UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

“PLAN DE MANTENIMIENTO EN ESTRUCTURAS DE ACERO AL CARBONO EN LA PLANTA DE PERU LNG, PARA LA PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN”.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

MÁXIMO LUIS ROJAS PAZ

Callao 2022

PERÚ

PROLOGO DE JURADO

La presente Tesis fue sustentada por el Bachiller **ROJAS PAZ, MAXIMO LUIS** ante el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** conformado por los siguientes profesores Ordinarios:

Ing. Dr. ANCIETA DEXTRE CARLOS	**PRESIDENTE**
Ing. Mg. SUERO IQUIAPAZA POLICARPO	**SECRETARIO**
Lic. Mg. ALVARADO BRAVO NESTOR	**VOCAL**
Lic. Mg. LAYZA BERMUDEZ FERNANDO	**VOCAL SUPLENTE**
Ing. Mg. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO	**ASESOR**

Tal como está asentado en el **Libro de Actas Nº 1** de Tesis con Ciclo de Tesis **Folio Nº 92 y Acta Nº 91** de fecha **VEINTITRÉS DE ABRIL, DEL AÑO 2022**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución de Consejo Universitario Nº 099-2021-CU, del 30 de junio del 2021.

Dedicatoria

A Dios y la Virgen María, que siempre estuvieron presentes acompañándome en los momentos más difíciles, a mis padres ejemplos a seguir y su incondicional amor, a mi tía por su apoyo innegable, soporte y cariño.

Máximo Luis Rojas Paz

AGRADECIMIENTO

A mi casa de estudio la Universidad Nacional del Callao, Alma Mater que nos permitió formarnos profesionalmente. Gratitud por siempre a los docentes, y el recuerdo de gratos momentos junto a mis compañeros llenas de vivencias y conocimientos imperecederos.

A mi asesor de tesis Ing. Mg. Pablo Díaz por su orientación, colaboración y guía, brindada durante la elaboración de la tesis.

A nuestro presidente de tesis, Ing.Dr. Carlos Ancieta Dextre, por el apoyo, los recursos brindados y aportes imprescindibles para la realización del ciclo tesis.

A los docentes involucrados en el ciclo de tesis, Ing. Mg. Agérico Pantoja e Ing.Mg. César Gutierrez, por su asesoría y dedicación, fundamental para la culminación de la tesis.

A la Ing.Mg. Mabel Luna, por sus esfuerzos y desprendimientos con el propósito de lograr la culminación de mi trabajo de investigación, en cada etapa de su elaboración.

Y a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto a las que siempre tendré presente en mi vida profesional.

INDICE

TABLAS DE CONTENIDO. 3
RESUMEN 6
ABSTRACT 7
INTRODUCCIÓN 8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 9
1.1 Descripción de la realidad problemática. 9
1.2. Formulación del problema. 10
1.2.1. Problema general. 10
1.2.2 Problemas específicos. 10
1.3 Objetivos 10
1.3.1. Objetivo general. 10
1.3.2. Objetivos específicos. 10
1.4 Limitantes de la investigación 11
II. MARCO TEÓRICO 12
2.1 Antecedentes. 12
2.1.1. Antecedentes internacionales. 12
2.1.2. Antecedentes nacionales. 13
2.2 Bases teóricas. 15
2.2.1. Corrosión. 16
2.2.2. Mantenimiento Industrial. 23
2.2.3. Recubrimiento Industrial. 33
2.3 Conceptual. 38
2.4 Definiciones de términos básicos. 50
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 54
3.1.- Hipótesis 54
3.1.1- Hipótesis General. 54
3.1.2.- Hipótesis Específicas. 54
3.2.- Definición conceptual de las variables 54
3.2.1. Operacionalización de variables 56
IV. DISEÑO METODOLÓGICO 57
4.1 Tipo y diseño de la investigación. 57

4.2 Método de investigación. 57
4.3 Población y muestra 67
4.4 Lugar del estudio y periodo desarrollado 67
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información. 68
4.6 Análisis y procedimientos de datos. 70
V. RESULTADOS 74
5.1. Resultados descriptivos 74
5.2. Resultados inferenciales 75
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 87
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados 87
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares 88
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes. 89
CONCLUSIONES. 90
RECOMENDACIONES. 91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 92
ANEXOS 96
ANEXO 1: Matriz de consistencia. 96
ANEXO 2: Registros y protocolos de campo. 97
ANEXO 3: Resumen de tabla de costos de los trabajos de mantenimiento. 102
ANEXO 4: Hojas técnicas de pinturas utilizada trabajos de mantenimiento. 103
ANEXO 5: Plan de inspección antes de iniciar los trabajos. 106
ANEXO 6: Resumen de los trabajos de mantenimiento. 107

TABLAS DE CONTENIDO.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Categoría de corrosión atmosférica.* 17
Tabla 2. *Estándares de la norma SSPC de preparación de superficie.* 21
Tabla 3. *Estándares Visuales de Preparación de Superficie.* 21
Tabla 4. Objetivos del Mantenimiento. 24
Tabla 5. *Misiones del Mantenimiento.* 24
Tabla 6. *Tareas del área de Mantenimiento.* 25
Tabla 7. *Ventajas de área de la Centralización Jerárquica.* 27
Tabla 8. *Ventajas de área de la Descentralización Geográfica.* 27
Tabla 9. *Tipos de mantenimiento.* 29
Tabla 10. *Tipo de Niveles en los Trabajos de Mantenimiento.* 31
Tabla 11. *Ventajas, inconvenientes y aplicaciones de Mantenimiento.* 32
Tabla 12. *Tipos de Abrasivos.* 36
Tabla 13. *Clase de Abrasivo y Contenido de Sílice.* 37
Tabla 14. *Grado del abrasivo y rugosidad producida.* 37
Tabla 15. *Granallas y su Nomenclatura.* 38
Tabla 16. *Tipo de limpieza: Limpieza por chorro abrasivo.* 40
Tabla 17. *Limpieza manual y mecánica.* 40
Tabla 18. *Las condiciones favorables para la aplicación del recubrimiento.* . 48
Tabla 19. *Operacionalización de variables* 56
Tabla 20. Costos de trabajos de mantenimiento preventivo del año 2020, para espesores menores al 20%. 58
Tabla 21. Costos de trabajos de mantenimiento correctivo del año 2020, para espesores mayores al 20%. 59
Tabla 22. *Documentos Necesarios para iniciar los trabajos de mantenimiento en la planta.* 73
Tabla 23. *Tabla de selección de prueba estadística.* 76
Tabla 24. *Costos de los trabajos por mes, según tipo de mantenimiento.* 78
Tabla 25. *Resumen de procesamiento de casos, en software SPSS.* 78
Tabla 26. *Resultados en el software SPSS, en relación a dos muestras independientes.* 79

Tabla 27. *Resultados en el software SPSS, en relación a dos muestras independientes.* 79
Tabla 28. *Resultados en el software SPSS, en relación a dos muestras independientes.* 80
Tabla 29. *Resultados de la prueba para muestras independientes.* 83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Patrones Fotográficos del Grado de Oxidación.*..... 20
Figura 2. *Dependencia de la Dirección.* 26
Figura 3. *Dependencia de la Fabricación.*..... 26
Figura 4. *Ejemplo de Organigrama de una fábrica.*..... 28
Figura 5. *Tipos de mantenimiento.*..... 29
Figura 6. *Sobre el tipo de mantenimiento que se aplicará.* 31
Figura 7. *Representación de la norma SSPC-PA2.* 47
Figura 8. *Base de datos de Excel para cálculo de área de los elementos a trabajar*……...60
Figura 9. *Presupuesto de trabajos de mantenimiento preventivo.* 61
Figura 10. *Vista de planta Melchorita*..... 68
Figura 11. *Tubería y soportes, pintados después de un mantenimiento correctivo*……...69
Figura 12. *Otra vista de tuberías y soportes, después de mantenimiento correcitvo*……...69
Figura 13. *Gráfica de distribución Normal para los costos asociados al Trabajo de mantenimiento preventivo,* 81
Figura 14. *Gráfica de distribución Normal para los costos asociados al Trabajo de mantenimiento preventivo,* 82

ABSTRACT

The present work presents the detail of the maintenance plan for the steel structures in a hydrocarbon plant for the prevention of corrosion. For which technical considerations based on international standards such as NACE, SSPC and ASTM were used, to carry out a good performance of the industrial coating. The proposal also gathers the costs associated with the work carried out in preventive and corrective maintenance, for which, through the differentiated statistical methodology, it concludes that it is necessary to reduce corrective maintenance work. As a result, the maintenance plan for the prevention of corrosion in the steel structures of the hydrocarbon plant was carried out for a period of one year, which identifies the variations in associated costs of preventive and corrective work that will help and complement important information for the realization of an adequate budget. Finally, it is concluded that the maintenance plan for the steel structures in a hydrocarbon plant carried out considering international technical standards, allowed to prevent the corrosion of elements with loss of coating thickness greater than 20% of its total, being the most corrected impact. over the course of an entire year.

Keywords: maintenance plan, corrosion, coating application, records.

INTRODUCCIÓN

El plan de mantenimiento a desarrollarse involucra los trabajos del mantenimiento preventivo y correctivo desarrollados mediante recubrimiento industrial los cuales cumplen en el aspecto de calidad y garantía que se entregará al cliente PERÚ LNG, buscando la mejor solución para prolongar el periodo de vida útil del equipo, en este caso estructuras de acero al carbono.

Generalmente el trabajo de mantenimiento consiste en tres etapas: la primera etapa de inspección previa y determinación del grado de mantenimiento que tendrá que efectuarse en las zonas más afectadas dentro de la planta Melchorita, considerando equipos menores, mayores, estructuras, soportes, tuberías, etc., pudiendo ser parcial o general. La segunda etapa busca la mejor solución basada en un recubrimiento industrial óptimo, si el grado de corrosión lo permite, en casos de corrosión muy severos sólo queda el reemplazo de los materiales. El mantenimiento, requiere de los servicios de una empresa con experiencia reconocida en este tipo de trabajos a desarrollarse en la complejidad de las diferentes variedades de estructuras que se tienen en una planta de hidrocarburos.

La planta Perú LNG, es una empresa distribuidora de GNV (gas natural vehicular) y GLP (gas licuado de petróleo), combustibles de manejo de alto riesgo por lo que se requiere de estructuras sólidas que soporten presión, vibración, cambios de temperatura, entre otros, y que además por la ubicación de la planta, está expuesta al ambiente húmedo y salino por su cercanía al mar.

Por ello el objetivo de este trabajo es proponer un plan de mantenimiento para un mejor control de la corrosión, enfocado en la prevención de la corrosión que es el riesgo principal que afecta a esta planta.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El mantenimiento en plantas industriales toma mayor conciencia en el mundo a raíz de los problemas y gastos excesivos de las reparaciones que se originan una vez que sucede un evento, falla o cambio de cualquier tipo de estructura de acero. Esto origina pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, tiempos muertos, pérdidas de capital humano y equipo, etc.

El dejar muchas veces que el deterioro por corrosión, avance y afecte un equipo principal como un tanque de almacenamiento en las refinerías, así como en las demás estructuras metálicas que comprenden la planta, aumenta el peligro de la posibilidad de un accidente mayor por fuga de producto y compromete a una reparación posterior con costos elevados por el probable reemplazo de la estructura deteriorada. Realizar reparaciones como ésta, implica invertir horas-hombre, horas-máquina, horas de fabricación, logística, además de una larga paralización del equipo por semanas o meses dependiendo del daño causado a raíz de no implementar controles preventivos.

En las plantas industriales más modernas del país como la de PERU-LNG, (refinería MELCHORITA) se cuenta con ingenieros y técnicos especialistas en la prevención de la corrosión, que están diariamente trabajando y supervisando cada proceso, así como, un grupo responsable del mantenimiento preventivo, e informando al área designada para la programación de cuando realizar dicho mantenimiento. Hasta la fecha no se puede evitar el deterioro corrosivo, pero si se puede controlar y alargar la vida útil del acero. Por tanto, el mantenimiento preventivo busca soluciones para evitar la suspensión de actividades del equipo, reparaciones de emergencia, o peligros de fuga de producto que involucren peligros para los trabajadores de la planta.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general.

¿Cuál es el plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG?

1.2.2 Problemas específicos.

¿Cuáles son los impactos de los trabajos de mantenimiento realizados, en las estructuras de acero, en la planta de PERÚ LNG?

¿Cómo prevenir la corrosión en las estructuras de acero, en la planta de PERÚ LNG?

1.3 Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Elaborar el plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión de las estructuras de acero en la planta de PERU LNG.

1.3.2. Objetivos específicos.

Determinar los impactos de los trabajos de mantenimiento realizados en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG.

Determinar los tratamientos para prevenir la corrosión en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG.

1.4 Limitantes de la investigación

Teórica

La propuesta, se basa en un plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión debido a las condiciones ambientales severas que presenta la planta que están más expuestas cerca al mar. Se tendrá que considerar diferentes causales de corrosión dependiendo de las zona o área en la cual se desarrolle la industria del gas natural desde un punto de vista general. Los limitantes son los factores climáticos en general debido a que no se puede predecir o cambiar las condiciones ambientales en cada planta, así como también uno no puede predecir qué tan prolongado pueda estar una condición climática en este caso la humedad o presencia de sales.

Temporal.

Para el desarrollo de los trabajos de mantenimiento en las diferentes áreas de planta que son seleccionadas por el cliente PERU LNG, para realizar el trabajo se tiene tiempos específicos dentro de la planificación del cliente que se tiene cumplir. Todo lo que impacta con los trabajos de mantenimiento debido a paralizaciones no planificadas se tiene que considerar como pérdida económica.

Espacial.

