

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



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis presentada en opción al título de Ingeniera Química.

Título: Opciones de mejoras en el mantenimiento anticorrosivo de instalaciones de almacenamiento de combustibles en Base de Supertanqueros de Matanzas.

Autor: Yasmany Espinosa González-Pardo

Tutor: Ing. Carlos Alberto Núñez Castillo

*“Mientras no seamos un pueblo realmente
ahorrativo, que sepamos emplear con
sabiduría cada recurso, no nos podemos
llamar un pueblo revolucionario...”*

Fidel Castro Ruz

Nota de Aceptación

Jefe del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Provincia_____Fecha_____Calificación_____

Declaración de Autoridad

Declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma realizado en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, como parte final de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, por lo que autorizo que el mismo sea utilizado en la institución con la finalidad que se estime conveniente.

Yasmany Espinosa González-Pardo

Agradecimientos

A Dios, que controla todo en su sabiduría.

A mi tutor, quien más que profesor es amigo y a su esposa, por soportarme.

Gracias Marcelina por todo.

A mis amigos Manuel, Maray y Lorena A mis compañeros de trabajo.

A todos mis profesores de la Universidad.

A todos mis compañeros de estudio.

A Dunay, por tenerme fe.

A los compañeros de trabajo de mi tutor, que me acogieron como un compañero más.

Resumen

Este trabajo se basa en la identificación y propuesta de un grupo de opciones de mejoras para las actividades de mantenimiento anticorrosivo llevadas a cabo por la EMPet División Matanzas en las instalaciones almacenadoras de combustible de la Base Supertanqueros. Se realizó un profundo análisis bibliográfico sobre el tema, y se aplicó la metodología para la implementación de un programa de Producción más Limpia, valorándose posteriormente los resultados obtenidos. Mediante la Observación Directa y entrevistas en las áreas de trabajo se detectaron problemas ambientales relacionados con derrames de productos, generación de desechos sólidos y polvos, así como la no recuperación de desechos utilizables dentro del proceso. Basado en lo anterior se identificaron posibles soluciones para mitigar o erradicar estos problemas. Algunas, de aplicación inmediata pues no se requieren grandes inversiones y pueden implementarse con un mínimo de recursos. Después de realizarse un análisis granulométrico a una muestra de granallas usadas en el proceso, se valoró su recuperación mediante la adquisición de un equipo recuperador. Se evaluó la factibilidad económica y los resultados arrojan la conveniencia de realizar esta modificación debido a la recuperación del 70,47 % de la granalla analizada, generando ahorro y menos contaminación.

Summary

This research project was carried out on the base of identifying and proposing a group of procedures in order to increase the effectivity of the anticorrosion maintenance performed by the EMPet Division Matanzas in the oil-storing facilities of Matanzas. It was carried out a deep bibliographical study and it was applied the implementation methodology of a Cleaner Production program, with the final assessment of the obtained results. Through the direct observation and interviews with the personal, several environmental problems were found, related with leaks of products, generation of dust, and the wasting of remnants usable in the same process. Possible solutions were identified to eradicate t h e s e problems. Some of these solutions do not require a big sum of investment and could be achieved with a minimum of resources. With a sieve analysis of the used copperslag was proved that it is possible its recovering with the acquisition of a recovery equipment. It was also evaluated the economic feasibility and it was demonstrated the convenience of this modification in the process because of the recovering of 70.47% of the used copperslag, generating saving and producing less contamination.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I: Análisis bibliográfico	4
1.1 Problema ambiental	5
1.2 Gestión ambiental	5
1.3 Gestión de residuos	6
1.4 Producción más Limpia. Generalidades	7
1.5 Clasificación de las opciones de P+L	8
1.6 P+L. Antecedentes en Cuba	9
1.7 Beneficios de la P+L	10
1.8 P+L. Metodologías para su implementación.	11
1.9 Corrosión. Su efecto en la industria	12
1.10 Preparación de la superficie mediante chorreado.....	13
1.11 Uso de la granalla como abrasivo.....	14
1.12 Uso de escoria de cobre como abrasivo.....	15
1.13 Reciclaje interno de la granalla.....	17
1.14 Reciclaje externo de la granalla.....	18
1.15 Limpieza con detergentes.....	19
1.16 Aplicación del recubrimiento	20
1.17 Pinturas. Clasificación.....	21
1.18 Tendencias actuales en la utilización de recubrimientos	23
1.19 Problemas ambientales durante el proceso de pintado	24
Conclusiones parciales del capítulo.....	25
CAPÍTULO II Materiales y Métodos	26
2.1 Metodología de P+L.....	26
2.2 Etapa 1: Preevaluación.....	27
2.2.1 Compromiso de la dirección con la institución	27
2.2.2 Conformación del equipo multidisciplinario	27
2.2.3 Establecer las metas	27
2.2.4 Búsqueda de información.....	28
2.3 Etapa 2: Evaluación	30
2.3.1 Caracterización del área y la empresa	30
2.3.2 Diagnóstico ambiental. Identificación de problemas ambientales	31
2.3.3 Flujo del proceso tecnológico	31
2.3.4 Balance de materiales y energía	31
2.3.5 Evaluar las causas que afectan la productividad	32
2.4 Etapa 3: Síntesis.....	34

2.4.1 Generar opciones de P+L (considerar prioridades de P+L)	34
2.4.2 Evaluación de las opciones de P+L	35
2.4.3 Establecer el plan de acción para su implementación.....	40
CAPÍTULO III: Análisis de los resultados	41
3.1 Etapa 1: Preevaluación.....	41
3.1.1 Compromiso de la dirección de la institución	41
3.1.2 Conformación del equipo multidisciplinario	41
3.1.3 Establecer las metas	42
3.1.4 Búsqueda de información.....	42
3.2 Etapa 2: Evaluación.....	44
3.2.1 Caracterización del área y la empresa	44
3.2.2 Diagnóstico ambiental. Identificación de problemas ambientales	46
3.2.3 Flujo del proceso tecnológico	47
3.2.4 Balance de materiales.....	53
3.2.5 Evaluar las causas que afectan la productividad	53
3.3 Etapa 3: Síntesis.....	57
3.3.1 Generar opciones de mejoras (considerar prioridades de P+L)	57
3.3.2 Evaluar las opciones de mejoras	58
3.3.3 Establecer el plan para su implementación	70
Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	73
Bibliografía	74

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones que acompañan al hombre contemporáneo, es la eliminación de los residuos, que tienden a acumularse a un ritmo creciente. La industria es una gran fuente de contaminación y su actuación negativa sobre el medio ambiente se evidencia en la sobreutilización de recursos renovables y no renovables, la emisión de residuos no degradables al ambiente y la destrucción de espacios naturales. Esto ha provocado que se acentúen los cambios climáticos que afectan la vida en el planeta cuya expresión se aprecia en la lluvia ácida, el efecto invernadero, y el adelgazamiento de la capa de ozono. También ha provocado problemas ambientales globales como la pérdida de la diversidad biológica, la contaminación de los suelos, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, el agotamiento de los recursos naturales, la sequía y la pérdida de los humedales.

La revolución industrial, produjo una serie de cambios tecnológicos y hábitos que, sin lugar a dudas, implicaron problemas de contaminación. Durante esta etapa se producía mucho y a bajo costo, pero con elevados desperdicios de materiales. Es hacia la mitad del siglo XX que en algunos países se comienza a pensar en normativas ambientales específicas, pero no es hasta los años 90 cuando se evidencia un cambio de enfoque en el manejo de los temas ambientales. La industria se ve obligada entonces a prestar atención al impacto ambiental de sus producciones.

Nuestro país no se encuentra ajeno a lo que acontece a nivel mundial en esta materia, y aunque no dispone de todos los recursos materiales necesarios para solucionar los problemas ambientales existentes, con la aplicación de acciones medioambientales o implementando estrategias de minimización de residuos que contemplan las Producciones más Limpias (P+L), se pueden alcanzar resultados satisfactorios que benefician tanto a la sociedad como al sector empresarial. Con la incorporación de los objetivos ambientales a los procesos productivos no sólo se reducen los residuos y emisiones, sino que aumenta la eficiencia de las empresas.

Una de las tantas formas de la contaminación es la acumulación de

estructuras corroídas que ya no cumplen la función por la cual fueron concebidas. Los efectos de la corrosión sobre instalaciones y equipos industriales producen anualmente pérdidas elevadas y muchos de los problemas y averías en la industria podrían evitarse si se emplearan buenas prácticas de manejo de la corrosión y estrategias preventivas.

En las operaciones petroleras a menudo existen condiciones ideales para la corrosión y si no se manejan sus efectos a tiempo, este fenómeno puede implicar un costo elevado para las instalaciones, así como problemas de salud, seguridad y medio ambiente.

Pero para combatir la corrosión también se usan productos que contaminan. La mayoría de los productos utilizados actualmente durante el mantenimiento anticorrosivo son contaminantes del medio ambiente. Por lo que se hace inaplazable la búsqueda de alternativas que reduzcan la contaminación pero al mismo tiempo incrementen la productividad y rentabilidad de estos trabajos.

En tal sentido, la UEB EMPet División Matanzas, consciente de la necesidad del cuidado y protección del medio ambiente, se proyecta en ejecutar políticas orientadas a preservar el entorno y minimizar los efectos negativos generados por su actividad productiva, lo que repercute también en la eficiencia de sus resultados económicos.

La respuesta a esta preocupación se encuentra en desarrollar estrategias de P+L. Se hace necesario entonces la inserción de este tema en la estructura de mantenimiento del centro, para lo cual esta investigación propone resolver el siguiente problema científico:

¿Cómo disminuir las emisiones de residuos e incrementar la eficiencia durante el mantenimiento anticorrosivo a las instalaciones de la Base de Supertanqueros de Matanzas?

Para dar solución a este problema la investigación plantea la siguiente hipótesis:

Si se evalúan opciones de mejoras durante el servicio de mantenimiento anticorrosivo a instalaciones de la Base de Supertanqueros en Matanzas se logrará la disminución de los residuos y se incrementará la eficiencia

del proceso.

Se presenta como Objetivo General:

Evaluar opciones de mejoras para el mantenimiento anticorrosivo en las instalaciones de la Base de Supertanqueros en Matanzas.

Y como Objetivos Específicos se definen los siguientes:

- ✓ Estudiar los conceptos y aspectos fundamentales relacionados con los temas de producción más limpia (P+L), y nocividad de los productos utilizados durante el mantenimiento anticorrosivo.
- ✓ Identificar los problemas medioambientales generados como consecuencia de la actividad de protección anticorrosiva.
- ✓ Proponer opciones para disminuir los residuos y elevar la eficiencia productiva durante el mantenimiento anticorrosivo, fundamentando la implementación de metodología de P+L.
- ✓ Demostrar la factibilidad económica de las propuestas de opciones de mejoras.

Capítulo I: Análisis bibliográfico

La evolución que ha experimentado la industria en general, y la petrolera en particular, ha incrementado los riesgos de potenciales catástrofes o accidentes, los cuales en numerosas ocasiones rebasan los límites de las instalaciones, afectando a la población externa y al medio ambiente. Por tanto, es imprescindible la aplicación de estrategias ambientales que permitan disminuir la contaminación y al mismo tiempo aumenten la productividad de las empresas.

La Base de Supertanqueros de Matanzas brinda servicios de almacenamiento de combustibles y comercializa a objetivos económicos del país y el territorio matancero, promoviendo el uso óptimo de los mismos, apoyados en la capacidad tecnológica instalada de tanques de 780 000 m³. Esta unidad se encuentra ubicada a 400 m de la costa del mar, afectado por la contaminación de los gases de escape de la Central Termoeléctrica José Martí, donde predomina un ambiente marino industrial en extremo agresivo. La agresividad corrosiva imperante, que se clasifica de extrema, provoca el deterioro prematuro de los materiales, fundamentalmente metálicos y sus sistemas de protección.

Con el objetivo de disminuir las grandes pérdidas económicas provocadas por los ataques corrosivos y por ende el gasto colosal de capital en reparaciones y sustituciones de piezas que esto trae consigo, se hace necesario la creación y puesta en marcha de tecnologías de protección anticorrosiva que sean capaces de frenar el acelerado paso de la corrosión. Los trabajos para proteger dichas instalaciones son llevados a cabo por la Empresa de Mantenimiento del Petróleo División Matanzas (EMPet).

Sin embargo durante la ejecución del mantenimiento anticorrosivo también se produce la contaminación del medio por la generación de ruido, polvo y residuos que contaminan el ambiente.

Por este motivo, se considera de vital importancia la implementación de acciones de P+L en el cumplimiento de los lineamientos políticos y económicos que trazan la política económica del país, en especial lo relacionado con la conservación y uso racional de recursos naturales y el fomento de la educación ambiental.

1.1 Problema ambiental

Según Loayza J. (2012), un problema ambiental es la alteración del equilibrio natural de los distintos componentes del medio ambiente (aire de la atmósfera, agua de la hidrósfera, suelo de la litósfera, población humana y ecosistemas de la biosfera) y pueden ser causados por fenómenos naturales o por las actividades humanas. Continúa Loayza y afirma que las causas de los problemas ambientales originados por actividades desarrolladas por la industria en general pueden resumirse en:

- ✓ Producción, almacenamiento, transporte, consumo o aplicación de productos o subproductos que representan peligros para la población humana o para los ecosistemas.
- ✓ Materias primas, insumos, productos, subproductos, residuos o desechos de un proceso químico industrial que tiene efectos negativos sobre el personal de la planta, la población o el ecosistema situado en el área de influencia.
- ✓ Accidente o desastre químico: emisiones tóxicas generadas por un accidente tecnológico.

Las dos primeras clasificaciones están íntimamente ligadas a este trabajo ya que el mismo se desarrolla en la actividad de almacenamiento de combustible.

1.2 Gestión ambiental

La Ley N° 81 del Medio Ambiente define la Gestión Ambiental como el conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera.

La P+L es considerada una de las actividades de la gestión ambiental.

1.3 Gestión de residuos

Los desechos y las emisiones son materias primas y materiales del proceso que no se han transformado en el producto deseado y pueden ser materiales sólidos, líquidos y gaseosos que se emiten al aire, agua o tierra.

En general, los tratamientos de residuos se basan en alguno de los siguientes mecanismos o en una combinación de estos:

- ✓ Eliminación física del contaminante. A través de operaciones de separación, tales como: filtración, sedimentación, adsorción, absorción, extracción, etc.
- ✓ Destrucción o transformación química o biológica del contaminante. Transformando el contaminante a una forma menos contaminante y/o eliminable de la corriente de descarga.
- ✓ Consumo del material contaminante. Mediante la recuperación y reciclaje de los compuestos reutilizables o su utilización en la generación de nuevos subproductos.

En consonancia con este tema expone González S. F. (s/a), que el uso de materiales reciclados como ingredientes del hormigón está ganando popularidad y los más utilizados son las cenizas volantes, un subproducto de las centrales termoeléctricas alimentadas por carbón. Su impacto es significativo pues posibilitan la reducción de canteras y vertederos así como la emisión de dióxido de carbono en la producción del cemento. Las características del proceso productivo para la fabricación de cementos, morteros y hormigones permiten reciclar y valorizar varios tipos de residuos con las condiciones técnicas y ambientales óptimas.

En cervecerías de México y en Murcia se utiliza desde el año 2008 el afrecho para generar el metano que es quemado luego en las calderas, de esa forma se garantiza no solo el aprovechamiento de ese residual sino también la disminución de consumo de combustible y los gases por concepto de energía limpia. Principio similar emplean en Argentina, Portugal y EUA donde el biogás lo obtienen de la planta de tratamiento de las aguas residuales de la industria. (Barrels of biogas-biomass Magazine, 2009)

También sobre el tema del aprovechamiento de materiales de sustitución, Quelle Pérez (2017) concluye que la sustitución parcial de un 20% del árido convencional en el concreto por elementos como hormigón reciclado, cerámica, loza, escoria de soldadura, granalla y viruta corta de acero no afecta la calidad y que las vigas de hormigón armado que mejores resultados mostraban eran las que contenían materiales de la industria metálica.

Estos resultados resaltan la importancia de un mejor aprovechamiento de los recursos y materiales de desecho de un proceso tecnológico en otros procesos, mejorando de esta forma la economía de las empresas y mitigando al mismo tiempo la contaminación.

La tendencia actual nos lleva entonces a lograr producciones y servicios con el reaprovechamiento de los residuos ya sea dentro o fuera del proceso productivo.

Hoy en día la gestión de desechos que realiza la EMPet es muy incipiente ya que se limita solamente a la entrega de chatarra a la empresa Materias Primas y a verter los restos de la granalla usada, en una cantera abandonada.

1.4 Producción más Limpia. Generalidades

La Producción más limpia es una estrategia para producir de forma eco-eficiente

que generalmente encamina a las empresas hacia una economía sostenible. (Centro Nacional de Producción Más Limpia, 2009)

El concepto de P+L no está limitado solamente al sector industrial, también es aplicable a otros sectores como los servicios, infraestructura, administración de recursos naturales, entre otros. Es, en esencia, una estrategia posicionada en la interfase de la protección ambiental y la productividad. Es además, uno de los métodos más efectivos en cuanto a los costos para la protección ambiental porque reduce la necesidad de encarecidos tratamientos y lugares de almacenaje, a la vez que reduce también los riesgos a largo plazo asociados a la deposición de contaminantes en el medio ambiente. (UNIDO-UNEP, s/a)

1.5 Clasificación de las opciones de P+L

Según Hernández M. *et al.* (2013) las opciones de P+L se pueden clasificar en:

a) Buenas prácticas operativas

Son un conjunto ordenado de propuestas eco-eficientes que no representan un gran esfuerzo para la empresa, sencillas y de pequeñas inversiones, que no implican cambios en los procesos ni en el sistema de gestión y mejora su desempeño ambiental.

b) Sustitución de materiales

Significa cambios en las entradas de los materiales que favorecen la minimización o eliminación de los materiales peligrosos que entran en el proceso de producción. Así mismo, los cambios en la entrada de materiales ayudan a evitar la generación de residuos peligrosos dentro de los procesos de producción. Estos cambios incluyen purificación de los materiales y sustitución de los mismos.

c) Cambios tecnológicos

Representan modificaciones del proceso y del equipo para reducir los residuos, prioritariamente en el ciclo de producción. Estos cambios incluyen cambios en el proceso de producción, cambios de equipos, flujo de materiales o tuberías de conducción, uso de automatización y cambios en las condiciones de operación de los procesos.

d) Reciclaje interno

Radica en la reutilización dentro de una actividad productiva. Se puede realizar a partir de tres acciones fundamentales:

- ✓ Volver a introducir un material dentro de la línea de flujo a la que pertenece.

- ✓ Volver a utilizar un material, dentro del mismo proceso productivo, pero no dentro de la misma línea de flujo.
- ✓ Utilizar el material no dentro de la misma actividad industrial, sino como insumo o materia prima para otra actividad industrial.

e) Reciclaje externo

Es la recuperación de material valioso y su reintegración dentro del ciclo económico que puede servir de materia prima en otra empresa. Ejemplos de estos materiales son: papel, cartón, plástico, vidrio, aluminio.

f) Rediseño del producto

Son los cambios de productos que se realizan con la intención de reducir los residuos que resultan del uso del mismo. Puede incluir sustitución del producto, mejoramiento de la conservación del producto y cambios en la constitución del producto.

1.6 P+L. Antecedentes en Cuba

La introducción de la P+L en Cuba se ha visto limitada parcialmente debido a su poca divulgación e inclusión en las estrategias ambientales. Otro factor es la necesidad de financiamiento e inversiones para llevar a cabo las modificaciones. Aun así, se debe resaltar la voluntad política para la aplicación de estos programas, los cuales no solamente mitigan los problemas ambientales sino que aumentan la productividad y rentabilidad de nuestras empresas. Algunos ejemplos de su aplicación en nuestro país son:

a) Combinado Industrial Cervecería Hatuey, Cuba-Ron:

La implementación de las propuestas de recuperación de residuales líquidos permite la recuperación del 15,65% del residual que se vierte a la bahía, ahorro por concepto de compra de combustible y agua, así como la venta de residuales sólidos (Reyes *and* Crespo, 2012).

b) Industria Azucarera (Ramos *and* Lorenzo, 2017)

Se enumeran un total de 140 acciones de P+L que se deben tener en cuenta en los ingenios azucareros, para evitar y reducir las emisiones, residuos, consumo de materias primas y energía, y de esta manera disminuir los riesgos, los impactos negativos y los costos de producción, lo que logra a su vez aumentar la eficiencia y eficacia de las producciones y los servicios.

La EMPet, insertada en el contexto de la industria cubana actual presenta las mismas limitaciones de recursos pero cuenta con la voluntad de la administración, técnicos y especialista para la introducción de técnicas avanzadas.

1.7 Beneficios de la P+L

Se mencionan como beneficios los siguientes:

- ✓ Reducción del consumo de materias primas y energías.
- ✓ Reducción de la necesidad de tratamiento de efluentes y ahorro de recursos en este tratamiento.
- ✓ Mejora el control de los costos y la satisfacción de criterios de inversión.
- ✓ Reutilización de materiales de la corriente de residuo.
- ✓ Disminución de desechos y emisiones generadas en el proceso.
- ✓ Elevación de los estándares de calidad.
- ✓ Facilita la implementación de las normas ISO 14000.
- ✓ Permite la incorporación del concepto de mejoramiento continuo.
- ✓ Asegura condiciones de trabajo óptimas en cuanto a higiene y seguridad del trabajo.
- ✓ Nuevas y mejoradas oportunidades de mercado.
- ✓ Aumento de la vida útil del producto.
- ✓ Armonización de las actividades con el ecosistema.
- ✓ Aumento de las ventas y las ganancias de la empresa.
- ✓ Un cambio positivo de la imagen empresarial, y mejores relaciones con

la sociedad en general.

Es importante resaltar que el beneficio económico puede ser directo o indirecto. El beneficio directo incluye ahorros en los costos de los materiales, energía, disposición de los contaminantes y un incremento en las ganancias, resultado del aumento en la productividad y la disminución del costo por peso. El beneficio indirecto incluye ahorros en multas y responsabilidades legales y menos gastos en el mejoramiento de la salud (UNIDO-UNEP).

Es precisamente atendiendo a estas ventajas que se considera muy importante la aplicación de P+L en todos los sectores para el mejoramiento de nuestra economía y nuestro sistema productivo. Al respecto, el lineamiento Nº 133 de la política económica de la Revolución referente a la ciencia, la tecnología y el medio ambiente enfatiza en la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad.

