (Roberge 2000).

Otro problema de diseño anticorrosivo son los componentes huecos y áreas cerradas. Al respecto la norma (ISO 1998, ISO 1999) plantea que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica y constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación. Que 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. Las partes cerradas selladas y los componentes huecos sellados deben ser impermeables al aire y la humedad. Con este fin sus bordes deben sellarse por medio de soldaduras continuas, y cualquier abertura debe estar provista de cubiertas selladas. Durante el ensamblaje de tales componentes, debe ponerse cuidado en que no quede agua atrapada.

Refuerzan aún más lo planteado por (ISO 1998, ISO 1999) refiere que los componentes huecos que se encuentran herméticamente sellados y que son por lo tanto inaccesibles, no se encuentran sometidos a ningún tipo de corrosión interna. Mientras que los espacios con cubiertas herméticamente selladas que se abren ocasionalmente se encuentran sometidos a pequeñas cantidades de agentes corrosivos. Expresa también que el diseño de los componentes huecos sellados y de los espacios cerrados debería asegurar su hermeticidad (por ejemplo: no emplear soldaduras discontinuas, sino uniones con pernos herméticas). Si no en función de la temperatura externa- la humedad procedente de las precipitaciones o de la condensación puede introducirse y quedar retenida. Si es probable que esto ocurra, deben protegerse las superficies interiores. Téngase en cuenta que a menudo se observa condensación incluso en espacios cerrados que han sido diseñados con cubiertas herméticamente selladas. Se debe esperar, por tanto, que se produzca corrosión en el interior de espacios y en componentes huecos, cuando no se encuentran cerrados en todas sus partes y no se han tomado las medidas oportunas. La norma de diseño anticorrosivo (ISO 1999), refiere además a otros problemas de diseños que deben ser analizados por su importancia, tal es el caso de:

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

En el caso de las conexiones con pernos (los pernos, las tuercas y las arandelas), refiere la norma correspondiente, que deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura. La norma no precisa que estas conexiones están asociadas a la aparición de orificios que originan la corrosión en resquicios. No se señala además la posibilidad del ensamblaje mojado.

En otro estudio (EduardoOtero 2005), se aborda que la adopción de diseños que involucran el uso de uniones o juntas solapadas se está convirtiendo cada vez más común en la industria de la construcción. Este tipo de unión está propensa a sufrir problemas de durabilidad tales como el deterioro prematuro de los recubrimientos protectores (metálicos, orgánicos) y la corrosión metálica acelerada del acero base por la retención de humedad en el solape, conocida como corrosión en grietas (corrosión localizada). Este

tipo de corrosión es un factor importante para el diseño de juntas solapadas y la causa fundamental es la retención de humedad en partes ocluidas por mucho más tiempo que sobre superficies libres. El efecto esencial del solape es multiplicar el tiempo de humectación en áreas solapadas comparado con áreas no solapadas.

Se plantea también (H. Kajiya 2004), que la diferencia entre superficies libres y superficies ocluidas se acentúa además porque estas últimas están frecuentemente no protegidas o deficientemente protegidas por el sistema de pintura, Además, estas áreas favorecen la acumulación de especies corrosivas tales como los cloruros (en el caso de atmósferas marinas).

En las referencias (Jr 1966, Blasco 2004) se hace mención a zonas con tendencia al ataque corrosivo, los que hay que tener en cuenta a la hora de realizar mantenimiento en una instalación o equipo, pues como están ya presentes, no es posible ignorarlos.

Refiere, que un 15% de una estructura se considera como una zona crítica con respecto a la corrosión, debido a soldaduras imperfectas, desigualdades acentuadas y zonas donde la suciedad y el agua se pueden acumular; por tanto la mejora de estos puntos será parte integral en la vida de una estructura. Refiere además que la vida de los objetos metálicos depende básicamente de los materiales con que han sido fabricados, de la forma que tienen y la protección que se les dé. En ellos una buena protección con pinturas será más fácil y apropiada si está complementada con un buen diseño.

La norma (ISO 1999) aborda además que 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). Al respecto debe precisarse que en esta misma situación se encuentran las áreas cerradas y los componentes huecos, que una vez que la estructura está en explotación, deben poseer una protección efectiva a lo largo de la vida servicio. Lo cual no se garantiza solamente con la aplicación de pinturas y requiere de otra protección adicional, señalada en la Norma(ISO 1998), pero no se precisa.

De la bibliografía consultada, al respecto del diseño anticorrosivo, existen muy pocas referencias, se hace poco uso de las normas de diseño anticorrosivo y en general se ofrecen soluciones insuficientes a los diferentes problemas que se presentan. Resulta de interés para el desarrollo del presente trabajo, profundizar en la solución de los problemas de diseño anticorrosivo de estructuras metálicas.

1.4.5.2. Preparación superficial.

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

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

No obstante, todos los estudios sobre el tema insisten en la importancia de la preparación previa.

En las Normas ISO sobre recubrimientos de pintura (ISO 1998, ISO 1998, ISO 1998, ISO 1998, ISO 1998, ISO 1998, ISO 1998, ISO 1999, ISO 1998) se vincula la calidad de la preparación previa con la agresividad corrosiva de la atmósfera y la durabilidad de los esquemas de pintura.

En general todos los métodos de preparación superficial conllevan los siguientes pasos:

- Desengrasado.
- Decapado.
- Se incluyen enjuagues intermedios y finales.
- Se incluye en dependencia de la situación el pasivado y el fosfatado, como posteriormente se analizará.

Los enjuagues cumplen la función de eliminar los contaminantes sobre la superficie metálica, que son los causantes de la corrosión interfacial.

En todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia.

Los métodos de preparación superficial más frecuentes son los siguientes:

- ✓ Método manual.

Emplea piquetas y cepillo de alambre y la superficie no queda bien preparada. Lo más que alcanza es un grado de preparación Sa 1, de acuerdo con las normas.

- ✓ Método manual mecanizado.

Utiliza equipos giratorios como taladros con cepillos, pulidoras o discos abrasivos.

La máxima calidad superficial que se logra es Sa 2.

- ✓ Métodos a chorro de partículas y agua.

Este método es el que alcanza la mejor preparación de la superficie y el mayor rendimiento. Requiere de instalaciones especiales para su aplicación, por la afectación que provoca al ambiente y a los equipos instalados. Garantiza una preparación superficial de Sa 2 ½, que es la indicada para aplicar los recubrimientos de pintura.

- ✓ Métodos químicos. Fosfatado.

Existen varios métodos químicos que resultan muy eficientes para aplicaciones específicas como las siguientes:

Soluciones alcalinas: Los baños con soluciones alcalinas como la sosa cáustica, silicatos, fosfatos y carbonatos alcalinos a temperatura próxima a la ebullición, que se le adicionan en ocasiones sustancias humectantes, inhibidores, etc. Cumplen la función de emulsionar las grasas minerales y las grasas vegetales y animales se saponifican. Aunque las grasas ya saponificadas no se eliminan fácilmente por este método. Estos métodos son aplicables en instalaciones para piezas pequeñas.

La ventaja del fosfatado, es la formación de capas protectoras, adherentes e impermeables, que crean una base ideal para la aplicación posterior del recubrimiento de pintura (CEAT 2007).

Cuando una superficie se ha preparado ligeramente con los métodos manuales mecanizados, el fosfatado decapante, completa la preparación y forma la capa antes

señalada. Esta capa permite esperar un tiempo sin que se oxide el metal, lo que no se logra con otros métodos de preparación superficial. El acero es el material base más importante para la fosfatación y pintado final, por ello no es sorprendente que la mayoría de las experiencias se hayan realizado con este material y existen también muchos procesos que consiguen capas de fosfato de buena calidad sobre el acero (Valenzuela 2018).

Las superficies de Cinc del acero galvanizado, que tienen mucha tendencia a la carbonatación, presentan problemas de adherencia de las pinturas, por lo que se despegan. Una forma de evitar este problema es fosfatando la superficie.

La formación de películas fosfóricas consiste en tratar las piezas con una solución compuesta por ácido fosfórico y algunas de sus sales, de la que precipita una fina película cristalina compuesta por fosfatos metálicos que quedan perfectamente adheridos al metal base y posee un elevado poder protector, el cual puede ser incrementado mediante tratamientos complementarios (Valenzuela 2018).

Existen diferentes formulaciones de disoluciones de fosfatado, que pueden ser producidas en el UDI - CEAT y que dan solución a las diferentes situaciones que se presenten. DISTIN 502, DISTIN 504 Y DISTIN 505.

Al respecto de la preparación de las superficies metálicas como parte de los trabajos de mantenimiento antes de la aplicación de pinturas, se hace hincapié en que a pesar de lo mucho que se insiste sobre la importancia de una buena preparación de la superficie, el descuido es frecuente y da al traste con la preparación previa efectiva antes del recubrimiento de pintura. En esto coinciden todas las fuentes consultadas.

Terminada la preparación de la superficie, cada proceso específico requiere una protección inmediata, ya sea la aplicación de fosfatado o una pintura de protección temporal.(ISO 1998, ISO 1998)

En cuanto a la fosfatación como recubrimiento temporal y acabado de la superficie, con respecto al proceso de formación de la capa de fosfato, es necesario que transcurra cierto tiempo, una vez aplicada la misma y convertido todo el óxido de la superficie, operación que en ocasiones conlleva más de una aplicación. Al respecto se han desarrollado en la

UDI - CEAT las disoluciones de fosfatado decapantes, siendo el producto más empleado. (CEAT 2007).

Por lo antes expuesto, se hace necesario establecer una secuencia de trabajo que permita por una parte realizar limpieza, lavado de superficie, y por otra, ir aplicando el fosfatado antes de pintar o aplicar otro recubrimiento.

1.4.5.3. Aplicación de recubrimientos de pintura.

En un importante estudio realizado por Pérez (Perez 1998), se define que habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales posee características específicas que responden a distintos requerimientos.

El establecimiento de un sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva con pinturas, con las exigencias de las Normas Internacionales, exige de igual forma la implementación de un sistema de control de calidad durante la ejecución del mismo (ISO 1998). La elección de las pinturas incluye varios aspectos , pero dentro de los más importantes están la durabilidad (en función de la exposición y superficie a proteger), extensión del trabajo a realizar (grandes superficies), condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura (por litro) define que habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas que responden a distintos requerimientos. Con lo anterior coinciden (Morcillo 1998, Torrecilla 2010).

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

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

Intermedia: se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal misión es aumentar el espesor total del

sistema de pintura, de ahí que su requerimiento más importante sea una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.

Acabado: capa que está en contacto directo con el medio ambiente, por tanto, será la responsable de la resistencia a los agentes atmosféricos: radiación solar, resistencia a la abrasión, lluvia, etc.; además de cumplir exigencias estéticas. Lo antes expuesto está en concordancia con lo planteado por la Norma (ISO 1998) y es criterio compartido de varios autores (Laliberte 2006, Torrrecilla 2010).