El desarrollo del a investigación está ubicado en la planta de Melchorita, kilómetro 163 de la carretera Panamericana Sur, Chincha. Muchas de sus áreas dentro de la planta están expuestas a una condición ambiental salina la cual es muy corrosiva. Los traslados de los trabajos en planta son limitantes debido a los tiempos de cumplimiento que son exigidos por el cliente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Fernández (2015). En su tesis “Optimización de procesos de recubrimiento para herramientas de corte”, tuvo como objetivo identificar los conocimientos y establecer pautas para la optimización de los procesos de recubrimiento en las herramientas de corte. Su identificación proporciona la información necesaria para mejorar y desarrollar nuevos procesos de recubrimientos. Se ha desarrollado un método para optimizar los procesos de recubrimiento a partir del análisis de falla. Es un método de optimización a fallo: prueba-error.

Vargas (2017). En su tesis “Propuesta para el mejoramiento del proceso de limpieza y aplicación de recubrimientos para la estructura metálica producida por la empresa Jarco S.A.”, tuvo como objetivo diseñar una propuesta para el mejoramiento del proceso de limpieza y aplicación de recubrimientos para la estructura metálica producida por la empresa JARCO S.A. Asimismo, se basa en la inclusión de limpieza en varias etapas del proceso, así como controles y mediciones del recubrimiento con el fin de minimizar fallas. Por último, la correcta elección del recubrimiento a partir de los contenidos sólidos y el control de las condiciones climáticas pueden implicar el aumento o reducción de tiempos de ejecución de tareas.

Pérez (2021). En su libro “Concepto generales en la gestión de mantenimiento industrial”, presenta los conceptos básicos y generales que debe tener en cuenta el ingeniero de mantenimiento para realizar una buena gestión en su área, departamento o gerencia, independiente del tamaño de la empresa y su actividad económica, hace referencia a cómo se define el mantenimiento, y la terminología común que se maneja a nivel industrial; también, cómo es la cronología y evolución del mantenimiento a través de la historia de la humanidad, y cómo ha tenido mayor relevancia a partir de la Revolución Industrial en la aplicación del mantenimiento correctivo, pasando por el mantenimiento preventivo, luego el mantenimiento predictivo, hasta llegar al mantenimiento productivo total.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Bazán (2018). En su tesis “Proyecto de mejora del mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos de mantenimiento en la empresa Setrami SAC. – Trujillo”, identificó como oportunidad de mejora la implementación de herramientas de control para la gestión del mantenimiento, basado en la metodología de mantenimiento productivo total. En el presente proyecto se implementó los pilares de mantenimiento programado, mantenimiento autónomo, entrenamiento y 5 “S”.

Julca (2018). En su tesis “Diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos operativos en la línea de producción de plataformas de la empresa Fabricaciones Metálicas Carranza S.A.C“, tuvo el diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento productivo total para reducir los costos operativos en la línea de producción de plataformas. Se usaron plan de mantenimiento preventivo, gestión de la documentación, procedimientos de mantenimiento y un programa anual de capacitación que contiene los temas antes mencionados.

Nolasco (2015). En su tesis “Diseño de un plan de recubrimiento con pintura industrial y mantenimiento para disminuir la corrosión en tanques de combustible diésel para centrales termoeléctricas del Perú”, específicamente las ubicadas en la zona costera de nuestro país, debido a la semejanza de las variables del diseño de éstos tanques de almacenamiento se elaboró un plan de recubrimiento y su consecuente plan de mantenimiento.

Villegas (2016). En su tesis “Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa Manfer S.R.L contratistas generales”, se analizó la gestión actual en el área de mantenimiento de MANFER S.R.L, determina principalmente la falta de competencia y capacitación del personal de operación, y en general la baja disponibilidad (64.9%) de los equipos, lo cual afecta directamente en la producción y en los

altos costos de alquiler. Se presenta una propuesta de gestión que permitirá optimizar el desempeño de la constructora mediante la elevación de la disponibilidad de los equipos desde un 68.3% a un 78.5%, lo cual como resultado disminuirá sustancialmente los costos de alquiler en S/. 124,877.80 en el periodo de 02 años.

Quiñones (2013). En su tesis “Preparación y recubrimiento de tanques de almacenamiento de superficies metálicas expuestas a corrosión, en la Refinería La Pampilla”, en el presente trabajo se describe el proceso de aplicación de recubrimientos y las medidas de control que deberán seguirse para garantizar la seguridad de los trabajadores implicados. La necesidad de mantener en servicio los tanques durante este proceso incrementa los riesgos inherentes a esta actividad y hace fundamental el rol del Supervisor CSMA (calidad, seguridad, salud y medio ambiente), que es el profesional que tendrá a su cargo la supervisión de la calidad y seguridad del proyecto.

Sánchez (2015) En su tesis “Preparación de superficie del acero para el mantenimiento en la aplicación de recubrimientos”, trata sobre los tipos de preparación de superficie que usualmente son utilizados para eliminar los contaminantes superficiales, teniendo en cuenta las condiciones iniciales que se encuentran las estructuras metálicas cuando están montadas y que para un mantenimiento no serán posibles moverlas. Finalmente, se procede con las elecciones de las preparaciones de superficie que servirán para llegar a conclusiones que certifique lo estudiado.

2.2 Bases teóricas.

Hay muchas consideraciones que se deben tener en cuenta para acometer un plan de mantenimiento aplicando recubrimiento con pintura industrial en estructuras de tipo tuberías y sus soportes, en la planta de Melchorita, la cual es la única y primera planta de licuefacción de gas natural en el Perú y cubre alrededor de 521 hectáreas. La planta de Melchorita se encuentra ubicada en el kilómetro 163 de la panamericana sur, por encontrarse en la proximidad del mar, sus equipos, estructuras y tanques de almacenamiento están expuestos a las sales de mar por lo cual es frecuente el mantenimiento en su infraestructura que la compone.

Por tal razón el ingeniero, Nolasco (2015), resalta que la diversidad de condiciones atmosféricas de nuestro país no permite estandarizar criterios para la selección de sistemas de protección anticorrosiva, pero si, la investigación permitirá al ingeniero de corrosión, a las empresas dueñas de las instalaciones, a las empresas especialistas, a los ingenieros de mantenimiento y a todos los involucrados tener claros los conceptos para acometer proyectos anticorrosivos de una manera técnica y profesional que asegure la inversión y consiga obtener los ciclos de vida esperados de acuerdo al sistema seleccionado.

Toda investigación industrial tiene como uno de sus objetivos reducir costos, y esta tesis pretende un plan de mantenimiento dentro del cual depende de las condiciones ambientales existentes para seleccionar sistemas adecuados de recubrimiento para la prevención del a corrosión. Teniendo como alcances establecidos, los contratos de trabajo, con las empresas contratistas que deberán cumplir; que el sistema no falle prematuramente, que los costos se eleven desproporcionadamente, no ocasionar paralizaciones en los equipos principales o estructuras de tipo soportes, así como las tuberías principales o secundarias que son los materiales más usados en las refinerías.

2.2.1. Corrosión.

Criterios para definir la corrosividad del medio.

La parte 2 de la Norma ISO 12944 da las clasificaciones de la corrosión para las condiciones atmosféricas, del suelo y el agua. Esta norma es una evaluación muy general basada en la velocidad de corrosión del acero al carbono, no refleja exposiciones a la temperatura, humedad, ni exposiciones químicas, pero es un buen indicador aceptado para la elección del sistema de pintura.

Es fundamental para emprender un proyecto de protección anticorrosiva de éstas estructura tipo soporte y tuberías empezar identificando de una manera exacta las condiciones atmosféricas del lugar donde están ubicados, una buena ayuda nos la da la Norma ISO 12944 en la tabla 1, donde identifica categorías de corrosividad atmosférica tomando como bases ambientales generales de las instalaciones donde se ubican las estructuras de la planta.

Esta categoría de agresividad química está dada por los niveles de dióxido de azufre ($S0_2$) y el Cloruro de Sodio (NaCI) que son los compuestos más corrosivos presentes en la atmosfera. Los cloruros básicamente están presentes en el mar o también pueden estar presentes en el entorno, emitido por algunas empresas cercanas, el dióxido de azufre está presente en la atmosfera por la utilización de combustibles sólidos y líquidos que contienen azufre. Ejemplo: si las condiciones atmosféricas se ajustan a la Categoría de corrosión C5-M, se debe añadir las condiciones imperantes de la zona (Temperaturas máximas y mínimas, humedad, pH, de la zona, emisiones de contaminantes de instalaciones cercanas, presencia de lluvias, etc.). De esto se puede resumir en la tabla 1

Tabla 1.

Categoría de corrosión atmosférica.

Categoría de Corrosión	Ejemplos de ambientes Exterior	Interior
C1 Muy baja.		Edificios con calefacción con una atmósfera limpia, tales como oficinas, tiendas, escuelas, hoteles.
C2 Baja.	Atmósfera contaminada en una pequeña parte, principalmente en las regiones rurales.	Edificios sin calefacción, donde se puede producir condensación, por ejemplo, almacenes, salas deportivas.
C3 Media.	Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad.	Espacio de producción de alta humedad y de la contaminación del aire, por ejemplo, plantas de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, industrias lácteas.
C4 Alta.	Las zonas industriales y zonas costeras de media salinidad.	Plantas químicas, piscinas, astilleros de reparación de barcos.
C5-I Muy Alta. (Industrial)	Áreas industriales de alta humedad y ambiente agresivo.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.
C5-M Muy Alta. (Marino)	Zonas de tierra (inshore) y marítimas (offshore) de alta salinidad.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.

Fuente: Norma ISO 12944.

Estos datos deben estar lo más detallado posible contratando para ello empresas consultoras especializadas en medición, ésta tesis puede tener en cuenta todas las condiciones presentes para la selección del sistema y requerirle al fabricante que los productos que ofrezca para el proyecto presenten en su formulación los aditivos necesarios que deben tener las pinturas para que cumpla el ciclo de vida estimado en el diseño del proyecto.

Por otro lado, se tiene que considerar las condiciones para seleccionar la categoría de la corrosividad. Entre éstas se destacan las siguientes:

- La temperatura.
- % Humedad.
- Ph.
- Viento.
- Dióxido de Azufre.
- Cloruro de Sodio.
- Cenizas.

Selección del grado de preparación de superficie.

Una vez determinada la categoría de corrosividad atmosférica del medio, se debe acometer la selección del grado de preparación de superficie para los diferentes elementos que comprenden este trabajo que incluye a las 08 tuberías de 3” de diámetro y los soportes de éstos, que serán considerados como zona externa.

Según los expertos para tener una excelente aplicación de recubrimientos se tiene que basar en las grandes asociaciones internacionales de la corrosión como la SSPC, NACE y ASTM, debido a que la preparación de superficie tanto en la selección de los grados de limpieza superficial como la correcta técnica aplicada, representa el 90% del éxito de un proyecto de protección anticorrosiva.

La elección del grado de preparación de superficie siempre dependerá de las condiciones del sustrato previo y de la exposición posterior o de servicio. Cuanto más agresiva sea la exposición, mayor preparación de superficie se requiere.

Condición de la superficie afectada por la corrosión.

Según la *Norma ISO 8501-1* hace mención que la preparación de superficie seleccionada tendrá su origen en la condición de la superficie a limpiar, la cual se divide en diferentes grados.

Grado inicial A: Superficie de acero con la capa de laminación totalmente intacta y prácticamente sin indicios de corrosión.

Grado inicial B: Superficie de acero con principio de corrosión y con ligero desprendimiento de la capa de laminación.

Grado inicial C: Superficie de acero en que la capa de laminación fue ya eliminada por desprendimiento debido a la formación de óxidos o bien que puede ser removida manualmente, no se observan cavidades visibles en gran escala.

Grado inicial D: Superficie de acero donde la capa de laminación fue eliminada totalmente por desprendimiento debido a la formación de óxidos y sobre la que se detectan gran cantidad de cavidades visibles a simple vista.

Objetivos del Mantenimiento.

' H V F U L S F L y Q
Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.
Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

Fuente: F. Monchy (1990)

Tabla 5.

Misiones del Mantenimiento.

Misiones de Mantenimiento.	**Descripción.**
La vigilancia permanente y/o periódica,	Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
Las acciones preventivas.	Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
Las acciones correctivas (reparaciones).	El reemplazo de maquinaria.

Fuente: F. Monchy (1990)

Áreas de acción del mantenimiento.

Tabla 6.

Tareas del área de Mantenimiento.

' H V F U L S F L y Q
Mantenimiento de equipos.
Realización de mejoras técnicas.
Colaboración en las nuevas instalaciones: especificación, recepción y puesta en marcha.
Recuperación y nacionalización de repuestos.
Ayudas a fabricación (cambios de formato, proceso, etc.).
Aprovisionamiento de útiles y herramientas, repuestos y servicios (subcontratación).
Participar y Promover la mejora continua y la formación del personal.
Mantener la Seguridad de las instalaciones a un nivel de riesgo aceptable.
Mantenimientos generales (Jardinería, limpiezas, vehículos, etc.).

Fuente: F. Monchy (1990)

Organización del mantenimiento.

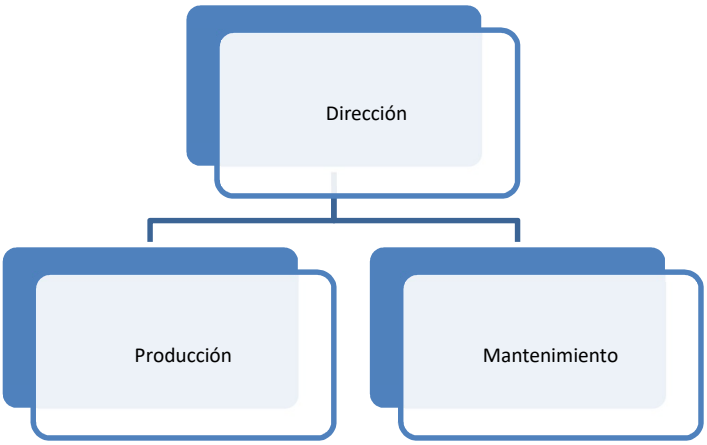
Antes de entrar en otros detalles concretos del mantenimiento abordaremos dos aspectos que afectan a la estructuración del mantenimiento, dependencia jerárquica, centralización / descentralización. Además, es necesario referenciar las tareas del mantenimiento, ver tabla 7.