1.8 P+L. Metodologías para su implementación.

Existen varias metodologías de P+L. Durante este estudio se desarrollará la metodología recomendada para investigaciones, disponible en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, la cual consta de las siguientes etapas:

Etapa 1: Preevaluación

- a) Compromiso de la dirección de la institución.
- b) Conformación del equipo multidisciplinario.
- c) Establecer las metas.
- d) Búsqueda de información.

Etapa 2: Evaluación

- a) Caracterización del área y la empresa.
- b) Diagnóstico ambiental. Identificación de problemas ambientales.

- c) Flujo del proceso tecnológico.
- d) Balance de materiales y energía.
- e) Evaluar las causas que afectan la productividad.

Etapa 3: Síntesis

- a) Generar opciones de P+L (considerar prioridades de P+L).
- b) Evaluar las opciones de P+L.
- c) Establecer el plan de acción para su implementación.

1.9 Corrosión. Su efecto en la industria

La corrosión es la reacción electroquímica entre un metal y el medioambiente que resulta en la pérdida de material y sus propiedades. Puede ser general o localizada.

Según Agama Mosquera (2013), se entiende por corrosión, todo proceso electro- químico de degradación por oxidación-reducción de los materiales de construcción de tanques, tuberías y estructuras enterradas, sumergidas o en contacto con un medio conductor. La corrosión es una manifestación del deterioro que sufren los metales cuando interactúan con el medio en el que trabajan.

De acuerdo con la Administración Federal de Autopistas de EUA, en el año 2015 el costo directo anual aproximado de la corrosión para los Estados Unidos se estimó en USD 500 000 millones, lo que representa alrededor del 3.1 % del PIB de ese país. Los científicos estiman que entre un 25% y un 30 % de las pérdidas podrían evitarse si se emplearan buenas prácticas de manejo de la corrosión y estrategias preventivas.

Los lugares donde se desarrollan las operaciones petroleras a menudo ofrecen las condiciones ideales para la corrosión y transcurrido un tiempo, este fenómeno posee el potencial para degradar cualquier material y sus efectos pueden implicar un costo elevado para las operaciones, así como un costo indirecto significativo asociado con problemas de salud, seguridad y medio ambiente (Mackay *et al.*, 2016).

En las instalaciones de trabajo con petróleo y sus derivados las especies más corrosivas son CO₂ y H₂S (Koteeswaran, 2010; Rahuma *and* Kannan, 2014). Solo en el año 2008 las pérdidas económicas totales por corrosión para Cuba ascendieron a 1760 millones de pesos (Echeverría *et al.*, 2009). Semejantes cifras justifican la necesidad de tomar medidas para mitigar los daños provocados por la corrosión atmosférica.

1.10 Preparación de la superficie mediante chorreado

El tratamiento persigue como objetivo la eliminación del óxido, calamina y restos de pintura u otra materia extraña, y a la vez proporcionar el perfil de anclaje requerido para facilitar la adherencia de la capa primaria del recubrimiento al sustrato. Existen varios métodos para lograr esto:

a) Preparación manual o mecanizada

La preparación manual se usa en áreas pequeñas o reparaciones locales de defectos y se emplean para esto herramientas manuales tales como cepillos, piquetas, cinceles, lijas, etc. Este método no desprende completamente las incrustaciones que estén bien adheridas a la superficie. En la preparación manual mecanizada se usan herramientas eléctricas o neumáticas tales como esmeriladoras, lijadoras, cinceles o martillos para eliminar las impurezas. Este método tampoco desprende completamente las incrustaciones.

b) Chorreo abrasivo seco (*Sandblasting*)

Es el método de preparación superficial más extendido en la mayoría de las industrias y se utiliza en reparaciones de tanques para eliminar la calamina, óxido, pintura y cualquier material incrustado, además de producir el perfil de anclaje para la aplicación del recubrimiento (Kambham *et al.*, 2009).

c) Chorreado abrasivo húmedo (*Wetblasting*)

El chorreado en húmedo consiste en la proyección de abrasivo humectado mediante aire comprimido. Se trata de una técnica similar al chorreado con aire comprimido pero en este caso, se añade, aguas arriba de la boquilla de proyección una pequeña cantidad de líquido (habitualmente agua limpia) a la corriente de aire/abrasivo. La corriente de agua permite obtener un método de chorreado libre de polvo.

La adición de agua está totalmente supervisada, de modo que no gotee por la boquilla. De esta forma se consigue que cada una de las partículas de abrasivo, individualmente, estén envueltas por una finísima capa de líquido que, con la eclosión de la partícula, prevenga la formación de polvo alrededor de la superficie que esté siendo tratada. Para este tipo de aplicaciones, el agua empleada ha de tener un bajo contenido en sales que evite la contaminación de las superficies tratadas.

Este tipo de chorreado se aplica en la limpieza de piezas de todo tipo, incluso en aquellas de gran tamaño. Además, es aplicable a materiales metálicos con diferentes grados de oxidación, ya que el líquido que forma parte del proceso permite el control de la cantidad de polvo generada.

Este procedimiento se utiliza en áreas donde es prohibitiva la generación de polvo o la existencia de atmósferas explosivas. Después del tratamiento se enjuaga la superficie con agua para eliminar el abrasivo incrustado.

d) Chorreado con agua a ultra presión (*Hidroblasting*).

Este método se utiliza para la remoción completa de sistemas de pintura donde el tratamiento previo utilizado fue el chorreado abrasivo seco por lo que conserva su perfil de anclaje. También en el decapado de pintura para un repintado (Nace International, 2007).

1.11 Uso de la granalla como abrasivo

El proceso de granallado de superficies a través de la utilización de materiales abrasivos tuvo su inicio hace más de 100 años, cuando en 1870 Tilghman descubrió y patentó el principio de limpieza con chorro de arena

(Plaster, s/a).

Inicialmente, el granallado con arena se hacía a cielo abierto o en ambientes confinados sin sistemas de ventilación apropiados. De esta forma, no tardaron en aparecer los primeros problemas de silicosis para los operadores. Desde entonces, fueron introducidas muchas alteraciones en la técnica de limpieza, desarrollándose nuevos tipos de equipos y de abrasivos (Belloso, 2014).

Con respecto a las limitaciones de la arena con respecto al uso de abrasivos metálicos, se plantea que la arena genera mayor contaminación, trayendo consigo el incremento de enfermedades profesionales que pueden ocasionar a largo plazo la muerte de los trabajadores expuestos (Sierra, 2018), y que no se logra un perfil de anclaje adecuado para la adherencia del recubrimiento por lo que las empresas que todavía utilizan arenado no alcanzan un grado de eficiencia alto y rendimiento comparable a otras que están aplicando los nuevos abrasivos (Oblitas, 2018).

1.12 Uso de escoria de cobre como abrasivo.

Este abrasivo también conocido como abrasivo negro se obtiene principalmente de dos fuentes: la fundición de metal (cobre y níquel) y de las calderas para generar poder eléctrico (carbón). La escoria de cobre ha aumentado su demanda debido a su capacidad de limpieza, disponibilidad, bajo contenido de sílice (menos del 1 %), gran rango de medidas y su relativo bajo costo. Sus partículas duras y angulares le otorgan gran velocidad y capacidad de corte, haciéndola perfecta para una gran cantidad de usos. La principal desventaja al usar escoria de cobre es su alta fragilidad, la cual genera gran cantidad de polvo y limita su reúso. Este abrasivo es hoy el más utilizado en las obras de preparación de superficie en campo, debido a su reutilización (Nolasco, 2015).

Grandes cantidades de escoria de cobre son generadas como residuo en el proceso de fundición. Se estima que por cada tonelada de cobre producido, cerca de 2.2 toneladas de escoria son generadas (Coruh *et al.*, 2012).

Sin embargo el uso de este tipo de abrasivo genera desventajas como son:

- ✓ Medidas singulares de almacenamiento y manipulación
- ✓ Gran volumen de residuos
- ✓ Mayor gasto en mantenimiento de equipos
- ✓ Depende de importaciones y elevados precios
- ✓ Polución

Shanmuganathan P. (2008) estudió la caracterización toxicológica y estabilidad a largo plazo de la escoria de cobre y afirma que los metales pesados presentes en la escoria de cobre son muy estables, poseen muy baja lixiviación y no es probable que se disuelvan significativamente hasta en casos de lluvia ácida en un ambiente natural. La más alta concentración de los elementos extraídos por el procedimiento de extracción múltiple está por debajo de los límites admisibles. También se concluyó la estabilidad a largo plazo de la escoria y se considera segura para su uso en un gran número de aplicaciones. El estudio concluye que las muestras no son tóxicas y no representan un riesgo para el medio ambiente.

Se realizó una investigación en un astillero en el sur de la bahía Van Phon Bay de Vietnam para investigar las características de la escoria de cobre utilizada para remover depósitos marinos de la superficie metálica de los barcos y para preparar la superficie antes de pintar. Las muestras estaban fundamentalmente compuestas por Fe, Ca, Al y Si. Además contenían cantidades significativas de Cu, Zn, Mo, Pb, As y Cr. Elevados niveles de As y metales pesados fueron observados en la capa superior (0-10cm) lo cual puede ser explicado por la presencia de partículas de polvo de escoria de cobre que pueden haber sido dispersadas por el viento o la lluvia (Dung *et al.*, 2013).

Parece haber un consenso general en que la escoria de cobre presenta gran estabilidad pues la potencial lixiviación de los metales pesados y el arsénico presentes en la escoria es muy baja, alcanzando valores muy por debajo de las concentraciones permitidas. Aún el caso de la lixiviación por acidificación (más cercano este caso a las condiciones de la instalación por la frecuente lluvia ácida y los vapores sulfurosos) no representa un riesgo para el ambiente (Pérez, 2017).

La escoria de cobre es considerada entonces un pasivo ambiental (Nazer *et al.*, 2010) y puede permanecer en el lugar de acopio por décadas.

El potencial contaminante radica en las partículas más finas o polvo, producto de la rotura de granalla y el arrastre de pintura y metal de la superficie tratada. Estos polvos pueden ser inhalados e incorporados al organismo, representando un riesgo para la salud.

Al respecto, Abrasivos Mendiola S. A. (anexo 1) refleja en la ficha técnica del abrasivo su composición y principales características. Este producto contiene sólo un 2% de cobre, pero está compuesto por óxidos metálicos y metales pesados, los cuales afectan en mayor o menor medida al ser humano y al medio ambiente (Pérez, 2017).

1.13 Reciclaje interno de la granalla

El reciclaje normalmente se hace para que los abrasivos costosos puedan reutilizarse (Nace International, 2007).

Hay cuatro métodos principales de recuperación:

a) Método del tamiz

Los abrasivos pasan sobre una serie de tamices; el superior es la malla de tamaño grande que elimina los materiales de excesivo tamaño; el abrasivo restante cae a una malla más pequeña. El polvo y las partículas finas pasan a través de los tamices, dejando sólo el abrasivo utilizable en el mismo. El método puede hacerse a mano o mecánicamente.

b) Lavado con aire y malla

En este sistema de separación, los abrasivos de tamaño excesivo se eliminan mediante mallas mecánicas, el abrasivo se distribuye sobre una placa ancha inclinada que causa que el abrasivo caiga sobre el borde. Cuando cae, el abrasivo pasa a través de una corriente de aire a una velocidad predeterminada. El abrasivo pesado utilizable se transporta a una distancia corta y entonces cae a una tolva. Este método es considerado menos preciso

que el método de tamizado.

c) Método del agua

Debido a que usa agua, este método se emplea solamente con materiales no corrosivos, nunca con hierro y acero. En este método, los abrasivos pasan a través de un lavado de agua que separa el polvo y las partículas finas de las partículas gruesas. La velocidad ascendente del agua se reduce lo que causa que los abrasivos más pesados se depositen en el fondo del recuperador. Los abrasivos restantes se secan en un horno antes de reutilizarse. El método del agua es económico y es útil para reducir el polvo pero puede requerir cantidades grandes de agua que deben filtrarse y purificarse antes de liberarse a los desagües o ríos.

d) Método de ciclón

En este método de separación, el abrasivo es arrastrado a través de una manguera hacia un cilindro similar a una barredora de vacío de alto poder. El aire que se mueve rápidamente en el cilindro envía el polvo y los finos por fuera del tope del cilindro; los materiales más pesados, reutilizables, caen a una criba en el fondo.

1.14 Reciclaje externo de la granalla

La granalla metálica, y más específicamente la granalla escoria de cobre puede ser reutilizada varias veces en dependencia del nivel de contaminación que presente después de cada granallado (polvo, pintura, restos de metal) y del tamaño de partícula luego de su fracturación contra la superficie. Cuando carezca de utilidad para el proceso se puede reciclar e integrar a otros procesos como sustitución de materiales.

En Singapur se han rellenado lugares bajos y zonas costeras y ha servido para robarle terreno al mar (Lim *and* Chu, 2005).

En Chile se ha utilizado como relleno de caminos (Pérez, 2017) y se ha estudiado además la factibilidad de su sustitución por áridos en la

conformación del concreto, donde los mejores resultados se obtienen hasta un 50% del total de áridos (Cendoya, 2009; Chavan *and* Kulkarni, 2013).

La generación de residuos siempre genera impactos ambientales y su magnitud dependerá siempre del tipo de residuo y su cantidad por lo que el gran desafío es frenar la generación de los mismos mediante su reuso ya sea dentro o fuera del proceso productivo.

1.15 Limpieza con detergentes

Como primera acción sobre la superficie a tratar se aplica una limpieza con detergentes con el fin de eliminar grasas y sales minerales, evitando así la falta de adherencia y otras fallas tempranas en el recubrimiento.

El método está basado en la utilización de productos tales como el agua, emulsiones jabonosas y detergentes para eliminar grasas, aceites, polvos y sales solubles. Hay que resaltar que no elimina del todo la herrumbre y la cascarilla de laminación, este método de limpieza puede tomarse como una medida inicial para la eliminación de los contaminantes presentes en el sustrato. La solución limpiadora es aplicada suavemente o mediante equipo de presión, seguido de un lavado con agua natural y secado con equipo de vacío o simplemente utilizando aire seco. (Saldarriaga, 2012)

Según Yépez Guerrero (2011), los efectos de los detergentes son:

- ✓ Formación de espumas
- ✓ Inhibición de la oxidación
- ✓ Alteración de la transferencia y la disolución del oxígeno
- ✓ Perturbación de la sedimentación primaria
- ✓ Disminución del rendimiento de los procesos de tratamiento biológicos
- ✓ Acción sobre la flora nitrificante
- ✓ Alteración de la permeabilidad de los suelos
- ✓ Alteración del olor y el sabor de las aguas de consumo público
- ✓ Posibilidad de ejercer efectos tóxicos

En la Universidad Central de las Villas Marta Abreu se realizó una evaluación eco-toxicológica estandarizada del surfactante de la línea de los sulfatos

empleando el uso de un caracol dulceacuícola (*Physa Cubensis*) como herramienta para la evaluación de riesgos ambientales. Se evaluaron 4 detergentes comerciales y un detergente natural. Los resultados obtenidos en las diferentes formulaciones comerciales de los detergentes arrojaron que los detergentes comerciales son altamente contaminantes para el ecosistema. (Insua *et al.*, 2010)

En Nigeria fue investigada la toxicidad de concentraciones no letales de efluentes de jabones y detergentes industriales en el pez-gato africano *Clarias Gariepinus*. Las características físico-químicas del efluente analizado revelaron una elevada cantidad de sólidos suspendidos totales, un alto nivel de pH y un bajo contenido de oxígeno disuelto debido a la presencia de compuestos orgánicos en el efluente. (Ayandiran *et al.*, 2009)

Respecto a los daños que puede ocasionar a la salud humana, se ha determinado que algunos de los ingredientes presentes en los detergentes (fundamentalmente fragancias y agentes conservantes) causan alergias, debido a sus propiedades sensibilizantes (Magnano *et al.*, 2009; Yazar *et al.*, 2011) y que su uso generalizado tanto en el hogar como en la industria puede constituir un riesgo para la salud (Pérez *et al.*, 2011).

Las razones antes expuestas demuestran la inconveniencia del uso de detergentes industriales con pH elevados y altos contenidos de sosa, por lo que en la actualidad, la industria se encamina al uso de detergentes ecológicos, que no contaminen el medio ambiente.

1.16 Aplicación del recubrimiento

La aplicación de recubrimientos protectores (Montemor, 2014) es una de las alternativas más adecuadas para proteger superficies metálicas. Los recubrimientos de protección contra la corrosión deben tener una barrera física efectiva que impida el acceso de especies agresivas a la interface metálica, en especial cuando las estructuras se encuentran en ambientes hostiles como es el agua de mar. Adicionalmente, los recubrimientos protectores deben tener la capacidad de inhibir el proceso corrosivo cuando la barrera protectora es interrumpida.

La barrera de contención (Nace International, 2007) debe tener características

de fluidez uniforme, capaz de formar una película continúa y uniforme, debe adherirse firmemente a la superficie y ser capaz de impermeabilizar la superficie y protegerla del medio.

Dependiendo del tipo de pigmento o resina utilizada para recubrir las superficies, se puede encontrar una amplia variedad (esmaltes, lacas, barnices).

El sistema multicapa aplicado es entonces la combinación de varios factores en determinados porcentajes (inhibidores, resinas adecuadas, espesores y capas) para proteger de determinados ambientes corrosivos.

Dependiendo de su posición se denominan:

a) Primario

Destinada a proporcionar el anclaje y a inhibir la corrosión.

b) Secundario o enlace

Promueve la adherencia entre primario y el acabado, y proporciona la protección de barrera que impide la llegada del oxígeno.

c) Acabado

Capa exterior en contacto con el medio, impermeable, protege de los rayos ultravioleta y proporciona brillo y estética.

En la actualidad se emplean sistemas protectores multicapa con espesores que dependen del ambiente corrosivo y la velocidad de corrosión según ISO 12944-2 (2017).

1.17 Pinturas. Clasificación

Existen diferentes criterios para la clasificación de las pinturas, dependiendo del tipo de diluyente que poseen (Vidal *and* Natividad, 2013).

Se pueden clasificar en:

a) Pinturas en base disolvente

Debido a su facilidad de aplicación y versatilidad para cambios de color, ha sido el tipo más ampliamente utilizado en la industria.

Las pinturas en base disolvente convencionales tienen una concentración variable de disolventes que puede oscilar entre el 40 y el 60% en peso. Estos diluyentes contienen una mezcla de hidrocarburos aromáticos que son perjudiciales para la salud (Rahimi *et al.*, 2014; Fifel *et al.*, 2014)

En la fabricación de estas pinturas se suelen emplear una gran variedad de solventes como tolueno, xileno, nafta aromática y acetato de butilo, entre otros. Uno de los aspectos más relevantes en la aplicación de estas pinturas es la emisión de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) debido al contenido de disolventes que se utilizan en su formulación. Estos vapores suponen riesgos para la salud de los trabajadores y para la atmósfera, pues originan la formación de oxidantes fotoquímicos y ozono. El ozono, a nivel de superficie puede afectar la salud humana y provocar daños a los bosques, vegetación y cultivos. Además, varios compuestos son carcinógenos, mutágenos o sustancias tóxicas para la reproducción.

El uso de estas pinturas ha sido asociado al cáncer, al asma y la leucemia infantil, además de daños cerebrales, problemas pulmonares, dolores de cabeza, mareos y debilitamiento muscular (American Lung, 2015; Greenspec, 2015).

b) Pinturas en base agua

Se refiere a los sistemas de recubrimientos que utilizan agua como disolvente para dispersar la resina. Por lo general, contienen hasta un 80% de agua con pequeñas cantidades de otros disolventes, como éteres glicólicos, y el contenido en sólidos es similar al de las pinturas convencionales.

Este tipo de pinturas tiene un tiempo de secado mayor que las de base disolvente, lo que puede disminuir la productividad de la planta o requerir una inversión en un horno de secado. Además, es importante que la superficie

del sustrato esté limpia de cualquier resto de grasa o polvo para que el recubrimiento se adhiera bien y no presente defectos superficiales. Por ello, en algunos casos puede requerirse el uso de disolventes en el proceso previo de limpieza.

Los recubrimientos en base acuosa se han aplicado con éxito a superficies de metal, madera y plástico.

Asimismo, además de reducir las emisiones de VOCs durante la aplicación, los recubrimientos en base acuosa reducen el riesgo de incendio, son más sencillos de limpiar (generando menos residuos peligrosos) y existe una exposición reducida de los trabajadores a los vapores orgánicos.

1.18 Tendencias actuales en la utilización de recubrimientos

Las corrientes actuales en el uso de recubrimientos están encaminadas a satisfacer las necesidades más acuciantes tanto medioambientales como productivas y de rentabilidad (MCU Coatings, s/a).

Estas son:

- ✓ No uso de solventes
- ✓ No uso de abrasivos
- ✓ Uso de agua a presión
- ✓ Alta retención en bordes
- ✓ Tolerancia a la humedad
- ✓ Curado rápido con altos niveles de humedad
- ✓ Que se pueda aplicar en todas las condiciones climatológicas
- ✓ Superficies marginalmente preparadas
- ✓ Alto volumen de sólidos
- ✓ Protección del sustrato contra los ciclos húmedos y secos y las altas temperaturas.
- ✓ Tolerantes a la oxidación
- ✓ No inflamables
- ✓ Bajo Olor
- ✓ Libre de metales Pesados
- ✓ Pintado sin restricción de punto de rocío

- ✓ Trabajos en caliente (con tanque en servicio)
- ✓ Preparación de la superficie no tan compleja
- ✓ Tiempos de inducción cortos

La protección mediante el método de barrera puede combinarse con otros métodos de protección o medidas adicionales con un enfoque sistémico, como el SIPAYC, el cual utiliza también grasas, lacas y macillas para alargar la durabilidad del esquema de pintado.

1.19 Problemas ambientales durante el proceso de pintado

Durante la aplicación del recubrimiento (Vidal *and* Natividad, 2013) se generan problemas ambientales diversos como son:

a) Salud laboral

Es necesario conocer las propiedades toxicológicas de todos los productos que forman parte de la composición de la pintura (facilitada por el proveedor). También es de suma importancia conocer las vías de exposición de los productos en el ambiente. En este caso las principales vías de exposición son la vía respiratoria, y en menor medida, la absorción cutánea.