Considera (Ochoa 2005), que la incompatibilidad entre las pinturas que conforman el sistema, es un factor determinante en la calidad del recubrimiento con pinturas, lo que conduce a defectos. Aspecto este con el que coinciden todos los autores consultados (Torrrecilla 2010).

La Norma (ISO 1998), ofrece varios esquemas de pinturas en función de la agresividad corrosiva del medio, cada uno de los cuales define el grado de preparación superficial, tipo de pintura, número de capas, espesor y durabilidad. La durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como: tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del sustrato antes de la preparación, la efectividad de la preparación de superficie, la calidad de la aplicación y las condiciones de exposición antes y durante la aplicación.

Se establecen tres niveles de durabilidad de los sistemas de pintura:

Durabilidad Baja: Sistema sin afectación apreciable de 2 a 5 años. Como mínimo 200 μ m de espesor.

Durabilidad Media: Sistema sin afectación apreciable en un período de 5 a 15 años. Como mínimo 240 μ m de espesor.

Durabilidad Alta: Sistema sin afectación apreciable por un período superior a 15 años, con espesores como mínimo de 280 μ m. (ISO 1998).

En la actualidad, los sistemas que más se emplean en Cuba, sobre la base de la literatura consultada, son los de durabilidad Baja, en lo que incide la falta de cultura, experiencia y condiciones de agresividad existente (Echeverría 2008).

La aplicación de un sistema de pinturas anticorrosivas no es sencilla, ya que no solo requiere seleccionar adecuadamente la pintura sino establecer cuáles son los pasos a seguir y los espesores requeridos, entre otras normativas establecidas.

Otra observación importante se refiere a que, en las condiciones climáticas de Cuba, en zonas próximas a la costa norte es muy difícil encontrar sistemas que tengan una durabilidad superior a los 5 años, las firmas más prestigiosas que laboran en el país, entre ellas SIPAC (Sistemas Industriales de Protección Anticorrosivo), que es una Asociación Española – Cubana y la Firma SOLVER S.L. por lo general no emplean sistema para más de 5 años. En la Empresa de Petróleo Centro, se incursiona actualmente con sistemas de hasta ocho años de duración.

En resumen, la durabilidad de los sistemas de pintura, estará en función, de la preparación previa en función de grado de agresividad, de los tipos de pintura empleados y del espesor total del recubrimiento.

Si se observan todas estas exigencias y realizando investigaciones sobre sistemas de pintura en específico, se podrá garantizar la durabilidad de los recubrimientos de pintura aplicados.

1.4.5.4. Protección anticorrosiva adicional y conservación.

La protección anticorrosiva adicional, implica por lo general utilizar otros recubrimientos diferentes a las pinturas como forma de atenuar los problemas de diseño anticorrosivo, complementar la acción protectora de las pinturas y conservar componentes y recubrimientos de pintura.

Dentro de los materiales más utilizados se encuentran las grasas de conservación, los mástiques asfálticos, las disoluciones de fosfatados y las ceras abrillantadoras e impermeabilizantes. Todos ellos cumplen funciones específicas dentro de los sistemas de mantenimiento de protección anticorrosivo y conservación.

- ✓ Grasas de conservación.

Los compuestos según (Roberge 2000) que desplazan el agua proporcionan una protección suplementaria a los sistemas de pintura que se han deteriorado o se dañan en servicio. Se aplican como fluidos y son usualmente inmiscibles con el agua, desplazándola de las

superficies y grietas o hendiduras. Un gran número de fluidos que se usan con este objetivo, se basan en la lanolina y contienen varios solventes e inhibidores. La evaporación del solvente permite que se quede una fina capa blanda, semidura o dura que proporciona grados de protección variados. Algunos proporcionan protección de corta duración, por lo que deben exhibir excelentes características de desplazar el agua y crear una capa delgada y oleosa. Dos típicos productos que desplazan el agua usados en Estados Unidos por los que realizan el mantenimiento de aviones son AML350 y AMLGUARD. El primero es un sulfonato de petróleo en un solvente mineral. Cuando se aplican a una superficie metálica, se extiende sobre las superficies y bajo las gotas de agua, y cuando el solvente se evapora, este deja una capa blanda oleosa de sulfonato, la cual aísla el metal del ambiente y actúa como un inhibidor de la corrosión. La capa alcanza un espesor que oscila entre 2 y 5 μm .

Productos con estas características, se han desarrollado en el UDI - CEAT, existiendo dos familias de ellos. La primera formada por las grasas de conservación temporal, que pueden ser duras, semisólidas de variadas penetraciones, líquidas tipo solvente y líquidas base aceite. La más utilizada en los sistemas a que se hace referencia en el trabajo, es la grasa líquida tipo solvente.(CEAT 2007)

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Con resultados de evaluaciones a la intemperie y bajo techo en condiciones de alta y muy alta agresividad corrosiva, por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas lo que no han logrado otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo. Estos experimentos de conservación, han continuado hasta la actualidad (Torrecilla 2010).

Otras propiedades importantes de estas grasas son su alta resistencia al agua, medios salinos y ácidos, la no afectación a los recubrimientos de pintura y la formación de una capa protectora que se endurece con el tiempo por curado y no se cuarteo ni chorrea, resistiendo temperaturas superiores a 80o Celsius sobre la superficie metálica (Torrecilla 2010).

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente preparada para la protección de componentes huecos, áreas cerradas, intersticios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos en general. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y los recubrimientos de pintura. Proporciona una barrera al agua y otros agentes, en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimiento, con resistencia a la corrosión en las condiciones climáticas de Cuba de gran agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos (CEAT 2007). Por sus propiedades y aplicaciones, existe una creciente demanda en el transporte y en los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación, por la protección adicional que ofrece en componentes huecos, áreas cerradas, orificios y zonas de difícil acceso, al poderse aplicar directamente sobre las superficies oxidadas, en las que se dificulta la preparación previa (Torrecilla 2010).

Por lo antes analizado, las grasas encuentran aplicación dentro de los sistemas de protección anticorrosiva y de conservación de estructuras metálicas, en el tratamiento de problemas de diseño anticorrosivo (Echeverria 2008).

✓ Mástiques Asfálticos Modificados con Polímeros (MAP).

En un importante estudio realizado por (Roberge 2000) refiere a un tipo específico de protección, denominada sistema de protección suplementario. Este se aplica a superficies que ya tienen una protección semipermanente o permanente tales como revestimiento de acero inoxidable o recubrimientos de pinturas. La protección suplementaria se logra con la aplicación de un material que puede ser fácilmente aplicado y removido y que será reemplazado periódicamente durante la vida del sistema. Se clasifican en compuestos de unión y sellantes y compuestos que desplazan el agua. Los compuestos de unión y sellantes, según el autor, se usan para la protección en uniones, (superficies solapadas o en una junta o unión a tope, para instalaciones mojadas de elementos de sujeción) donde actúan excluyendo o separando la suciedad y la humedad y proporcionando una reserva de pasivadores solubles que actúan como inhibidores. Estos deben permanecer flexibles para permitir el fácil desmontaje de partes y que no se cuarteen. Como ejemplos de los

sellantes están los elastoméricos y los más populares son los sellantes de polisulfuros (polysulphide) que contienen inhibidores de la corrosión. También son efectivos en aislar disímiles metales.

En el grupo antes mencionados se encuentran productos desarrollados en el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (UDI - CEAT), que son objeto de análisis en el presente trabajo, por su importancia en la implementación de los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC). Como producto flexible, que contiene polvos y virutas de goma (elastómero), con una matriz de asfalto oxidado se encuentran los materiales compuestos identificados como mástiques asfálticos. Las características de estos productos se detallan en las fichas técnicas correspondientes. Ficha Técnica 404 y 404L (CEAT , CEAT 2007).

Mástique Asfáltico Semisólido (CEAT), el cual se aplica en las uniones metal en panderos, guardafangos, como recubrimiento interior del piso de automóviles e incluso en la reparación y sellaje de juntas de goma de los parabrisas, entre otras aplicaciones, su espesor promedio es de 1 a 2 mm.

Mástique Asfáltico Líquido tipo solvente (CEAT 2007), de base semisólida, efectuaron diferentes experimentos de aplicación y evaluación. El producto obtenido proporciona un recubrimiento resistente a los impactos de partículas, agua, tiene una excelente adherencia y puede ser aplicado por proyección, proporcionando un espesor promedio por aplicación de $138 \pm 10 \mu\text{m}$.

✓ Disoluciones de fosfatados.

Las disoluciones de fosfatado DISTIN, pueden ser empleadas en la conservación adicional y conservación (CEAT 2007). Ellas conservan temporalmente a la superficie metálica sin aparición del óxido y además se pueden emplear para tratar manchas de óxido sobre superficies de pintura y otros recubrimientos oxidados.

✓ Ceras Abrillantadoras e Impermeabilizantes.

Otro tipo de producto empleado en la protección de los recubrimientos de pintura, es la cera impermeabilizante y abrillantadora ya mencionada con anterioridad, identificada como DISTIN 603 L (CEAT 2007).

Por la importancia de estos productos dentro de los sistemas de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación, se profundizará en sus características y aplicaciones.

Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causantes del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes.

Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro del 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 (CEAT 2007).

✓ Aceite de conservación.

Este producto es un aceite especialmente preparado para la conservación del grupo cilindro – pistón en los motores de combustión interna, se fabrica con el propio aceite que se emplea en cada tipo de motor, con lo que se evita tener que retirar el producto para proceder el arranque. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies de la oxidación y neutraliza la acción de los agentes agresivos del ambiente y de la propia combustión. Proporciona impermeabilidad al agua en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimientos, con resistencia a la corrosión en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad atmosférica. Se formula para conservación de las centrales eléctricas. (CEAT 2007)

Del análisis realizado se observa que, para lograr conformar un sistema de protección anticorrosiva y conservación, se hace necesario incorporar además de las pinturas, otros productos anticorrosivos.

✓ Conservación.

Del análisis realizado anteriormente, ha quedado claro que el sistema de la Norma (Roberge 2000), es insuficiente en cuanto a la protección adicional, ya que no señala, que productos pueden ser utilizados con este fin, por ello se hace necesaria la incorporación del empleo de la protección adicional con grasas, mástiques, disoluciones de fosfatados y ceras.

Con estos productos es posible reforzar la protección anticorrosiva de los componentes estructurales, además de garantizar la conservación de los mismos y de los sistemas de pinturas aplicados.

Es decir, conservar todo aquello que pueda ser conservado, lo que para Cuba reviste gran importancia.

Es por ello que la conservación tiene que ser incorporada al sistema, que se materializa cuando se aplican las grasas para la conservación de los recubrimientos de pintura en zonas de difícil acceso y áreas cerradas, la aplicación de la cera abrillantadora e impermeabilizante para la conservación de las pinturas expuestas a la acción del ambiente y cuando tratamos un área oxidada y manchada con disolución de fosfatado. De lo analizado, se comprende que el enfoque en sistema para los trabajos de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación, implican considerar en primer término los materiales metálicos, el diseño anticorrosivo y los diferentes productos que se emplean para la protección y conservación de las estructuras.