Dependencia Jerárquica.

García (2003), por otro lado, indica que en cuanto a su dependencia jerárquica es posible encontrarnos con departamentos dependientes de la dirección y el mismo nivel de fabricación. (Figura 2 y 3)

Figura 2.

Dependencia de la Dirección.

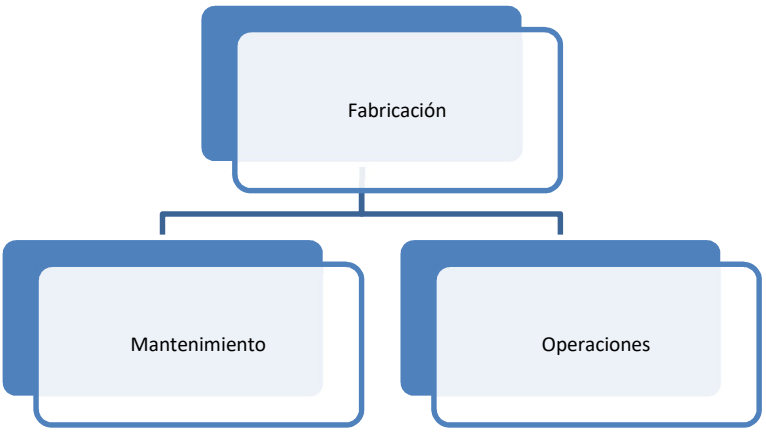


Fuente: García (2003)

O integrados a la producción para facilitar la comunicación, colaboración e integración.

Figura 3.

Dependencia de la Fabricación.



Fuente: García (2003)

Centralización/Descentralización de los departamentos de mantenimiento en las plantas.

García (2003), indica la posibilidad de una estructura piramidal, con dependencia de una sola cabeza (figura 2) para toda la organización o, por el contrario, la existencia de diversos departamentos de mantenimiento establecidos por plantas productivas o cualquier otro criterio geográfico (tabla 7 y 8).

Tabla 7.

Ventajas de área de la Centralización Jerárquica.

' H V F U L S F L y Q
Optimización de Medios.
Mejor dominio de los Costos.
Procedimientos Homogéneos.
Seguimiento de Máquinas y Averías más homogéneo.

Fuente: García (2003)

Tabla 8.

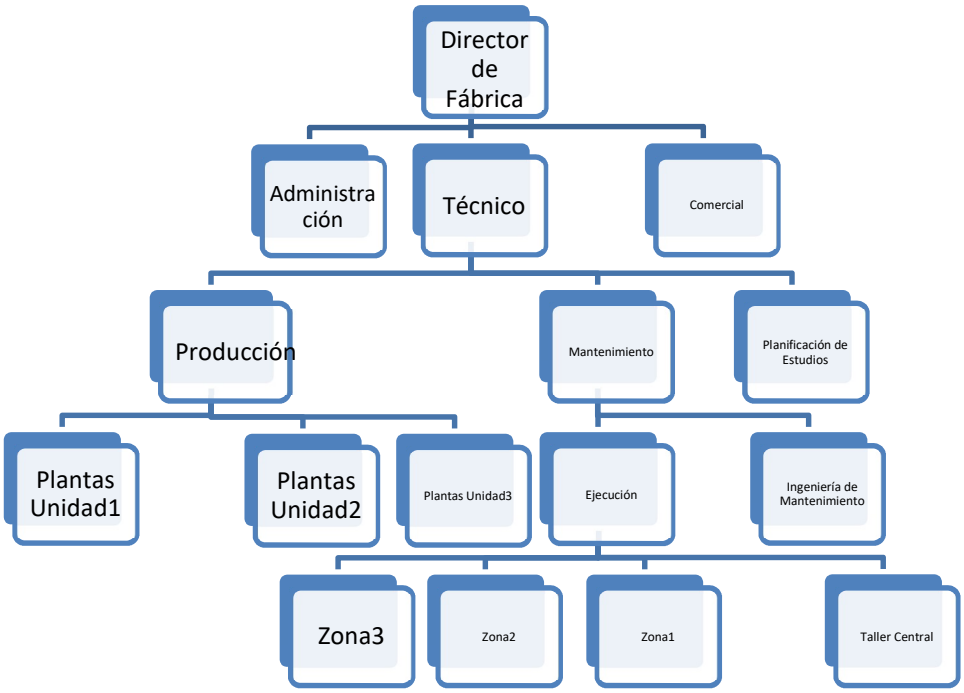
Ventajas de área de la Descentralización Geográfica.

' H V F U L S F L y Q
Delegación de responsabilidad a los Jefes de áreas.
Mejora de relaciones con producción.
Más eficacia y rapidez en la ejecución de trabajos.
Mejor comunicación e integración de equipos polivalentes

Fuente: García (2003)

Figura 4.

Ejemplo de Organigrama de una fábrica.



Fuente: García (2003)

Por todo lo considerado anteriormente se puede inferir que la producción y mantenimiento en general deben estar al mismo nivel, para que la política sea racional. (Figura 4)

Tipos y niveles de Mantenimiento.

Los distintos tipos de Mantenimiento que hasta ahora hemos comentado quedan resumidos en la figura 5, además de su respectiva definición tabla 10.

Figura 5.

Tipos de mantenimiento.

Fuente: García (2003)

Tabla 9.

Tipos de mantenimiento.

7 L S R	' H V F U L S F L y Q
Mantenimiento correctivo.	Efectuado después del fallo, para reparar averías.
Mantenimiento preventivo.	Efectuado con intención de reducir la probabilidad de fallo, del que existen dos modalidades:
Mantenimiento preventivo sistemático y	Efectuado a intervalos regulares de tiempo según un programa establecido y teniendo en cuenta la criticidad de cada máquina y la existencia o no de reserva.
Mantenimiento preventivo condicional o según condición.	Subordinado a un acontecimiento predeterminado.

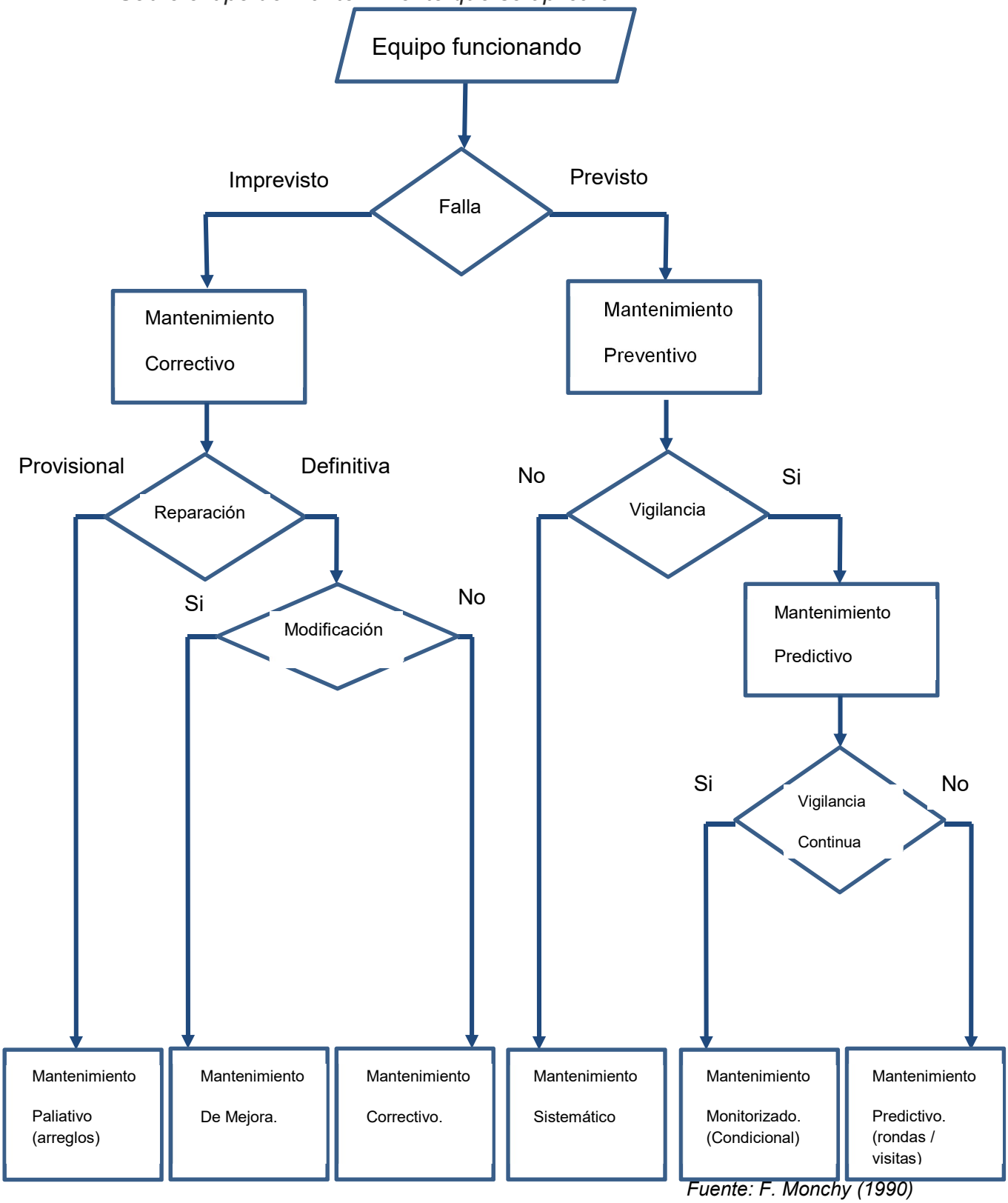
Fuente: F. Monchy (1990)

El Mantenimiento Predictivo, que más que un tipo de mantenimiento, se refiere a las técnicas de detección precoz de síntomas para ordenar la intervención antes de la aparición del fallo. Un diagrama de flujo, basada en la decisión sobre el tipo de mantenimiento a aplicar, según el caso se puede ver en la figura 6.

Por otro lado, se tiene que considerar también los tipos de mantenimiento que se desarrollan en las diferentes industrias del país y del mundo, tabla 11. Para reforzar algunos conceptos se detallan algunas ventajas, también tener no está demás mencionar.

Figura 6.

Sobre el tipo de mantenimiento que se aplicará.



Fuente: F. Monchy (1990)

Tabla 10.

Tipo de Niveles en los Trabajos de Mantenimiento.

1 L Y H O	& R Q W H Q L G R	3 H U V R Q D O	0 H G L R V
1	Ajustes previstos en órganos accesibles. Cambio de elementos accesibles y fáciles de ejecutar.	Operador, in situ.	Utillaje ligero.
2	Arreglos por cambio estándar. Operaciones menores de preventivo.	Técnico habilitado, in situ.	Utillaje ligero + repuestos necesarios en stock.
3	Identificación y diagnóstico de averías. Reparación por cambio de componentes y reparaciones mecánicas menores.	Técnico especializado, in situ o taller.	Utillaje + aparatos de medidas + banco de ensayos, control, etc.
4	Trabajos importantes de mantenimiento correctivo y preventivo.	Equipo dirigido por técnico especializado (taller).	Utillaje específico + material de ensayos, control, etc.
5	Trabajos de grandes reparaciones, renovaciones, etc.	Equipo completo, polivalentes en taller central.	Herramientas específicas de fabricación.

Fuente: Nolasco, W. (2015).

Tabla 11.

Ventajas, inconvenientes y aplicaciones de Mantenimiento.

7 L S R	9 H Q W D M D V	, Q F R Q Y H Q L H Q W H V	$ S O L F D F L R Q H
Mantenimiento Correctivo.	No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis. Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.	Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción. Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un "stock" de repuestos importante. Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.	Cuando el coste total de las paradas ocasionadas sea menor que el coste total de las acciones preventivas. Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importante a la producción. Estadísticamente resulta ser el aplicado en la mayoría de las industrias.
Mantenimiento Preventivo	Importante reducción de paradas imprevistas en equipos. Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida	No se aprovecha la vida útil completa del equipo. Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.	Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro. Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.
Mantenimiento Predictivo.	Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo. Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones. Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.	Requiere personal mejor formado, instrumentación de análisis costosa. No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos. Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.	Maquinaria rotativa. Motores eléctricos. Equipos estáticos. Instrumentación.

Fuente: F. Monchy (1990)

2.2.3. Recubrimiento Industrial.

Sistema de pintura.

Para efectos de protección anticorrosivos y debido a la permeabilidad natural de los recubrimientos, estos deberán aplicarse a un espesor tal que la película seca nunca sea inferior a los 6 mils para categorías de ambientes corrosivos grado C1 y C2, 8 mils para categoría de ambientes corrosivos grado C3, y 12 mils para categorías de ambiente corrosivo C4, C5-M. En un principio podría pensarse en cubrir este espesor en una sola formulación de un recubrimiento que incluyese la resina adecuada y un porcentaje determinado de pigmentos inhibidores; no obstante, la eficiencia en la protección contra la corrosión no depende exclusivamente de la resina y del pigmento sino también del espesor. Esta serie de factores incluyendo como parte muy importante aspectos de tipo económico han dado lugar a la utilización de diferentes formulaciones para cubrir el espesor antes mencionado.

Capa primaria.

Son recubrimientos cuya formulación está encaminada fundamentalmente hacia la obtención de una buena adherencia con el substrato metálico, así como la de inhibir la corrosión, por lo que normalmente los contenidos de los pigmentos inhibidos son elevados (PVC inferior a 35%).

Otros requisitos adicionales, en un primario consideran al presentar una superficie lo suficientemente áspera y compatible para que las siguientes capas de enlace o acabado logren una buena adherencia, además deben ser resistentes a productos de la corrosión y poseer una buena humectación. Los primarios pueden elaborarse a partir de cualquiera de las resinas mencionadas anteriormente.