La empresa debe tener accesible la información más actualizada sobre el producto y las fichas de seguridad disponibles para todo el personal que manipule estos productos.

a) Consumo excesivo de pintura

Es una medida de cuánta pintura de la que se aplica acaba realmente en la pieza. Las mejoras en la eficacia de transferencia conducen a menores costos (ahorro de materias primas), residuos y emisiones.

b) Pulverizado sobrante

El pulverizado sobrante se define como la parte de recubrimiento aplicada

que no llega a la pieza y que se deposita en los alrededores de ésta (superficie de la cabina de pintura, filtros, bastidores, etc.)

c) Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera consisten principalmente en compuestos orgánicos volátiles que provienen fundamentalmente de los disolventes que se evaporan en la aplicación de la pintura, disolventes generados en el secado de la pintura y disolventes evaporados durante la limpieza de equipos e instalaciones. Asimismo, el aire de salida de las cabinas de pintado y secado, una vez filtradas las partículas de pintura que puedan arrastrar, contiene disolventes orgánicos procedentes de la evaporación de las pinturas. (Vidal *and* Natividad, 2013)

Conclusiones parciales del capítulo

- ✓ La P+L, como herramienta de gestión ambiental con enfoque integrado, ayuda a mejorar la eficiencia de la empresa y su relación con el medio ambiente
- ✓ La P+L en Cuba, se ha implementados con éxitos en la rama de los servicios y se muestra como una alternativa factible para el mantenimiento anticorrosivo.
- ✓ Se conocieron las características de las sustancias utilizadas durante el mantenimiento anticorrosivo y el daño que producen al hombre y al medio ambiente.
- ✓ Se pudo conocer cómo la gestión de los desechos puede ser factor para el incremento de la productividad y la mitigación de problemas ambientales

CAPÍTULO II Materiales y Métodos

En el siguiente capítulo se desarrolla la metodología a seguir para la implementación de mejoras durante el servicio de mantenimiento anticorrosivo que ejecuta la Empresa UEB EMPet División Matanzas en los tanques de almacenamiento de combustible de la Base de Supertanqueros de Matanzas.

2.1 Metodología de P+L

A continuación se muestra la metodología utilizada:

Etapa 1: Preevaluación

- a) Compromiso de la dirección de la institución.
- b) Conformación del equipo multidisciplinario.
- c) Establecer las metas.
- d) Búsqueda de información.

Etapa 2: Evaluación

- a) Caracterización del área y la empresa.
- b) Diagnóstico ambiental. Identificación de problemas ambientales
- c) Flujo del proceso tecnológico
- d) Balance de materiales y energía
- e) Evaluar las causas que afectan la productividad

Etapa 3: Síntesis

- a) Generar opciones de P+L (considerar prioridades de P+L)
- b) Evaluar las opciones de P+L
- c) Establecer el plan de acción para su implementación

2.2 Etapa 1: Preevaluación

2.2.1 Compromiso de la dirección con la institución

Muchas veces, la planificación de un proyecto comienza cuando dos o más integrantes de la dirección se muestran interesados, pero solo se inicia la evaluación de aplicación de mejoras al proceso después que el director general ha dado su aprobación. Sin el apoyo de la administración no se puede avanzar en la investigación o en la aplicación de opciones que mejoren la gestión productiva y medioambiental. Para que el éxito de cualquier proyecto sea factible, especialmente cuando es a largo plazo, es imprescindible que la gerencia quede convencida de las ventajas asociadas a las modificaciones e inversiones (gastos), y que se incluya el programa en los planes de la agencia. Esta será la fuerza impulsora, pues implica disponer de recursos materiales, humanos y financieros para lograr los objetivos propuestos.

2.2.2 Conformación del equipo multidisciplinario

Todos los departamentos afectados por la evaluación de P+L, o sea, que pudieran tener una relación con la aplicación del programa, deberán involucrar al menos a un representante en el equipo de trabajo. De esta forma, se constituye un equipo de técnicos de diversa formación y experiencia en los campos y áreas del proceso estudiado, y se tendrán varias opiniones y análisis de cada planteamiento.

2.2.3 Establecer las metas

Las metas deben ser ambiciosas para motivar a hacer un esfuerzo significativo dentro del proyecto y a la vez deben ser realistas para asegurar el éxito al llevarlas a cabo.

Algunos criterios a considerar en la elaboración de estas metas son:

- ✓ Efectos en la salud

- ✓ Metodología de disposición final de residuos
- ✓ Incremento en la productividad
- ✓ Emisiones contaminantes al aire, agua o suelo
- ✓ Costos por almacenamiento de residuos
- ✓ Condiciones de operación y proceso
- ✓ Costos por consumo de materias primas y portadores energéticos

Una vez definidas las condiciones del mantenimiento anticorrosivo en la Base de Supertanqueros en Matanzas, las entradas y salidas, se seleccionarán entonces de una manera más concluyente las metas previamente expuestas. Otras interrogantes frecuentemente usadas para la selección de estas pueden ser:

- ✓ ¿En cuál etapa se produce la mayor generación de residuos y emisiones?
- ✓ ¿Están identificadas las áreas u operaciones de mayores pérdidas económicas?
- ✓ ¿Cómo pueden reducirse los costos de las materias primas y de los energéticos?
- ✓ ¿Se cumplen los reglamentos y normas actuales?
- ✓ ¿Cuáles son los costos por el manejo de residuos y emisiones?
- ✓ ¿Cuáles son los riesgos de seguridad para el personal y el entorno?
- ✓ ¿Se cuenta con el potencial para reducir la generación de residuos?
- ✓ ¿Existe el presupuesto para la realización de las opciones de mejoras?
- ✓ ¿Cuáles son las expectativas de la empresa en cuanto a su competitividad?

2.2.4 Búsqueda de información

Se analizó la documentación relacionada con el proceso tecnológico de mantenimiento anticorrosivo y las operaciones que lo componen, con el fin de conocer sus características y particularidades, y lograr una mejor comprensión de todas sus operaciones, eficiencia y calidad. También se estudiaron documentos sobre el centro y las actividades que realiza para cumplir las legislaciones vigentes sobre el medio ambiente, su cuidado y

preservación; así como normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y su implementación. De esta forma se puede determinar en qué partes del proceso pueden originarse emisiones y las causas que lo originan.

Los materiales consultados son:

- ✓ EM-GA/I 10-02. Planificación Ambiental. 15/10/17. En este documento se establecen las bases para formular la Planificación Ambiental que permite cumplir la Política Ambiental aprobada por la organización.
- ✓ EM-GA/I 10-05. Capacitación ambiental. 15/11/18. Aquí se establecen las bases para la confección de los programas de capacitación, educación y divulgación ambiental para los trabajadores de la EMPet.
- ✓ EM-GA/I 10-09. Identificación de aspectos ambientales y aspectos ambientales significativos. 15/10/17. Se establecen los lineamientos para la identificación de los aspectos ambientales y aspectos ambientales significativos asociados a las actividades de la EMPet, como paso final en la ejecución de la revisión ambiental inicial según la NC ISO 14001:2015.
- ✓ EM-GA/I 10-14. Manejo de desechos. 15/10/17. Trata sobre cómo cumplir con la recuperación y reutilización de los desechos y entrega o venta a Materias Primas, que se deriven de los procesos de producción, reposiciones de maquinarias, equipos e instalaciones, equipamiento electrónico, etc.
- ✓ EM-GA/I 10-19. Manejo de productos químicos peligrosos. 15/11/18. En este documento se trata sobre cómo garantizar un manejo ambientalmente seguro de los productos químicos peligrosos usados en los procesos de reparación y construcción de tanques y procesos auxiliares asegurando el cuidado al medioambiente así como la seguridad y salud de los trabajadores.
- ✓ EM-GD/D 10-03. Proyección estratégica de la EMPET 2018-2023. 28/09/18. Se Define la proyección estratégica para la Empresa de Mantenimiento del Petróleo hasta el 2023.
- ✓ OC-MA/P 07. Gestión Integral de Desechos. 07/02/18. Establece el mecanismo para la gestión integral de los desechos generados en las

entidades de la Unión Cuba Petróleo.

- ✓ EM-SS/P 10-11. Organización de trabajos peligrosos. 01/11/18. Este procedimiento permite identificar los trabajos peligrosos que se realizan en el centro y definir los tipos Permisos de Seguridad para la realización de los trabajos.
- ✓ EM-GA/D 10-05. Responsabilidades. 15/10/17. Establecer las responsabilidades de los dirigentes, técnicos y trabajadores para la implementación y mantenimiento del Sistema de Gestión Ambiental en la EMPET.
- ✓ OC-TC/P 02. Preparación de superficie y aplicación de recubrimientos en tanques de almacenamiento de hidrocarburos y sustancias afines. 01/19. Establece la metodología para la ejecución de la protección anticorrosiva mediante recubrimientos en tanques para almacenamiento de hidrocarburos y sustancias afines.
- ✓ OC-TC/ P 01. Selección de sistemas de protección anticorrosiva mediante recubrimientos. Enero 2019. Este documento establece los requisitos mínimos de selección de sistemas de protección anticorrosiva a base de recubrimientos para superficies de hierro y acero expuesta a diferentes condiciones, así como los requisitos mínimos de aceptación, manejo, identificación y pruebas que deben cumplir los recubrimientos utilizados en instalaciones de CUPET.
- ✓ Tablas de consumo de materiales en el año 2018. Estas tablas se archivan en los ordenadores de los especialistas en corrosión
- ✓ Vales de salida a Órdenes de Trabajo. Aquí se muestran las cantidades de insumos utilizados en el año durante el mantenimiento anticorrosivo y los precios en CUC y MN.

2.3 Etapa 2: Evaluación

2.3.1 Caracterización del área y la empresa

Se realizará un estudio de las características del área geográfica donde se ejecutan los trabajos de mantenimiento anticorrosivo, esto es: el entorno de la Empresa de Supertanqueros en Matanzas, para conocer la vulnerabilidad

de esta región ante los efectos contaminantes de los trabajos y las vías de propagación de la contaminación.

Se analizará, además, la estructura que presenta la empresa y las actividades económicas que realiza, su misión, visión y política de calidad.

2.3.2 Diagnóstico ambiental. Identificación de problemas ambientales

Se realizará una inspección a las áreas de trabajo para identificar los problemas medioambientales en cada una de las etapas del proceso. Mediante la Observación Directa y la toma de fotografías se pudieron detectar, sin interferencias de opinión o valoración de terceros los problemas ambientales generados por la actividad de mantenimiento anticorrosivo.

2.3.3 Flujo del proceso tecnológico

Para comprender mejor el proceso tecnológico y cómo se relacionan entre sí las distintas operaciones de la empresa desde la transformación de las materias primas hasta el producto final, se desarrollará el diagrama de flujo del proceso.

Se identificarán las entradas y salidas de materias primas y auxiliares así como los destinos finales de productos y desechos, y se determinarán los niveles de recirculación interna, reciclado y reutilización de los desechos.

2.3.4 Balance de materiales y energía

En la presente investigación se tendrán en cuenta todos los servicios de mantenimiento anticorrosivo ejecutados por la empresa a instalaciones petroleras durante el año 2018. Se confecciona una tabla resumen con el objetivo de evaluar el consumo de materias primas y las corrientes de desecho generadas durante el proceso. Como fuente de información para elaborar este balance se tienen:

- ✓ Registros de Compra de Materias Primas.

- ✓ Presupuestos para los trabajos de mantenimiento anticorrosivo.
- ✓ Vales de salida de productos

2.3.5 Evaluar las causas que afectan la productividad

Durante las visitas a las áreas de trabajo se entrevistan obreros y jefes de brigada acerca de las condiciones de trabajo, las condiciones de operación de los equipos y accesorios, la organización de las áreas, el aprovechamiento de recursos, así como la generación de desechos y su tratamiento. El cuestionario aplicado se encuentra en el anexo 2.

Una vez identificadas las áreas donde existe un funcionamiento inadecuado se debe proceder a proporcionar las respuestas a las preguntas por qué, dónde, cuánto y cuándo se generan emisiones, residuos y las principales pérdidas. Mediante el método tormenta de ideas y las herramientas de control de calidad Pareto e Ishikawa se puede determinar qué cambios hay que efectuar para alcanzar una mayor productividad.

- **Método Tormenta de ideas**

Se sostendrán charlas con especialistas y obreros de las áreas de la entidad afectadas por la evaluación, para tener en cuenta sus valoraciones al seleccionar y establecer las metas y opciones de mejoras. Estas áreas son:

- ✓ Área de mantenimiento anticorrosivo (Jefe de brigada, pintores y operadores de equipos de alto riesgo)
- ✓ Taller de Mecanización (Especialista A en explotación de equipos y mecánico)
- ✓ Departamento de Seguridad y Salud del Trabajo (Especialista)
- ✓ Departamento de Calidad (Especialista)

- **Pareto**

El Diagrama de Pareto es un método de análisis sencillo y gráfico, para todo

tipo de actividad, que posibilita discriminar entre las causas más importantes de un problema y determinar donde el impacto de las opciones de mejoras será mayor.

Este método se enfoca en detectar el problema más importante y su causa más relevante. Su éxito consiste en alcanzar la mejora más significativa con un esfuerzo menor. Esto se conoce como Ley 80-20 o Pocos vitales, muchos triviales y enuncia que un 20% de los elementos generan el 80% del efecto. El diagrama de Pareto se utiliza para identificar el principal problema y, una vez resuelto, plantear nuevamente esta herramienta básica de control de calidad.

- **Ishikawa**

El diagrama de causa – efecto o diagrama de Ishikawa (su creador fue Kaoru Ishikawa) es también conocido como espina de pescado y es un método gráfico que relaciona el efecto con sus causas potenciales.

Las causas que afectan la productividad pueden deberse a diversos factores:

Causas relacionadas con las materias primas:

- ✓ Calidad de materias primas
- ✓ Sistema de administración de compras
- ✓ Inadecuado almacenamiento y despacho
- ✓ Condiciones de la obra

Causas relacionadas con la tecnología

- ✓ Falta de Mantenimiento e Inadecuada Operación
- ✓ Mala Disposición de las Instalaciones
- ✓ Elevadas pérdidas durante la ejecución de los trabajos.
- ✓ Tecnología atrasada
- ✓ Falta de equipamiento

Causas relacionadas con las prácticas operativas:

- ✓ Falta de Personal Calificado
- ✓ Desmotivación de los Empleados

Causas relacionadas con los residuos.

- ✓ No se tiene un programa de reuso
- ✓ No se tiene un programa de reciclaje
- ✓ No se tiene una estimación de costos por el concepto de generación de residuos

2.4 Etapa 3: Síntesis

2.4.1 Generar opciones de P+L (considerar prioridades de P+L)

Conociendo las principales causas que afectan la actividad productiva así como las principales fuentes de generación de residuos y emisiones se inicia el reconocimiento de acciones correctivas utilizando métodos de trabajo en equipo con el jefe de proyecto como facilitador. Con esto, las opciones de mejora estarán mucho más enriquecidas. Durante el desarrollo de esta fase se considerarán como aspectos primordiales los siguientes:

- a) Cambios en las materias primas.

Un cambio en las materias primas permite la disminución de los residuos generados, y la durabilidad de los esquemas de mantenimiento aplicados.

- b) Cambios y modificaciones en las tecnologías.

Estas reformas tienen como objetivo incrementar la productividad, modificar los procesos de alta generación de residuos y emisiones de contaminantes, así como el uso eficiente de materias primas y portadores energéticos.

- c) Cambios en las condiciones de operación.

Permite incrementar la eficiencia del proceso a través de la reorganización de los puestos de trabajo, la capacitación del personal y el mejoramiento de las condiciones de ejecución de los trabajos.

d) Buenas prácticas operativas

Consiste en la adopción de procedimientos operativos y administrativos que permitan operar dentro de los parámetros establecidos, reducir el tiempo de ejecución de los trabajos, emisiones y residuos, y el hacer un uso eficiente de materias primas y portadores energéticos.

e) Reúso y reciclaje de los residuos.

El interés por estas actividades trae como resultado la recuperación de materias útiles y la adopción de procedimientos que promueven el uso adecuado de materias primas, reduciendo de esta forma el gasto innecesario de recursos.

2.4.2 Evaluación de las opciones de P+L

Se realizará entonces una valoración económica para determinar si las opciones a implementar son adecuadas o no, y si le ofrecen ganancias a la empresa. Se realiza además una valoración de ahorro por consumo de materias primas.

Para determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental, las opciones seleccionadas deben de ser sometidas a las siguientes evaluaciones:

- ✓ Opciones Técnicas vs Procedimientos
- ✓ Opciones relativamente sencillas vs Opciones complejas
- ✓ Opciones de bajo, medio o alto costo

- **Evaluación económica**

Con esto se determina si las opciones a implementar son factibles y

representan ganancias para la empresa. Esto representa el éxito del proyecto y de cualquier tipo de inversión.

La evaluación económica se hace considerando los criterios de:

a) Valor Presente y Futuro de la Inversión (VAN)

Este se define como el valor actual de los flujos de caja esperados, siendo estos los flujos de ingresos y egresos en efectivo, generados por un proyecto durante su vida útil.

En la práctica se asume, generalmente, que la tasa de descuento es constante durante el período de vida útil del proyecto, lo que permite simplificar el modelo de cálculo del VAN de la forma siguiente:

$$\text{VAN} = -I + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n} \quad \text{Ec. 2.1}$$

donde:

I = Costo Inicial de inversión (MT)

FC = Flujo de caja (MT)

n = Período de vida útil (años)

k = Tasa de descuento

criterio de selección:

$\text{VAN} > 0$ se acepta el proyecto $\text{VAN} < 0$ se rechaza el proyecto

Si los proyectos son excluyentes se escogería el que mayor VAN tenga.

a) Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa que iguala a 0 el VAN del proyecto. Es decir, aquella tasa de descuento que iguala el valor actual de la corriente de cobros con el valor actual de la corriente de pagos. Expresada analíticamente esta definición, el modelo matemático para su cálculo sería el siguiente:

$$TIR = -I + \frac{FC_1}{(1+r)^1} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+r)^n} \quad \text{Ec. 2.2}$$

donde:

r = Tasa interna de rentabilidad

Criterio de decisiones.

Si $r < TIR$ se acepta el proyecto.

Si $r > TIR$ se rechaza el proyecto.

$TIR A > TIR B$ se acepta A.

La TIR nos dará la rentabilidad anual del proyecto. Por este motivo el criterio de selección corresponderá no solo al proyecto que tenga la mayor TIR, pues esta constituirá una condición necesaria pero no suficiente, sino que; además, se requiere se cumpla que $r > k$, es decir, que el valor de la TIR tiene que ser mayor que la tasa de actualización utilizada, solo así se podrá garantizar que se obtiene la rentabilidad mínima exigida al proyecto.

b) Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es el período de tiempo necesario para recuperar el capital invertido en forma de flujo de efectivo de un proyecto. De forma analítica, puede calcularse como:

$$PRI = C_0 / C_j \quad \text{Ec. 2.3}$$

dónde:

C_0 = Costo de la inversión

C_j = Entrada promedio anual por concepto de ahorro

Este indicador económico da una medida de cuándo se recuperará la inversión. Si el objetivo principal es recuperar el dinero invertido lo más pronto posible o se analizan tecnologías que cambian significativamente en períodos de tiempos cortos, este es el mejor método de evaluación de una alternativa dada. Según estos indicadores, se selecciona la alternativa que sus inversiones

tengan un VAN positivo, siendo más interesante cuanto mayor sean el VAN y menor el PRI

- **Evaluación ambiental.**

Esta evaluación tiene como objetivo determinar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energéticos, consumo de materia prima, etc. Como criterio de selección debe darse mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala.

- **Cálculos**

Para estimar el consumo del recubrimiento durante los trabajos deben tenerse los espesores de película húmeda y seca y los % de sólidos por volumen. Con estos datos se calculan entonces los rendimientos teóricos y prácticos, y finalmente el consumo del recubrimiento por unidad de área. Con el consumo y el área total conocida, se calculará la cantidad de pintura que se necesita para llevar a cabo los trabajos.

Las fórmulas son las siguientes:

Espesor de película seca

$$EPS = \frac{EPH * \% \text{ volumen sólidos}}{100} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Espesor de película húmeda

$$EPH = \frac{EPS * 100}{\% \text{ volumen sólidos}} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Contenido de sólidos en volumen (este dato viene reflejado en la ficha técnica del producto)

Rendimiento teórico

$$R_t = \frac{\% \text{ sólidos en volumen} * 10}{EPS} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Rendimiento práctico

Determinado el % de pérdidas se puede hallar el rendimiento práctico con la siguiente ecuación:

$$R_p = R_t - \frac{R_t * \% \text{ pérdidas}}{100} \quad \text{Ec. 2.7}$$

Consumo total

$$C = \frac{At}{R_p} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Para granalla y detergente se asumirán las normas de rendimiento del centro, 42 kg/m² y 1 L/20 m²

$$C = \frac{At}{R} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Para el consumo de diluyentes las normas de consumo de la empresa.

Para los gastos por mano de obra se tomarán en cuenta los salarios básico y móvil, las vacaciones y los impuestos.

Para los gastos por consumo de agua se calculará el caudal de los equipos de bombeo, las normas de avance (m²/h), y el precio del agua.

- **Análisis granulométrico**

Se realizará un análisis granulométrico de la granalla fraccionada según la Norma ASM C 136-06 (2006). Este método es usado fundamentalmente para

la determinación de la distribución de tamaño de partícula en materiales propuestos para su uso como agregados o siendo usados como agregados.

En nuestro experimento se procederá a determinar el porcentaje de granalla usada que su diámetro nominal se encuentre entre 0.25 y 1.4 mm

2.4.3 Establecer el plan de acción para su implementación

Al concluir esta investigación se resumen los cálculos y los resultados de las evaluaciones de las opciones de mejoras analizadas y se entregan a la gerencia de la empresa.

CAPÍTULO III: Análisis de los resultados

En este capítulo se presentan los resultados de la aplicación de la metodología de investigación descrita en el Capítulo II.

3.1 Etapa 1: Preevaluación

3.1.1 Compromiso de la dirección de la institución

La dirección de la UEB se traza planes para la consecución de una producción cada vez más eficiente, con la intención de cumplir todos los indicadores de calidad y cuidado al medio ambiente. Son estos planes las razones para la investigación constante y la aplicación de medidas de P+L en el servicio de mantenimiento anticorrosivo. Esto se refleja durante la confección, discusión y aprobación del Plan de Negocios anual, que a su vez es la razón para la aplicación de medidas para mejoras continuas.