1.5. Sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación para el área de la Brigada Tool Master perteneciente a EMPERCAP.

Con relación a este aspecto existen muy pocas referencias en la literatura especializada sobre la aplicación de sistemas en la protección anticorrosiva y conservación de estructuras. En particular en la brigada Tool Master, han aplicado solamente pinturas ferroprotectoras y las mismas no se han complementado con otros productos anticorrosivos y de conservación. Se observa en las fotos tomadas del diagnóstico, que aparecen serios problemas de corrosión en un corto período de tiempo de explotación de

la instalación y después de haberse pintado varias veces. Por tanto, no se constata, el empleo de un sistema en las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y de conservación en la instalación, lo que justifica el trabajo que se realiza.

1.6. Conclusiones parciales.

- De los diferentes tipos de mantenimiento estudiados, el **mantenimiento preventivo planificado** es el que más se corresponde con el sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación estructural, no obstante, en ocasiones se pueden aplicar acciones correctivas y pudiera aplicarse en algunos casos acciones predictivas.
- En la literatura consultada, existen muy pocas referencias a sistemas de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación estructural, ya que, por lo general, esta temática se trata separada del mantenimiento.
- La norma de diseño anticorrosivo ofrece soluciones insuficientes a los diferentes problemas que se presentan.
- La literatura consultada y trabajos del UDI - CEAT, coinciden en destacar la importancia del diseño anticorrosivo en los sistemas de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación y la necesidad de su tratamiento.
- El enfoque en sistema para los trabajos de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación, implica considerar en primer término los materiales metálicos, el diseño anticorrosivo, la aplicación de pinturas y los diferentes productos que se emplean para la protección adicional y conservación de las estructuras.
- Del estudio realizado, no se constata el empleo de un enfoque en sistema en las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y de conservación del área citada en la instalación objeto de estudio.

Capítulo II. Análisis de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión en el área de la Brigada Tool Master perteneciente a la empresa EMPERCAP.

Como resultado del diagnóstico realizado, se lograron identificar un grupo de problemas de diseño anticorrosivo y corrosión, que presentan las herramientas de fondo, los cuales requieren ser tratados. En el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión, se han señalado en el análisis bibliográfico un grupo de productos, que conjuntamente con las pinturas y el tratamiento de conservación de recubrimientos, conforman un sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación estructural. Estos aspectos serán abordados en el presente capítulo.

2.1. Métodos y productos que se emplean.

2.1.1. Normas Internacionales.

Para la identificación de los problemas de diseño anticorrosivo se requiere del conocimiento de la norma **UNE EN ISO 12 944 - 3**, que establece los diseños adecuados y propone algunas soluciones a los problemas de este tipo que se puedan presentar. Es importante también para identificarlos el análisis visual y la fotografía digital, en particular la fotografía permite dejar constancia gráfica del problema. La norma **UNE EN ISO 12 944-4**, que aborda la preparación superficial previa a la aplicación de recubrimientos de pintura, recomienda principalmente los métodos a chorro de partículas, que son aplicables en instalaciones industriales, pero que presentan sus limitaciones en el transporte y en algunas instalaciones por su impacto ambiental. Por ello en el presente trabajo se promueve la aplicación de las disoluciones de fosfatado. La norma **UNE EN ISO 12 944-5**, que propone diferentes sistemas de pinturas, para diferentes niveles de agresividad, incluyendo la atmósfera de agresividad Muy Alta. Para la protección adicional y conservación, aunque se hacen referencias en las normas internacionales, no se recomiendan productos específicos. En el presente trabajo se recomiendan los productos, que se producen con la Marca **DISTIN**. Ver Fichas Técnicas **Anexos del 2 al 4**

2.1.2. Materiales.

Para el tratamiento de los problemas de corrosión en superficies pintadas o no pintadas, se emplean las disoluciones de fosfatado. En el presente trabajo se fundamenta el empleo del producto **DISTIN 504**. Disolución de fosfatado decapante. Ver Ficha Técnica Anexo2. En el tratamiento a los problemas de diseño anticorrosivo en componentes huecos, áreas cerradas, así como en otras aplicaciones se recomienda el empleo de las grasas líquidas tipo solvente de protección temporal **DISTIN 314 L**. Ver Ficha Técnica Anexo 3. Este producto se emplea también en la conservación de los recubrimientos de pintura. Para la protección de los recubrimientos de pinturas, proporcionar impermeabilidad y brillo, así como conservación contra la acción de la radiación solar, se recomienda el empleo del producto **DISTIN 603 L**. Ver Ficha Técnica Anexo 4

2.2. Identificación de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión de cada una de las herramientas.

A continuación, se mencionan diferentes problemas de diseño anticorrosivo y los tipos de corrosión, identificados en las herramientas de trabajo en el área de la brigada Tool Master, como resultado del diagnóstico realizado, así como la propuesta de solución.

Para ello se ha decidido analizar las herramientas con las cuales se ha tenido contacto y de las que se tiene evidencia del fenómeno de la corrosión.

Siempre se debe tener en cuenta que estas herramientas sufren estos altos niveles de corrosión ya que se encuentran en constante interacción con el **Sulfuro de Hidrógeno** o **Ácido Sulfhídrico**, ya que los yacimientos petrolíferos contienen los llamados contaminantes, dentro de los cuales se encuentra el azufre, el cual al combinarse con moléculas de hidrogeno, conforma el ácido sulfhídrico, que es altamente corrosivo. Además, dependiendo del tipo de servicio brindado por la brigada Tool Master, estas herramientas pueden llegar a pasarse varios meses bajo la acción de este gas sin recibir ningún tipo de mantenimiento.

2.2.1 Tipos de Herramientas y Herramientas de la Brigada.

2.2.1.1 Herramientas de Fondo. Packers.

Herramientas de fondo es llamado un dispositivo que se utiliza en el emplazamiento o la colocación de los equipamientos de fondo de pozo, tales como empacadores permanentes o los tapones. La herramienta de servicio puede ser recuperada después de la operación o del proceso de fijación. El termino se aplica a una gama de herramientas que se utilizan en actividades de remediación, como aplicaciones con tuberías flexibles, de entubación bajo presión o con equipo de reparación de pozos. Sin embargo, el término se asocia más comúnmente con operaciones con línea de acero, con relación a las herramientas que se utilizan para introducir y colocar bloqueos de línea de acero, tapones y equipo de fondo de pozo similar.(Español 2020)

Las herramientas de fondo empleadas por la empresa Tool Master son las siguientes: Posi Lock, SST Redress, WR Bridge Plug, SR2 Packer, HydroMaster, Model L Packer, Model T Packer, Model D Cement Retainer, Model D Bridge Plug.

De estas herramientas luego se analizarán el Packer Posi Lock y el T-Tension al tener los mismos problemas de diseño anticorrosivo que todos los demás Packers antes mencionados, ya que tiene características estructurales y mecánicas muy parecidas y trabajan bajo las mismas condiciones. También se han escogido estos al ser los más utilizados en esta Brigada y además siendo los que se pudieron apreciar de manera tangible, observando así los problemas que presentaba la pieza con respecto a la corrosión.

Posi Lock. Descripción



Fig. 2.2.1 Imagen representativa Packer Posi - Lock

El Posi-Lock Packer es un empaquetador recuperable de doble agarre, versátil, de alto rendimiento, capaz de manejar hasta 80 MPa de presión. Se usa para Taponar las tuberías por las que se extrae el crudo y así aislar zonas en las que ocurra cualquier tipo de averías.

Este empaquetador de liberación a la derecha, reajutable, de cuarto de vuelta, con liberación secundaria de cizallamiento de emergencia, y puede dejarse en tensión, compresión o neutral.

Las características de diseño de este empacador se deslizan sobre y debajo del elemento, dirigiendo las fuerzas diferenciales directamente sobre los deslizadores. El sistema de deslizamiento en el Posi Lock está diseñado para distribuir las fuerzas del empacador de manera uniforme en todo el rango de la identificación de la carcasa. El exclusivo sistema de liberación de resbalones permite que los resbalones se liberen fácilmente y sin problemas, incluso después que hayan colocado cargas severas sobre los mismos. El Posi Lock es confiable y fácil de operar.(Schlumberguer 2018)

Las dimensiones del Packer Posi Lock pueden variar, dependiendo cual se use. En la brigada se tienen diferentes tipos, el cual varía dependiendo las condiciones del pozo, esto no es motivo de estudio en el presente trabajo, lo que si no acontece es saber cuáles pueden llegar a ser sus medidas máximas, ya que a la hora de realizar la inmersión de la herramienta en algún producto se necesita saber qué tamaño debe tener el recipiente que se va a utilizar. En el siguiente esquema representativo, mostraremos las longitudes máximas que pueden llegar a tener los diferentes tipos de Packers, esto no significa que el esquema en cuestión tenga estas dimensiones, es meramente representativo.(Schlumberguer 2018)

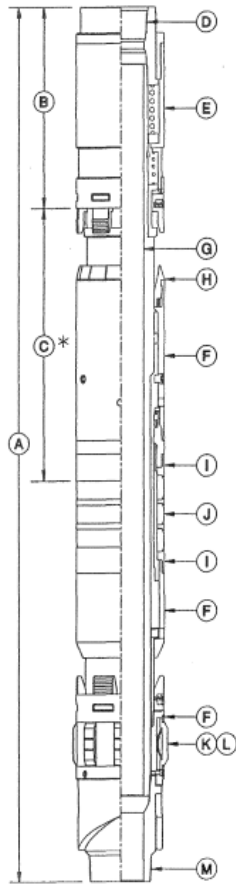


Fig 2.2.2 Packer Posi – Lock con tabla descriptiva de sus partes.

REFERENCIA	DIMENSION	MEDIDA (mm) MÁX.
A	Longitud total	2426
B	Longitud de resbalones	580
C	Longitud a elementos	571
D	Conexión de hilo	-
E	Carcasa del muelle D.E	165.1
F	Carcasa D.E	206.2
G	Mandril D.I	76.2
H	Cono superior D.E	206.2
I	Anillo de medición D.E	215.9
J	Elemento D.E	212.9
K	Bloque de arrastre (MÍN)	218.9
L	Bloque de arrastre (MAX)	241.3
M	Conexión de hilo	-

D.E – Diámetro exterior.

D.I – Diámetro interior.

Tension. Descripción.

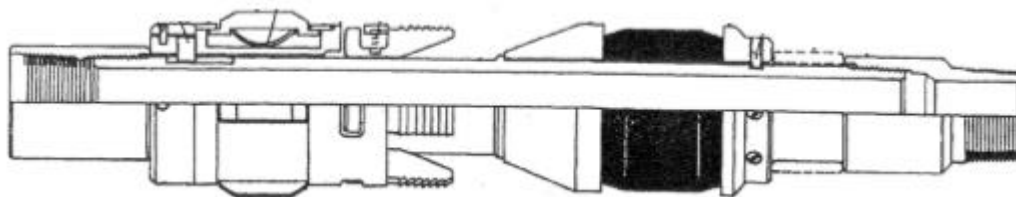


Fig. 2.2.3 Imagen representativa del Packer T- Tension.