Capa secundaria, intermedia o de enlace.

Para ciertos casos particulares no es posible tener el mismo tipo de resina en la capa base y en la capa de acabado, presentándose problemas de incompatibilidad o de adherencia, por lo que se requiere de una capa intermedia denominada enlace capaz de adherirse tanto a la capa primaria como al acabado. Normalmente, los enlaces contienen una mezcla de resinas, parte de las cuales promueven la adherencia entre las capas mencionadas. Con fines de identificación y control de espesores, es conveniente que la capa primaria, enlace y acabado en un sistema sean de diferente color y como se mencionó anteriormente, la suma total de los espesores de estos componentes debe ser superior a las 12 mils, a fin de que sea efectivo en su protección contra la corrosión.

Capa de acabado.

Los acabados representan la capa exterior en contacto con el medio ambiente y se formulan para promover la impermeabilidad del sistema, por lo que normalmente su contenido de pigmento en volumen (PVC) es inferior al 25%. En este tipo de recubrimientos es frecuente el uso de pigmentos inhibidores que es inferior al de una pintura base. Su grado de molienda es tal que su superficie ofrece un aspecto terso y/o brillante.

En la elección del tipo de acabado es muy importancia para la adherencia su compatibilidad con el tipo primario utilizado; en términos generales el uso del mismo tipo de resina en estos dos componentes del sistema asegura una buena adherencia, aun cuando hay casos como los epóxidos capaces de lograr una adherencia excelente por sobre otro tipo de recubrimientos.

Planificación del pintado.

El cronograma y las varias fases de construcción son tareas o etapas que depende de cada proyecto específico. Para determinar cómo y cuándo debe aplicarse el sistema de pintado, hay que tener en cuenta que los materiales en la etapa de su prefabricación, ya sea cuando son prefabricados, "en campo" como "en taller" y además en qué momento se completan las etapas de construcción.

Para la planificación de trabajos de estructuras en taller se tiene un mejor control de calidad, además de contar con facilidades de acceso y sin interrupciones debido a un equipo en funcionamiento. La prefabricación de este tipo de elementos debe ser supervisado antes de ser enviado a obra y ser inspeccionado respetando los procedimientos y normas establecidas para que puedan cumplir su funcionamiento al instalarse.

Por el lado del mantenimiento en la planta de Melchorita se tiene elementos que estuvieron pintados tiempo atrás. Se considera un promedio de 2 a 5 años antes que se deteriore la pintura por estar expuesta a los trabajos propios de la planta, así como su condición atmosférica en la que ya dijimos antes se encuentra cerca al mar y la brisa marina es muy agresiva.

Una adecuada inspección por el personal especialista en la prevención de la corrosión, responsables del trabajo del mantenimiento preventivo facilita el encontrar posibles fallas que puedan comprometer las diferentes áreas de trabajo que se tiene en la planta. Luego de su respectiva inspección se tomarán el tiempo que consideren para pasar a su corrección por las contratistas de planta. Es de resaltar que el motivo más frecuente es la corrosión en puntos que generan “pitting” el cual no es más que una disminución de espesor del acero, llegando a profundidades fuera de las tolerancias mecánicas establecidas en normas internacionales.

Por lo general como ejemplo, los elementos de tubería de acero al carbono y sus soporterías son las que se realizan muy frecuentes inspecciones y son más recurrentes los trabajos. Para poder realizar los trabajos con recubrimiento industrial de mayor magnitud tiene que considerar en la programación fechas que en ese tiempo cuente con condiciones atmosféricas aceptables y en las que se pueda tener valores aceptables según lo que indican los especialistas.

Con esto se resalta que no habrá trabajos de gran envergadura en tiempo de invierno, meses de junio – julio y algunos días de agosto, según evaluación previa del cliente en coordinación con la contratista y su control de calidad. Es necesario planificar el trabajo de tal manera que la preparación de superficie y el tiempo de secado o curado de las pinturas sean adecuados en relación con la temperatura y la humedad siendo éstos parámetros los más frecuentes a considerar en todos los procedimientos de trabajo en planta.

Para la planificación también es necesario seleccionar las correctas herramientas y materiales para conseguir una adecuada performance para los trabajos de mantenimiento ya se preventivo y/o correctivo. Para tal fin es necesario como primer objetivo seleccionar adecuadamente los abrasivos, tabla 13,14, 15 y 16.

Selección del abrasivo.

Tabla 12.

Tipos de Abrasivos.

Tipo	**Descripción**
Tipo I	Abrasivos minerales naturales.
Tipo II	Escorias abrasivas

Fuente: Nolasco (2015)

Tabla 13.

Clase de Abrasivo y Contenido de Sílice.

Clases de abrasivos.	**Contenido de Sílice.**
Clase A.	Contiene 1% o menos de sílice cristalina
Clase B.	Contiene *5%* o menos de sílice cristalina
Clase C.	Contiene más de 5% de sílice cristalina

Fuente: Nolasco (2015)

Tabla 14.

Grado del abrasivo y rugosidad producida.

Clases de Grados.	**Rugosidad producida.**
Grado 1	Rugosidad superficial entre 0.5 y 1.5 mils (13 a 38 micras).
Grado 2.	Rugosidad superficial entre 1.0 y 2.5 mils (25 a 63 micras).
Grado 3.	Rugosidad superficial entre 2.0 y 3.5 mils (50 a 89 micras).
Grado 4	Rugosidad superficial entre 3.0 y 5.0 mils (75 a 127 micras).
Grado 5	Rugosidad superficial entre 4.0 y 6.0 mils (100 a 152 micras).

Fuente: Nolasco (2015)

Tabla 15.

Granallas y su Nomenclatura.

Granalla - Tipo.	Nomenclatura.
GR – 1.	Granalla tipo2, Clase A, Grado 1.
GR – 3.	Granalla tipo2, Clase A, Grado 3.
GR – 4.	Granalla tipo2, Clase A, Grado 4.

Fuente: Norma Internacional de la SSPC AB-1

Exposición o servicio.

También se debe tener en cuenta el servicio al que estará destinado los elementos a trabajar, si bien esta tesis está dirigida al mantenimiento de estructuras de acero que corresponden a la planta de Melchorita, se tiene también que considerar que habrá diferentes tipos o sistemas de pintura industrial que serán aplicadas dependiendo de lo indicado por los especialistas y también por el fabricante del producto que será usado.

También se debe tener en cuenta el requerimiento del fabricante para su producto, no debemos olvidar que los proyectos anticorrosivos son supervisados por inspectores de los fabricantes presentes in situ en los proyectos, asegurando la calidad de la preparación de superficie y de la aplicación de la pintura.

2.3 Conceptual.

ISO 12944

También conocida como 'Pinturas y barnices: protección contra la corrosión de estructuras de acero mediante sistemas de pintura protectora', es un conjunto de normas internacionales desarrolladas por la Organización Internacional de Normalización (ISO).

Comprende un conjunto de instrucciones y recomendaciones para los diversos tipos de pintura y sistemas de pintura que se utilizan comúnmente para proteger las estructuras de acero contra los efectos de la corrosión.

El grado en que una estructura de acero es susceptible a la corrosión depende de una variedad de factores, incluido el tipo de sistema de pintura y el entorno, el diseño de la estructura, el estándar del trabajo de aplicación, las condiciones del sustrato, juntas, bordes, y soldaduras antes de la preparación y durante la aplicación, así como las condiciones de exposición después de la aplicación.

Proporciona, además, una guía para la selección de sistemas de pintura aplicables a diferentes ambientes, las cuales se especifica en la ISO 12944-2 y diferentes grados de preparación superficial (ISO 12944-4) y el grado de durabilidad previstos (ISO 12944-1). La durabilidad de los sistemas de pintura se clasifica en términos de baja, media y alta.

ISO 8501-1

Método de evaluación visual de la limpieza de superficies y es de uso habitual para el establecimiento de sistemas de pintado. Esta norma se divide en 4 partes.

EN ISO 8501-1:2007 Grados de oxidación y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de estar totalmente decapados de revestimientos anteriores.

EN ISO 8501-2:2001 Grados de preparación de sustratos de acero previamente pintados, después de la eliminación localizada de revestimientos anteriores.

EN ISO 8501-3:2007 Clases de preparación de soldaduras, esquinas y otras zonas con imperfecciones de superficie.

EN ISO 8501-4:2006 Condiciones iniciales de la superficie, grados de preparación de superficie y grados de flash rust de las preparadas por chorro de agua a alta presión (high-pressure water jetting).

Identifica también ciertos grados de limpieza visual (denominados grados de preparación) tras la preparación de la superficie de acero no revestido y de las superficies de acero después de eliminar totalmente cualquier revestimiento anterior. Existen tres grados de preparación según el método de limpieza utilizado, “Sa“, “St“ o “Fl”

Tabla 16.

Tipo de limpieza: Limpieza por chorro abrasivo.

Grado	Descripción
Sa 1	Limpieza por chorro abrasivo ligero.
Sa 2	Limpieza por chorro abrasivo intenso.
Sa 2 ½	Limpieza por chorro abrasivo a fondo.
Sa 3	Limpieza por chorro hasta que el acero quede visiblemente limpio (metal blanco).

Fuente: Nolasco (2015)

Tabla 17.

Limpieza manual y mecánica.

Grado	Descripción
St 2	Limpieza manual y mecánica intensa..
St 3	Limpieza manual y mecánica a fondo.

Fuente: Nolasco (2015)

SSPC-SP2

Generalmente se utiliza para remover y eliminar pintura, óxidos y escamas de laminación que no estén firmemente adheridos. Finalmente se limpiará la superficie con aire limpio y seco o un cepillo limpio. La superficie debe adquirir un suave brillo metálico. La limpieza se efectuará con herramientas manuales en buen estado, tales como: lijas, cepillos, espátulas y otros. Se aplica en las siguientes condiciones:

Cuando la preparación con abrasivo u otros métodos no pueden ser aceptados. Cuando el recubrimiento o pintura existente se encuentran en condiciones levemente aceptables y solamente presentan pequeñas áreas degradadas. Cuando las áreas a limpiar son inaccesibles para aplicar chorros abrasivos.

SSPC-SP3, limpieza con herramienta mecánica

Consiste en un raspado, cepillado ó esmerilado con equipo motriz de una manera muy minuciosa. Se deberá eliminar todo el óxido de laminación, la herrumbre y la pintura que no se encuentre bien adherida. Al término de la limpieza la superficie deberá presentarse rugosa y con un claro brillo metálico.

En este tipo de limpieza debe cuidarse dc no pulir la superficie metalizada a fin de lograr una buena adherencia de las pinturas a la base. La ventaja de usar herramienta de fuerza impulsada con energía eléctrica o neumática, es el avance, comparativamente más rápido que con en la limpieza con herramienta manual. La limpieza manual es referida en las siguientes condiciones:

Cuando la preparación con abrasivo u otros métodos no pueden ser aceptados. Cuando el recubrimiento o pintura existente se encuentran en condiciones levemente aceptables y solamente presentan pequeñas áreas degradadas.

Cuando las áreas a limpiar son inaccesibles para aplicar chorros abrasivos

SSPC-SP11, limpieza con herramienta mecánica

Limpieza motriz a metal desnudo, son superficies metálicas que se preparan de acuerdo con esta especificación, cuando se ven sin aumento, estarán exentos de toda clase visible de aceite, grasa, suciedad, polvo, cáscara de laminación (o mil scale), herrumbre, pintura, óxido de productos de corrosión, y otras materias extrañas. Se puede obtener un perfil de hasta 1 mils (25 micrones). Puede quedar ligeramente residuos de óxido y pintura en la parte inferior de los pits de corrosión, si la superficie original presentase estos pits antes de la preparación de la superficie.

SSPC-SP15, limpieza motriz comercial

Superficies metálicas que se preparan de acuerdo con esta especificación, cuando se ven sin aumento, estarán exentos de toda clase visible dc aceite, grasa, suciedad, polvo, cáscara de laminación, herrumbre, pintura, óxido de productos de corrosión, y otras materias extrañas. Se permiten decoloraciones o sombras causadas por manchas de corrosión, óxidos de laminación o pequeñas manchas de restos de pinturas viejas en un 33 % por cada unidad de área de la superficie (aproximadamente 9 pulgadas cuadradas, es decir un cuadrado de 3 pulgadas cada lado. Puede quedar ligeramente residuos de óxido y pintura en la parte inferior de los pits, si la superficie original presentase estos pits antes de la preparación de la superficie. Se puede obtener un perfil de hasta 1 mils (25 micrones).

NACE 1 – SSPC-SP5, limpieza con chorro abrasivo a metal blanco

La superficie preparada con chorro abrasivo grado metal blanco se define como una superficie con color uniforme gris blanco metálico ligeramente rugosa y un conveniente perfil de anclaje para la pintura.

El 100% de la superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante.

El color de la superficie limpia puede ser afectado por la clase dc medio abrasivo empleado, por cada unidad de área de la superficie (aproximadamente 9 pulgadas cuadradas, es decir un cuadrado de 3 pulgadas x 3 pulgadas).

NACE 2 – SSPC-SP10, limpieza con chorro abrasivo cerca al metal blanco

Se define como una limpieza en la cual se elimina toda suciedad, óxido de laminación, herrumbre, pintura y cualquier materia extraña de la superficie. Se permiten pequeñas decoloraciones o sombras causadas por manchas de corrosión, óxidos de laminación o pequeñas manchas de restos de pinturas antiguas. Por lo menos un 95% de la superficie, deberé estar exenta de residuos a simple vista. El remanente a simple vista se limitará al 5% por cada unidad de área de la Superficie (aproximadamente 9 pulgadas cuadradas)

NACE 3 – SSPC-SP6, limpieza con chorro abrasivo comercial

En esta limpieza, la superficie deberá quedar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante, excepto ligeras sombras, rayas o decoloraciones causadas por manchas de herrumbre y pinturas que pueden encontrarse en el fondo de las picaduras. Todo esto en no más del 33% por cada unidad de área de la superficie (aproximadamente 9 pulgadas cuadradas).