3.1.2 Conformación del equipo multidisciplinario

El equipo conductor del proyecto está integrado por una estructura organizativa que incluye especialistas de los departamentos Técnico, Operación y Mecanización. El proyecto está encabezado por el tutor y el autor de la investigación.

Se procedió a delimitar las responsabilidades por áreas y las tareas a realizar:

- ✓ Especialista en control de la calidad. (Departamento Técnico)
Revisión de normas, procedimientos y documentación relacionada con la estructura de la empresa y los procesos productivo, tecnológico y organizativo.
- ✓ Especialista en temas medioambientales (Departamento Técnico)
Revisión de normas, regulaciones y auditorías ambientales realizadas en la agencia.
- ✓ Especialista en Seguridad y Salud del Trabajo (Departamento Técnico)
Revisión de documentación relacionada con métodos de

protección, condiciones de trabajo, etc.

- ✓ Jefe de brigada de mantenimiento anticorrosivo (Departamento Operaciones)

Control de las condiciones de operación, flujo operacional, estado y funcionamiento de equipos y agregados, principales fallas y averías, etc.

3.1.3 Establecer las metas

Las metas de P+L se establecieron con la participación del equipo de dirección del proyecto y el grupo de expertos. Se tuvo en cuenta la revisión documental y las estrategias propuestas por la dirección de la empresa.

Se establecieron como metas:

- ✓ Reorganizar el proceso productivo de forma tal que se reduzcan los tiempos del mantenimiento anticorrosivo y aumente la productividad.
- ✓ Reciclaje y reuso de residuales.
- ✓ Reducir los costos por consumo de materias primas.
- ✓ Eliminar el uso de materiales peligrosos y tóxicos.
- ✓ Reducir la cantidad y toxicidad de las emisiones y residuos.

3.1.4 Búsqueda de información

Luego de estudiar los documentos mencionados en el epígrafe 2.1.4, se ha podido verificar que la empresa mantiene un Programa Ambiental actualizado para alcanzar los Objetivos y Metas Ambientales. Este constituye la herramienta fundamental para medir el desempeño ambiental de la empresa.

Algunas de las acciones que incluye el programa son:

- ✓ Estudios del proceso y sus emisiones, inversiones en tecnología y equipos, programas de monitoreo y sistemas de tratamiento.

- ✓ Como parte de la Educación Ambiental se incluyen las actividades de formación, desarrollo e información.
- ✓ Programas de auditorías.

Se puede apreciar la organización del sistema de gestión ambiental y el interés del centro por lograr la introducción de nuevas tecnologías, tanto de gestión como productivas, que permitan elevar la eficiencia y garanticen las soluciones a los principales problemas ambientales que genera la actividad.

Los desechos reflejados en el Plan de Desechos Reciclables son:

a) Chatarra metálica:

- ✓ Chatarra ferrosa (acero fundido y acero inoxidable)
- ✓ Chatarra no ferrosa (radiador de bronce, piezas de bronce, radiador de cobre, tubos de cobre y baterías de plomo)

b) Chatarra no metálica (neumáticos, desechos plásticos, papel y sus derivados, cartón, chatarra)

c) Chatarra electrónica (medios de computación, baterías de backup, celulares y otros equipos electrónicos en desuso y que no puedan reutilizarse en la entidad)

Se aprecia la ausencia en este Plan de Desechos Reciclables de desechos reciclables producidos durante la actividad de mantenimiento anticorrosivo.

Los mismos son:

- ✓ Envases metálicos de productos ya utilizados (pinturas, solventes, detergentes)
- ✓ Granalla fraccionada

En los documentos analizados se clasifican como productos químicos peligrosos las pinturas y los solventes en el recubrimiento de las superficies

de los tanques. Se verifica en todas las áreas donde se manejen productos químicos peligrosos la existencia de las fichas con los datos de seguridad. Además, en los almacenes se verifica su correcto almacenamiento y rotación para evitar caducidad y derrames.

Estudiar las normas y procedimientos para la actividad mantenimiento anticorrosivo permitió una mayor comprensión de todas las etapas del servicio, desde la limpieza inicial hasta la aplicación de la última capa del recubrimiento, así como del avance y del rendimiento de los materiales durante los trabajos. También se conocieron los diferentes equipos y accesorios que intervienen en el proceso y los parámetros técnicos requeridos para cada actividad.

Mediante el estudio de las tablas de suministro de insumos se pudo hacer una tabla detallada de todos los productos utilizados y sus cantidades. Esto nos permitió conocer el consumo de materiales anticorrosivos en un año natural. La revisión de las órdenes de trabajo y presupuestos aprobados para cada trabajo permitió relacionar los precios de los productos actualizados hasta el mes de mayo del año 2019.

3.2 Etapa 2: Evaluación

3.2.1 Caracterización del área y la empresa

a) Estructura

La UEB EMPet División Matanzas es una empresa que brinda servicios de mantenimiento anticorrosivo a instalaciones petroleras, con un radio de acción que abarca el territorio desde Jaruco, en la provincia de Mayabeque, hasta Cabaiguán, en Sanctis Spiritus, con un volumen instalado de tanques aproximado de 780000 m³ bajo su supervisión, siendo la provincia de Matanzas donde se encuentra la mayor capacidad emplazada, y la Empresa de Supertanqueros la mayor almacenadora del país. (Méndez, 2018)

La estructura organizativa de la unidad (anexo 3) presenta el Director General del proyecto, al cual se subordina un primer nivel integrado por los departamentos de Operaciones, Mecanización, Técnico, Logística, Económica

Financiera, Recursos Humanos, Seguridad y Protección.

El Departamento de Operaciones se compone por 4 Brigadas de Montaje Industrial, 3 Brigadas de Tratamiento anticorrosivo y 1 Brigada de Trabajo Civil, además de 1 Grupo Técnico.

El Departamento Técnico está integrado por los grupos Planificación y Control y Seguridad y Salud del Trabajo.

El Departamento Mecanización está integrado por equipos complementarios y equipos de transporte.

Aunque la UEB tiene autonomía para ofrecer servicios y cerrar contratos con los clientes, no puede realizar inversiones ya que depende, en este sentido, de la Casa Matriz. Todos los materiales, materias primas y equipos de trabajo son enviados desde La Habana.

a) Misión

Prestar servicios especializados a la industria petrolera en la construcción, mantenimiento y reparación de capacidades de almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados, sobre la base de tecnología de avanzada, la responsabilidad con la vida y el medioambiente y la profesionalidad de todo el personal.

b) Visión

Ser una empresa de excelencia en la construcción, mantenimiento y reparación de capacidades de almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados.

c) Política de la Calidad

Satisfacer los requerimientos y expectativas de los clientes y otras partes interesadas a través de la prestación de servicios especializados a la industria petrolera en la construcción, mantenimiento y reparación de capacidades de almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados. Apoyados en la implementación y mejora de un sistema de gestión de

calidad basado en la norma NC ISO 90001: 2015 y con el personal competente, en constante capacitación, motivado, comprometido y con valores éticos.

La alta dirección se compromete a establecer los objetivos de la calidad, a asegurar la disponibilidad de recursos y revisar el sistema de gestión en períodos planificados, para garantizar la satisfacción de los requisitos del cliente, así como legales y reglamentarios.

d) Situación geográfica del espacio donde se realizan los trabajos

La Empresa Comercializadora de Combustibles se encuentra en el municipio Matanzas, al noroeste de la bahía, en el kilómetro 8 de la carretera de la Zona Industrial. En la franja litoral donde está ubicada la empresa existen otras fábricas que con sus emanaciones contribuyen a la agresividad de la atmósfera que se incrementa por su condición de atmósfera marina. Resulta peligroso además la cercanía de un núcleo poblacional y una amplia zona de la ciudad.

3.2.2 Diagnóstico ambiental. Identificación de problemas ambientales

Durante las visitas a las áreas se observaron problemas ambientales generados durante el mantenimiento anticorrosivo. En la tabla 3.1 se muestran estos problemas y la actividad donde se producen.

Tabla 3.1 Problemas ambientales detectados

Actividad	Aspecto
Enjuague y desengrase	Consumo no controlado de agua
	Generación de líquidos con alto contenido de sosa
	No existe canalización de residuales líquidos provenientes del fregado y desengrase
	Generación de desechos sólidos (granalla fraccionada)
Preparación de la superficie (chorreado abrasivo)	Generación de polvos (óxidos, restos de pintura, polvo de granalla)
	Derrames de granalla por malas condiciones de Almacenamiento
	Bolsas vacías de granallas en el suelo
	Generación de desechos sólidos (envases vacíos de pintura, diluyentes y detergentes)
Aplicación del recubrimiento	Derrame de pinturas, barnices, diluyentes y combustibles
	Insuficiente iluminación en trabajos en interiores
Generales	Generación de desechos líquidos oleosos. Derrames de aceite
	Falta de baños y facilidades para los trabajadores
	Hacinamiento

3.2.3 Flujo del proceso tecnológico

La aplicación de un sistema de recubrimiento es un método efectivo de protección de tanques de acero contra la corrosión o contaminación por producto y consta de las siguientes etapas:

- a) Lavado y desengrase inicial

Esta actividad se realiza mediante el uso de detergentes y un chorro de agua a alta presión. Se aplica sobre el sustrato, a baja presión, un agente desengrasante y se espera el tiempo normado por el fabricante, luego se retira el agente desengrasante mediante agua a alta presión a temperatura

ambiente. Este pretratamiento se realiza con el objetivo de remover contaminantes como grasas y sales.

b) Preparación de la superficie

El tratamiento de la superficie persigue como objetivo la eliminación de óxido, calamina, y restos de pintura u otra materia extraña y a la vez proporciona el perfil de anclaje necesario para facilitar la adherencia del primario al sustrato. En el proceso de chorreado se generan una gran cantidad de desechos sólidos tales como óxidos, restos de pintura, granalla, polvo, etc., dichos desechos se van acumulando y deben ser retirados de la superficie para que al soplar la superficie no deje partículas atrapadas en el sustrato durante el secado y curado del recubrimiento.

c) Aplicación del recubrimiento.

Una vez que está preparada la superficie se procederá a cubrir las zonas chorreadas lo más rápido posible, particularmente en atmósferas muy corrosivas. Los sustratos que hayan sido recubiertos y medie días entre la capa aplicada y la nueva a aplicar y hayan estado expuestos a atmósferas marinas y/o industriales se consideran contaminados y deberán ser lavadas con agua dulce a baja presión antes de pintarlos.

A continuación se comenta la estrategia de trabajo asumida por el centro para acometer las tareas de mantenimiento.

1. Para los trabajos en exteriores

- ✓ Eliminación de la escoria y salpicaduras de soldadura que hayan podido quedar de los trabajos mecánicos. Nivelación de los bordes agudos, cordones de soldadura y marcas de cortes. Eliminación de estructuras auxiliares.
- ✓ Eliminación de las grasas gruesas existentes con trapo y espátula. Aplicación de *Hempel'S Navi Wash 9933S* al 50 % entre 45 min y 2 horas. Aclarar con abundante agua dulce a presión, cepillando al

mismo tiempo con cepillo de cuerda vegetal en las zonas más contaminadas.

- ✓ Chorreado abrasivo hasta alcanzar un grado de limpieza de la superficie Sa 2
½ por Norma ISO 8501-1, con perfil de anclaje de 75-90 µm. Soplado con aire comprimido para eliminar los restos de polvo y pintura.
- ✓ Aplicación del primario: imprimación con epoxi de dos componentes con alto contenido de zinc activado (*Hempadur Avantguard-750*), con un espesor seco de 100µm.
- ✓ Lavado con agua dulce a presión.
- ✓ Reforzamiento de uniones soldadas y cantos vivos a brocha con epoxi curado con aducto de poliamida.
- ✓ Aplicación de la segunda capa: epoxi de capa gruesa curado con aducto de poliamida (*Hempadur 04588*), con 100 µm de espesor seco.
- ✓ Lavado con agua dulce a presión.
- ✓ Capa de acabado con esmalte poliuretano brillante de dos componentes a base de isocianato alifático (*Hempathane 05593*) con espesor seco de 75µm.

2. Para los trabajos pre-montajes

Se preparan en banco (anexo 4) las planchas, columnas y vigas para el techo ya que estas se convertirán luego en zonas sobre-cabeza o de difícil acceso, también hay lugares donde las planchas se superponen a las vigas y ya instaladas no es posible protegerlas efectivamente.

- ✓ En banco, a estas piezas se les aplican 2 capas de pintura con epoxi fenólico (*Hempadur 8567*).
- ✓ Luego de ser transportadas hasta su ubicación final se corrigen los defectos causados por la manipulación. Para lograr esto se procede a un granallado ligero (con granalla fina, M-60) ya que este producto pasó su intervalo de repintado.
- ✓ Las dos últimas capas se aplican en la posición final

3. Para mantenimientos exteriores

Para los trabajos de mantenimiento en el exterior (cuando sólo la última capa de recubrimiento presenta daños) utilizamos un chorreado abrasivo ligero con granalla a todo el exterior del tanque, para decapar pintura de acabado. A continuación se continúa con el procedimiento para exteriores.

4. Para trabajos en fondos interiores

- ✓ Lavado y desengrase.
- ✓ chorreado abrasivo ligero con granalla M-25 a todo el fondo del tanque, para lograr un perfil de anclaje adecuado sobre la última capa y reponer el espesor de proyecto

Como criterios generales se tienen que:

- a) Los tiempos de repintado mínimo y máximo están normados por el fabricante del recubrimiento.
- b) Para aplicar el recubrimiento o realizar el chorreado se deben controlar las condiciones atmosféricas de la siguiente forma:
 - ✓ La temperatura atmosférica debe ser mayor que 5°C
 - ✓ La temperatura de la superficie no puede ser mayor de 40°C
 - ✓ La diferencia entre la temperatura de punto de rocío y la temperatura de la superficie debe ser mayor de 3°C
 - ✓ La velocidad del viento debe estar por debajo de los 40km/h
 - ✓ La Humedad Relativa no debe ser mayor del 75%

Como se puede observar en el anexo 5 el mantenimiento anticorrosivo se divide en las siguientes subetapas:

- ✓ Paso 1

En esta etapa se utilizan detergentes, agua para la formulación del

líquido desengrasante y para el enjuague y combustible para el bombeo de agua.

Como contaminantes tenemos envases vacíos de detergente así como agua de lavado, grasas, aceites, detergentes y gases de combustión.

✓ Paso 2

Se chorrea granalla M-8, M-25 o M-60, según lo requiera el trabajo de mantenimiento, y se procede al soplado de la superficie para desprender cualquier resto de abrasivo o metal que haya quedado. Se requiere combustible para los compresores.

Quedan como contaminantes en esta etapa la granalla fraccionada, bolsas vacías, restos de pintura, óxidos, polvo, herrumbre y gases de combustión.

✓ Paso 3

En esta etapa se aplica la primera capa del recubrimiento. Se consume pintura, solventes y combustible para los compresores.

Contaminantes son los envases vacíos de pintura y diluyentes, diluyentes vaporizados, pintura pulverizada, los derrames de pintura y diluyentes y gases de combustión.

✓ Paso 4

Ya que no es posible aplicar la segunda mano de inmediato por los intervalos de repintado, será necesario entonces eliminar de la superficie sales y polvos antes de continuar con el esquema de pintura. Se procede a bombear agua limpia y se consume combustible en los compresores. Como contaminantes tenemos agua sucia, y gases de combustión.

✓ Paso 5

Ya limpia la superficie y seca, se aplica la segunda capa del recubrimiento. Se consume pintura, diluyentes y combustible para los compresores.

Contaminantes en esta etapa son los envases vacíos de pintura y diluyentes, diluyentes vaporizados, pintura pulverizada, los derrames de pintura y diluyentes y gases de combustión.

✓ Paso 6

Se procede a bombear agua dulce sobre la superficie para eliminar sales y polvos antes de aplicar la última capa de pintura. Se consume agua y combustible para las bombas.

Como contaminantes agua sucia y gases de combustión.

✓ Paso 7

Aquí se aplica la tercera capa del recubrimiento. Se consume pintura, diluyentes y combustible.

Como contaminantes contamos los envases vacíos de pintura y diluyentes, diluyentes vaporizados, pintura pulverizada, los derrames de pintura y diluyentes y gases de combustión.

Como etapas críticas se identifican la primera, donde se vierten al suelo detergentes no ecológicos, aceites y grasas; la segunda, por la generación de polvos y de residuos sólidos (granalla fraccionada) y aquellas donde se aplica el recubrimiento debido a las emanaciones que se generan a la atmósfera.

Como producto se obtiene el esquema de pintura o servicio de mantenimiento previamente concebido. Como residuos todos los desechos de estos.

La granalla fraccionada se deposita en la ubicación que ha gestionado el CITMA para la empresa, una antigua cantera que ya no está en explotación.

La emulsión de detergentes, aceites, grasas y polvos es vertida directamente al suelo, sin ningún tratamiento.

La pintura pulverizada es arrastrada por el viento y según la velocidad de éste puede caer dentro del área donde se ejecutan los trabajos o fuera.

Los gases de combustión son transportados por el viento. El agua de lavado es vertida en el suelo.

Los diluyentes son el caso más crítico porque son vaporizados a temperatura ambiente, comportándose como contaminantes del medio. Además, el diluyente destinado a la limpieza de las pistolas y mangueras es vertido directamente al suelo.

Para los desechos no existe un plan de recirculación interna, reciclaje o reutilización. No existe la tecnología para estos fines. Aunque cabe señalar la dependencia del centro de la Casa Matriz en La Habana para la adquisición de materias primas, insumos y tecnología, no hay conocimientos sobre qué se puede hacer con los desechos recuperables de granallas y solventes una vez cumplida su función en el proceso.

3.2.4 Balance de materiales

En este resumen de materiales (anexo 6) incluimos los abrasivos en sus tres clasificaciones (M-8, M-25 y M-60), los recubrimientos, detergentes y diluyentes empleados durante el año 2018 con el objetivo de evaluar el consumo de materias primas y las corrientes de desechos generadas durante el proceso.

Como se aprecia en el total de costos, la empresa dedica un presupuesto de \$ 902.734,39 al año para adquirir estos productos, por lo que cualquier grado de reutilización que se logre sobre estos representará un gran ahorro. Objeto de esta investigación es determinar la viabilidad de recuperación de estos productos. Para ello procederemos a analizar la granalla M-8 pues cuando se fraccionan las partículas presentan un diámetro adecuado para ser utilizadas como M-25 o M-60.

3.2.5 Evaluar las causas que afectan la productividad

a) Causas relacionadas con las materias primas

✓ Sistema de administración de compras

Las compras son centralizadas y realizadas por la Casa Matriz. Todos los

insumos, materias primas y tecnología vienen desde La Habana. Muchas veces se interrumpen o modifican los trabajos por falta de materias primas.

- ✓ Inadecuado almacenamiento y despacho

No se llevan rigurosamente los mínimos y máximos de inventario en el almacén lo que provoca en ocasiones desabastecimiento de los productos. No se controlan temperatura y humedad relativa.

- ✓ Condiciones de la obra

Hay derrames de pinturas, diluyentes y abrasivo en el suelo durante el proceso.

b) Causas relacionadas con la tecnología

- ✓ Falta de equipamiento

Faltan equipos como aspiradoras y recoge polvos. Esto implica, además de polución, pérdida de tiempo, ya que hay que esperar que la nube de polvo se asiente para continuar con el trabajo. No existe equipamiento para recuperar materias primas.

- ✓ Mala Disposición de las Instalaciones

En las áreas de trabajo no existen bancos de pintura para trabajos pre-montajes.

- ✓ Elevadas pérdidas durante la ejecución de los trabajos

Durante el pintado hay grandes pérdidas de pintura por ser la actividad al aire libre y muchas veces con viento. Hay pérdidas de abrasivo cuando se manipulan mal las bolsas y se derrama en el suelo. No se miden las boquillas para determinar si presentan desgaste y si se derrocha el abrasivo. Luego de limpiar las pistolas y mangueras con diluyente, este no se recupera, vertiéndose al suelo sin ningún tratamiento.

c) Causas relacionadas con los residuos.

- ✓ No existe un programa de reciclaje o reuso ni tampoco una estimación de costos por concepto de generación de residuos.

Durante la visita a las áreas se pudo observar el servicio de mantenimiento y comprender mejor todo lo estudiado durante el análisis documental. Se entrevistan algunos obreros y jefes de brigada acerca de las condiciones de operación del proceso, la organización de las áreas y aprovechamiento de los recursos y la jornada laboral. Las incidencias detectadas y las opciones de P+L (Hernández M., *et al*, 2013) que pueden aplicarse son las siguientes:

- ✓ En el área de trabajo hay desorden: Se pueden ver envases vacíos y bolsas vacías de granalla en el suelo. (Buenas prácticas)
- ✓ Mangueras dobladas. Esto constituye un riesgo de accidente pero además provoca pérdidas de presión por fricción dentro de la manguera, perjudicando así el rendimiento de abrasivo por unidad de área. (Buenas prácticas)
- ✓ Hay derrames de aceites, lubricantes, combustible, pintura, diluyentes y detergentes. (Buenas prácticas)
- ✓ No se controla el consumo de agua para ninguna de las operaciones. (Buenas prácticas)
- ✓ Los detergentes utilizados no son biodegradables. (Sustitución de materiales)
- ✓ No se cuenta con lonas de encapsulamiento para evitar la polución durante el granallado. (Buenas prácticas)
- ✓ Se puede apreciar granalla fraccionada cerca del tanque lo cual dificulta el proceso de pintado. (Buenas prácticas)
- ✓ El abrasivo no está bien protegido en la obra, provocando pérdidas por humedad. (Buenas prácticas)
- ✓ No se cuenta con medidor de boquillas. (Buenas prácticas)
- ✓ Durante el proceso de pintado se generan desechos sólidos y emanaciones a la atmósfera. (Cambios tecnológicos)
- ✓ No se reutiliza el diluyente destinado para limpieza. (Reciclaje interno)
- ✓ El alumbrado no es suficiente para las operaciones de interiores.