El Model T - Tension Packer 610, el cual es el utilizado en la brigada, es un empacador compacto, económico, resistente y reinicialable que se ejecuta en tubos articulados o enrollados. El empacador se libera con axial (hacia arriba y movimiento hacia abajo), lo que lo hace ideal para el uso de tubos helicoidales o el girar convencionalmente el tubo no

es práctico. La indexación Auto-J permite la posibilidad de volver a colocar sin que salga a la superficie, por lo que es ideal para tratos o fracturas multizona. El empacador presenta un sistema de liberación de seguridad de corte ajustable que permite retirarlo en caso de que falle el desarme. Su característica de diseño reduce las pérdidas por fricción al bombear o pasar el ancla, permitiendo mayores caudales.

El empacador de tensión recuperable se utiliza para aplicaciones correctivas poco profundas como aislamiento zonal, cementación de compresión, estimulación y otras operaciones donde se utilizan diferenciales de alta presión.

Este empacador puede trabajar en lugares con presión de hasta 550 MPa y temperatura de 175°C. Los deslizamientos bidireccionales mantienen la presión de arriba abajo. Ajuste de la fuerza sujeta en su lugar por el anillo de bloqueo interno del cuerpo. Al ser un solo Packer T-Tension el utilizado en la brigada las dimensiones son fijas. (Schlumberger

Casing					Empacador				
D.E (mm)	Peso		D.I		D.E		MÍN D.I		Número de Producto
	Lb/ft	Kg/m	pul	mm	pul	mm	pul	mm	
146.0	17	25.3	5.190	131.8	4.823	122.5	2.441	62.00	20-306-0610-00-00

D.E – Diámetro Exterior.

D.I – Diámetro Interior.

2018).

Tabla 2.2.1. Tabla de características físicas Packer T- Tension.

2.2.1.2 Herramientas de Pesca.

Estos son dispositivos mecánicos especiales utilizados para asistir en la recuperación de los equipos perdidos en el fondo del pozo. Estos dispositivos generalmente corresponden a dos grupos, los cuales son de enganche interno y externo.

Los de enganche interno son denominados arpones o cangrejos, poseen por lo general un perfil ahuesado y roscado, lo que permite que el pescador primero guíe la herramienta hacia la parte superior de la pesca, y luego enrosque la herramienta de pesca en dicha parte superior para proceder a la recuperación, además estos están limitados por el tamaño del pez.

Los dispositivos de enganche externo, denominados generalmente pescadores de agarre exterior, están provistos de roscas u otra forma que traga la pesca y no la suelta a medida que se extrae del pozo y están limitados por el tamaño del agujero.

Estos dispositivos tienen una superficie de perforación imperfecta en la base, de modo que pueden ser levemente perforados sobre la pesca para remover a veces roscas o detritos metálicos que pueden contribuir al mecanismo de atascamiento. Las tijeras son martillos mecánicos de fondo de pozo, que permiten al pescador transmitir a la pesca cargas de alto impacto, que superan con creces las cargas que podrían aplicarse con esfuerzo de tracción cuasiestático desde la superficie.

Estas herramientas presentan los mismos problemas de diseño anticorrosivo y se encuentran en las mismas condiciones de trabajo a la hora de brindar servicio.

Las herramientas de pesca de la brigada Tool Master son On Off SealUnit, HydraulicJar, SuckerRod, Cone Mills (Fresa) y por último la Cesta de Circulación, la cual conoceremos más a fondo ya que fue de todas las anteriores la que pude analizar en mi paso por la empresa. (Schlumberger 2020)

Cesta de Circulación. Descripción.

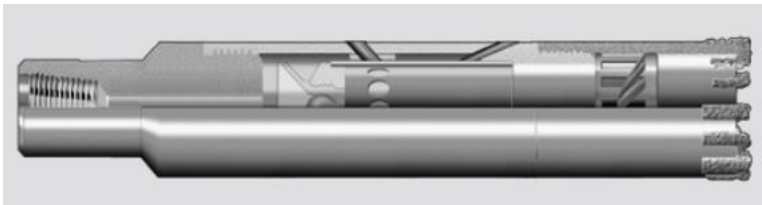


Fig 2.2.4 Imagen representativa Cesta de Circulación.

La Cesta de Circulación se emplea para la recuperación de testigos de pequeñas dimensiones, como conos, cortadores, herramientas de mano y otros pescados estancados en el interior del pozo. Durante el proceso de perforación, esta cesta para chatarra proporciona una circulación inversa de fluido de perforación en el núcleo del pozo que desplaza los testigos hasta su interior, así el fluido tiene un paso libre a través de la herramienta para acondicionar el lodo y el hoyo. Cuando se acciona la válvula de flujo

inverso, el fluido se desvía a través de orificios de chorro a alta presión alrededor de la circunferencia exterior cerca de la parte inferior de la herramienta. Estos chorros limpian la pared del hoyo y pasan por debajo de la zapata de fresado cargando los recortes. El líquido regresa a través de la herramienta que lleva los recortes y la basura que pasa por el receptor de cañón. El efecto de vórtice inducido por la trayectoria de flujo exterior a interior del fluido crea la eficiencia superior que esta herramienta tiene sobre otros tipos de cestos de basura. El fluido sale de la herramienta a través de una serie de orificios de ventilación sobre los chorros que dejan la chatarra atrapada en el barril. Por la naturaleza de su diseño, la herramienta drenará todo el fluido de la sarta, incluso cuando hay un núcleo que obstruye el cañón, lo que permite sacar la sarta en forma seca. Además, esta herramienta de pesca ofrece tanto una precisa limpieza del fondo del hoyo como protección de las herramientas de la torre de perforación.

A continuación, se muestra una tabla con las medidas máximas que puede llegar a tener las diferentes partes de una Cesta de Circulación.(PerfoBlogger 2020)

Diámetro Exterior del barril (mm)	Tamaño máximo de pesca (mm)	Diámetro exterior de bola de acero (mm)	Tamaño del agujero (mm)
381	279	57	406 - 444

Tabla 2.2.2. Tabla de medidas máximas de Cestas de Circulación.

2.2.1.3 Accesorios.

Los Accesorios de la Brigada Tool Master es el tercer gran grupo de Herramientas, como su propio nombre indica estos son herramientas que dependen de una principal o están agregados a ella. Se suele llamar accesorio a todo aquel elemento que forma parte de un sistema o una máquina, una vez definida esta como producto o subproducto básico. Sirve para que la misma ejecute o no la función para la que se prepara.(Española 2020)

Los Accesorios utilizados en esta brigada son: Bleeder Valve, B20 Hydraulic Setting Tool, P1J Valve, Tubing Swivel, Bypass Valve, Collar Locator, Fluid Control Valve, Casing Scraper, Pump Out Plug, Tubing Drain, Hydraulic Disconnect, Profile Nipple, SB Pulling Tool, Connections, Safety Valve, Ball Check Valve.

Pump Out Plug. Descripción.



Fig 2.2.5. Imagen representativa del *Pump Out Plug*.

El Pump Out Plug o en su traducción al español enchufe de salida de la bomba se puede utilizar como un enchufe temporal para facilitar el ajuste de los empacadores hidráulicos. El enchufe puede ser fabricado sólido o con un agujero y un asiento de bola. Una bola se deja caer en un asiento en el enchufe de salida de la bomba, y la presión aplicada en el tubo para ajustar los empacadores y cortar el asiento.

Este enchufe de salida de la bomba está disponible en todos los tamaños de tubos e hilos comunes, con una guía de reentrada de media mula hacia abajo o con un pasador hacia abajo.

Aquí se muestra la tabla de máximas medidas de la herramienta.(Tools 2020)

Tabla de Máximas Medidas del Pump Out Plug		
Tamaño de Tubo (pulgadas)	Diámetro Exterior (pulgadas)	Diámetro Interior (pulgadas)
9 5/8	10.620	9.17

Tabla 2.2.3. Tabla medidas máximas del Pump Out Plug.

Conexiones. Descripción.



Fig. 2.2.6. Imagen representativa de una Conexión.

Las conexiones como su propio nombre lo indica son el elemento que se utiliza para unir diferentes tipos de herramientas (fondo, pesca, tuberías), incluso con diferentes tipos de roscas. Estas son conexiones roscadas de alta resistencia y presión que son lo suficientemente robustas como para resistir los rigores de la perforación y numerosos ciclos de apriete y aflojamiento en las roscas. Estas generalmente están hechas de acero que ha sido tratado térmicamente con una mayor resistencia que el acero del cuerpo del tubo. La sección de gran diámetro de las juntas de la herramienta proporciona un área de bajo estrés donde se utilizan pinzas para sujetar la tubería. Por lo tanto, los cortes relativamente pequeños causados por las pinzas de la tubería no afectan significativamente la resistencia o la vida útil de la unión de la tubería de perforación.(RK Pipe & Supply 2020)

Casing Scraper o Escariador. Descripción.



Fig. 2.2.7 Imagen representativa Casing Scraper.

Herramienta Casing Scraper o Escariador, la cual limpia los desechos que están adheridos a la camisa del pozo y garantizan un buen sellado de los Packers o Empacadores.

El Escariador puede correr sobre el tubo o la tubería de perforación y puede funcionar igualmente bien cuando se corresponde verticalmente o cuando se gira. Normalmente la rotación no es necesaria a menos que se encuentren restricciones. En áreas donde se van a colocar empacadores u otras herramientas, el CasingScraper debe pasar varias veces para garantizar que la carcasa esté limpia y lisa.(Schlumberguer 2020)

Datos Tecnicos Casing Scraper

CASING				Número del Producto	Diámetro de la cuchilla				Conexión	
D.E		PESO			Colapsado		Extendida		REG API	
IN	MM	LBS/FT	KG/M		IN	MM	IN	MM	IN	MM
4 1/2	114.3	6.75 - 16.60	10.04 - 24.70	10-010-0450	3.62	91.9	4.42	112.2	2 3/8	60.3
5	127.0	8.00 - 21.00	11.90 - 31.25	10-010-0500	4.00	101.6	4.80	121.9	2 3/8	60.3
5 1/2	139.7	9.00 - 23.00	13.39 - 34.23	10-010-0550	4.50	114.3	5.28	134.1	2 7/8	73.0
5 3/4	146.0	17.00 - 19.50	25.28 - 28.99	10-010-0600	4.53	115	5.31	134.8	2 7/8	73.0
6 5/8	168.2	12.00 - 34.00	17.86 - 50.60	10-010-0650	5.38	136.6	6.34	161.0	2 7/8	73.0
7	177.8	13.00 - 40.00	19.34 - 59.82	10-010-0700	5.71	145.0	6.72	170.6	2 7/8	73.0
7 5/8	193.6	20.00 - 45.00	29.76 - 67.41	10-010-0750	6.25	158.7	7.26	184.4	2 7/8	73.0
8 5/8	219.0	20.00 - 49.00	29.76 - 72.92	10-010-0850	7.25	184.1	8.41	213.6	3 1/2	88.9
9 5/8	244.4	32.30 - 58.00	48.06 - 86.91	10-010-0950	8.20	208.2	9.29	253.9	3 1/2	88.9
10 3/4	273.0	32.75 - 65.70	48.73 - 97.77	10-010-1000	9.20	233.6	10.53	267.4	3 1/2	88.9

2.3 Identificación de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.

A continuación, se mostrarán fotos que evidencian el fenómeno de la corrosión. Estas herramientas mostradas son las que ya anteriormente hicimos una breve descripción y a las cuales realizaremos un análisis para identificar los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión. (Beltrán 2004)

- Packer Posi Lock



Fig 2.3.1



Fig 2.3.2



Fig 2.3.3

Figuras: 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 Imágenes desde varios ángulos del Packer Posi-Lock de la Brigada Tool Master.