NACE 4 – SSPC-SP7, limpieza con chorro abrasivo ligero o brush off

Es un método de preparación de la superficie del metal para poder pintarla por rápida remoción de cascarilla de laminación, herrumbre y pintura desprendida, por impacto de abrasivos impulsados a través dc una tobera por aire comprimido o por una rueda centrifuga.

La cascarilla residual del laminado, la herrumbre y la pintura deberán estar muy delgadas y bien adheridas.

Además, la superficie debe presentar una ligera rugosidad para suministrar una buena adhesión y unión de la pintura. Este método se utiliza particularmente en la eliminación de la oxidación prematura (flash-rust) que se forman momentos anteriores a la preparación de la superficie. También se utilizan para reactivar capas de recubrimientos demasiados curados (epóxicos, uretanos)

NACE 8 – SSPC-SP14, limpieza con chorro abrasivo industrial

Se define como una limpieza en la cual se elimina suciedad, óxido de laminación, herrumbre, pintura y cualquier materia extraña de la superficie. Se permiten pequeñas trazas de cáscara dc laminación, óxido y restos de pintura firmemente adheridos en un 10 % por cada unidad de área dc la superficie (un cuadrado de 3 pulgadas x 3 pulgadas). La trazas como las cáscara de laminación, óxido y restos de pintura se considera firmemente adheridos en caso de que no puede levantarse con un cuchillo. Sombras, estrías, y decoloraciones causadas por las manchas de óxido, manchas de cáscara dc laminación y las manchas de pintura aplicada anteriormente pueden estar presentes en el resto de la superficie.

ASTM D 610-01, grado de corrosión

Este método de prueba cubre la evaluación del grado de oxidación en superficies de acero pintadas. Los ejemplos visuales que representan el porcentaje de oxidación dado en las especificaciones escritas forman parte de la norma. En caso de litigio, el prevalece la definición escrita. Estos ejemplos visuales fueron desarrollados en cooperación con SSPC: The Society for Protective Recubrimientos para una mayor estandarización de los métodos.

ASTM D 714-02, evaluación del grado de ampollamiento de las pinturas

Este método de prueba emplea estándares de referencia fotográfica para evaluar el grado de formación de ampollas que se puede desarrollar.

Cuando los sistemas de pintura están sujetos a condiciones que causar ampollas, si bien está diseñado principalmente para su uso en metal y otras superficies no porosas. Este método de prueba se puede utilizar para evaluar las ampollas en superficies porosas, como la madera, solo si el tamaño de ampollas cae dentro del alcance de estos estándares de referencia. Cuando los patrones de referencia se utilizan como una especificación de rendimiento, el grado permisible de ampollamiento de la pintura el sistema será acordado entre el comprador y el vendedor.

ASTM D 4541-02, evaluación de la prueba de adherencia por tracción

Este método cubre un procedimiento para evaluar la resistencia al arranque (comúnmente conocida como adhesión) de un revestimiento sobre sustratos rígidos como metal, hormigón o madera. La prueba determina la mayor fuerza perpendicular (en tensión) que puede soportar un área de superficie antes de que se desprenda un tapón de material o sección evaluada con un dolly, o si la superficie permanece intacta con una fuerza prescrita (aprobado/no aprobado).

La falla ocurrirá a lo largo del plano más débil dentro del sistema compuesto por la fijación el accesorio de prueba el adhesivo, el sistema de recubrimiento y el sustrato y quedará expuesta por la superficie de fractura. Ésta prueba maximiza la tensión de tracción en comparación con la tensión de cizallamiento aplicada por otros métodos, como la adherencia por raspado o con cuchillo, y los resultados pueden no ser comparables.

SSPC - PA2, medición de espesores en película seca

Esta norma describe un procedimiento para determinar en taller o en campo la conformidad del espesor de película seca especificado (EPS) en sustratos metálicos ferrosos y no ferrosos, utilizando equipos no destructivos de medición de espesor de recubrimiento (magnéticos y electrónicos) que se describen en la norma ASTM D 7091.

Los procedimientos para ajuste de calibración y toma de medidas por dos tipos de medidores: "magnético pull-off" (tipo 1) y "electrónicos" (Tipo 2) se describen en la norma ASTM D 7091. Esta norma define un procedimiento para determinar si los recubrimientos secos cumplen el espesor mínimo y máximo especificado. Para el procedimiento de lecturas o medición de espesores se tiene que considerar los siguientes aspectos dentro de la norma SSPC-PA2.

Para estructuras que no excedan los 30 metros cuadrados, se toman 5 spots o lecturas por 10 metros cuadrados. Para estructuras que no excedan los 100 metros cuadrados, se selecciona 3 áreas aleatorias de 10 metros cuadrados para medir. Para estructuras que excedan los 100 metros cuadrados, se selecciona 3 áreas aleatorias de 10 metros cuadrados para medir en los primeros 100 metros cuadrados y para cada 100 metros cuadrados adicionales se continúa midiendo aleatoriamente de 10 metros cuadrados de área.

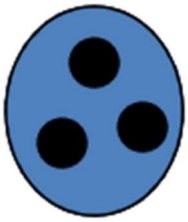
Si alguna área no está en cumplimiento, el área que no cumple se debe determinar mediante cálculos matemáticos ordinarios. Por otro lado, hay ciertas consideraciones adicionales para tener en cuenta, una lectura de espesor es el promedio de 3 spots. Para entenderlo mejor se tiene en la figura 7.

Para áreas mayores a 100 metros cuadrados se considera este ejemplo, para resumir, se tiene: áreas revisadas 5, lecturas o número de spots 25, y mediciones por el instrumento 75.

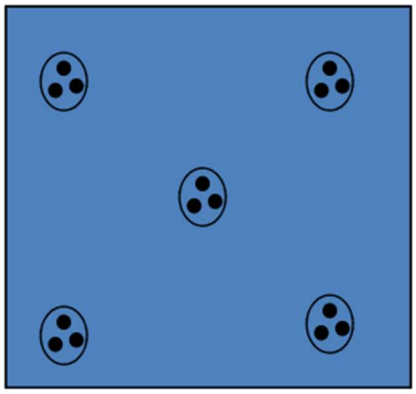
Figura 7.

Representación de la norma SSPC-PA2.

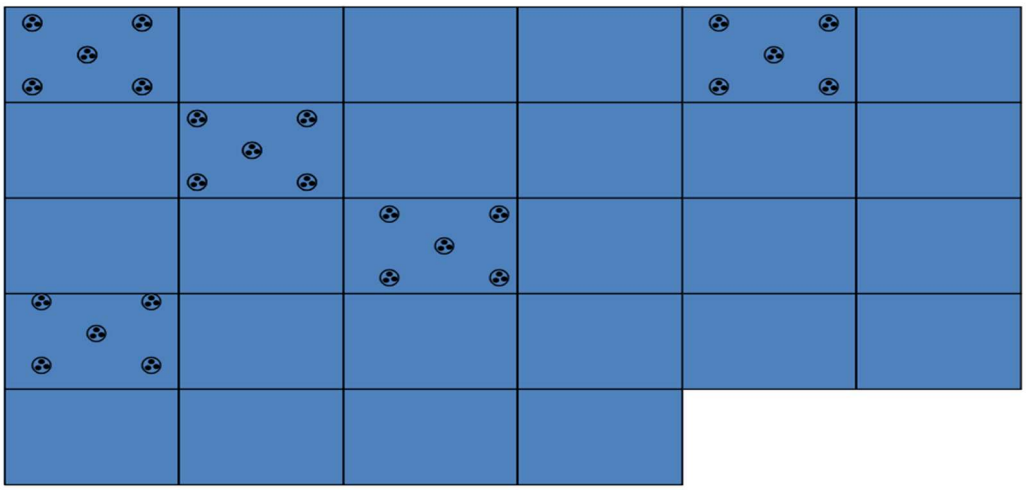
Medida del instrumento. .



Lectura de espesor o spot viene hacer un promedio de 3. Se considera posiciones cercanas para las medidas de los Spots.



Se tiene 5 lecturas o spots de espesor para cada 10 metros cuadrados.



ASTM E 337, medición de condiciones ambientales

Antes de iniciar las mediciones, se debe verificar el perfecto funcionamiento del equipo. La medición se debe realizar en el lugar donde se aplicará el recubrimiento. Las condiciones ambientales se deben registrar antes de iniciar la aplicación y se deben monitorear periódicamente durante la aplicación, ver tabla 19 (cada hora o menos sí las condiciones estuviesen variables).

Tabla 18.

Las condiciones favorables para la aplicación del recubrimiento.

Descripción	Rango
T° superficie – T° rocío	mayor a 3 °C
T° de superficie	4 a 50 °C
%Humedad Relativa	menor a 85%
Velocidad de viento	menor a 15 Km/h

Fuente: Norma ASTM E337

Uno de los bulbos del psicrómetro está cubierto por un cordón de algodón, el cual debe estar humectado con agua destilada, limpia y a temperatura ambiente.

Se recomienda cambiar dicho cordón cuando el tamaño de fabricación se halla visto reducido, y cuando se observe que éste empieza a ensuciarse (amarillamiento o contaminación).

Para la medición de las condiciones ambientales primero se tiene que considerar la medición de la superficie. La persona se ubica en la zona a pintar, y en el lugar donde realizará la medición (se tiene que revisar que esté limpio, libre de grasa o suciedad y que la superficie sea lisa y uniforme).

Se posiciona el termómetro de manera que los soportes estén en contacto con la superficie directo y verifica que este bien adherido a la superficie. Posteriormente se debe estabilizar por un tiempo de 3 minutos aproximadamente para registrar la medición. (Visualizar de manera perpendicular al instrumento de medida para no tener valores incorrectos). Mientras se estabiliza el termómetro de superficie, la medición de temperatura de bulbo húmedo y seco. Se tiene que asegurar que el cordón del psicrómetro se encuentre húmedo. Se procede a ubicar en el sentido opuesto a la dirección del viento, se abre el psicrómetro, se toma del mango, se estira el brazo horizontalmente (aproximadamente medio metro de su cuerpo), colocando el equipo en forma perpendicular e iniciamos el movimiento circular de la muñeca a una velocidad aproximada de dos revoluciones por segundo, por un lapso de 30 segundos.

Se repite el procedimiento (sin rehumectar el cordón) hasta que la temperatura del bulbo húmedo permanezca constante por 2 mediciones consecutivas. Se registra la hora y las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco (T_{BH} y T_{BS}). Al finalizar la lectura se utiliza una tabla psicrométrica correspondiente de acuerdo a la zona (m.s.n.m.); en ella se ubica la columna de diferencia de temperaturas ($T_{BS} – T_{BH}$) y la línea que indica la temperatura de bulbo seco (T_{BS}), al interceptar ambas y obtenemos los valores de %HR y Temperatura de Rocío.

Esta norma ayuda mucho para los trabajos de recubrimiento o pintado industrial debido a que se tendrá de forma clara la aceptación del inicio de los trabajos o la paralización del mismo debido a las condiciones ambientales que se tendrá en el sitio y en la hora exacta. Es de resaltar nuevamente que se tiene que cumplir con los valores permitidos y que están en la norma para iniciar cualquier actividad de pintura en la planta.

2.4 Definiciones de términos básicos.

2.4.1. Mantenimiento industrial.

Toda serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de cada departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación.

2.4.2. Mantenimiento Preventivo.

Se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos).

2.4.3. Mantenimiento Correctivo.

También se le denomina mantenimiento reactivo, que a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible.

2.4.4. Corrosión

Se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos).

2.4.5. Tratamiento superficial o preparación de superficie

Se basa en eliminar toda impureza que pueda ocasionar, fallas prematuras en el sistema de protección con pinturas, proporcionando una superficie para una impregnación fácil produciendo buena adherencia al recubrimiento aplicado.

2.4.5. Recubrimiento industrial

Todos los métodos que existen para lograr controlar la corrosión de los materiales metálicos, se basan en evitar formar la celda de corrosión. Los recubrimientos, aíslan al material del medio ambiente, separando así, al ánodo, cátodo y ruta metálica del electrolito

2.4.6. Corrosión.

La norma NACE, define que la corrosión implica el deterioro de una sustancia, generalmente un metal, o de sus propiedades debido a una reacción con su ambiente. El proceso de corrosión actúa en los materiales desarrollados, generalmente metales.

2.4.7. Equipo

Se puede definir como el conjunto total de máquinas que son necesarias para cumplir un objetivo. Ejemplo: equipo de transporte de cereal; está compuesto por elevadores de cangilones, roscas transportadoras y tuberías.

2.4.8. Evento de falla

Aquella situación que se puede presentar anómala de carácter técnico detectada en un equipo.

2.4.9. Falla

Situación dada, afectando la capacidad de un equipo, de cumplir su función.

2.4.10. Falla de recubrimientos

A pesar de sus claros beneficios, la aplicación de pinturas o recubrimientos puede ocasionar fallos de adherencia sobre el sustrato o material donde se aplican. Estos fallos de adhesión, a su vez, pueden dar lugar a otro tipo de fallos como, por ejemplo: fallos estéticos, pérdidas de funcionalidad o incluso problemas más graves como la falta de protección de una zona crítica. Por este motivo, detectar el tipo de fallo de adherencia que se ha producido es fundamental para solucionarlo y evitar posibles problemas futuros más graves.

2.4.11. Función

Es todo aquello que la empresa, espera que el equipo cumpla con sus estándares de diseño y de desempeño.

2.4.12. Inspección.

Actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo, usando rutas definidas con cierta periodicidad y corta duración en el momento de revisar el equipo, máquina, donde normalmente se utilizan instrumentos de medición o los sentidos del ser humano, para verificar el buen funcionamiento del equipo, sin provocar que esto genere pararlo.