(Buenas prácticas)

- ✓ No existen bancos fijos para los trabajos de pre-montaje. (Buenas prácticas)
- ✓ No existen baños ni suficientes taquillas para los obreros. (Buenas prácticas)
- ✓ Los procedimientos e instrucciones de operación se encuentran en las oficinas y no en el área de trabajo. (Buenas prácticas)
- ✓ Hay paradas constantemente debido a condiciones ambientales. (Cambios tecnológicos)
- ✓ Los trabajos comienzan a las 9:30 am debido a las condiciones ambientales (humedad relativa y temperatura de punto de rocío). (Cambios tecnológicos)
- ✓ No se reutiliza el abrasivo. (Reciclaje interno)
- ✓ No existen extractores de polvo o aspiradoras. Durante los trabajos en el interior de los tanques es necesario hacer pausas frecuentes y salir hasta que la nube de polvo se asiente. Esto provoca pérdidas de tiempo. (Cambios tecnológicos)
- ✓ Los productos no están almacenados correctamente en el almacén. No se controlan temperatura y humedad relativa. (Buenas prácticas)
- ✓ No se cuenta con macilla para los trabajos. (Sustitución de materiales)
- ✓ Los expedientes de los equipos tecnológicos complementarios no están actualizados. (Buenas prácticas)
- ✓ Para las reparaciones a equipos modernos no se cuenta con todos los medios. (Buenas prácticas)
- ✓ No se realizan mediciones de desperdicios y emisiones. (Buenas prácticas)
- ✓ No se tratan los residuales ni existe reutilización de estos. (Reciclaje interno)
- ✓ No se contabilizan los gastos por concepto de disposición de desechos. (Buenas prácticas)

En la figura 3.1 se muestran agrupadas las opciones de mejora que pueden aplicarse para solucionar los problemas identificados.

Se observa que con la aplicación de buenas prácticas podemos resolver el

65% de las deficiencias encontradas durante las inspecciones. Estas son opciones de mejora que la empresa puede ejecutar sin mucho esfuerzo. No implican cambios en el proceso ni grandes inversiones sino que están relacionadas con la organización del proceso productivo y la capacitación del personal.

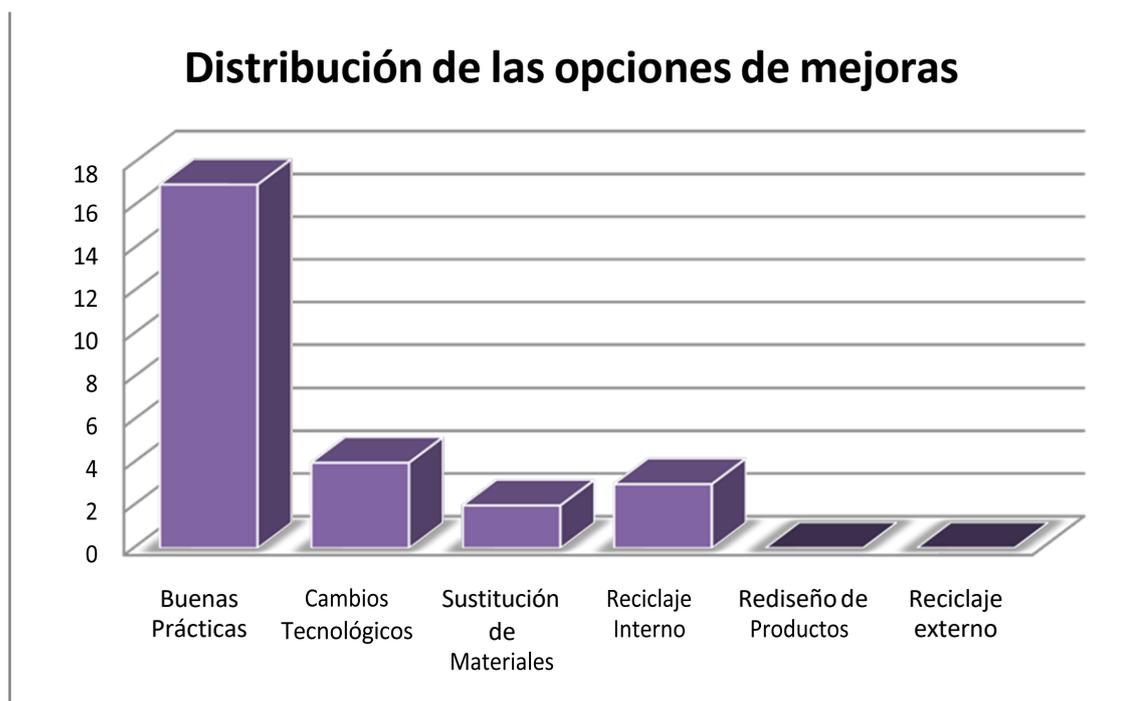


Figura 3.1 Opciones de mejoras y su acción sobre los problemas detectados

3.3 Etapa 3: Síntesis

3.3.1 Generar opciones de mejoras (considerar prioridades de P+L)

Mediante el método Ishikawa (anexo 7) se analizaron las causas raíces de todos estos problemas y se proponen las siguientes opciones de mejoras para su implementación en el centro:

- ✓ Instalar un metro-contador para el agua.
- ✓ Sustituir el detergente actual por uno biodegradable.
- ✓ Usar método *Hidroblasting* cuando no se necesite crear un perfil de anclaje (mantenimiento).

- ✓ Mejorar el sistema de alumbrado.
- ✓ Sustituir el primario actual por un recubrimiento tolerante a la humedad y a la oxidación moderada lo cual permitirá ahorrar recursos y acortar el cronograma de trabajo.
- ✓ Reutilizar dentro del proceso la granalla fraccionada que está dentro de los parámetros para la actividad.
- ✓ Adquirir un medidor de boquillas para monitorear periódicamente si presentan desgaste.
- ✓ Adquirir extractores de polvo, aspiradoras y mangas plegables.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo y organización en las áreas.
- ✓ Llevar un registro de fugas, derrames, respuestas aplicadas y costos de la limpieza.
- ✓ Llevar un registro de la generación de residuos y su manipulación.
- ✓ Llevar un registro de los costos de disposición de los residuos.

3.3.2 Evaluar las opciones de mejoras

De todas las opciones de mejoras que se proponen se identifican como las de más fácil ejecución y las más económicas las siguientes:

- ✓ Instalar un metro-contador para el agua.
- ✓ Mejorar el sistema de alumbrado.
- ✓ Adquirir un medidor de boquillas para monitorear periódicamente si presentan desgaste
- ✓ Adquirir extractores de polvo, aspiradoras y mangas plegables.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo y organización en las áreas.
- ✓ Llevar un registro de fugas, derrames, respuestas aplicadas y costos de la limpieza.
- ✓ Llevar un registro de los costos de disposición de los residuos.

Estas mejoras no representan grandes gastos para la empresa y se pueden implementar inmediatamente. Para las restantes se necesita inversión, pero a su vez poseen un gran potencial de ahorro. Estas son:

- ✓ Reutilizar dentro del proceso la granalla fraccionada que está dentro de los parámetros para la actividad.
- ✓ Sustituir el detergente actual por uno biodegradable.
- ✓ Sustituir el primario actual por un recubrimiento tolerante a la humedad y a la oxidación moderada.
- ✓ Usar método *Hidroblasting* cuando no se necesite crear un perfil de anclaje (mantenimiento).
- ✓ Crear un banco de trabajo fijo para los trabajos pre-montajes con condiciones de izaje, almacenamiento, etc.

Para el reciclaje y reutilización de la granalla se evaluará la factibilidad económica de la adquisición de un equipo recuperador y para la sustitución del detergente y el primario, así como para el *Hidroblasting*, se evaluará un nuevo cronograma de trabajo para el mantenimiento externo, con la inclusión de estos y se comparará con el actual.

a) Análisis del cronograma de trabajo propuesto

Sustitución del primario

Existe un esquema de pintado anexo 8 que ha sido aprobado por el Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas (CIQ) para las instalaciones petroleras. En este se aprueba el epoxi *Hempadur MIO 15570* (anexo 9) para la primera capa, en trabajos de mantenimiento.

Los parámetros técnicos de esta pintura incluyen óxido de hierro micáceo, que acciona como un inhibidor de corrosión. Esto propicia que antes de pintar sea aceptable un grado moderado de re-oxidación o sea, puede granallarse temprano sin importar que se que se oxide ligeramente la superficie. Presenta tolerancia a la humedad, por lo que puede aplicarse incluso cuando las condiciones ambientales no sean las mejores (alta humedad relativa, temperatura de rocío, etc.), ahorrando tiempo y acortando la duración de los trabajos (se puede trabajar de noche, hacer turnos dobles, etc.). El recubrimiento es compatible con los demás utilizados actualmente en los diferentes esquemas de pintura y para su dilución se

emplean los mismos diluyentes en explotación.

Para el mantenimiento solo es necesario decapar el recubrimiento original hasta el metal expuesto, lográndose esto con método de agua a ultra presión. Los equipos para este procedimiento existen en la empresa (anexo 9) y se utilizan en trabajo de limpieza de tanques. Esto representará un ahorro de granalla y menos contaminación al medio.

Valoración de los detergentes biodegradables y su selección.

El *D-Bioclean 20* (anexo 10) es un limpiador y desengrasante de tipo ecológico biodegradable, libre de solventes y soluble en agua. Se emplea como limpiador, desengrasante y emulsificante de grasas, aceites y suciedad adherida a equipos y maquinaria en general.

El *Sintan* es un limpiador con propiedades dispersantes y desgrasantes apropiado para la limpieza de superficies sólidas contaminadas con productos del petróleo y grasas. Posee una biodegradabilidad de 97-99.7% y no contiene solventes orgánicos, perfumes o sustancias peligrosas. Se biodegrada a los 7 días.

Como se aprecia en la tabla 3.2 ambos productos representan una buena opción para el servicio de mantenimiento anticorrosivo. Pero hay una característica decisiva a favor del *D-Bioclean 20*: el precio.

Además, en el área de desarrollo especial Mariel está emplazada una sucursal de esta firma mexicana por lo que se facilitaría en gran medida la comercialización.

Por tales motivos se selecciona el detergente *D-Bioclean 20* para la evaluación del esquema propuesto.

Tabla 3.2 Características generales de los detergentes analizados

Características Generales	D-BIOCLEAN 20	SINTAN
Composición	Líquido	Líquido
Color	Ámbar blanco	Incoloro
Olor	Inodoro	Característico
Densidad	1.080-1.110 kg/cm ³	1,018 kg/cm ³
pH	7.5-8.5	7
Inflamabilidad	No	No
Toxicidad	No	No
Dilución	1 L/10m ²	1 L/10m ²
Precio	2.86 MT/ L	5.54 EUR/ L

Fuente: Elaboración propia

Comparación de los esquemas de mantenimiento

Estos esquemas se evalúan para el mantenimiento externo del tanque 16 Nafta (5000 m³).

El esquema actual para exteriores es como sigue:

- ✓ *Hempadur Avantguard-750* (Epoxi rico en zinc, 100 micras)
- ✓ *Hempadur Mastic 45880* (Epoxi cicloalifatico, 100 micras)
- ✓ *Hempathane 5593* (Poliuretano Base poliéster, 75 micras)

Este esquema cumple con la norma ISO 12944 y con el procedimiento de

CUPET OC-TC/P01

Para la aplicación del recubrimiento existen diferentes estimaciones de pérdida también aprobadas por el comité de expertos de CUPET.

Este método incluye para la preparación de la superficie el uso de detergente no ecológico *Hempel's Navy Wash 9933S* (1 l/20 m²) y granallado con dos chorros *Sandblasting* con granalla Abrasivos Mendiola-M8 y consumo de 42 kg/m² con un avance de 50 m²/día por chorro.

El esquema propuesto propone el uso del primario *Hempadur MIO 15570* pigmentado con óxido de hierro micáceo y tolerante a superficies húmedas.

- ✓ *Hempadur MIO 15570* (Epoxi curado con poliamida, 100 micras)
- ✓ *Hempadur MASTIC 45880* (Epoxi cicloalifático, 100 micras)
- ✓ *Hempathane 5593* (Poliuretano Base poliéster, 75 micras)

Este esquema cumple con la norma ISO 12944 y con el procedimiento de CUPET OC-TC/P01

Para la aplicación del recubrimiento existen diferentes estimaciones de pérdida también aprobadas por el comité de expertos de CUPET.

Este método incluye para la preparación de la superficie el uso del detergente biodegradable *D-Bioclean 20* (1 l/10 m²) y preparación de la superficie por el método de agua ultra presión *Hidroblasting* (1 chorro).

De este equipo existen 2 actualmente en la empresa. Presenta las siguientes características:

Caudal máximo: 40 l/min

Presión máxima de trabajo: 2800

bar Capacidad para 2 chorros

El procedimiento para estos trabajos en la EMPet se refiere a un caudal máximo de 15,6 l/min por chorro para trabajos de decapado por lo que se tomará este dato para los cálculos.

Utilizando las ecuaciones descritas en el epígrafe 2.4.2 se calculan los consumos de materiales. En el *Microsoft Project* se realizan los cronogramas de trabajo para las dos variantes para determinar el tiempo de duración del

mantenimiento.

Para el gasto por consumo de agua:

Caudal máximo por chorro: 15,6 l/min = 0,936 m³/h

Avance: 7 m²/h

Área exterior: 1957 m²

$$\text{Consumo de Agua} = \frac{\text{Caudal máximo}}{\text{Avance}} * \text{Área} = 261,68 \text{ m}^3$$

Esta cifra se redondea a 266 ya que el agua la traen por pipas de 7 m³.

El precio del agua es \$ 0,10 en MN y \$ 0,81 en CUC, \$ 0,91 para un costo en moneda total de \$ 242, 06.

Para el cálculo del primario *Hempadur MIO 15570* utilizamos las ecuaciones 2.6, 2.7 y 2.8.

$$R_p = R_t - \frac{R_t * \% \text{ pérdidas}}{100} = 5,4 - \frac{5,4 * 50}{100} = 2,7 \text{ m}^2/\text{L}$$

$$R_t = \frac{\% \text{ sólidos en volumen} * 10}{EPS} = \frac{54 * 10}{100} = 5,4 \text{ m}^2/\text{L}$$

Consumo de pintura

Área / R_p = 166,3 ≈ 180 l (la pintura, los detergentes y diluyentes vienen en tanquetas de 20 L)

Los demás datos se observan en la hoja de datos de *Microsoft Excel* (anexo11), calculados para las diferentes estimaciones de pérdidas.

En el mismo anexo se puede ver el desglose de gastos por materiales para ambos esquemas.

El presupuesto para este trabajo con el esquema actual asciende a \$335945,67 mientras que el presupuesto para el esquema propuesto es \$239962,93

En la tabla 3.3 se aprecia un ahorro de \$95982,74 con la implementación del esquema propuesto.

Tabla 3.3 Comparación del presupuesto con ambos esquemas de trabajo

(2 CHORROS GRANALLA) Actual				(1 CHORRO AGUA) Propuesta		
	CUC	MN	Total	CUC	MN	Total
Mano de Obra	0,00	106.545,66	106.545,66	0,00	80.236,79	80.236,79
Gastos Indirectos	0,00	180.519,30	180.519,30	0,00	134.215,65	134.215,65
Materiales	41.217,96	7.716,71	48.880,71	22.046,85	3.458,18	25.505,03
Total			335.945,67			239.962,93

En relación al tiempo:

La duración del esquema actual (anexo 12) es de 58 días con dos chorros de abrasivo metálico.

Las ventajas de este procedimiento son:

- ✓ Avance de 100 m²/día con 2 chorros
- ✓ El primario *Hempadur Avantguard-750* ofrece protección catódica
- ✓ Ofrece Mayor Durabilidad

Las desventajas:

- ✓ Limpieza y recogida del área (5 días)
- ✓ No se puede efectuar con el tanque en operación
- ✓ Dependencia de las condiciones ambientales
- ✓ Afectaciones al medio ambiente

La duración del esquema propuesto (anexo 12) es de 57 días con un chorro de agua y avance de 77 m² por día.

Las ventajas de este procedimiento son:

- ✓ Menos tiempo de trabajo (1 día)
- ✓ Menos tiempo de limpieza y recogida del área (1 día, sólo recogida de envases metálicos y organización)
- ✓ Se puede realizar con el tanque en operación.
- ✓ No depende de las condiciones ambientales.
- ✓ Se puede alargar la jornada de trabajo y trabajar turnos dobles.
- ✓ No se utilizan lonas de encapsulamiento o extractores de polvo.
- ✓ Menor afectación del medio ambiente

Las desventajas:

- ✓ El primario *Hempadur MIO 15570* ofrece una durabilidad un poco menor que el *Hempadur Avantguard-750*
- ✓ Gasto de agua
- ✓ Las paredes del tanque tienen que haber sido preparadas con granalla una primera vez y posean perfil de anclaje.
- ✓ Este es un esquema solo para mantenimiento, para alargar la vida útil del tanque

Como se aprecia, el esquema propuesto logra un ahorro en tiempo y se ejecuta en 1 día menos. Todas las actividades se pueden realizar con el tanque en servicio, pues se entrega el tanque a operaciones para su llenado después de tener el resultado de la Prueba Hidráulica por lo que los 57 días de ejecución de los trabajos son de avance.

Teniendo en consideración el ahorro en recursos y tiempo se puede afirmar la conveniencia de optar por este esquema de protección anticorrosiva para mantenimiento exterior.

a) Análisis sobre la recuperación del abrasivo

Con respecto a los desechos recuperables (granalla fraccionada), se ha analizado la factibilidad de su reutilización.

Se planificó un diseño experimental unifactorial donde el factor fue el tamaño del tamiz. En este experimento se consideraron 5 niveles (tamices de 4; 2; 1; 0,5 y 0,25 mm) en el rango de interés de tamaño nominal de las partículas para abrasivos, depositándose las partículas más finas en la bandeja de recolección. Se realizaron 15 réplicas.

Se depositaron en un beaker 500 g de la muestra, pesándose en la balanza digital. Luego, en la vibradora de tamizado se procedió a la separación mecánica de la muestra. Se configuró una amplitud de movimiento de 60 rpm y un tiempo de tamizado de 8 minutos.

Se recogieron separadamente las fracciones retenidas en cada uno de los tamices sobre un papel, en el orden de mayor a menor diámetro de los hoyos de los tamices. Cada una de estas fracciones se depositó en un beaker más pequeño y se pesó independientemente en la balanza digital, previamente tarada. Luego se anotó en una tabla los resultados obtenidos (anexo 13), y se procede al análisis numérico del experimento.

Se calculó además la masa promedio retenida en cada tamiz y a partir de este dato la fracción másica retenida y por ciento con relación a la muestra. Se halló la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Para analizar las funciones características de distribución y diámetro promedio, se representaron los datos en gráficos de dispersión de *Microsoft Excel* (anexo 13).

Entre los tamices de 2 y 1 mm se depositó el 12,87% de la muestra, entre 1 y 0,5 mm el 35,91 % y entre 0.5 y 0.25 mm el 21,69%, representando conjuntamente un 70,47 % del total de la muestra.

En la primera fracción es donde se encuentra el mayor coeficiente de variación con un valor de 70,56. Esta heterogeneidad se debe a la presencia de piedras de tamaño variable dentro de la muestra. En la segunda fracción ya es menor este coeficiente (14,24) pero todavía se encuentran piedras pequeñas dentro de la muestra. Los demás valores son bajos (<12), presentando homogeneidad.

El gráfico de función diferencial (anexo 5) nos muestra una moda de 0,75mm.

Este tamaño de partícula es el más probable (más frecuentemente encontrado en la muestra).

Estos resultados son alentadores ya que demuestran que una gran parte de la granalla utilizada que hoy en día se desecha, puede ser reusada otra vez en operaciones de granallado.

Según las características del abrasivo suministrado por el fabricante Abrasivos Mendiola SA (anexo 1), de la granalla recuperada, un 48,78% corresponde a la categoría M-25 (0.5-1.4mm) y un 21,69% a M-60 (0.2-0.5mm). Se ha comprobado que la mayoría de las partículas de la granalla M-8 proyectadas contra la superficie sufren fracturas pero mantienen un diámetro nominal apropiado para su uso como granalla M-25 o M-60 (para mantenimiento), permitiendo así su aprovechamiento al menos una vez más dentro del proceso.

Esto posibilita el ahorro por concepto de compra de la granalla M-25 y M-60. Los costos en el año 2018 por este concepto ascendieron a \$137161,71. En la tabla 3.4 se relaciona el ahorro potencial generado por la reutilización de la granalla a los precios actuales del abrasivo, \$ 137161,71 al año.

Con la adquisición de un equipo eléctrico recuperador de granalla con valor de 20000 USD y capacidad de trabajo de 5 t/h (anexo 14) se podrá reutilizar una parte considerable de la granalla M-8 utilizada.

Para la adquisición de este equipo no se pedirá crédito alguno pues la Casa Matriz asumirá la inversión, en este caso la tasa de descuento será 0. El proyecto se calcula para 3 años sin interrupciones y en la inversión se tomará en cuenta sólo el costo del recuperador.

Tabla 3.4 Ahorro por granalla M-8 reciclada

Granalla procesada (t)	M-25 (t)	Precio M-25 (CUC)	Precio M-25 (MN)	M-60 (t)	Precio M-60 (CUC)	Precio M-60 (MN)	TOTAL
1463	636	174,31	13,01	91	165,11	32,98	137161,71

Para los cálculos de flujo de caja se calculan los ahorros en el año debido a los cambios tecnológicos y como gastos el consumo de electricidad, gastos por mano de obra y la depreciación que sufre el equipo durante el tiempo de explotación.

Para el recuperador de granalla se tiene (anexo 14) que:

- ✓ El régimen de trabajo para este equipo se propone de 4 horas diarias y 264 días laborables al año.

Tabla 3.5 Gasto por electricidad en el año

tiempo (h/año)	Consumo (kw/h)	Tarifa (\$*kw)	Gasto (\$/año)
1056	7,5	0,193	1528,56

El gasto por consumo de electricidad es \$ 1528, 56/año

El gasto por mano de obra, teniendo en cuenta salario, impuestos y vacaciones es \$ 10910,15/año.