- **Packer T-Tension**



Fig 2.3.4



Fig 2.3.5



Fig 2.3.6

Figuras: 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6 Imágenes del Packer T-Tensión de la Brigada Tool Master.

- **Cesta de Circulación.**



Fig 2.3.7



Fig 2.3.8



Fig 2.3.9

Figuras 2.3.7, 2.3.8, 2.3.9. Imágenes de las Cesta de Circulación de la Brigada Tool Master.

- **Pump Out Plug.**



Fig 2.3.10



Fig 2.3.11



Fig 2.3.12

Figura 2.3.10, 2.3.11, 2.3.12. Imágenes del Pump Out Plug de la Brigada Tool Master.

- **Conexión.**



Fig 2.3.13



Fig 2.3.14



Fig 2.3.15

Figuras 2.3.13, 2.3.14, 2.3.15. Imágenes de la conexión de la Brigada Tool Master.

- **Casing Scraper.**



Fig 2.3.16

2.3.1 Análisis de diseño anticorrosivo y corrosión.

2.3.1.1 Accesibilidad

Las Herramientas de la Brigada Tool Master, este es un problema que no presentan ya que estas se pueden desarmar completamente para realizarle un buen mantenimiento a fondo. De estas se puede retirar hasta el más mínimo accesorio para ser revisado y realizarle el mantenimiento predeterminado. (Anexo 5 y 6)

2.3.1.2 Tratamiento de orificios

En estas herramientas se presentan orificios por los que puede atacar el fenómeno de la corrosión a los elementos que la conforman en su interior, lo que resulta un inconveniente a la hora de realizar su uso ya que puede tener un perfecto mantenimiento superficial que nos lleve a pensar que la herramienta se encuentra en un buen estado y mientras en su interior está dañada lo cual puede desencadenar un accidente.

Posi Lock, se muestra en la Fig 2.3.1, 2.3.2 y 2.3.3.



T – Tension, se muestra en la Fig 2.3.4, Fig 2.3.5 y Fig 2.3.6



Cesta de Circulación, se muestra en la Fig 2.3.7



Pump Out Plug, se muestra en la Fig 2.3.12



2.3.1.3 Manipulación, transporte y montaje.

Todas las herramientas son mal manipuladas ya que estas son montadas directamente en las horquillas del montacargas lo que afecta el recubrimiento de pintura y a su vez la preparación superficial que se habían realizado en las mismas.

2.3.1.4 Bordes.

En estas herramientas hay presencia de bordes, en los cuales se puede apreciar la corrosión por celdas de aleación diferencial, lo que la mayoría de las veces resulta perjudicial, ya que, al no ser estos bordes redondeados, en muchas ocasiones esto nos impide realizar una buena preparación superficial.

Posi Lock, se muestra en la Fig 2.3.1 y Fig 2.3.2



T- Tension, se muestra en la Fig 2.3.4



Cesta de Circulación, se muestra en la Fig 2.3.7



Pump Out Plug, se muestra en la Fig 2.3.12



Conexión, se muestra en la Fig 2.3.14



Casing Scraper, se muestra en la Fig 2.3.16



2.3.1.5. Imperfecciones en las superficies de las soldaduras.

Se observa que las herramientas no están libres de imperfecciones, por los que puede golpear la suciedad y humedad del medio ambiente. De las herramientas analizadas existe en solo una, se encuentra en el Packer T-Tension en la zona del bloque de arrastre y como se puede observar es una soldadura discontinua que provoca que la herramienta tenga orificios o imperfecciones por los que puede atacar el fenómeno de la corrosión.

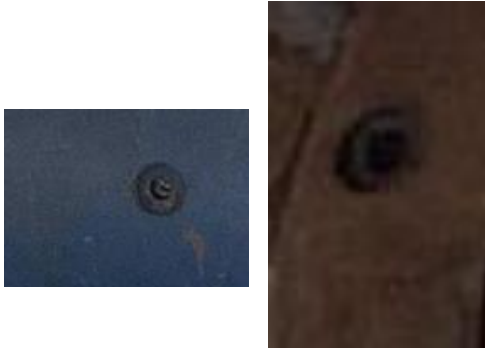
T – Tension, se muestra en la Fig 2.3.4, Fig 2.3.5 y Fig 2.3.6



2.3.1.6. Conexiones con pernos.

Se debe prestar una gran atención a las uniones con pernos ya que la mayoría de estas herramientas la emplean, en las mismas se pueden formar acumulación de óxido dando lugar a la corrosión, lo que es muy perjudicial ya que en la zona de los pernos es donde existe la mayor acumulación de tensiones dando paso a que puedan existir roturas.

Posi Lock, se muestra en la Fig 2.3.1



T – Tension, se muestra en la Fig 2.3.4



Casing Scraper, se muestra en la Fig 2.3.16



2.3.1.9. Áreas cerradas y componentes huecos.

En estas herramientas existen resquicios que algunas veces presentan algún tipo de funcionamiento para la herramienta en los cuales penetra la humedad y los contaminantes y origina la corrosión, ocasionado por la presión del óxido en el interior.

Posi Lock, se muestra en la 2.3.1



T-Tension, se muestra en la Fig 2.3.5



Cesta de Circulación, se muestra en la Fig 2.3.8



Pump Out Plug, se muestra en la Fig 2.3.10, Fig 2.3.11 y Fig 2.3.12.



Conexión, se muestra en la Fig 2.3.14.



Casing Scraper, se muestra en la Fig 2.3.16.



2.4 Solución a los problemas de diseño anticorrosivo.

Estas herramientas suelen ser de las más frecuentes en su uso en la Brigada Tool Master, lo que no puede ser un impedimento a la hora de realizar el mantenimiento, ya que violar uno de estos pasos lo único que podría es aumentar la probabilidad de daño material y a su vez pérdidas en la economía para la empresa y el país.

La solución propuesta para minimizar la corrosión a causa de estos problemas de diseño anticorrosivo es realizar un buen plan de mantenimiento para las herramientas, el cual les muestro a continuación:

Primeramente, hay que definir si las herramientas han permanecido almacenadas o si regresan de brindar un servicio.

Si las herramientas regresan de un servicio y se les va a realizar el mantenimiento se deben seguir los siguientes pasos.

Paso 1:

Aplicar aguarrás a la herramienta, para quitar el crudo que permanece adherido a ella. Este paso solo se realizará si las herramientas regresan de brindar un servicio, ya que retornarían con crudo y otras sustancias adheridas a la misma. Si las misma regresan de estar almacenadas se comenzaría por el paso dos.

Paso 2.

Se realiza el desarme de la misma para una mejor limpieza de la herramienta siendo enjuagada parte por parte en un recipiente con agua.

Paso 3

Aplicar disolución de fosfatado DISTIN 504, el cual reacciona con el metal y como su propio nombre lo indica, levanta las capas de óxido. Se recomienda buscar recipiente ya que las piezas no miden más de dos metros e introducir las en el mismo con la disolución. Se debe esperar para extraer estas piezas 5 o 6 minutos. Este decapante además crea una capa protectora contra el óxido y que si además es posible calentar el recipiente donde se va a realizar la inmersión de la herramienta el espesor de esta capa protectora aumenta.

Se sugiere el empleo de un recipiente de acero inoxidable o plástico cuyas dimensiones permitan la inmersión de la pieza en su interior. (Tanque de 55 galones plástico de producción nacional o tanque de acero inoxidable).

Paso 4.

Ensamblar la herramienta luego de que hayan pasado 72 horas de secado del DISTIN 504 para poder pintarla luego.

Paso 5.

Pintar la superficie de la herramienta con pintura preferentemente Hempadur Avantguard 550, por su secado rápido, buena adhesión al acero, además para estas herramientas pequeñas la capa puede llegar a tener un espesor de hasta 100 μ m, por lo que haría falta pasar una segunda mano.

La pintura recomendada en este paso es la Hempel's ya que es la más utilizada en la empresa para realizar la preparación superficial de las herramientas.



Figura 2.4.3 Imagen representativas de un recipiente de pintura Hempel's.

Paso 6.

En este paso se atomiza el DISTIN 314L y se aplica en toda la superficie de las piezas exceptuando la carcasa de las mismas que primeramente se pinta y luego se atomiza con la misma grasa y se retira el exceso de esta con un paño. Esto ayudara a proteger los componentes huecos, áreas cerradas e intersticios. Esta grasa nos proporcionara impermeabilidad contra las acumulaciones de agua.

Paso 7.

Almacenar sin que tenga ningún roce o frote con alguna otra herramienta para evitar dañar el acabado superficial.

Paso 8.

Para eliminar la mala manipulación se recomienda construir una base preferentemente con un parlet que tenga en la parte donde se apoya la herramienta algún material blando como la gomaespuma, que no permita que se dañe la superficie de la pieza.

También a la hora de la manipulación, siempre con el montacargas que las horquillas carguen la pieza con el parlet y no ella sola para que la misma no vaya apoyada sobre el metal de las horquillas.

Se recomienda una revisión profiláctica de las herramientas con frecuencia anual.

2.5. Impacto medioambiental de las sustancias utilizadas en el mantenimiento de las herramientas de la brigada Tool Master.