2.4.13. Abrasivo.

El abrasivo es una herramienta de trabajo que se utiliza para pulir, amolar, desbastar y acabar. Esta herramienta de trabajo, o sustancia, en algunos casos, que se usa en diferentes industrias tiene como meta actuar sobre otros materiales para los procesos antes mencionados.

Por el lado de los trabajos a realizarse en el ámbito de protección al acero depende del grado de aspereza o profundidad provocadas por el abrasivo tienen gran influencia sobre la adherencia y uniformidad del recubrimiento; si la superficie obtenida es muy tersa o pulida cl grado de "anclaje" o de adherencia será insuficiente, mientras que si las asperezas son profundas las crestas o puntos agudos sobresaldrán sobre la capa dc recubrimiento, quedando sin protección.

2.4.14. Garnet.

Es la designación de un grupo de minerales silicatos con similar estructura cristalina y composición química utilizados entre otros para procesos de arenado o sandblasting. Es llamado **Alamandite $(Fe, Mg)_3Al_2 (SIO)_4$** siendo un producto natural químicamente inactivo sin ningún componente tóxico ni cuarzo. La dureza y forma del Garnet, lo convierte en un abrasivo agresivo, que puede ser reciclado hasta unas 5 veces.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.- Hipótesis.

3.1.1- Hipótesis General.

El plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión de las estructuras de acero en la planta de PERU LNG, permitirá reducir los gastos por reemplazos de piezas mecánicas.

3.1.2.- Hipótesis Específicas.

Los trabajos de mantenimiento en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG, impactan sobre los costos y pérdidas de producción diarias del hidrocarburo en la planta de PERU LNG.

La prevención de la corrosión, en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG, permitirá reducir las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento, con pérdidas de porcentaje de espesor mayor del 20%.

3.2.- Definición conceptual de las variables.

Plan de Mantenimiento en estructuras de acero al carbono.

Todas las acciones que tienen como objetivo mantener un elemento o estructura restaurado en la cual continúe con su función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas. (Universidad Internacional del Atlántico, cursos de mantenimiento industrial).

Operacionalmente serán determinados a partir de los costos asociados a las acciones de operación del mantenimiento industrial en planta de PERU LNG.
Esta variable se divide en:

Mantenimiento preventivo.

Se logra realizar luego de un análisis preliminar en el cual se detecta la falla antes que sea más grave y conlleve a correcciones más costosas o daños contra la vida de los trabajadores.

Como indicador de este tipo de dimensión se tiene al personal calificado quienes realizarán inspecciones diarias y programadas en diferentes áreas para prevenir y/o realizar correcciones con recubrimiento.

Mantenimiento correctivo

Se logra realizar luego de que se encuentra una falla no detectada a tiempo la cual involucra un trabajo más riguroso, específico y rápido debido a la prioridad que se le dé por el cliente final. Como indicador de este tipo de dimensión se consideran a los costos de los trabajos que realizarán las contratistas para el mantenimiento correctivo. Las técnicas de recolección de datos se basarán en análisis documental y observacional, además de que el diseño metodológico es descriptivo, aplicativo y cuantitativo.

Prevención de la Corrosión

Acciones para reducir el deterioro de una sustancia (usualmente un metal) debido a una reacción con su medio ambiente. Este concepto reconoce que los metales no son los únicos materiales que se re corroen, existe el deterioro de otros materiales tales como la madera, cerámica, plásticos, etc., además pueden no existir cambios visibles en el material, sin embargo el material puede fallar inesperadamente a causa de ciertos cambios en su estructura interna. (Escuela Politécnica - Corrosión - Navarrete Cueva). Operacionalmente está definida como las acciones para reducir el deterioro o pérdida de espesor de material de las estructuras de acero, por exposición continua ante un ambiente agresivo salino, que afecta en diferentes zonas.

3.2.1. Operacionalización de variables

Tabla 19.

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice	Método	Técnicas
Plan de Mantenimiento en estructuras de acero al carbono.	Mantenimiento Preventivo.	Personal calificado.(especialistas prevención de corrosión)	No aplica.	Análisis documental y observacional.	Recolección de datos, informes o reportes.
	Mantenimiento Correctivo.	Costo del trabajo correctivo de la contratista.			
Prevención de la Corrosión.	Pérdida de porcentaje del espesor de recubrimiento.	Pérdida hasta el 20% del espesor del recubrimiento.		Observacional.	Comprobación de estándares internacionales ASTM. NACE y SSPC.
		Pérdida desde el 20% del espesor del recubrimiento.			

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación.

Si tenemos en cuenta el carácter de la hipótesis y los alcances de la investigación, ésta puede tipificarse como descriptiva, cuantitativa y aplicativa, ya que busca la justificación de incorporar un plan de mantenimiento.

Dentro del desarrollo del plan de mantenimiento involucra los trabajos de preparación de superficie y pintado de elementos, como estructuras y equipos mecánicos de acero al carbono propios de la Planta de Melchorita, basado en las normas NACE, ASTM y SSPC, especialistas, recomendaciones de fabricantes, experiencia propia para los trabajos de mantenimiento y otras aportaciones de ingenieros en el rubro de mantenimiento industrial para la prevención de la corrosión.

4.2 Método de investigación.

Siendo la presente investigación no experimental de tipo descriptivo, con pronóstico, la presente investigación relaciona los costos de realizar mantenimiento preventivo con los de mantenimiento correctivo, además de los costos adicionales por fallas prematuras del material oxidado sin recubrimiento.

En primer lugar, se recopilará la información tomando en cuenta los reportes de la contratista basadas en generación de áreas que serán necesarias para el presupuesto, reportes de preparación y aplicación de pintura, presupuesto de cada trabajo además la generación de tablas de costos del presupuesto anual en este caso del año 2020. Como ejemplo de la tabla mencionada se presenta la siguiente tabla 19.

Tabla 20.

Costos de trabajos de mantenimiento preventivo del año 2020, para espesores menores al 20%.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL POR AREA
AREA 1	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 11,372	S/ 1,372	S/ 1,372			S/ 1,372	**S/ 24,406**
AREA 2		S/ 2,058		S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	**S/ 15,092**
AREA 3	S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058		S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372		S/ 2,058	S/ 1,372		**S/ 14,406**
AREA 4	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372			S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	**S/ 15,778**
AREA 5	S/ 2,058			S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372		S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372	**S/ 13,720**
AREA 6	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 11,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372		S/ 1,372	**S/ 26,464**
AREA 7	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372			S/ 1,372	S/ 1,372	**S/ 15,092**
AREA 8			S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 2,058	**S/ 15,092**
AREA 9	S/ 1,372	S/ 1,372			S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372		S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	**S/ 13,034**
AREA 10	S/ 1,372		S/ 1,372	S/ 2,058	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 1,372			**S/ 13,034**
TOTAL POR MES	**S/ 12,348**	**S/ 10,976**	**S/ 10,976**	**S/ 12,348**	**S/ 13,034**	**S/ 23,720**	**S/ 23,720**	**S/ 13,034**	**S/ 10,290**	**S/ 12,348**	**S/ 10,290**	**S/ 13,034**	**S/ 166,118**

Tabla 21.

Costos de trabajos de mantenimiento correctivo del año 2020, para espesores mayores al 20%.

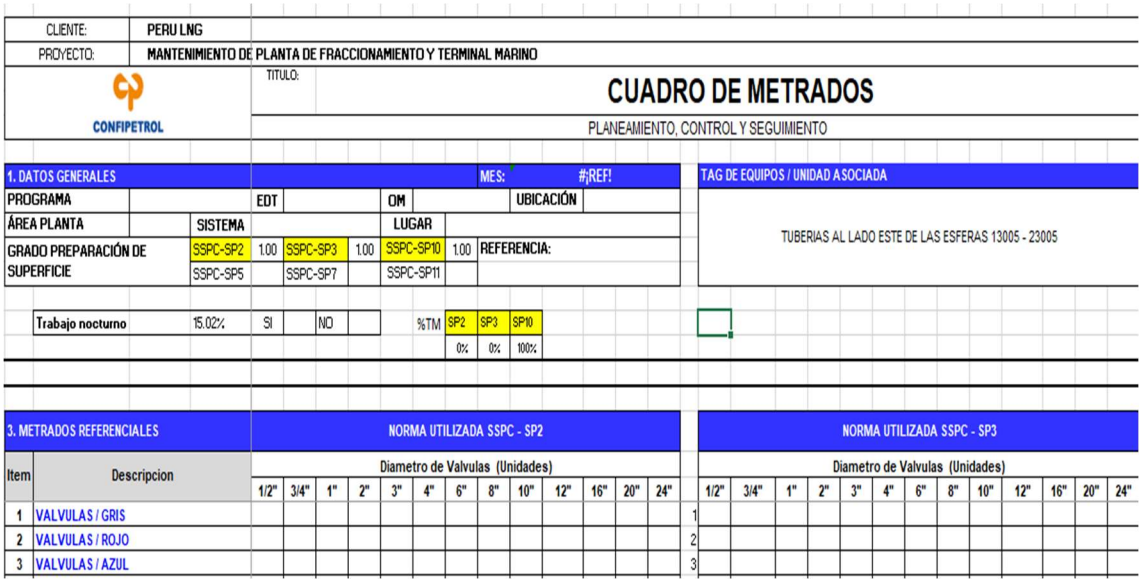
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL POR AREA
AREA 1	S/ 15,976	S/ 20,673	S/ 17,520	S/ 33,580	S/ 11,751	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 10,512	S/ 21,024	S/ 17,745	S/ 7,393	S/ 7,055	**S/ 165,974**
AREA 2	S/ 13,876	S/ 8,409	S/ 5,256	S/ 4,672	S/ 2,569	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 12,801	S/ 5,163	S/ 11,680	S/ 15,735	S/ 19,834	**S/ 102,738**
AREA 3	S/ 15,708	S/ 16,936	S/ 5,840	S/ 11,972	S/ 15,735	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 10,512	S/ 6,336	S/ 12,347	S/ 33,755	S/ 31,536	**S/ 163,421**
AREA 4	S/ 5,868	S/ 7,178	S/ 4,672	S/ 5,840	S/ 20,440	S/ 81,931	S/ 81,931	S/ 13,140	S/ 9,834	S/ 6,077	S/ 5,868	S/ 5,113	**S/ 247,892**
AREA 5	S/ 17,074	S/ 12,966	S/ 1,869	S/ 4,672	S/ 14,040	S/ 24,418	S/ 24,418	S/ 6,166	S/ 5,064	S/ 5,840	S/ 9,858	S/ 9,344	**S/ 135,728**
AREA 6	S/ 7,393	S/ 3,873	S/ 5,292	S/ 4,672	S/ 22,874	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 8,644	S/ 9,344	S/ 5,868	S/ 11,477	S/ 11,801	**S/ 93,982**
AREA 7	S/ 23,070	S/ 20,258	S/ 6,366	S/ 13,801	S/ 7,300	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 20,295	S/ 32,120	S/ 11,972	S/ 7,475	S/ 4,672	**S/ 150,073**
AREA 8	S/ 5,840	S/ 13,140	S/ 6,281	S/ 12,783	S/ 9,007	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 7,749	S/ 3,027	S/ 20,440	S/ 23,323	S/ 15,719	**S/ 120,052**
AREA 9	S/ 5,859	S/ 5,046	S/ 13,530	S/ 3,934	S/ 7,645	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 3,027	S/ 4,929	S/ 3,504	S/ 2,582	S/ 20,258	**S/ 73,057**
AREA 10	S/ 4,672	S/ 3,738	S/ 17,987	S/ 3,051	S/ 4,672	S/ 1,372	S/ 1,372	S/ 3,027	S/ 8,410	S/ 7,868	S/ 5,286	S/ 4,929	**S/ 66,383**
TOTAL POR MES	**S/. 115,335.82**	**S/. 112,215.89**	**S/ 84,612.63**	**S/ 98,976.67**	**S/ 116,031.72**	**S/ 117,324.42**	**S/ 117,324.42**	**S/ 95,873.18**	**S/ 105,251.63**	**S/ 103,340.84**	**S/ 122,751.94**	**S/ 130,260.73**	**S/ 1,319,299.90**

Por último, también se generó otra tabla de frecuencias de trabajos de mantenimiento por falla de material, la cual no son frecuentes al año en la planta y también son específicas, ya que se tiene diferentes contratistas especialistas en resolver estas incidencias. Ver tabla 20.

Para la elaboración de cada presupuesto de trabajo se utilizará el programa Excel el cual tiene una base de datos de los elementos de la planta la cual hace sencillo el cálculo de las áreas de las zonas para trabajar la cual será luego utilizada para calcular el presupuesto por cada trabajo en el área respectiva.

Figura 8.

Base de datos de Excel para cálculo de área de los elementos a trabajar.