Tabla 3.6 Gasto anual por mano de obra

Cargo	Grupo salarial	Tarifa /hora	Horas	Importe Mano de Obra	Importe Mano de Obra Vacaciones 9.09%	Importe Mano de Obra 19%	Gasto anual Mano de Obra (\$)
OETCAR	VIII	2,4488	1056	8404,25	9168,19	10910,15	10910,15

Para la depreciación tomamos el precio del equipo adquirido y lo dividimos entre el tiempo de explotación. Esto es \$ 6666,67/año

Tabla 3.7 Depreciación anual del equipo

Costo del equipo (\$)	Tiempo de explotación (años)	Depreciación (\$/año)
20000	3	6666,67

Se calcula el flujo de caja para un año, y esta cifra es aceptada para los años restantes ya que la empresa trabaja siempre al máximo de su capacidad.

Tabla 3.8 Flujo de Caja de cada uno de los años

Período	Ahorro (\$)	Gastos (\$)	Flujo de Caja (\$)
1er año	137161,71	19 105,38	118056,33
2do año	137161,71	19 105,38	118056,33
3er año	137161,71	19 105,38	118056,33

El flujo de caja arroja un resultado de \$ 118056,33 Con estos valores se procede a calcular el VAN

El valor del VAN es 334168,99

El VAN es positivo por lo que se acepta la inversión

No es necesario hallar la TIR ya que no se pedirá crédito para las modificaciones tecnológicas.

Para calcular el PRI se divide el monto de la inversión inicial entre el valor del Flujo de Caja del primer año

Estos cálculos dan un PRI de 0.17 años o 62 días.

Como se ha podido comprobar la inversión del proyecto se recupera a corto plazo, probando así su rentabilidad.

Evaluación ambiental

Mediante la aplicación de las medidas de gestión o buenas prácticas y las modificaciones tecnológicas al proceso se logrará disminuir el impacto ambiental de la empresa:

- ✓ Para la etapa de lavado y desengrase se sustituye el detergente actual por otro biodegradable.
- ✓ Durante la preparación de la superficie se disminuye la generación de polvo.
- ✓ Disminuye la producción de residuos sólidos.

3.3.3 Establecer el plan para su implementación

Aunque no es competencia de este autor redactar o imponer un plan para la implementación de estas modificaciones, se sugieren algunas acciones que podrían tomarse en cuenta para este fin:

- a) Implementar en el mantenimiento anticorrosivo un plan de buenas prácticas para contribuir a la organización y a la productividad, así como también al mejoramiento de las condiciones y el aprovechamiento de la jornada de trabajo. Algunas de las medidas a implementar pueden ser:
 - ✓ Mejorar el almacenamiento de los productos. Controlar temperatura ambiental y humedad relativa. No violar los mínimos y máximos del inventario.
 - ✓ Mejorar el sistema de alumbrado.
 - ✓ Adquirir un medidor de boquillas para monitorear periódicamente si estas presentan desgaste.
 - ✓ Adquirir extractores de polvo, aspiradoras y mangas plegables.
 - ✓ Adquirir lonas de encapsulamiento para los trabajos de granallado.
 - ✓ Adquirir contenedores con baños y taquillas
 - ✓ Diferenciar los lugares de almacenamiento de los productos de los espacios individuales de los obreros.
 - ✓ Colocar en el área los procedimientos e instrucciones de operación, así

como también los datos toxicológicos de los productos que representan riesgo para la salud.

- ✓ Hacer énfasis en una mejor manipulación de los productos.
 - ✓ No colocar las bolsas de granalla directamente sobre la yerba o fango, y taparlas.
 - ✓ Revisar cuidadosamente la ubicación de las mangueras durante los trabajos para evitar dobleces y pérdidas de presión.
 - ✓ Llevar un registro de fugas, derrames, respuestas aplicadas y costos de la limpieza.
 - ✓ Llevar un registro de los costos de disposición de los residuos.
 - ✓ Capacitar a los trabajadores y directivos del centro en temas de P+L.
 - ✓ Redactar un programa de tratamiento de residuales y su reutilización en el proceso.
 - ✓ Creación de un banco fijo para pintado pre-montaje.
- b) Solicitar en el plan de negocios del año 2020 la inclusión del recubrimiento *Hempadur MIO 15570* y el detergente *D-Bioclean 20*.
- c) Incluir en el presupuesto para el año 2020 el monto de la inversión del recuperador de granalla.

Conclusiones

- ✓ La P+L ayuda a mejorar la eficiencia de las empresas y su relación con el medio ambiente, y se ha implementado con éxitos en Cuba en la rama de los servicios.
- ✓ Se desarrolló una metodología que permitió identificar los principales problemas ambientales que presenta la actividad de mantenimiento anticorrosivo, advirtiendo que la mayoría de las causas son de carácter organizativo o tienen solución con un mínimo de recursos.
- ✓ Al aplicar la metodología de P+L se ofrecieron opciones de mejoras que disminuyen el impacto ambiental, y al mismo tiempo incrementan la rentabilidad del proceso con un mejor aprovechamiento de los recursos y la sustitución de materias primas importadas.
- ✓ El análisis económico permitió comprobar la factibilidad de las modificaciones tecnológicas propuestas con el nuevo esquema para mantenimiento, con el cual los gastos disminuyen en un 28,57% y además, con un ahorro de tiempo.
- ✓ Los resultados del análisis granulométrico mostraron que la granalla M-8 utilizada en el proceso puede reusarse en un 70,47% como abrasivo de otras dimensiones (M-25, M-60) y los estudios de factibilidad sobre la inversión propuesta arrojaron un VAN positivo y un período corto de recuperación.

Recomendaciones

- ✓ Crear un plan de acción para solucionar los problemas cuyas causas son de carácter organizativo y no requieren una gran cantidad de recursos.
- ✓ Construir un banco fijo de pintura para trabajos pre-montajes, con condiciones de suministro, almacenaje e izaje.
- ✓ Valorar la introducción del sistema SIPAYC en el mantenimiento anticorrosivo a los tanques.
- ✓ Investigar la factibilidad del uso del abrasivo residual como material alternativo en la construcción.
- ✓ Evaluar la tecnología de recuperación de diluyentes y su posible aplicación en la EMPet División Matanzas.

Bibliografía

1. Agama Mosquera, A. D. (2013). Construcción de Electrodo de Plata/Cloruro de Plata para Medición de Potenciales Eléctricos en Estructuras Sumergidas (Tesis de Grado). Guayaquil: Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.
2. AMERICAN LUNG ASSOCIATION (2015). Healthy Air: volatile organic compounds. Disponible en: <http://www.lung.org/our-initiatives/healthy-air/indoor-air-pollutants/volatile-organic-compounds/>.
3. Ayandiran, T. A., Fawole, O. O., Adewoye, S. O. and Ogundiran, M. A. (2009). Bioconcentration of metals in the body muscle and gut of *Clarias gariepinus* exposed to sublethal concentrations of soap and detergent effluent. *Journal of Cell and Animal Biology*. 3(8), 113-118.
4. Barrels of biogas-biomass Magazine (2009). Disponible en <http://www.biomassmagazine.com>
5. Belloso Barrientos, W.A., Martínez F. and Abimael I. (2014). Diseño y construcción de un sistema semiautomático de granallado para uso didáctico (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
6. Cendoya, P. (2009). Efecto en la resistencia de las escorias de fundición de cobre como agregado fino en el comportamiento resistente del hormigón. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 17(1), 85-94.
7. Centro Nacional de Producción Más Limpia (2009) Manual de introducción a la producción más limpia en la industria. Colectivo autores Argentina, Disponible en <http://www.unep.ch/basel/>, consultado el día 30 de abril 2010.
8. Chavan R. R. and Kulkarni D. B. (2013). Performance of Copper Slag on Strength Properties as Partial Replace of Fine Aggregate in Concrete Mix Design. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*.
9. Coruh, S., Elevli, S. and Geyikçi, F. (2012). Statistical evaluation and optimization of factors affecting the leaching performance of copper flotation waste. *The Scientific World Journal*.
10. Dung, T.T.T., Valery, C., Swennen, R. and Phung, N.K. (2012). Investigation of potential leachability of arsenic and heavy metals from

- blasted copper slag and contaminated marine sediments by single extractions in south of Van Phong- Vietnam. In The proceedings of the international conference on “East Sea”, 90.
11. Echeverría, M., *et al.* 2009. Influencia del diseño en la protección anticorrosiva en condiciones climáticas de Cuba. *Revista Tecnología Química*, 29(1).
 12. Fifel K., Bennis M. and Ba-M’hamed S. (2014). Effects of acute and chronic inhalation of paint thinner in mice: behavioral and immunohistochemical study. *Metab Brain Dis* 29, 471–482.
 13. González, S. F., Couce, L. C., Guerreiro, M. J. R., Formoso, J. Á. F., and Villa, R. Estudio, análisis y valoración de residuos industriales procedentes de la industria de la construcción naval, para su reciclaje y uso en otras aplicaciones marinas.
 14. GREENSPEC (2015). Paint. Health & the environment. Disponible en <http://www.greenspec.co.uk/building-desingpaint/>
 15. Hernández, M. 2013: Producción Más Limpia, una herramienta para reducir la generación de COP’s producidos de forma no intencional. Foro de investigación sobre COP’s en México.
 16. Insua, D. A., García, C.P., Monteagudo, A.M., Vásquez, Z.A.V., and Marcel, A.M. (2010). Evaluación ecotoxicológica de detergentes comerciales y naturales, como criterio de contaminación ambiental. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, 1698, 7504.
 17. Kambham, K., Sangameswaran, S., Datar, S., and Kura, B. (2009). Evaluation of total particulate matter emission factors for copper slag in dry abrasive blasting. *Int. J. Environment and Pollution*, 37, 422-436.
 18. Koteeswaran M. (2010). CO₂ y H₂S Corrosión in Oil Pipelines. Master Thesis
 19. Lineamientos aprobados por el VI Congreso del PCC (2012). La Habana. Editora Política.
 20. Lim, T., and Chu, J. (2006). Assessment of the use of spent copper slag for land reclamation. *Waste management & research*, 24(1), 67-73.
 21. Loayza Jorge (2012). Procesos industriales Sostenibles Conferencia. Encuentro Científico Internacional de Invierno. Lima.
 22. Mackay, B., Jackson, J. E., Melot, D., Scheie, J., and Vittonato, J. (2016). La corrosión: La lucha más extensa. *Oilfield Review* {Internet}, 36-51.

23. Magnano M., Silvani S., Vincenzi C., *et al.* 2009 Contact allergens and irritants in household washing and cleaning products. *Contact Dermatitis*, 61(6); 337- 41.
24. MCU COATINGS. Conferencias.
25. Méndez Santana Zoraime (2018). Recuperación de aguas procedentes de la generación del vapor y las pérdidas de aguas tratadas debido a la actividad de mantenimiento. Maestría en P+L.
26. Montemor, M. F. (2014). Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances. *Surfaces and Coatings Technology*, 258, 17-37.
27. Nace International (2007). Coating Inspector Programm.
28. Nazer, A., Pavez, O., Rojas, F., *and* Aguilar, C (2010). Una revisión sobre los usos de las escorias de cobre. IBEROMET XI. Conamet/sam (del 2 al 5 de noviembre del 2010, viña del mar, Chile).
29. Nolasco Cano, W. C. (2015). Diseño de un plan de recubrimiento con pintura industrial y mantenimiento para disminuir la corrosión en tanques de combustible diesel para centrales termoeléctricas.
30. Norma ASM C 136-06. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
31. Norma ISO 12944-2 (2017). Paints and varnishes-Corrosion protection of steel structures by protective paint systems-. Classification of environments.
32. Oblitas Loayza, F. F. (2018). Innovación en la preparación de superficie de estructuras metálicas mediante la técnica del granallado, para optimizar el proceso de limpieza.
33. Pérez Guitián, P., Nogue Xarau, S., Ríos Guillermo, J., *et al.* 2011 Evaluación de las intoxicaciones agudas por productos químicos atendidas en un Servicio de Urgencias. *Med. Clinn.* 135(4) 149-52.
34. Pérez Mejías, Y. E. A. (2017). Utilización de escoria de cobre de CODELCO ventanas como agregado pétreo para tratamientos superficiales asfálticos simples en la región de Valparaíso.
35. Plaster, H. J. Technical aspects of shot-peening machinery and media. Chairman British Impact Treatment Association.
36. Quelle Pérez, D. (2017). Análisis experimental de características resistentes de hormigones que incorporan reciclado de residuos de la industria.

37. Rahimi H. R., et al. (2014). Clinical and Biochemical Analysis of Acute Paint Thinner Intoxication in Adults: A Retrospective Descriptive Study.
38. Ramos-Bell, S., and Lorenzo-Acosta, Y. (2017). Acciones de producción más limpia para implementar en la industria azucarera cubana. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(1), 60-66
39. Reyes-Yola, C. O., and Crespo-Sariol, H. (2016). Opciones de prácticas de producción más limpias para la producción de cervezas y alcoholes en Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 32(1), 83-89.
40. Saldarriaga Muñoz, J. M. (2012). Optimización del proceso de preparación de superficie en el Servicio Industrial de la Marina.
41. Sierra-Calderon D. D., et al. (2018). Silice in the Sandblasting Industry: a review from Occupational Safety and Health. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(8), 6274-6281.
42. Shanmuganathan, P., Lakshimipathiraj, P., Srikanth, S., Nachiappan, A.L., and Sumathy, A. (2008). Toxicity characterization and long-term stability studies on copperslag from the ISASMELT process. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(4), 601-611.
43. UNIDO-UNEP. Guidance Manual. How to Establish and Operate Cleaner Production Centres.
44. Vidal, M., and Natividad, G. (2013). Aplicación de un programa de implementación de producción más limpia en el proceso de pintado en una empresa metalmecánica peruana.
45. Yazar K., Johnson S., Lind M., et al. (2011). Preservatives and fragrances in selected consumer-available cosmetics and detergents. *Contact Dermatitis* 64(5): 265-72.
46. Yépez Guerrero, C. A. (2011). Remoción de detergentes de aguas residuales textiles empleando hongos seleccionados obtenidos a partir de efluentes de industria textil y evaluación de su tolerancia a metales pesados a nivel de laboratorio (Bachelor's thesis, SANGOLQUÍ/ESPE/2011).

Anexo 1 Ficha técnica del abrasivo

ABRASIVOS MENDIOLA,S.L.
GRANALLA PARA CHORRO

Carretera Bilbao-Plencia, nº 19
Telefs (94) 471 12 50 - 471 14 57
Fax (94) 453 39 52
48950 ASUA-ERANDIO(BIZKAIA)
E-mail: mendiola@abrasivosmendiola.com
www.abrasivosmendiola.com

PRODUCTOS FABRICADOS

Nombre: Silicato Hierro (Escoria de Cobre)
Principal Aplicación : Abrasivo

CARACTERISTICAS COMUNES A TODOS LOS PRODUCTOS

Características Físicas. Norma ISO11126-3 de 1993

- Color : Negro Cristalino
- Grano : Angular
- Densidad Aparente : 3.3-3.9 Kg/dm³.
- Dureza : 6-7 Escala de Mohs

Características Químicas. Máximo Mínimo

• Hierro	(%Fe2O3)	50	21
• Silice	(%SiO2)	35	21
• Zinc	(%ZnO)	15	0,2
• Aluminio	(%Al2O3)	15	2
• Calcio	(%CaO)	8	1
• Cobre	(%CuO)	2	0,4

CODIGOS E IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS ESTÁNDAR SEGÚN SU ANALISIS GRANULOMETRICO NORMA ISO 11127-2:1993.

PRODUCTO	LUZ mm	>3,15	>2,80	0,20 – 2,80	<0,20
M-8 (0,2mm-2,8mm)	MAXIMO	0%	10%	100%	5%

PRODUCTO	LUZ mm	>1,40	0,50 – 1,40	<0,50	<0,20
M-25 (0,2mm-1,4mm)	MAXIMO	10%	100%	15%	5%

PRODUCTO	LUZ mm		>0,50	0,20 – 0,50	<0,20
M-60 (0,2mm-0,5mm)	MAXIMO		10%	100%	5%

M-8: Abrasivo indicado para conseguir altas cotas de rugosidad y en decapado de superficies que se encuentren en un estado de alta corrosión ó tratadas con productos de alto nivel de anclaje.

M-25: Indicado para tratamiento en Aceros Nuevos, rugosidades medias , alto rendimiento y bajo Consumo.

M-60: Rugosidades bajas, decapado de primeras capas de pinturas, tratamiento de maderas.

Anexo 2 Cuestionario

Área de Trabajo

- ¿El área de trabajo está recogida y organizada?
- ¿Hay amontonamiento innecesario de materiales?
- ¿Existen derrames de aceite, pintura, lubricantes o detergentes?
- ¿Los obreros pueden moverse sobre la zona?
- ¿Es controlado el consumo de agua?
- ¿Se controla el consumo de combustible?
- ¿Se controla el consumo de materias primas e insumos?
- ¿Los detergentes utilizados son biodegradables?
- ¿Existe canalización para evacuar los residuales líquidos?
- ¿Se generan desechos sólidos mediante el granallado?
- ¿Se genera polvo durante el granallado?
- ¿Se generan desechos sólidos durante el proceso de pintado?
- ¿Se reutiliza el solvente?
- ¿Existe un sistema de alumbrado que permita trabajar de noche?
- ¿El área cuenta con elementos de izaje y de apoyo para realizar los trabajos?
- ¿Existen bancos y tanques de agua fijos?
- ¿Utilizan los trabajadores todos los medios de protección?
- ¿Tienen los medios de protección la calidad requerida para las labores que se realizan?
- ¿Tienen los obreros las condiciones higiénico-sanitarias creadas?
- ¿Los procedimientos para cada operación se encuentran en el área de trabajo?
- ¿Están capacitados los obreros para la actividad que realizan?
- ¿Se realiza aseguramiento de la calidad o control de calidad para los productos acabados e intermedios?

Áreas de almacenamiento

- ¿Se realiza la recepción a ciegas y el 10%?
- ¿Es el sistema del almacenamiento PEPS o UEPS ?
- ¿Están los estantes separados de la pared?
- ¿Están protegidos los elementos volátiles?
- ¿Tienen óxido los envases?
- ¿Se controlan temperatura ambiental y humedad relativa?
- ¿Están bien organizados los productos de la misma clase?
- ¿Se reciben materias primas que no reúnen las especificaciones requeridas?
- ¿Se cuenta con todos los materiales necesarios para llevar a cabo el proceso?
- ¿Se regulan los máximos y mínimos de inventario para piezas de repuesto y accesorios?
- ¿Han sido capacitados los trabajadores del almacén?

Equipos y procesos. Sistemas de distribución de aire, energía y ventilación

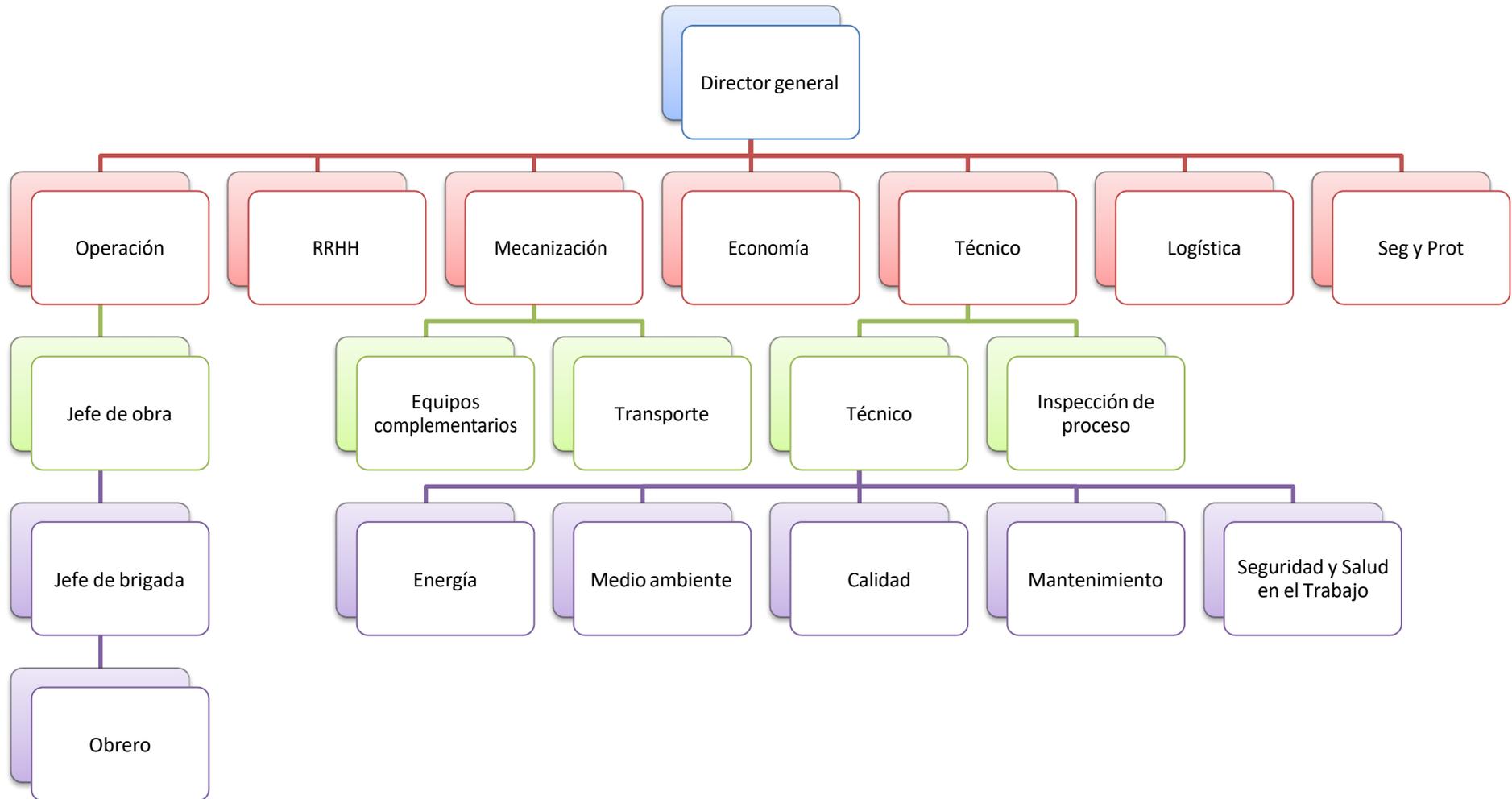
- ¿El proceso se opera según las Normas Prácticas de Operación suministradas por el proveedor del equipo o tecnología?