2.5.1 Aguarrás.

El aguarrás o trementina es un líquido volátil e incoloro producido mediante la destilación de resina, o miera, de diversas especies coníferas y de varias especies de árboles terebintáceos.(2020)

Este producto es corrosivo, por lo que su ingestión o la de algún producto que la contiene produce un cuadro clínico complejo, caracterizado por el aumento de secreciones bronquiales, irritación, quemaduras y dolor en la nariz y ojos, oídos, labios, lengua, piel, y abdomen; cólicos, vómitos, depresión del sistema nervioso central, hipotensión, alteraciones hemáticas y daño neurológico irreversible. La inhalación de sus vapores produce irritación de las vías respiratorias.(2020)

Se recomienda tener mucho cuidado con esta sustancia ya que es nociva tanto para el medio ambiente como para el ser humano. Se debe realizar un buen manejo del residuo ya que debido a su alto potencial de daño hay que tratarlo como un residuo peligroso, este se debe reutilizado y correctamente canalizado. Para su debida reutilización debe dejar un tiempo que las partículas se decanten y entonces puede ser filtrado.(2002)

El personal que trabaje con el mismo debe llevar la indumentaria correcta de la cuales recomiendo que los guantes sean de PVA por su alta resistencia a disolventes. EL traje debe ser resistente a salpicaduras nivel B confeccionado por PVC. Las botas más seguras para este tipo de disolvente son las de goma de seguridad fabricada con una mezcla especial de PVC y goma nítrica de alta resistencia química, para la protección nasal y bucal se puede emplear una máscara nasobucal con filtro para disolventes orgánicos y por ultimo unas gafas para riegos químicos, fabricada con maro PVC, lente de acetato anti-vaho y banda elástica de sujeción, montura hermética y flexible, resistente a las salpicaduras de productos químicos.(Company 2020)



Fig 2.5.1. Traje PVC



Fig 2.5.2. Guantes PVA



Fig 2.5.3 Botas PVC y Nitrilo



Fig 2.5.4 Lentes PVC



Fig 2.5.5 Mascara nasobucal con Filtro para disolventes orgánicos

2.5.2 DISTIN 504.

El DISTIN 504 es un decapante con el que realizamos una limpieza profunda del metal. Este es un producto con una baja toxicidad, lo que no quiere decir que no pueda dañar la salud del que lo emplee. Como recomendaciones para el uso del mismo se exhorta a utilizar guantes si se va a estar un tiempo prolongado en contacto con la sustancia. Además, se debe utilizar un traje o ropa de trabajo, puede ser tela y evitar las salpicaduras a los ojos con unas gafas de protección anti líquidos, al igual que esta sustancia no se debe ingerir ya que resulta toxica para nuestro organismo. Esta se puede reutilizar al igual que la anterior luego de haberla utilizado se deja que se decanten las partículas y se filtra (siempre se debe tener en cuenta la fecha de vencimiento del producto). Cuando el baño este agotado se debe neutralizar y canalizar según el tratamiento a productos químicos. (Company 2020)



Fig 2.5.6 Traje Tela



Fig 2.5.7 Gafas Anti líquidos



Fig 2.5.8 Botas de Trabajo Industrial



Fig 2.5.9 Guantes de Hule

Nota: Estos equipamientos serán utilizados para todos los productos DISTIN posteriormente analizados.

2.5.3 DISTIN 314 y 314L.

Este tipo de grasa es un gran contaminante del medio ambiente por lo no debemos verterlo en alcantarillas o tragantes. Este puede ser reutilizado luego de su uso en un reciclado material. Para el uso de los trabajadores se recomienda no ingerirla y evitar la salpicadura a los ojos con gafas de protección anti líquidos.

2.6. Conclusiones parciales.

- Los problemas de diseño anticorrosivos de las herramientas tienen gran incidencia en el deterioro que presenta la misma.
- Las soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo, no se logran con sólo la aplicación de pintura y se requiere de la protección anticorrosiva y conservación adicional, además de otras técnicas.
- El problema de diseño anticorrosivo más frecuente en las herramientas analizadas es la corrosión por resquicios.
- El problema de corrosión más frecuente es la corrosión por celdas de aireación diferencial debido a la presencia de bordes y la mala preparación superficial.
- Del análisis realizado se demuestra que existen soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan, lo cual es de gran importancia para el mantenimiento de las herramientas de fondo.

Capítulo III: Fundamentación del Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación para la empresa EMPERCAP.

Las normas UNE EN ISO 12944 (1 - 8), en todas sus partes, resulta el trabajo publicado más completo al respecto de los sistemas de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación y abarca desde los estudios para la clasificación del medio, hasta los proyectos de ejecución y mantenimiento. El Servicio SIPAYC referido en el trabajo, constituye en el momento actual el sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación más completo, ya aplicado con resultados prácticos favorables en muchas empresas. Además, este sistema se basa en los cuatro puntos principales que necesitamos para realizar un plan adecuado para las piezas de la Brigada Tool Master, estos son: El diseño anticorrosivo, preparación superficial, aplicación de recubrimiento de pintura y por último la conservación. El sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación estructural, abarca las siguientes etapas o procesos.

3.1 Identificar la agresividad corrosiva de la atmósfera para la instalación.

Considerar la agresividad corrosiva de la atmósfera implica su conocimiento en tiempo y lugar. En tiempo porque hay que efectuar las labores de mantenimiento en el período del año donde existe la menor agresividad de la atmósfera. Al respecto, en Cuba, existen dos períodos del año, que son los siguientes: 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, causante de la contaminación de las superficies metálicas, donde al existir menos lluvias, las superficies son menos lavadas. Este período no es recomendable para las labores de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación. 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 de protección anticorrosiva y conservación. La agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se ubican los componentes estructurales, a los cuales se le aplicará el sistema

objeto de estudio, tiene que ser conocida.(Tecnológico 2020) Las Normas UNE EN ISO 12944 (1-8) de referencia en el trabajo, para seleccionar la preparación previa antes de pintar, el espesor y tipo de sistema de pintura, en función de la durabilidad deseada, entre otros aspectos, exige del conocimiento de la agresividad corrosiva de la atmósfera. Para conocer la agresividad corrosiva de la atmósfera, cuando no se dispongan de datos específicos de determinada zona, se emplea el Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba. Ver Anexo 1.

Por su ubicación geográfica, la agresividad corrosiva básica en Finca la Cachurra, Guásimas, Cárdenas, Matanzas; la cual es la ubicación exacta de la brigada, gracias al mapa de Agresividad de la Atmosfera de Cuba (Anexo 1), determinamos que la empresa se encuentra ubicada en una zona de alta agresividad corrosiva ya que por distancia se encuentra exactamente a 2,03kilómetros de la costa norte, pero además a menos de un kilómetro se encuentra Batería Central la cual es un complejo con un elevado nivel de contaminantes.

3.2. Diseño Anticorrosivo.

Ha quedado claro del análisis precedente, donde se aborda este aspecto y de las soluciones propuestas a los diferentes problemas de diseño anticorrosivo identificados, que esta es una de las etapas del sistema de mantenimiento más importantes, por su incidencia en la protección anticorrosiva y conservación de las estructuras. Todas las soluciones propuestas y que se detallan en el capítulo precedente, son de aplicación dentro del sistema que se propone.

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

Dado que la mala preparación superficial es el principal motivo para dar inicio a que los recubrimientos de pintura no duren, la brigada Tool Master se ha planteado aplicar esquemas de durabilidad baja. Este esquema se formula para un período de 2 a 5 años, que exige una preparación previa de acuerdo con la Norma ISO 8501-1.

Las herramientas de la brigada Tool Master respondían a los niveles de oxidación B y C, por lo que dependiendo del nivel que se encuentre la herramienta se aplicará la limpieza manual mecánica intensa St2 o la limpieza manual mecánica a fondo St3. Además de que luego a las piezas les será aplicado el decapante DISTIN 504 que levantara las capas de óxido restante que quedan con facilidad. Por lo que al realizar estos pasos nos quedaría una preparación Sa1 ½ sin tener que realizar una limpieza por chorro abrasivo a fondo. Siendo este un método más económico para alcanzarlo.

Este producto puede ser aplicado por los operarios, como parte de sus tareas diarias, por ejemplo, en la eliminación y tratamiento posterior de puntos de corrosión. Como se ha demostrado, el sistema de mantenimiento de protección anticorrosiva y conservación requiere de la aplicación de diferentes técnicas y productos y sobre todo el conocimiento de los recursos humanos que se ocupan de su aplicación. Un sistema con estas características, elaborado para cada estructura específica, constituye un traje a la medida y una solución efectiva.

3.4. Selección del recubrimiento de pintura para el sistema.

No es objetivo del presente trabajo, la selección del esquema de pintura específico para la instalación objeto de estudio. Sin embargo, si resulta de importancia retomar del análisis previo hecho en el capítulo 1, que el espesor total de las capas de pintura en todos los casos debe ser superior a los 200 µm.

Se decide seleccionar un recubrimiento Hempel's debido a que existe la posibilidad real de adquirirlo y es un proveedor de pintura de gran prestigio en el mercado. Además, para ser más específico recomendé la Hempadur Avantguard 550 por tener las características siguientes obtenidas de las tablas oficiales de la pintura Hempel's.

Tabla 2.4.1 Tabla descriptiva de la pintura *Hempadur Avantguard 550*.

<i>Tipo de pintura</i>	<i>Descripción</i>	<i>Uso Recomendado</i>	<i>Color/ Acabado</i>	<i>% Volumen de sólidos</i>	<i>Contenido En COV</i>	<i>Tiempo de secado 20°C</i>	<i>Rendimiento Teórico</i>	<i>Espesor de película</i>
Hempadur Avantguard 550	<ul style="list-style-type: none"> - Gran Protección contra la corrosión. - Buena resistencia mecánica a ciclos de temperatura. - Gran tolerancia a las distintas condiciones climáticas 	Como imprimación versátil para obtener una proyección a largo plazo del acero en entornos de corrosión alta.	19840 gris oscuro/ mate	65	319 g/l	10 min	10.8 m ² /l 60 μm	50 - 100 μm

Al respecto de la aplicación de pinturas, en la brigada se ha establecido trabajar con esquemas de durabilidad baja (de 2 a 5 años) y establecer 5 años como durabilidad deseada, que implica que se cumplan con todas las exigencias y garantías.(Hempel's 2020)

3.5. Protección anticorrosiva adicional y conservación.

Se trataron de forma general en el análisis bibliográfico los aspectos relacionados con la protección anticorrosiva adicional y conservación que, por su importancia y novedad dentro del sistema de mantenimiento, se particulariza en la presente propuesta. Dentro la protección anticorrosiva adicional y conservación, están un grupo de productos, desarrollados en la UDI - CEAT y que cumplen diferentes funciones dentro del sistema. Una función ya tratada en el capítulo precedente, es atenuar los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión que se presentan en la instalación, lo cual se logra en muchos casos, con la aplicación de productos para la protección anticorrosiva y conservación, que resuelven, las insuficiencias de las pinturas. Por su importancia, se individualiza por tipo de producto, con ejemplos prácticos derivados del diagnóstico realizado en la brigada Tool Master perteneciente a la empresa EMPERCAP.