CLIENTE:	PERU LNG
PROYECTO:	MANTENIMIENTO DE PLANTA DE FRACCIONAMIENTO Y TERMINAL MARINO

CONFIPETROL

TITULO:

CUADRO DE METRADOS

PLANEAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO

1. DATOS GENERALES								MES:	#¡REF!
PROGRAMA			EDT			OM		UBICACIÓN	
ÁREA PLANTA		SISTEMA				LUGAR			
GRADO PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	SSPC-SP2	1.00	SSPC-SP3	1.00	SSPC-SP10	1.00	REFERENCIA:		
	SSPC-SP5		SSPC-SP7		SSPC-SP11				

TAG DE EQUIPOS / UNIDAD ASOCIADA
TUBERIAS AL LADO ESTE DE LAS ESFERAS 13005 - 23005

						%TM	SP2	SP3	SP10
Trabajo nocturno	15.02%	SI		NO			0%	0%	100%

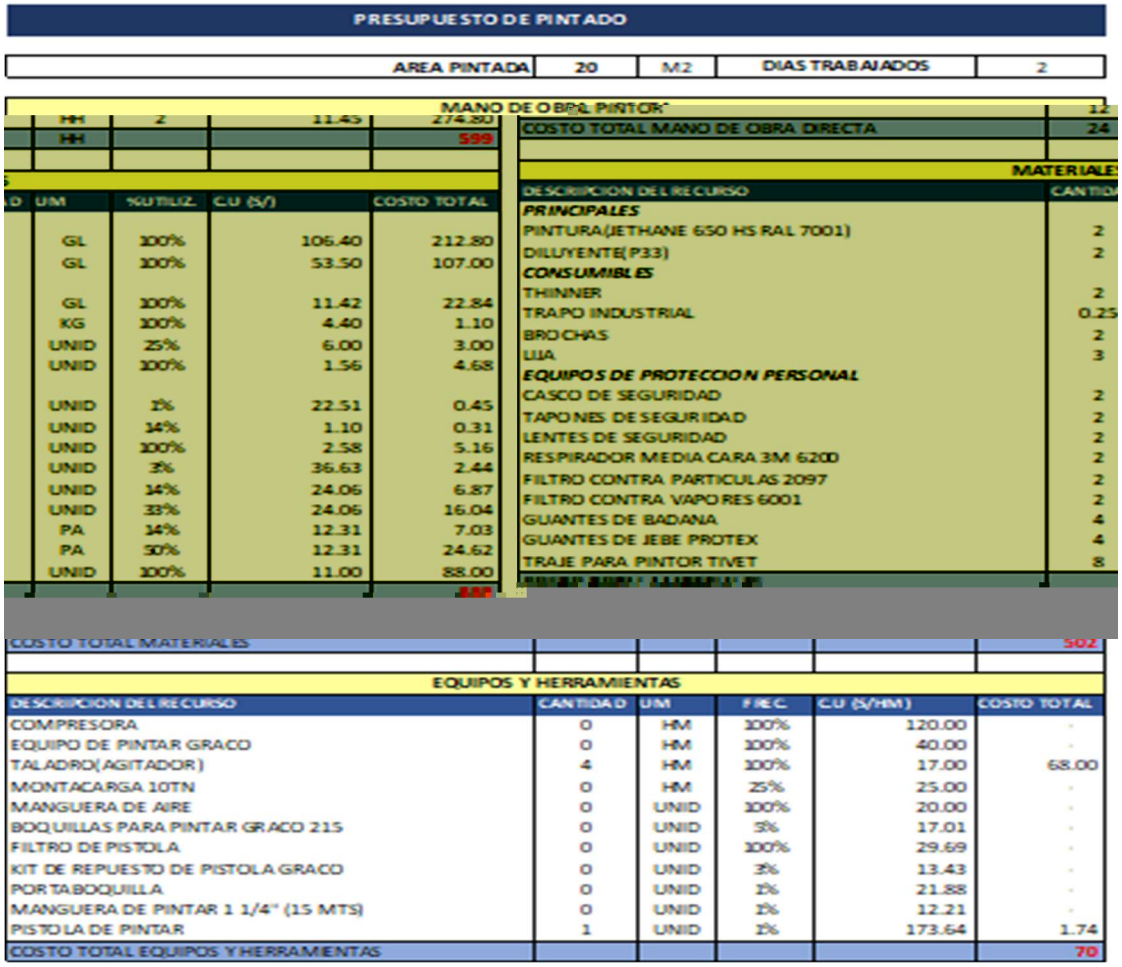
3. METRADOS REFERENCIALES		NORMA UTILIZADA SSPC - SP2												NORMA UTILIZADA SSPC - SP3											
Item	Descripcion	Diametro de Valvulas (Unidades)												Diametro de Valvulas (Unidades)											
		1/2"	3/4"	1"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	16"	20"	24"	1/2"	3/4"	1"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	16"	20"	24"
1	VALVULAS / GRIS																										
2	VALVULAS / ROJO																										
3	VALVULAS / AZUL																										

Facilita el cálculo de elementos como tuberías, por ejemplo, ya que solo se necesitará su longitud y su diámetro para el cálculo del área.

Por otro lado, se tiene un cuadro de presupuestos para los trabajos de mantenimiento preventivo, correctivo o por fallas, los cuales se tendrá para cada trabajo en cada área un presupuesto.

Figura 9.

Presupuesto de trabajos de mantenimiento preventivo.



PRESUPUESTO DE PINTADO

AREA PINTADA	20	M2	DIAS TRABAJADOS	2

MANO DE OBRA PINTOR

HH	2	11.45	274.80	12
HH			599	COSTO TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA 24

D	UM	%UTILIZ.	C.U (S/)	COSTO TOTAL
	GL	100%	106.40	212.80
	GL	100%	53.50	107.00
	GL	100%	11.42	22.84
	KG	100%	4.40	1.10
	UNID	25%	6.00	3.00
	UNID	100%	1.56	4.68
	UNID	1%	22.51	0.45
	UNID	14%	1.10	0.31
	UNID	100%	2.58	5.16
	UNID	3%	36.63	2.44
	UNID	14%	24.06	6.87
	UNID	33%	24.06	16.04
	PA	14%	12.31	7.03
	PA	50%	12.31	24.62
	UNID	100%	11.00	88.00

MATERIALES

DESCRIPCION DEL RECURSO	CANTIDA
PRINCIPALES	
PINTURA(JETHANE 650 HS RAL 7001)	2
DILUYENTE(P33)	2
CONSUMIBLES	
THINNER	2
TRAPO INDUSTRIAL	0.25
BROCHAS	2
LIJA	3
EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	
CASCO DE SEGURIDAD	2
TAPONES DE SEGURIDAD	2
LENTES DE SEGURIDAD	2
RESPIRADOR MEDIA CARA 3M 6200	2
FILTRO CONTRA PARTICULAS 2097	2
FILTRO CONTRA VAPORES 6001	2
GUANTES DE BADANA	4
GUANTES DE JEBE PROTEX	4
TRAJE PARA PINTOR TIVET	8

COSTO TOTAL MATERIALES 502

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION DEL RECURSO	CANTIDAD	UM	FREC.	C.U (S/HM)	COSTO TOTAL
COMPRESORA	0	HM	100%	120.00	-
EQUIPO DE PINTAR GRACO	0	HM	100%	40.00	-
TALADRO(AGITADOR)	4	HM	100%	17.00	68.00
MONTACARGA 10TN	0	HM	25%	25.00	-
MANGUERA DE AIRE	0	UNID	100%	20.00	-
BOQUILLAS PARA PINTAR GRACO 215	0	UNID	5%	17.01	-
FILTRO DE PISTOLA	0	UNID	100%	29.69	-
KIT DE REPUESTO DE PISTOLA GRACO	0	UNID	3%	13.43	-
PORTABOQUILLA	0	UNID	1%	21.88	-
MANGUERA DE PINTAR 1 1/4" (15 MTS)	0	UNID	1%	12.21	-
PISTOLA DE PINTAR	1	UNID	1%	173.64	1.74
COSTO TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					70

Con el presupuesto de cada trabajo de mantenimiento preventivo, y correctivo del equipo o material se podrá analizar y comparar los costos los cuales pueden direccionarse en acciones y prevenir pérdidas para la empresa.

Por otro lado, durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento cumpliendo el plan, se tiene que el supervisor responsable de esta tarea o actividad en planta es quien elabora registros de calidad para la preparación y aplicación del recubrimiento industrial especificado en los procedimientos del cliente. Una de las exigencias en este procedimiento es cumplir con la mejor propuesta para desarrollar esta actividad.

Como parte de este plan de mantenimiento descrito en esta tesis, se tiene que cumplir todas las normas internaciones de la ISO, ASTM, NACE y SSPC, mencionadas solo las que se usarán en estos trabajos. Para poder cumplir satisfactoriamente este plan de mantenimiento es necesario también contar con la experiencia propia de la empresa contratista que va realizar los trabajos, así como también contar con equipos que estén de acuerdo los estándares de calidad que exige el cliente, así como respetar las normas con el grupo o equipo de trabajo con las cuales se ejecutará dichas tareas.

Primero, antes de la realización de los trabajos de mantenimiento en la planta se debe coordinar con el área responsable los permisos de trabajos. Esta área es la responsable de verificar los protocolos de seguridad, que se tiene que tomar para cada trabajo en particular considerando los riesgos asociados de las múltiples disciplinas que se realizan en la planta y en cada área dentro de ella.

Cada permiso tiene su plano de ubicación, así como la codificación de los elementos para trabajar. Es de considerar también que cada trabajo tiene un permiso en particular. Puede ser de tipo trabajo en caliente, para trabajos con equipo o posibilidad de ignición, equipo eléctrico y herramientas que puedan generar chispas. Por otro lado, todo trabajo que no incluya lo indicado, se considera trabajo en frío. Este permiso de trabajo en frío es el que comúnmente se utiliza para trabajos simples que no involucren equipos o limpieza. También es considerado frío debido a que si no está ubicado en la zona consignada como peligrosa o de riesgo de explosividad.

En esta etapa también es de considerar que se tiene que evaluar donde se encuentran los trabajos, pudiendo ser un espacio confinado o de riesgo de posibilidad de no salir, así como también trabajos en altura. En resumen, se tiene que evaluar cada posible riesgo asociados en el trabajo y disciplina que se desarrollará en planta y en este caso, existen controles previos para poder tener una mayor cobertura de la exposición a los riesgos para evitar así una fatalidad o accidente.

Cada permiso de trabajo tiene una apertura del permiso y cierre En el rubro de hidrocarburos se tiene menos incidencias de accidentes debido también a los controles de seguridad tan rigurosos que se tienen y del personal altamente calificado con el que se cuenta.

Segundo, cada trabajo planificado desde hace semanas atrás, es puesto en un cronograma de trabajo en el cual cada contratista dependiendo de su disciplina en particular, tiene un alcance del detalle de todo lo que va ha realizar mantenimiento, en este caso recibe el nombre de Method of Statement. Ver figura 10.

Figura 10.

Ejemplo de un trabajo de mantenimiento con Method of Statement.

PERU LNG	Method of Statement	tNt LNG OPERATING COMPANY

Report number : **100035045** - Unidad: 3400 **Date :** Oct-20

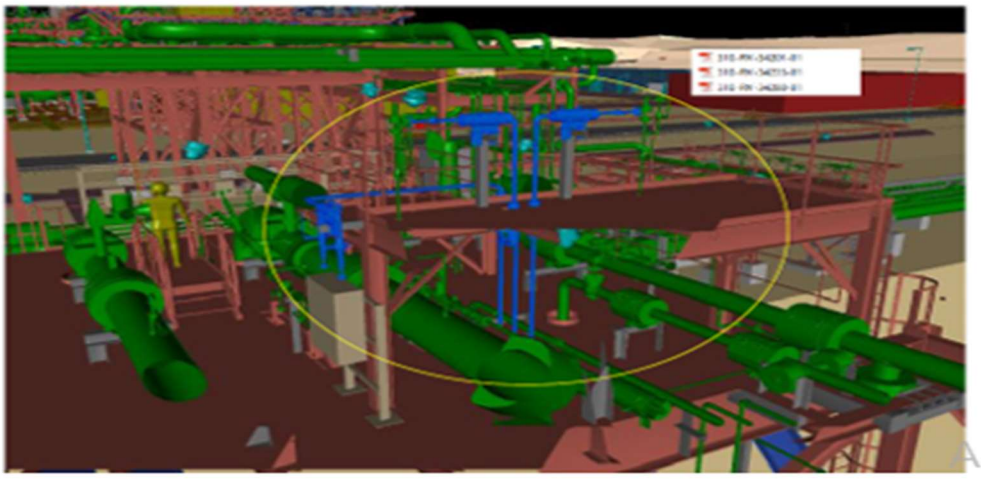
Discipline :

Sub-discipline : PAINTING

Title/Titulo:

COBERTURADO, ARENADO Y PINTADO EN PUNTOS DE CORROSION EN LAS LÍNEAS 310-RV-34201-01, 310-RV-34235-01, 310-RV-34280-01

COVERED, SANDBLASTING AND PAINTING OF FLANGES, VALVES, AND CORROSION POINTS ON THE LINES 310-RV-34201-01, 310-RV-34235-01, 310-RV-34280-01.



En este alcance del área que se va realizar los trabajos, las consideraciones si es trabajo en altura o implica trabajos a nivel. Se menciona el lugar exacto de donde se encuentra él o los elementos, para considerar llevar tramos de manguera, ubicar los equipos tipo compresoras o cualquier otra facilidad que pueda significar una interrupción a los trabajos. Cada traslado es coordinado con la autoridad de cada área o el supervisor responsable del turno.

Tercero, para cada trabajo de mantenimiento de equipos y/o accesorios cada contratista tiene que calcular su área (m2) trabajada. Para este fin y para tener valores más exactos se usa software como el Microsfot Excel que tiene o se puede incluir fórmulas matemáticas para poder calcular áreas. Por otro lado, ya hay paquetes de Excel, implementados con fórmulas específicas para cada ítem o elementos en particular. Solo es necesario contrastar el ítem como, por ejemplo, en el caso de tuberías, solo el diámetro y la longitud para tener el área.

En caso de elementos de tipo accesorios también se cuenta con fórmulas para poder calcular específicamente, así como también elementos que su geometría sea complicado poder calcular, éstos softwares y las empresas contratistas que se dedican al rubro cuentan con este recurso muy necesario para su cálculo de áreas y poder con ello tener un presupuesto.

Cuarto, con el área total calculada por el software Excel, se procede a calcular el presupuesto para los trabajos. En este, se detalla todo lo que concierne a los trabajos de mantenimiento y tiene como diferencias entre trabajos para mantenimiento preventivo y correctivo el uso o no de recursos que serán únicamente necesarios para cada trabajo. Es de considerar también aquí los implementos de seguridad que se clasifican como consumibles debido a que solo son a veces de un solo uso y otros que pueden servir hasta un tiempo de vida de días o meses en el mejor de los casos.