- ¿Se registra la frecuencia y el tipo de mantenimiento de los equipos y accesorios?
- ¿Los mantenimientos se realizan regularmente?
- ¿Son satisfactorios los resultados?
- ¿Existe registro de todos los equipos, clasificados por tipo de unidad?
- ¿Existen expedientes para los equipos?
- ¿Están actualizados?
- ¿Se registran las averías de las máquinas y sus causas se corrigen regularmente?
- ¿Hay fugas por las juntas, uniones, válvulas?
- ¿Se miden las boquillas frecuentemente?
- ¿Se utilizan los filtros de humedad y drenaje de compresores?
- ¿El combustible es de una calidad y composición consistente?
- ¿Fueron capacitados los operarios para dar mantenimiento y reparar esta tecnología?

Desperdicios y Emisiones

- ¿Tienen identificadas sus fuentes de emisión?
- ¿Los desperdicios son apropiadamente colectados, segregados y transportados?
- ¿La generación de desperdicios es continua?
- ¿Se realizan mediciones de los desperdicios y emisiones generados?
- ¿Hay clasificación de los residuales?
- ¿Existe algún sistema de tratamiento de residuales?
- ¿Existe reuso de estos residuales en alguna etapa del proceso?
- ¿Existe venta de alguno de los residuales a otras empresas?

Anexo 3 Estructura organizativa de la UEB EMPet División Matanzas



Anexo 4 Reseñas fotográficas



Foto 1 Pintura de planchas de techo



Foto 2 Envases vacíos y bolsas vacías en el suelo

Anexo 4 Reseñas fotográficas



Foto 3 Mangueras cruzadas

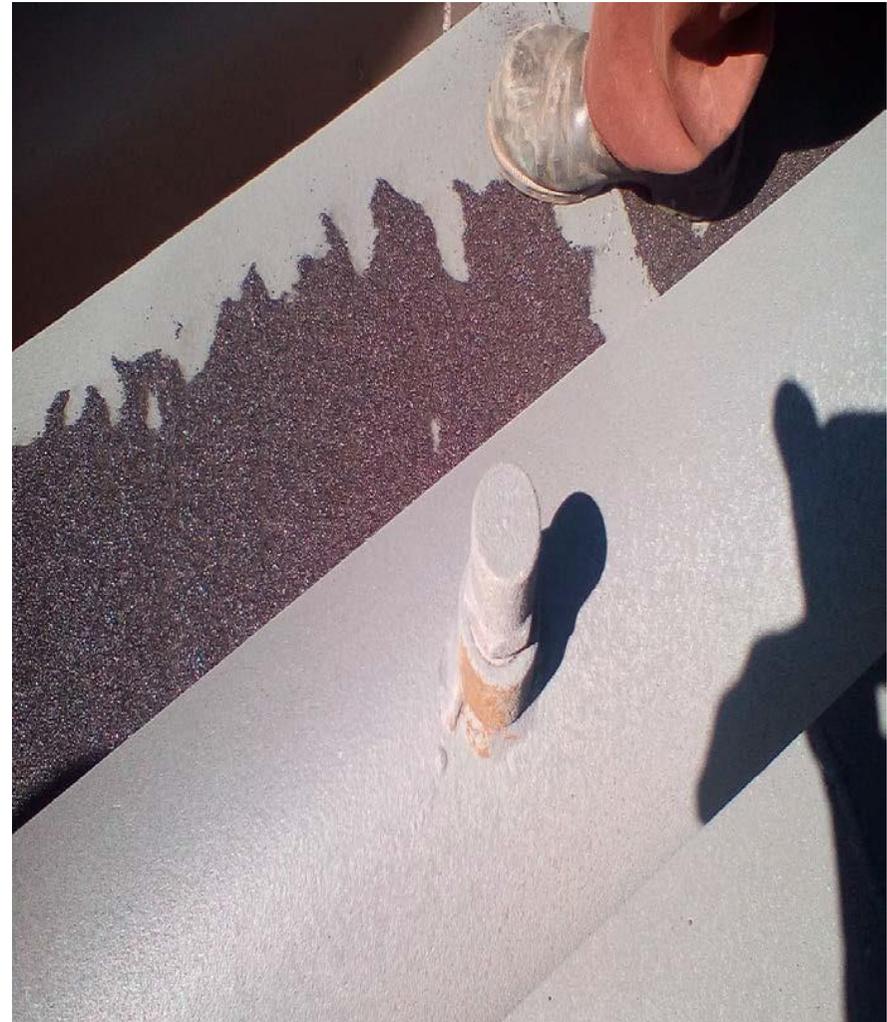


Foto 4 Granalla fraccionada sobre la estructura

Anexo 4 Reseñas fotográficas

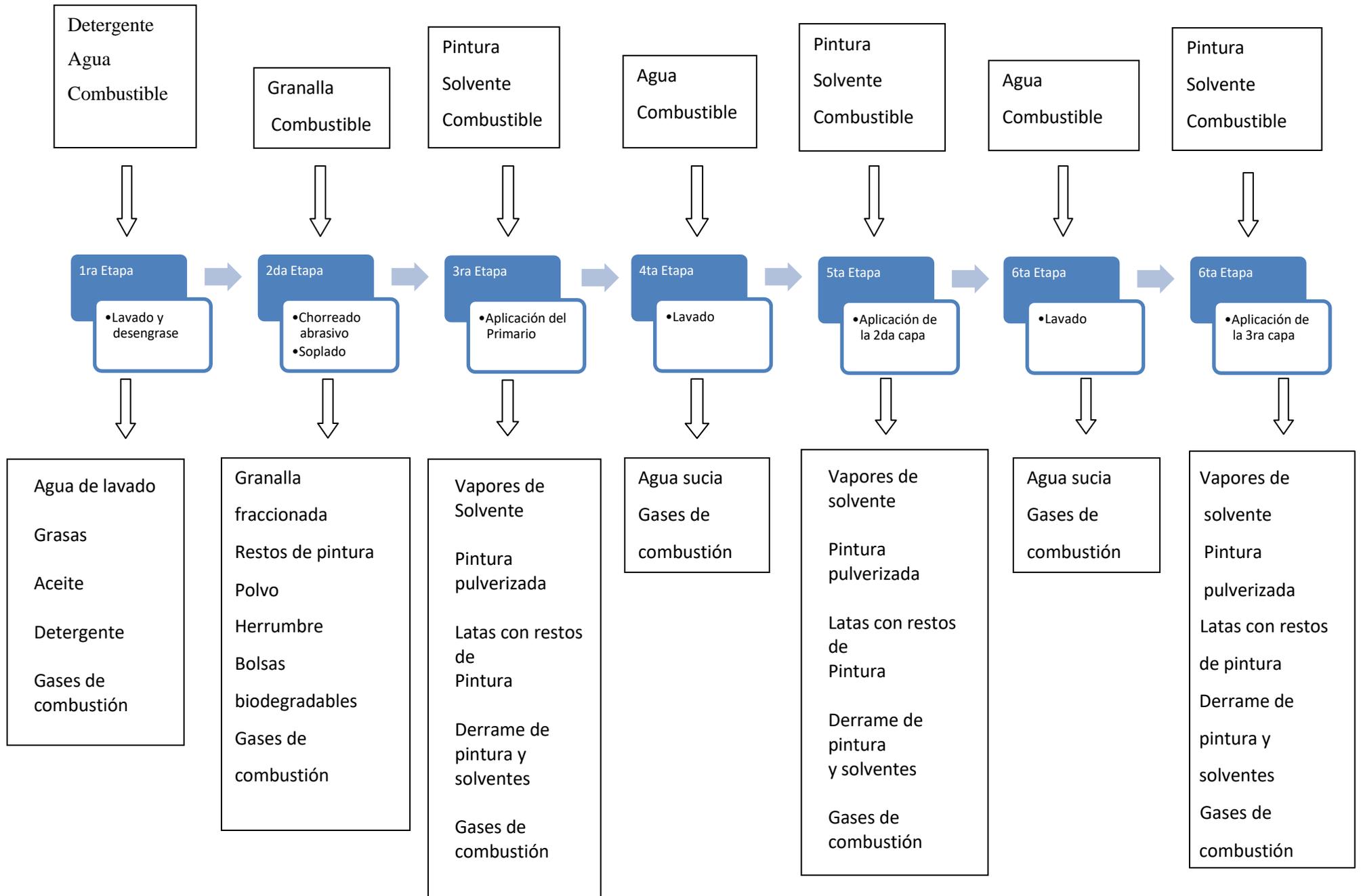


Foto 5 Derrame de granalla sin usar



Foto 6 Equipo de Sandblasting

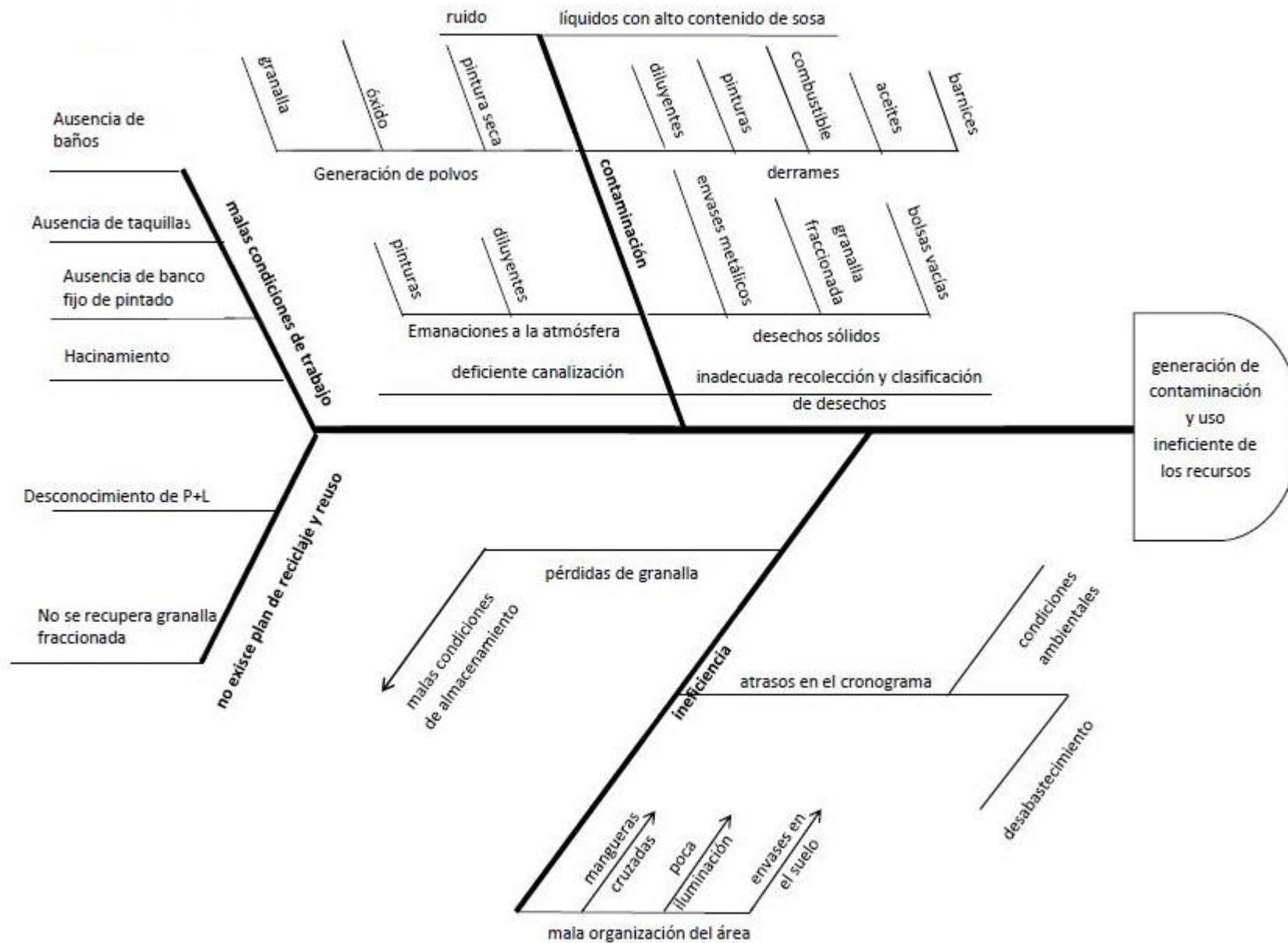
Anexo 5 Diagrama de flujo del proceso



Anexo 6 Consumo de materiales en el año 2018

DESCRIPCION	U/M	Cant.	Precio		Importe		Total
			CUC	MN	CUC	MN	
Granalla M-8	t	1463	161,113	12,74	235.708,32	18.638,62	254.346,94
Granalla M-25	t	636	174,31	13,01	110.861,16	8.274,36	119.135,52
Granalla M-60	t	91	165,11	32,98	15.025,01	3.001,18	18.026,19
Hempel Navi Wash	l	3735	3,44	0,443	12.848,40	1.654,61	14.503,01
Avantguard-750	l	9960	14,38	1,561	143.224,80	15.547,56	158.772,36
Hempadur Mastic 45880	l	9160	12,057	2,207	110.442,12	20.216,12	130.658,24
Hempathane 55930 Blanco	l	1600	10,98	2,023	17.568,00	3.236,80	20.804,80
Hempathane 55930 Rojo	l	1160	10,98	2,023	12.736,80	2.346,68	15.083,48
Hempathane 55930 Verde	l	480	10,98	2,023	5.270,40	971,04	6.241,44
Hempathane 55930 Amarillo	l	340	10,98	2,023	3.733,20	687,82	4.421,02
Hempathane 55930 Negro	l	3240	10,98	2,023	35.575,20	6.554,52	42.129,72
Hempathane 55930 Azul	l	20	10,98	2,023	219,60	40,46	260,06
Hempel Thinner 08710	l	1480	4,093	0,846	6.057,64	1.252,08	7.309,72
Hempadur 8567 Blanco	l	2580	10,2	1,29	26.316,00	3.328,20	29.644,20
Hempadur 8567 Rojo	l	1500	12,06	0,997	18.090,00	1.495,50	19.585,50
Hempel Thinner 08450	l	3760	2,83	0,629	10.640,80	2.365,04	13.005,84
Hempel Tool Cleaner 09610	l	10460	3,861	0,805	40.386,06	8.420,30	48.806,36
TOTAL							
					804.703,51	98.030,89	902.734,39

Anexo 7 Ishikawa



Anexo 8 Esquema aprobado por el CIQ



Página 1 de 5
Via Blanca s/n e/ Infanta y Palatino. Cerro. C. Habana, Cuba
Teléfonos: 648 9138 Fax: 648 9139
Email ciqdir@ciq.minbas.cu
Czda. Vento 4163. Cerro. C. Habana, Cuba
Teléfono: 648 5367 Piz.: 648 7976-82 ext. 155,156
Email: lazaro.diaz@oc.emcomed.cu

Centro de Ingeniería e Investigaciones e Químicas Centro de Ingeniería e Investigaciones e Químicas

Informe de Resultados

Laboratorio de Pinturas y Barnices
Calzada de Vento Nº 4163, Cerro
Ciudad de La Habana.
Teléfono: 6485367, e-mail: beatriz.ramos@oc.emcomed.cu

Informe Nº 6-442-34

Fecha: 10 de Febrero del 2015

Cliente: Pinturas Hempel S.A.

Dirección: Prado #20 apto. 4C esq. San Lázaro, La Habana, Cuba

Fecha de recepción: 5/Diciembre /2014

Producto: 3 muestras de pinturas de la firma HEMPEL S.A.

- HEMPADUR MIO 15570: Recubrimiento epoxi curado con aducto de poliamida, de dos componentes, con pigmentación de óxido de hierro micáceo (162 E-129).
- HEMPADUR MASTIC 45880: Recubrimiento epoxi de capa gruesa de dos componentes con aducto de poliamida y de elevado contenido en sólidos. (163 E-130).
- HEMPATANE 553 E-2: Esmalte de poliuretano brillante, de dos componentes, a base de isocianato alifático y poliéster hidroxilado. (164 E-131).

Estado de recepción: Productos envasados en recipientes metálicos de 1 litro de capacidad.

Procedimiento de muestreo: Realizado por el cliente.

Nota: El Laboratorio sólo se responsabiliza por los resultados del ítem ensayado entregado por el cliente y no por el conjunto total, del cual el mismo fue muestreado.

Anexo 9 Hempadur MIO 15570

Ficha Técnica HEMPADUR 15570



15570: BASE 15579: CURING AGENT 95570

Descripción	HEMPADUR 15570 es un recubrimiento de tipo epoxi curado con aducto de poliamida de dos componentes, que cura formando una película fuerte y altamente resistente a la corrosión a temperaturas por encima de -10°C. La pigmentación de óxido de hierro micáceo de color gris claro 12430 está también indicado en condiciones de aplicación sobre superficies ligeramente húmedas y ocasionalmente en superficies húmedas. Los colores amarillo grisáceo 21780 y gris 11320 contienen fosfato de Zinc.
Uso recomendado:	Como imprimación, capa intermedia o capa de acabado en reparación y mantenimiento en sistemas HEMPADUR con condiciones ambientales de severa corrosividad. Como capa de acabado cuando el aspecto estético sea de menor importancia. Como imprimación, capa intermedia y/o de acabado de tipo epoxi de curado a bajas temperaturas en sistemas de pintado especificados. Adecuado como imprimación de chorro en sistemas con breas epoxi. Capa diluida sobre GALVOSIL.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 140°C Para el pintado de tanques de lastre. Resiste las temperaturas normales del agua de mar. (Evitar largas exposiciones a gradientes de temperatura negativos) Otros líquidos: Contactar HEMPEL
Certificados:	Cumple con la European Fire Standard EN 13501-1; classification B-s1, d0. Aprobado como retardante del fuego cuando se usa como parte de un sistema previamente definido. Consulte "Declaration of Conformity" en www.Hempel.com para más detalles. Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j. (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	12430 (MIO) / Gris rojizo
Acabado	Mate
Volumen de sólidos, %:	54 ± 1
Rendimiento teórico:	5.4 m ² /l [218.5 sq.ft./US gallon] - 100 micras.
Punto de inflamación	25 °C [77 °F]
Peso específico	1.4 kg/ltr [11.6 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	1 hora(s) 20°C
Seco en profundidad:	5 hora(s) 20°C
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COV:	414 g/l [3.4 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	3 años para la BASE y 3 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación. * otros colores según carta.
<i>Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.</i>	
DETALLES DE APLICACIÓN:	
Versión, producto mezclado:	15570
Proporción de mezcla:	BASE 15579: CURING AGENT 95570 3 : 1 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	08450 (5%) / 08450 (15%) / 08450 (5%)
Vida de la mezcla:	2 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.019 - 0.021 "
Presión:	175 bar [2537.5 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	100 micras [4 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	200 micras [8 mils]
Intervalo de repintado, min	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max.	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

Anexo 10 Ficha técnica del detergente D-Bioclean 20

DEVOX®

DEVOBIOCLEAN 20

TIPO GENERICO: Limpiador y desengrasante biodegradable libre de solventes, soluble en agua.

PERFORMANCE: Es un limpiador y desengrasante biodegradable sin solvente que en un solo paso desengrasa y limpia superficies metálicas y de concreto dejándolas listas para recibir recubrimientos, ofreciendo una superficie con mejor capacidad de adherencia. Por otro lado elimina fácilmente cualquier residuo de polvo, mugre, grasas y aceites que pueda interferir con el enlace entre el metal ó concreto y las pinturas.

USOS RECOMENDADOS: Se emplea como limpiador, desengrasante y emulsificante de grasas, aceites y suciedad adherida a equipos y maquinaria en general; así como en otras áreas donde se requiere el empleo de un limpiador y desengrasante de alto poder y de tipo ecológico biodegradable.

CARACTERISTICAS:

APARIENCIA	LIQUIDO
COLOR	AMBAR BLANCO
OLOR	INODORO
DENSIDAD	1.080-1.110 Kg/cm³
PH	7.5-8.5
INFLAMABILIDAD	NO FLAMABLE
TOXICIDAD	NO TOXICO

MANEJO Y ALMACENAJE:

El DEVOBIOCLEAN # 20 es un producto de gran economía en procesos de limpieza. Mantenga los envases perfectamente cerrados. Preferentemente manténgalos en espacios al aire libre. Revise periódicamente los envases para detectar presencia de fugas. Maneje los limpiadores con equipo de seguridad, botas, lentes, mascarillas, etc. No estibe un tambor sobre otro, esto retrasará una operación de emergencia.

Mantenga perfectamente etiquetados los tambos para saber perfectamente su uso.

Devon by General Paint Co. de México, S.A. de C.V.