3.5.1 Aplicación de las grasas de conservación DISTIN 314 y DISTIN 314 L.

La grasa DISTIN 314 es una grasa de conservación semisólida con características lubricantes y encuentra aplicaciones en la protección anticorrosiva y conservación, en las situaciones siguientes: Protección, conservación y lubricación de los pernos en los contactos eléctricos. Adicionalmente en la conservación temporal de tuercas, pernos y

arandelas durante las operaciones de mantenimiento frecuente. La grasa de conservación semisólida DISTIN 314, cumple una protección temporal, por tanto, tiene que establecerse en los planes de mantenimiento, un período de control, en este caso frecuente, en válvulas que se manipulan y como máximo anual en otras aplicaciones. Posteriormente a partir de la experiencia práctica, puede extenderse o disminuirse estos plazos. Las grasas líquidas tipo solvente DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados de su aplicación en componentes huecos, áreas cerradas y lugares inaccesibles, donde pueden ser aplicados, para la conservación sobre recubrimientos de pintura o directamente sobre superficies oxidadas, ya que penetran al óxido, lo hacen impermeable al agua y al oxígeno, deteniendo la corrosión. Algunas de sus aplicaciones en la conservación de los componentes estructurales son las siguientes: Componente huecos. En áreas inaccesibles. Como paso previo al sellado de los resquicios en las uniones que ya están afectadas por la corrosión. La grasa de conservación líquida tipo solvente DISTIN 314 L, cumple una protección temporal, por tanto, tiene que establecerse en los planes de mantenimiento, un período de control y reposición anual. Posteriormente a partir de la experiencia práctica, puede extenderse o disminuirse estos plazos.

3.5.2 Aplicación del Decapante DISTIN 504.

Disolución de fosfatado decapante para la preparación rápida de superficies metálicas. Proporciona una limpieza a fondo de la superficie, penetra en 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.

3.6. Resultados económicos esperados.

Se tiene como objetivo aumentar la cantidad de productos que antes eran utilizados para así poder disminuir la cantidad de intervenciones que se les realizan a las herramientas, logrando así una disminución de su deterioro y a su vez un aumento de la economía para la empresa, ya que lograría mejorar la vida útil de la herramienta y se ahorrarían horas de sueldo al ser más distanciadas las reparaciones.

3.6.1. Tabla de precios de los productos utilizados.

A continuación, se muestra una tabla con los precios de los productos que serán utilizados en nuestro mantenimiento y conservación a las herramientas de la brigada Tool Master. El siguiente resumen de precios de los productos DISTIN fue obtenido a través de una tesis investigativa. (Morejon 2011)

Tabla 3.6.1. Tabla de precios de los productos utilizados.

<i>Producto</i>	<i>UM</i>	<i>CUP</i>	<i>CUC</i>
DISTIN 504	1L	8.75	0.35
DISTIN 314L	1L	28.75	1.15
DISTIN 314	1Kg	26.25	1.05
Pintura Hempel's	1L	300	12
Total	-	363.75	14.55

Conclusiones Generales.

1. Se propone un sistema de mantenimiento para protección anticorrosiva y conservación que cuenta con 8 pasos entre los que se encuentran la aplicación de aguarrás y de productos DISTIN recomendados, además de la pintura pertinente y que la aplicación de los mismos da respuesta a la hipótesis planteada.
2. Se disminuirá el daño causado por el fenómeno de la corrosión.
3. El sistema propuesto supone una disminución del impacto ambiental con respecto a los métodos tradicionales que utiliza la empresa en el mantenimiento y la conservación de las herramientas de fondo.
4. Se elaboró la indumentaria correcta para la protección de los trabajadores.
5. Se logró resolver el problema planteado y confirmar la hipótesis.

Recomendaciones.

1. Continuar con el estudio de la presente investigación en aras de lograr la implementación del sistema de mantenimiento propuesto en la empresa EMPERCAP.
2. Realizar un análisis de factibilidad que permita evaluar la viabilidad económica del sistema propuesto.

Bibliografía

(2000). "Protegol. Sistema de protección anticorrosiva para revestimientos resistentes." from <http://www.buckeye.com/sp/ConosimientoSobreLasTuberias/Mantenimiento/ProteccionAnticorrosiva>.

(2002). Fichas Internacionales de la seguridad Química. Trementina. España.

(2008). "Rustblock. Protección Anticorrosiva."

(2008). "Ruststop." Distribuidor del programa de Protección anticorrosivo.

(2020). Intoxicación con esencia de trementina. Enciclopedia Médica. Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU.

Almeida, E. (2002). "Nuevas Tecnologías de Pintura para acero y acero zincado expuestos a la atmósfera. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. ." Red Temática Pátina: 29.

Alvarez, J. (2004). "Tipos de Mantenimiento." Retrieved 22/01/2020, 2020, from <http://www.mailxmail.com/curso-manual-soporte-tecnico/tipos-mantenimiento>.

Amedola, L. (2002). "Modelos mixtos de gestión de Mantenimiento." 6.

Arenas, E. F. (2010). "El Mantenimiento preventivo planificado en las instalaciones hoteleras una prioridad insoslayable." Retos Turísticos 9: 3.

Beltrán, D. C. C. A. E. I. M. E. B. I. C. A. E. B. I. J. E. R. (2004). "Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores Desencadenantes de la Corrosión en condiciones climáticas de Cuba."

Blasco, M. T. R. (2004). FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPRIMACIONES EPOXIS ANTICORROSIVAS, CURABLES A TEMPERATURA AMBIENTE. Química, Física y Ciencias Aplicadas. Castellón, España, Universitat Jaume I.

CEAT " Ficha Técnica DISTIN ".

CEAT (2007). Disolución de fosfatado decapante de acción rápida. Ficha Técnica DISTIN 504. Universidad de Matanzas.

CEAT (2007). Ficha Técnica DISTIN 314 L. Grasa líquida tipo solvente. U. d. Matanzas.

CEAT (2007). Ficha Técnica DISTIN 603L. Cera abrillantadora e impermeabilizante. Universidad de Matanzas.

CEAT (2007) Tensoactivos (CEAT). Ficha Técnica 404 L. Mástique asfáltico líquido.

CEAT (2007). Ficha Técnica DISTIN 318. Aceite de Conservación. Universidad de Matanzas.

Company, T. S. (2020). "Ropa de Protección contra Productos Químicos."

Echeverria (2008) Corrosión atmosférica protección y conservación en la instalación hotelera en zona de alta a muy alta agresividad corrosiva.

ECURED (2020). Mantenimiento preventivo planificado. Ecured.

EduardoOtero, B. C. D. d. I. F. E. A. M. M. J. A. G. (2005). "Lap-joint corrosion of precoated materials for building applications." Elsevier B.V.: 9.

Español, A. d. O. G. e. (2020). Herramienta de Servicio. Oilfield Glossary.

Española, R. A. d. I. L. (2020). Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.

Godoy, L. A. (2005). Mecanica Avanzada de Materiales.

H. Kajiya, S. F. (2004). "Techniques for corrosion resistance and perforation feedback for automotive steel materials."

Hempel's (2020). ¿ Como seleccionar el sistema de pintura Hempel? Hempel's. España.

ISO (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. UNE-EN ISO 12 944-1.

ISO (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. . UNE-EN ISO 12 944-5.

ISO (1998). . Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 4: Tipos y preparación de superficies. UNE-EN ISO 12 944-4.

ISO (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio. UNE-EN ISO 12 944-6.

ISO (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 12 944-8.

ISO (1998). Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. UNE-EN ISO 12 944-2.

ISO (1999). Pinturas y Barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. 12944-3. AENOR. España. **UNE-EN ISO 19**.

ISO (1998). Pinturas y barnices. 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 12 944-7.

Jr, J. G. D. (1966). "The Effect of Sea-Water Velocity on the Corrosion Behavior of Metals." **78**(5): 763-769.

Laliberte, D. P. S. B. S. E. S. W. W. S. L. H. (2006). "Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment. Progress in Organic Coatings." Progress in Organic Coatings **57**(4): 13.

Lucia, J. M. L. (1990). "Criterios para la información de la gestión del mantenimiento " Revista de Mantenimiento No1: 5.

Morcillo, M. (1998). "Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamerica. Parte 1." 816.

Morejon, Y. P. (2011). Propuesta de Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación para el Área de Motores y Unidad de Tratamiento de Combustible de la Central Eléctrica de Agramonte. Ciencias Técnicas. Matanzas, Cuba, Universidad Camilo Cienfuegos 101.

Ochoa (2005). Pinturas Anticorrosivas. Curso de Formación. Empresa Nacional de Pinturas.

Perez, C. (1998). Estudio de los sistemas de protección de las superficies metálicas expuestas a la intemperie Santiago de Compostela

Universidad de Santiago de Compostela.

Pérez, C. P. (1998). Estudio de los sistemas de protección de las superficies metálicas expuestas a la interperie España, Universidad de Santiago de Compostela

PerfoBlogger (2020). Cesta Recolectora de Circulación perfob.blogspot.com/2019/02/cesta-recolectora-de-circulacion-inversa.html.

Pichardo, F. M. P. (2002). "Sistema Alternativo de Mantenimiento para un parque de Vehículos automotores".

Pichardo, F. P. (1989). "Sistema Alternativo de Mantenimiento. Fundamentos y Perspectivas."

RK Pipe & Supply, L. (2020). "Uniones de Perforación."

Roberge, P. (2000). "Handbook of Corrosion Engineering." Quebec: McGraw-Hill Companies.

Sanchez, J. L. (1996). "Mantenimiento Productivo Total."

Schlumberger (2018). "Model T Tension Packer."

Schlumberger (2018). "Posi-Lock Product 20-433." from [www.techwesttools.com/sites/default/files/TW_Catalogue \(2 RETRIEVABLES MECHANICAL\) Rev 1 \(Web\) Rev 1_Part17 2.pdf? width=600&height=780&inline=true#pdf_reader7](http://www.techwesttools.com/sites/default/files/TW_Catalogue_(2_RETRIEVABLES_MECHANICAL)_Rev_1_(Web)_Rev_1_Part17_2.pdf?width=600&height=780&inline=true#pdf_reader7).

Schlumberger (2018). Posi Lock. Tech West Tools. Canada Tech West Tools: 2.

Schlumberger (2020). Escariador. Oilfield Glossary.

Schlumberger (2020). Herramientas de Pesca. Oilfield Glossary.

Shifler, D. (2005). " Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life."

Tecnológico, C. d. C. y. D. (2020). Mapa cubano sobre la agresividad corrosiva de la atmósfera. Infocorrosión.

Tools, D. L. O. (2020). "Pump-Out Plug ". from <https://www.dloiltools.com/products/tool-accessories/pump-out-plug>.

Torrecilla, I. Y. O. (2004). "Evaluación del Sistema DUCAR en el mantenimiento estructural de Automóviles del MININT." 15.

Torrecilla, D. C. C. A. E. D. C. O. M. G. M. S. J. R. P. I. A. G. B. I. Y. O. (2010). "Los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones."

Valencia, D. R. S. (2020). "Syllabus." Retrieved 06/02/2020, 2020, from <http://www.mitecnologico.com/Main/ElConceptoDelMantenimiento>.

Valenzuela, I. J. A. R. (2018). Introducción a la corrosión y protección de metales. La Paz, Bolivia.

ANEXOS

Anexo 1 Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera.

Anexo 2 Ficha técnica DISTIN 504.