PLANTA: Circuito de la industria Norte S/N Manzana 17, Lote 2 y 3 Parque Industrial Lerma, Lerma Edo. México
TEL: 01 (728) 2823984 / 2823986 e/mail: ventas@general-paint.com.mx
CENTRO DE SERVICIO MEXICO D.E.: Camino a Sta. Lucía # 383, Col. Sta. Miguel Amantla, C.P. 02700,
México, D.F., Tel: (55) 5353-05-54; Fax: (55) 5353-03-13 e/mail: Soporte-tecnico@general-paint.com.mx R0HJEL

Anexo 11 Esquemas de mantenimiento externo

ZONA	CODIGO	COLOR	SV	EPS (micras)	AREA (m2)	APLICACIÓN	% PERDIDA	CONSUMO
TECHO	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	449	AIRLESS	50	138
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	449	AIRLESS	50	117
	HEMPATHANE 55930 BLANCO	BLANCO	58	75	449	AIRLESS	50	116
ENVOLVENTE	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	854	AIRLESS	50	263
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	854	AIRLESS	50	222
	HEMPATHANE 55930 BLANCO	BLANCO	58	75	746	AIRLESS	50	193
ZOCALO	HEMPATHANE 55930 NARANJA	NARANJA	58	75	107	AIRLESS	50	28
BARANDA	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	115	AIRLESS	75	71
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	115	AIRLESS	75	60
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	40	115	BROCHA	20	10
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	35	115	BROCHA	20	9
ESCALERA	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	70	AIRLESS	75	43
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	70	AIRLESS	75	36
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	40	14	BROCHA	20	1,21
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	35	14	BROCHA	20	1,06
	HEMPATHANE 55930 VERDE	VERDE	58	75	56	BROCHA	20	9,05
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	165	AIRLESS	75	102
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	165	AIRLESS	75	86
	HEMPATHANE 55930 ROJO	ROJO	58	75	165	BROCHA	20	27
SISTEMA DE ESPUMA	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	119	AIRLESS	75	73
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	119	AIRLESS	75	62
	HEMPATHANE 55930 ROJO	ROJO	58	75	108	BROCHA	20	17
soportes sist vs								
Incendio	HEMPATHANE 55930 NEGRO	NEGRO	58	75	11	BROCHA	20	2
Pasarela	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	75	AIRLESS	75	46
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	75	AIRLESS	75	39
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	40	15	BROCHA	20	1,29
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	35	15	BROCHA	20	1,13
	HEMPATHANE 55930 VERDE	VERDE	58	75	60	BROCHA	20	9,70
TUBERÍAS	HEMPADUR AVANTGUARD 750	GRIS	65	100	110	AIRLESS	60	42
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	110	AIRLESS	60	36
	HEMPATHANE 55930 BLANCO	BLANCO	58	75	110	AIRLESS	60	36
soportes								
Interconexiones	HEMPATHANE 55930 VERDE	VERDE	58	75	12	BROCHA	20	2

Tabla 1 Esquema de pintado actual con primario Hempadur Avantguard-750

Anexo 11 Esquemas de mantenimiento externo

No	Descripción	U/M	Cant.	Precio CUC	Precio MN	Importe CUC	Importe MN	MONEDA TOTAL
1	Brocha 3"	U	20	1,31	0,26	26,26	5,12	31,38
2	Brocha 4"	U	10	1,31	0,26	13,13	2,56	15,69
3	Hempadur Avanguard 750	l	780	14,83	2,56	11.565,06	1.993,68	13.558,74
4	Hempadur Mastic 45880	l	660	12,06	2,21	7.957,62	1.456,62	9.414,24
5	Hempathane 55930 (blanco)	l	320	10,98	2,02	3.513,60	647,36	4.160,96
6	Hempathane 55930 (amarillo)	l	20	10,98	2,02	219,60	40,46	260,06
7	Hempathane 55930 (verde)	l	20	10,98	2,02	219,60	40,46	260,06
8	Hempathane 55930 (rojo)	l	60	10,98	2,02	658,80	121,38	780,18
9	Hempathane 55930 (naranja)	l	40	10,98	2,02	439,20	80,92	520,12
10	Hempathane 55930 (negro)	l	40	10,98	2,02	439,20	80,92	520,12
11	Hempels thinner 0845	l	160	2,83	0,63	452,80	100,64	553,44
12	Hempels thinner 08710	l	75	4,09	0,85	306,98	63,45	370,43
13	Hempels tool cleaner 09610	l	360	3,86	0,81	1.389,96	289,80	1.679,76
14	Hempels Navi Wash	l	100	3,44	0,44	344,12	44,30	388,42
15	Granalla	t	82,5	165,11	32,98	13.621,58	2.720,85	16.342,43
41.167,50		7.688,52		48.856,02				

Tabla 2 Desglose de materiales para el esquema actual con primario Hempadur Avantguard-750, granalla y detergente no ecológico

Anexo 11 Esquemas de mantenimiento externo

CON HEMPADUR 1557		DIAMETRO: 22,80			ALTURA: 11,92			
ZONA	CODIGO	COLOR	SV	EPS (micras)	AREA (m2)	APLICACIÓN	% PERDIDA	CONSUMO
TECHO	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	449	AIRLESS	50	166
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	449	AIRLESS	50	117
	HEMPATHANE 55930 BLANCO	BLANCO	58	75	449	AIRLESS	50	116
ENVOLVENTE	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	854	AIRLESS	50	316
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	854	AIRLESS	50	222
	HEMPATHANE 55930 BLANCO	BLANCO	58	75	746	AIRLESS	50	193
ZOCALO	HEMPATHANE 55930 NARANJA	NARANJA	58	75	107	AIRLESS	50	28
BARANDA	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	115	AIRLESS	75	85
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	115	AIRLESS	75	60
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	40	115	BROCHA	20	10
ESCALERA	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	70	AIRLESS	75	52
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	70	AIRLESS	75	36
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	40	14	BROCHA	20	1,21
	HEMPATHANE 55930 VERDE	VERDE	58	75	56	BROCHA	20	9,05
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	165	AIRLESS	75	122
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	165	AIRLESS	75	86
	HEMPATHANE 55930 ROJO	ROJO	58	75	165	BROCHA	20	27
SISTEMA DE ESPUMA	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	119	AIRLESS	75	88
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	119	AIRLESS	75	62
	HEMPATHANE 55930 ROJO	ROJO	58	75	108	BROCHA	20	17
soportes sist vs incendio	HEMPATHANE 55930 NEGRO	NEGRO	58	75	11	BROCHA	20	2
Pasarela	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	75	AIRLESS	75	56
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	75	AIRLESS	75	39
	HEMPATHANE 55930 AMARILLO	AMARILLO	58	40	15	BROCHA	20	1,29
	HEMPATHANE 55930 VERDE	VERDE	58	75	60	BROCHA	20	9,70
TUBERÍAS	HEMPADUR MIO 15570	GRIS	54	100	110	AIRLESS	60	51
	HEMPADUR MASTIC 45880	GRIS	77	100	110	AIRLESS	60	36
	HEMPATHANE 55930 BLANCO	BLANCO	58	75	110	AIRLESS	60	36
soportes interconexiones	HEMPATHANE 55930 VERDE	VERDE	58	75	12	BROCHA	20	2

Tabla 3 Esquema de pintura propuesto con primario Hempadur MIO 15570

Anexo 11 Esquemas de mantenimiento externo

No	Descripción	U/M	Cant.	Precio CUC	Precio MN	Importe CUC	Importe MN	TOTAL
1	Brocha 3"	U	20	1,31	0,26	26,26	5,12	31,38
2	Brocha 4"	U	10	1,31	0,26	13,13	2,56	15,69
3	Hempadur MIO 1557	l	940	6,09	0,20	5.724,60	188,00	5.912,60
4	Hempadur Mastic 45880	l	660	12,06	2,21	7.957,62	1.456,62	9.414,24
5	Hempathane 55930 (blanco)	l	320	10,98	2,02	3.513,60	647,36	4.160,96
6	Hempathane 55930 (amarillo)	l	20	10,98	2,02	219,60	40,46	260,06
7	Hempathane 55930 (amarillo)	l	20	10,98	2,02	219,60	40,46	260,06
8	Hempathane 55930 (rojo)	l	60	10,98	2,02	658,80	121,38	780,18
9	Hempathane 55930 (naranja)	l	40	10,98	2,02	439,20	80,92	520,12
10	Hempathane 55930 (negro)	l	40	10,98	2,02	439,20	80,92	520,12
11	Hempels thinner 0845	l	160	2,83	0,63	452,80	100,64	553,44
12	Hempels thinner 08710	l	80	4,09	0,85	327,44	67,68	395,12
13	Hempels tool cleaner 09610	l	400	3,86	0,81	1.544,40	322,00	1.866,40
14	Devoclin 20	l	200	2,42	0,44	484,00	88,60	572,60
15	Agua	m ³	266	0,10	0,81	26,6	215,46	242,06
22.046,85		3458,18		25505,0349				

Tabla 4 Desglose de materiales para el esquema propuesto con primario Hempadur MIO 15570 y detergente biodegradable.

Anexo 12 Cronogramas de trabajo

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Reparación Capital TK-16 5000 m³ NAFTA	58 días	mié 20/03/19	lun 03/06/19
TRATAMIENTO ANTICORROSIVO (2 CHORROS)	57 días	mié 20/03/19	vie 31/05/19
Preparación de Condiciones	1 día	mié 20/03/19	mié 20/03/19
Pintura Exterior	48 días	jue 21/03/19	mié 22/05/19
Techo 449 m2	14 días	jue 21/03/19	lun 08/04/19
Desengrase	1 día	jue 21/03/19	jue 21/03/19
Chorroado abrasivo	6 días	lun 25/03/19	sáb 30/03/19
Soplado	6 días	lun 25/03/19	sáb 30/03/19
Pintura 1era mano	6 días	lun 25/03/19	sáb 30/03/19
Fregado	1 día	lun 01/04/19	lun 01/04/19
STRIPE-COAT	1 día	lun 01/04/19	lun 01/04/19
Pintura 2da mano	2 días	mar 02/04/19	mié 03/04/19
Pintura 3era mano	2 días	vie 05/04/19	lun 08/04/19
Baranda 115 m2	16 días	jue 21/03/19	mié 10/04/19
Envolvente 854 m2	33 días	vie 22/03/19	vie 03/05/19
Desengrase	1 día	vie 22/03/19	vie 22/03/19
Chorroado abrasivo	12 días	lun 01/04/19	lun 15/04/19
Soplado	12 días	lun 01/04/19	lun 15/04/19
Pintura 1era mano	12 días	lun 01/04/19	lun 15/04/19
Fregado	1 día	mar 16/04/19	mar 16/04/19
STRIPE-COAT	1 día	mar 16/04/19	mar 16/04/19
Pintura 2da mano	3 días	vie 19/04/19	mar 23/04/19
Pintura 3era mano	2 días	jue 02/05/19	vie 03/05/19
ESCALERA 70M2	36 días	vie 22/03/19	mié 08/05/19
SISTEMA VS INCENDIO 284 m2	39 días	vie 22/03/19	sáb 11/05/19
INTERCONEXIONES Y PASARELAS 185 m2	8 días	lun 13/05/19	mié 22/05/19
Rotulado del Tq	3 días	jue 23/05/19	sáb 25/05/19
LIMPIEZA Y RECOGIDA DEL AREA	5 días	lun 27/05/19	vie 31/05/19
PRUEBA HIDRÁULICA	13 días	vie 17/05/19	lun 03/06/19

Tabla 1 Cronograma de trabajo con dos chorros de granalla

Anexo 12 Cronogramas de trabajo

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Reparación Capital TK-16 5000 m³ NAFTA	57 días	mié 20/03/19	vie 31/05/19
PRUEBA HIDRÁULICA	14 días	mié 20/03/19	vie 05/04/19
TRATAMIENTO ANTICORROSIVO (1 CHORROS)	49 días	sáb 30/03/19	vie 31/05/19
Preparación de Condiciones	1 día	vie 05/04/19	vie 05/04/19
Pintura Exterior	49 días	sáb 30/03/19	vie 31/05/19
Techo 449 m2	14 días	lun 08/04/19	mié 24/04/19
Desengrase	1 día	lun 08/04/19	lun 08/04/19
Chorreado con Agua	7 días	mar 09/04/19	mar 16/04/19
Pintura 1era mano	7 días	mar 09/04/19	mar 16/04/19
STRIPE-COAT	1 día	mié 17/04/19	mié 17/04/19
Pintura 2da mano	2 días	jue 18/04/19	vie 19/04/19
Pintura 3era mano	2 días	mar 23/04/19	mié 24/04/19
Baranda 115 m2	16 días	lun 08/04/19	vie 26/04/19
Envolvente 854 m2	37 días	lun 08/04/19	vie 24/05/19
Desengrase	1 día	lun 08/04/19	lun 08/04/19
Chorreado con Agua	15 días	mié 17/04/19	mar 07/05/19
Pintura 1era mano	15 días	mié 17/04/19	mar 07/05/19
STRIPE-COAT	1 día	mié 08/05/19	mié 08/05/19
Pintura 2da mano	3 días	sáb 11/05/19	mar 14/05/19
Pintura 3era mano	2 días	jue 23/05/19	vie 24/05/19
ESCALERA 70M2	40 días	lun 08/04/19	mar 28/05/19
SISTEMA VS INCENDIO 284 m2	43 días	lun 08/04/19	vie 31/05/19
INTERCONEXIONES Y PASARELAS 185 m2	8 días	sáb 30/03/19	mar 09/04/19
Rotulado del Tq	3 días	mié 10/04/19	vie 12/04/19
LIMPIEZA Y RECOGIDA DEL AREA	1 día	sáb 13/04/19	sáb 13/04/19

Tabla 2 Cronograma de trabajo con 1 chorro de agua

Anexo 13 Datos sobre el análisis granulométrico

tamaño (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$x > 4$	3	2,4	0,3	0,5	6,4	3,5	2,2	1,2	2,4	0,8	4,6	2,1	0,8	1,9	2,6
$4 > x > 2$	7,7	7,1	8,2	6,9	8,4	7,5	8,3	5,6	7,9	8,2	9,2	7,1	6,2	8,1	5,8
$2 > x > 1$	64,9	65,2	61,7	64,6	63	65,8	67,1	65,1	61	63,1	62,6	71	63,9	62,1	64,2
$1 > x > 0,5$	180	178,2	178	181	182,2	179,9	183	179,2	178,4	180,2	176,2	176,1	179,4	180,5	181
$0,5 > x > 0,25$	109,7	108,3	111,2	109,6	106,3	106,4	110,2	108,7	110,2	108,5	109,3	106,4	111,3	105,2	105,1
$x < 0,25$	142,3	138,8	141	137,3	133,7	136,8	129,2	140,2	140	139,3	138,2	137,2	138,3	142,2	141,3
total	499,9	500	500,4	499,9	500	499,9	500	500	499,9	500,1	500,1	499,9	499,9	500	500
tamaño de la muestra	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
error	-0,02	0	0,08	-0,02	0	-0,02	0	-0	-0,02	0,02	0,02	-0,02	-0,02	0	0

Tabla 1 Resultados de la corridas

promedio	promedio acumulativo	%	desviación estándar	coeficiente de variación
2,31	2,31	0,46	1,63220564	70,5564396
7,46	9,77	1,49	1,06309211	14,2423823
64,35	74,12	12,87	2,4715139	3,8405375
179,55	253,67	35,91	1,95662489	1,08971794
108,43	362,1	21,68	2,07552632	1,91422128
138,39	500,49	27,67	3,41820058	2,47003607
		100	0,13093073	0,02618615

Tabla 2 Análisis de los resultados

Anexo 13 Datos sobre el análisis granulométrico

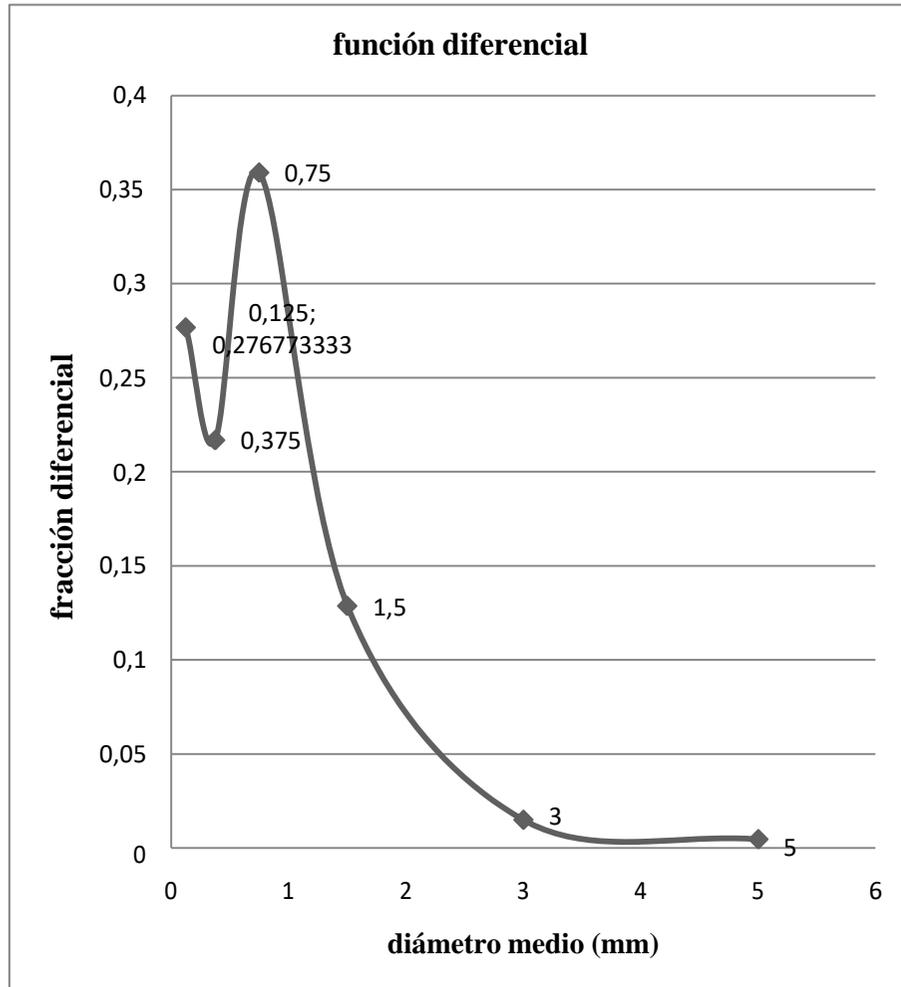


Gráfico 1 Función diferencial

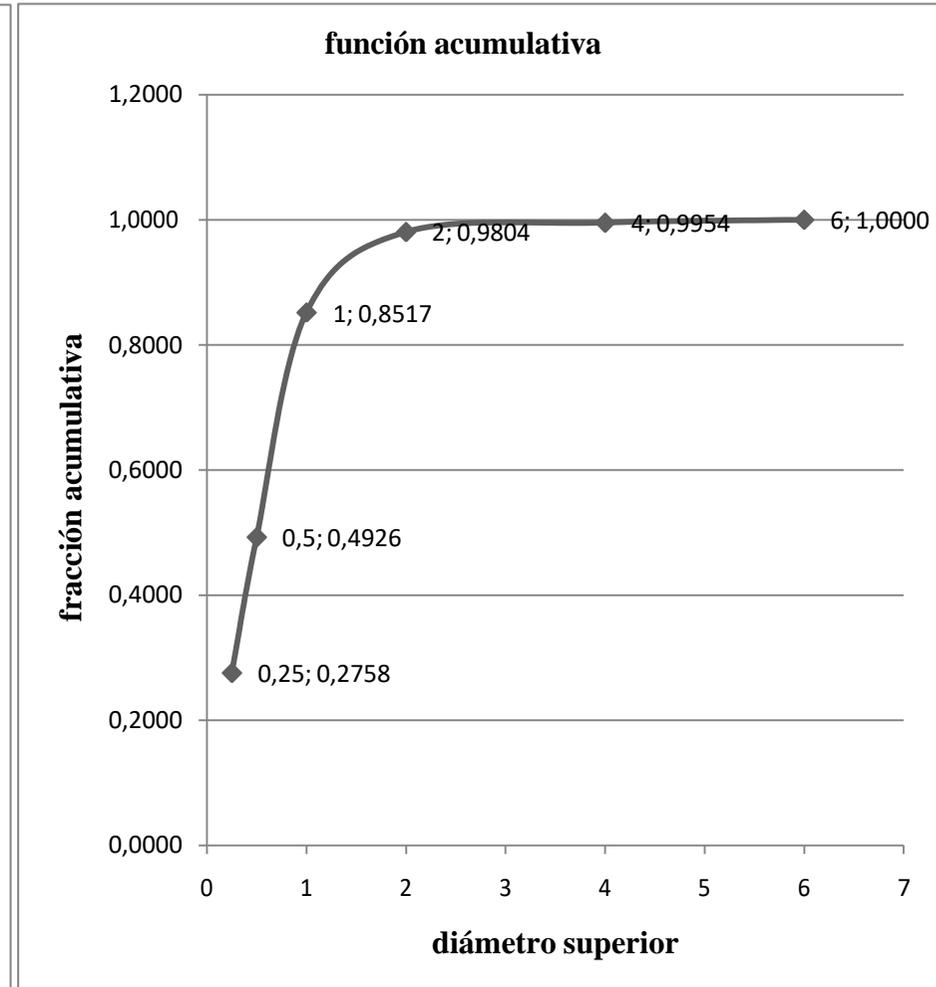


Gráfico 2 Función acumulativa

Anexo13 Datos sobre el análisis granulométrico

Características técnicas de la balanza

Marca:Sartorius

Modelo:LP 6200

Rango: 0-6200g

Precisión:0.1g

Legibilidad:0.1g

Características de los tamices

Marca: Test Sieve

Norma: DIN ISO 3310-1

Cuerpo: Acero 316L

Mesh: S-Steel /RF

Fabricante: Alemania

Características técnicas de la Vibradora de tamizado

Marca:RETSCH

Modelo:AS200 basic

Año de producción: 2001

Nº de serie: 210210014 G

Máximo número de fracciones: 9/17

Masa máxima del bloque de tamices: 4kg

Altura máxima de los tamices: 510 mm

Tipo de protección: IP 54/ IP 20

Conexión eléctrica: Voltajes diferentes

Frecuencia: 60Hz

Alimentación de red: monofásica

A x H x F: 417 x 212 x 384 mm

Peso neto: 35 kg

Adecuada para tamizado en seco: sí

Adecuada para tamizado en húmedo: sí

Fabricante: Alemania

Anexo 14 Datos sobre la inversión

Características técnicas del recuperador de granalla

Marca: KAITE

Modelo: RS5.0

Capacidad de procesamiento: 5 tn/h

Consumo de electricidad: 7.5 kw/h

Método de limpieza: Corriente de aire

Tiempo de garantía: 1 año

The screenshot shows a web browser window displaying an Alibaba.com product page for a 'Garnet recycling machine'. The browser's address bar shows the URL: https://www.alibaba.com/product-detail/Garnet-recycling-machine_62079365599.html?spm=a2700.details.maylikehoz.3.65a014eetZGCuU. The page content includes:

- Product Title:** Garnet recycling machine
- Price:** \$10,000.00 - \$20,000.00 / Sets | 1 Set/Sets (Min. Order)
- Model Number:** GS5.0
- Features:** Critical Cleaning / Residue Free, Non-Ionic, All 3 Options
- Industry Used:** Electronic Industry, Other
- Supplier:** Shenzhen Kaite Industry Co., Ltd. (1 YR, Gold Supplier, Onsite Check)
- Payment:** This supplier also supports L/C, D/P, T/T, Western Union payments for offline orders.
- Shipping:** Alibaba.com Ocean Shipping Service from China to U.S. (Get shipping quote)
- Buttons:** Contact Supplier, Chat Now!
- Related Products:** Tumbling sand blasting machine (\$1,000.00 - \$6,000.00 / Set), Suction sand blasting cabinet (\$1,000.00 - \$6,000.00 / Set).
- Timer:** TIEMPO DISPONIBLE 00:02:38

The browser's taskbar at the bottom shows various application icons and the system clock indicating 10:10 on 06/06/2019.