Anexo 3 Ficha técnica DISTIN 314L.

Anexo 4 Desarme del Packer Posi Lock

Anexo 5 Arme del Packer Posi Lock

Anexo 1

Mapa de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera.



MAPA REGIONAL DE LA AGRESIVIDAD CORROSIVA DE LA ATMÓSFERA EN CUBA
 Map of the corrosion aggressiveness of atmosphere in Cuba

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

Categoría	Acero Bajo Carbono	Cu	Al	Zn
-----------	--------------------	----	----	----

C1	< 10	< 0,9	NS	0,7
C2	10 < 200	0,9 < 5	< 0,6	0,7 < 5
C3	200 < 400	5 < 12	0,6 < 2	5 < 15
C4	400 < 650	12 < 25	2 < 5	15 < 30
C5	650 < 1500	25 < 50	5 < 10	30 < 60
C6	> 1500	> 50	> 10	> 60



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

FICHA TECNICA 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.

Método de Aplicación:

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

>> **Inmersión:** Se introduce la pieza desde 5 a 15 minutos en dependencia del grado de oxidación de la superficie a tratar, lográndose un alto rendimiento del baño, no requiere enjuague ni neutralización posterior si se espera al menos 72 horas para completamiento de la reacción.

>> **Brocha o frotado:** Se emplea este método cuando no pueden ser empleado el método de inmersión, sobre todo en estructuras montadas, en el tratamiento de superficies oxidadas en equipos del transporte, etc. Se prefiere el frotado con material sintético de esponja o similar.

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

Protección Anticorrosiva:

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

Condiciones de Conservación:

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

>> **Bajo techo:** Garantiza la protección temporal por varias semanas.

>> **Almacén cerrado:** Puede mantener las piezas protegidas hasta un mes, lo cual no se prefiere, dada la posibilidad de contaminación de la superficie.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

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

Transportación y almacenamiento:

El producto debe ser almacenado en tanques plásticos de diferentes capacidades. En estas condiciones se garantiza varios años sin afectación del producto. Por constituir una solución ácida deben tomarse todas las medidas que evite contactos con ojos, cortaduras. El producto no daña la piel y no contamina el ambiente del área de trabajo.

Aclaración al Cliente:

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas, Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E.Mail: carlos.echeverria@umcc.cu o mercsceat@umcc.cu

Anexo 3



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

FICHA TECNICA

Grasa Líquida Tipo Solvente. DISTIN 314 L

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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


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

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

Dirección: CEAT Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Km 3.5 Autopista a Varadero, Matanzas,

Cuba. Teléfono: 261013 Ext. 326. E. Mail: carlos.echeverria@umcc.cu

 <p>EMPERCAP. División Equipos de Intervención.</p>	<p>MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS</p> <p>UNION CUPET</p> <p>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</p> <p><i>Operación, reparación, almacenaje, y transportación del packer POSI - LOCK</i></p>	<p>Código: PR - TMB/P 2007</p> <p>Rev.: 00</p> <p>Pág.: 4 de 11</p>
--	---	---

Situar una barra a través de los agujeros pasantes en el cono 22, en el manguito de cuñas 23 y desenrosque el manguito de cuñas del cuerpo de fricción 36. Las cuñas inferiores 44 y los resortes de las cuñas inferiores 43 caen.

Remover o sacar los tornillos de cabeza interior cuadrada 40 del retenedor de fricción 28. Deslice el retenedor de fricción del cuerpo de fricción 36. Remover los bloques de fricción 26 y los resortes de los bloques de fricción 27 del cuerpo de fricción. Tener mucho cuidado con el resorte.

Desenroscar el portador de gomas 21 de la conexión 16 y sacar el conjunto de mandril portador de las gomas del mandril principal. Sacar los elementos terminales de goma 18, separadoras de anilla 19, elemento central de goma 20 y anillo calibrador inferior 17 del mandril portador de gomas.

Desenroscar el pin de la conexión 16 del retenedor del cono 12 y sacar la conexión del mandril principal. Desenroscar el anillo calibrador superior de la conexión. Saque el sello 15 y las juntas de sección redonda 39 de la conexión.

Saque los tornillos J 14 del retenedor de cono. Deslice el retenedor de cono hacia el tope superior del mandril principal. Deslice el anillo sello soporte 34 hacia el fondo del mandril.

Sacar los segmentos cónicos 11 y el resorte de cono 45 del retenedor de cono.

Desarme del packer Posi-lock:

Situar las llaves en el acoplamiento superior 1 y en el pin 35. Remover cualquiera de los del mandril, colocar una llave en el mandril principal 13 y remover el otro. Esto no es necesario hacerlo para desarmar la unidad de resorte principal. Si se tiene que desarmar, hay que prestar especial atención porque el resorte principal esta bajo cientos de libras de presión.


Desmontar desenroscando el retenedor del resorte 2 del cárter del resorte 3, remueve el acoplamiento superior 1, el resorte principal 4 y el separador de resorte 42 del cárter de resorte.

Deslizar el conjunto de cuñas superiores lo mas bajo posible hasta que descubra el anillo del resorte 7 en el mandril. Use las tenazas del anillo de resorte para remover el mismo. Saque el conjunto de cuñas superiores del mandril.

Desenroscar el calzo de resorte de manguito 31 del retenedor de cuña 5. Saque o remueva el resorte del calzo 6. Deslice el calzo 8 con dirección al extremo superior del retenedor de cuñas. Extender el anillo límite acuñado por encima del borde del calzo. Deslizarse hasta el fondo. Las cuñas superiores 10 y los resortes de cuñas superiores 9 caen.

Desenroscar el anillo calibrador 17 del cono 22 y saque el conjunto de cuerpo de fricción del mandril.

Anexo 5

 <p>EMPERCAP. División Equipos de Intervención.</p>	<p>MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS UNION CUPET MANUAL DE PROCEDIMIENTOS <i>Operación, reparación, almacenaje, y transportación del packer POSI - LOCK</i></p>	<p>Código: PR - TMB/P 2007 Rev.: 00 Pág.: 4 de 11</p>
--	--	---

Arme del Packer Posi-lock:

Situar el resorte de cono 45 dentro de la ranura en un segmento cónico 11 e insertar el segmento dentro del retenedor de cono 12. Instalar los restantes segmentos cónicos dentro del retenedor de cono. Asegurarse que los segmentos de cono estén ubicados correctamente en las ranuras del segmento.

Deslizar el conjunto retenedor de cono sobre el mandril principal 13 desde el tope e instalar los tornillos J 14 dentro de los orificios en el retenedor de cono y apretar. Los tornillos de varios valores de cizallamiento están disponibles, ver lista de partes y piezas. Es importante ensayar para asegurarse que el deslizamiento de los tornillos J dentro de las ranuras J es uniforme.

Instalar las juntas de sección redonda 37 dentro de las ranuras de sello 15. Insertar el sello dentro de la cajuela en la conexión pin 16. Instalar las juntas de sección redonda 39 dentro de la conexión pin. Aplicar grasa a las juntas de sección redonda y en el interior de los sellos. Insertar el anillo sello soporte 34 dentro del terminal inferior del retenedor de cono, seguido de la conexión pin. Enroscar la conexión pin 16 al retenedor de cono 12 y apretar. Enroscar el anillo calibrador inferior 17 a la conexión pin 16 y apretar.

Deslizar el anillo calibrador inferior 17, los elementos terminales de goma 18, el separador de anillo 19 y el elemento central de goma 20 sobre el mandril portador de gomas 21.

Deslizar el conjunto del mandril portador de gomas sobre el mandril principal y apretar el mandril portador de gomas 21 a la conexión pin 16.

Instalar los resortes de bloque de fricción 27 y los bloques de fricción 26 dentro del cuerpo de fricción. Comprimir los bloques de fricción con la mordaza y colocar el retenedor de fricción 28 dentro de un lugar para asegurarlo. Instalar los tornillos de cabeza interior cuadrada 40 dentro de los orificios del retenedor de fricción.

Instalar los resortes de las cuñas 43 y las cuñas inferiores 44 dentro de las ranuras del cuerpo de fricción y retenga las cuñas temporalmente con 10-24 tornillos. Deslizar el manguito de cuñas 23 a través del cono 22 y enrosque el manguito de cuñas al cuerpo de fricción. Colocar una barra a través de los orificios en el cono para sostener el manguito de cuñas mientras éste se enrosca y se aprieta al cuerpo de fricción. Remover los 10-24 tornillos de las cuñas.

Deslizar el conjunto del cuerpo de fricción sobre el mandril principal. Enroscar el cono 22 al anillo calibrador inferior 17 y apretarlo.

Aplicar grasa a la rosca inferior del mandril principal y apretar el pin 35 al mandril. Colocar solo las llaves en el mandril cerca de la rosca superior o espere hasta que el acoplamiento superior este instalado.

Instalar los resortes de cuñas superiores 9 y las cuñas superiores 10 dentro del retenedor de cuña 5. Retener las cuñas temporalmente con 10-24 tornillos. Deslizar el calzo cónico 8 dentro de las cuñas. Mover el calzo cónico hacia arriba, lo suficiente para permitir que el anillo límite 32 sea acuñado por encima del borde del calzo cónico y dentro del final roscado del retenedor de cuñas. Insertar resorte del calzo cónico 6 dentro del

manguito de resorte del calzo cónico 31 y enroscar el calzo cónico 31 al retenedor de cuñas 5. Asegurarse que el anillo límite está correctamente asentado en el soporte dentro del retenedor de cuñas. Remueva los 10-24 tornillos de las cuñas.

Deslizar el conjunto de cuñas superiores sobre el mandril. Usar tenazas de anillo de resorte para deslizar el mismo sobre el mandril. Empuje el conjunto de cuñas superiores hacia abajo, lo suficiente para que revele la ranura del anillo de resorte en el mandril e instale el anillo de resorte en la ranura.

Colocar el separador de resorte 42 en el interior del cárter de resorte 3 seguido por el resorte principal 4. Deslizar el retenedor de resorte 2 por encima del acoplamiento 1. Colocar acoplamiento contra el resorte principal y usar la prensa para comprimir el resorte lo suficiente que permita que el retenedor de resorte sea enroscado al cárter 3 y apretar.

Aplicar grasa a la rosca superior del mandril principal y apretar el acoplamiento superior 1 al mandril.

Ensamblar, engrasar el Packer y colocarlo horizontalmente sobre dos puntos de apoyo en el palillero habilitado para estas herramientas.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer muchísimo a todos los que siempre me apoyaron antes y durante estos años de carrera, a mi familia, novia, amigos y personas cercanas que siempre estuvieron cuando necesité. A mis tutores y profesores por dedicarme el tiempo necesario para para que esta tesis se desarrollara. Pero por sobre todas las personas quisiera agradecer a mis padres Yoisy e Iván y a mi abuela Eneida por incitarme siempre a seguir el camino de una carrera universitaria. Sin ninguna de estas personas en mi vida hubiese sido posible lograr la persona que soy hoy.