Para que el presupuesto sea aprobado por el cliente, es necesario considerar la experiencia de la empresa contratista, donde ésta reúne los puntos y las consideraciones técnicas, recursos o insumos exactos para la realización de los trabajos de mantenimiento. Esto es imprescindible en vista que nadie puede presupuestar un trabajo si tiene pérdidas. Los costos asociados al mantenimiento preventivo y correctivo en las empresas contratistas con más experiencia tienen un margen de ganancias para que puedan considerar también imprevistos de todo tipo, ya sea también un accidente o un tiempo de espera más largo por algún equipo o recurso importado.

Quinto, con el presupuesto aprobado por el cliente, se coordina con la supervisión o especialistas directos de cada trabajo. Por lo general cada área de la planta tiene su supervisor responsable de verificar y observar el desarrollo de los trabajos en campo. Una manera de controlar, cada etapa preliminar, intermedia o final de los trabajos de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo son los registros o reportes de calidad.

En estos reportes la empresa contratista menciona las normas internacionales las cuales va cumplir y respetar. Cada reporte en si es una exigencia que también está incluido en los procedimientos de trabajo que cada disciplina del rubro de mantenimiento presenta al cliente cuando hace su contrato de trabajo. Los registros implementan ya sea el caso, complementos como, por ejemplo, el pegado de una cinta de rugosidad o “Pres O Film” el cual mide la exactamente la rugosidad de la superficie al finalizar su preparación con un abrasivo mineral a alta presión.

En este caso incluye consideraciones no solo de la mencionado sino también controles de humedad relativa, temperatura de superficie, temperatura de rocío, medición de película húmeda y medición de película seca. En el caso de las pintura o recubrimiento industrial se tiene que adjuntar su hoja técnica además del lote de cada pintura usada para el trabajo en vista que se hace un seguimiento.

Sexto, con los controles de campo, que implementan los registros de calidad es de resaltar que mencionan diferentes tipos de normas que serán usadas para cumplir y evidenciar los registros. Como se ha estructurado este plan de mantenimiento, el control se aplica a la prevención de la corrosión por lo tanto se considera este aspecto para utilizar las normas que van en función a ello entre las cuales se destacan por su frecuencia en las refinerías más importantes:

- ISO8501-1.
- SSPC-SP2.
- SSPC-SP5.
- SSPC-SP6.
- SSPC-SP10.
- ASTM D610-01
- SSPC-PA2
- ASTM D4541-2.

Séptimo, teniendo el alcance de las áreas, el presupuesto aprobado, considerando las normas internacionales para la elaboración de los reportes, cumpliendo con los alcances técnicos más apropiados para los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, se procede a ordenar todos los trabajos por área de la planta para tener un consolidado mensual de los costos asociados a ellos.

Estos costos mensuales sirven a las empresas contratistas para tener un enfoque de su margen de ganancias o pérdidas mensuales e implementar las correcciones que sean necesarias. Por el lado del cliente, el alcance mensual de los costos asociados a los trabajos de mantenimiento, dan una idea más representativa de que área presenta mayores gastos y así considerar acciones preventivas inmediatas para no aumentar los gastos generados. Cada disciplina de la planta tiene un control de costos los cuales también involucran al costo total de mantenimiento de ésta y proyectan un presupuesto anual.

Octavo, con los datos de costos asociados al mantenimiento preventivo y correctivo de cada área mensual, se consolidan éstos datos para luego realizar una tabla general anual, en este caso del año 2020, el cual participan todos los trabajos realizadas en cada área de la planta de Peru LNG. Con estos datos se puede hacer varios estudios o implementar medidas de control que sirvan para mejorar el desarrollo de los trabajos de planta.

Noveno, con los datos de los costos asociados a los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo anual del año 2020, utilizando el software SSPS para la comprobación de las hipótesis presentadas. Éstos resultados se basan en normalizar los datos, ajustarlos a una recta, y en comprobar los valores de la significancia.

4.3 Población y muestra

La población para la presente investigación lo conforman la totalidad de elementos, estructuras y equipos de la planta de Melchorita, en este caso particular se tomará como referencia el área Jetty donde se ubican soportes y tuberías las cuales comprenden el sistema contra-incendio de la planta.

La muestra referencial se tomará de forma no paramétrica y estará constituido por el presupuesto de los trabajos de mantenimiento, las cuales se tiene un precio por trabajos establecidos por la contratista y el cliente, los cuales solo se verá afectado por el área de trabajo.

4.4 Lugar del estudio y periodo desarrollado

La siguiente propuesta está desarrollada en la planta de licuefacción, Melchorita, realizado en el año 2020-2021. La planta está localizada en un predio de 521 hectáreas, denominado “Pampa Melchorita”, en el kilómetro 163 de la carretera Panamericana Sur, Chincha.

Figura 10.

Vista de planta Melchorita

Fuente: OSINERMING

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

Para los trabajos de recolección de información o datos se contará con presupuestos por cada trabajo de desarrollado en campo son los trabajos preventivos y correctivos, los cuales es necesario calcular el área que involucra éstos trabajo para luego cuantificarlo en costos lo cual originará un presupuesto o valorización de los trabajos de mantenimiento.

Se tendrá una tabla de costos asociadas a cada presupuesto de los trabajos de mantenimiento de todo el año 2020. Esto servirá para identificar y evidenciar el costo de realizar trabajos por mantenimiento preventivo, correctivo. Se puede ver en la figura 11 y 12, un trabajo realizado terminado de un área específica de la planta, la cual comprende elementos de tipo tubería de acero y soportería.

Figura 11.

Tubería y soportes, pintados después de un mantenimiento correctivo.

Figura 12.

Otra vista de tuberías y soportes, después de mantenimiento correcitvo.

4.6 Análisis y procedimientos de datos.

Plan de mantenimiento, trabajo de campo.

Para los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, es de recordar primeramente que para los trabajos de preparación de superficie y aplicación del recubrimiento en la planta de Melchorita, se tiene que tener una coordinación previa con el área de seguridad debido a que la planta cuenta con diferentes secciones del proceso mismo de la extracción y refinamiento del hidrocarburo tratado y se tiene que coordinar el ingreso y la salida con el responsable del área mediante un permiso de trabajo (PTW, siglas en inglés) en la cual se llevará a cabo los trabajos de mantenimiento con pintura industrial.

Dentro de esta coordinación de trabajos de mantenimiento es de resaltar que la gestión del Permiso de Trabajo (PTW) inicia con la presentación de los documentos un día antes de su ejecución, considerar que se requerirá un permiso de trabajo en caliente, no crítico, solo para las actividades de limpieza con presión con chorro abrasivo seco. Adicionalmente si el encapsulado o coberturado del equipo a intervenir es considerado como espacio confinado por el área de seguridad (HSE) del cliente se deberá adjuntar al permiso de trabajo un plan de ingreso a espacios confinados más el registro de ingreso, este PTW se presentará con 48 horas de anticipación. Además, esta gestión se realizará en la oficina donde se elabora permisos de trabajos.

Asimismo, para equipos como líneas vivas (que incluye bridas y válvulas), se adjuntará en el paquete de permisos de trabajo el informe de inspección realizado por el cliente, un día antes o días previos al inicio de la preparación de superficie, el informe indicará la condición inicial “Corrosión” del elemento a arenar o garnear, indicándose y marcando in situ el tipo de preparación de superficie en los tramos inspeccionados a realizar.

Como parte de una sección crítica que no se intervendrá, se realiza una inspección la cual incluirá cubrir con pintura color rojo. Esta sección debe respetarse no solo el área pintada en rojo sino 6” a ambos lados de la misma “NO TOCAR”. Las coordinaciones de solicitud de inspección serán realizadas por el supervisor del cliente (Perú LNG).

Para más referencias de los documentos solicitados antes de los trabajos del plan de mantenimiento revisar tabla 21.

Por otro lado, para el plan de mantenimiento se haga efectivo es necesario recolectar los datos de campo, éstos se registrarán en archivos generados del software Microsoft Excel, los cuales cuenta con fórmulas y tablas dinámicas para complementar éstos datos y comprobar diariamente los resultados obtenidos.

Con estos datos se generan proyecciones de los costos que se generarán por mes además de las exigencias propias de la empresa contratista para cumplir sus objetivos programados mensualmente y posteriormente anualmente.

Se puede comprobar en tablas generadas de costos si habrá pérdidas o ganancias de la empresa contratista además de ajustar precios para posteriores trabajos los cuales implicarán reducción de mano de obra o suministro que está en relación a cada actividad de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.

En los anexos de la tesis se incluirá los registros que serán necesarios para la contrastación de los resultados obtenidos en la metodología estadística utilizada. Se utilizarán registros que se han elaborado e implementado en todo el año 2020 por parte de la empresa contratista.

Por otro lado, para el cumplimiento del plan de mantenimiento es necesario hacer referencias a las normas internacionales necesarias para la implementación para que se realicen adecuadamente.

Para esto es necesario contar primeramente contar con la experiencia certificada de la empresa que realizará los controles más exigentes debido a las exigencias del clima los cuales ya fueron descritos líneas arriba, en la tabla 1.

El plan de mantenimiento considera todas las normas internacionales presentadas en el marco teórico conceptual debido a que se tiene que efectuar en campo todos estos requerimientos para poder cumplir con los objetivos planteados y desarrollados además de asociar los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo a los costos que involucran dichos trabajos para poder recoger éstos datos en la comprobación de los resultados estadísticos.

En el Anexo 6, se muestra un resumen del plan de mantenimiento presentado para poder referenciar todo lo mencionado hasta el momento, así como también tener una idea cercana de todas las variables que involucran el poder desarrollar este plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión en las estructuras de acero.

Se debe considerar que este plan sirve para poder desarrollar trabajos con los más altos estándares de seguridad y calidad para la prevención de la corrosión, así como también resaltar que ambos trabajos en paralelo mencionados deben involucrarse de tal manera que puedan satisfacer las necesidades del cliente en este caso Perú LNG.

Para dar más relevancias a las actividades que involucran mantenimiento debido a que existen muchas pérdidas en costos, si es que no consideran o no cumplen con los lineamientos descritos con anterioridad.

Tabla 22.

Documentos Necesarios para iniciar los trabajos de mantenimiento en la planta.

Ítem.	Descripción.
1	Permiso de Trabajo (Permit To Work).
2	Plan para Trabajos en caliente (Hot Work Plan)
3	Plan de Ingreso a Espacios Confinados (Confined Space Entry Plan); si es requerido.
4	Registro de Ingreso a Espacio Confinado (Confined Space Entry Log); si es requerido.
5	Method Statement.
6	ATS – Asignación Segura de Trabajo (JSA)
7	Hojas MSDS.
8	Planos de ubicación, donde se va realizar los trabajos de mantenimiento.
9	Plan de Aislamiento Energía Cero (Zero Energy Isolation Plan), solo si aplica bloqueo en el equipo a intervenir.

.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

De los resultados (antes que use la estadística) se tiene que:

Existe una diferencia significativa entre la media de los costos de trabajos preventivos y la media de los costos de los trabajos correctivos.

Por lo tanto, esta reducción de gastos se comprobará con el análisis de la diferencia de medias de los costos.

Los impactos de los costos y pérdidas de producción diaria difieren y son mayores con respecto al costo de mantenimiento preventivo.

Esto debido, a que los impactos que afectan a la producción se basan en la suma de los trabajos de mantenimiento correctivos que involucra paralizaciones además de que puede incluir reemplazos de piezas mecánicas lo cual representan en más pérdidas para la planta de PERU LNG.

Por último, de los resultados de la tercera hipótesis se tiene que:

La reducción de las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento con pérdidas de porcentaje de espesor mayor del 50% difieren con respecto a los costos de mantenimiento preventivos.

Esto debido, a que la reducción, de las fallas de aplicación están asociados a los trabajos preventivos. Con un aumento de los trabajos preventivos, realizados menor serán las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento con pérdidas de porcentaje mayor del 50%.

5.2. Resultados inferenciales

Para la comprobación de la hipótesis general:
“El plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión de las estructuras de acero en la planta de PERU LNG, permitirá reducir los gastos por reemplazos de piezas mecánicas.”
Se seguirá los siguientes pasos;

Paso N°1
A partir del siguiente supuesto:
H0=Hipótesis nula:
El costo de mantenimiento preventivo = El costo de mantenimiento correctivo.
H1=Hipótesis alternativa:
El costo de mantenimiento preventivo ≠ El costo de mantenimiento correctivo.

Para la comprobación de las muestras que se tiene se utilizará para la prueba de T-student. Esto debido a que esta prueba se utiliza para evaluar si 2 grupos difieren de manera significativa respecto a sus medias en una variable.
Para esto se presentan tres escenarios:

- ✓ Una muestra relacionada – Antes y después de una intervención.

- ✓ Dos muestras con varianzas homogéneas. Es necesario conocer homocedasticidad.

- ✓ Dos muestras con varianzas heterogéneas. Es necesario conocer homocedasticidad.

Para lo cual se comprobará uno de los siguientes valores.
Valor de P <= nivel de significancia, se rechaza hipótesis nula.
Valor de P >= nivel de significancia, se acepta hipótesis nula.
Paso N°2, se considerará lo siguiente:

Para un α (Alpha) = 5% = 0,05 o nivel de significancia.

Paso N°3 es la prueba de la hipótesis que como dijimos es la Prueba de T-student.

Tabla 23.

Tabla de selección de prueba estadística.

Variable Aleatoria / Variable fija		Prueba no Paramétricas.			Pruebas paramétricas.
		Nominal dicotómica.	Nominal politómica.	Ordinal.	Numérica
Estado Transversal.	Un grupo	X2 Bondad de ajuste corrección de Yates. Test de Fischer.	X2 Bondad de ajuste.	X2 Bondad de ajuste.	T-student (una muestra).
Muestras independientes.	Dos Grupos	X2 Bondad de ajuste Binomial.	X2 de Homogeneidad	U Mann-Whithney	T-student (muestras independientes)
	Más de dos grupos.	X2 Bondad de ajuste.	X2 Bondad de ajuste.	H Kruskal-Wallis	Annova con un factor intersujetos.
Estudio Longitudinal.	Dos medidas.	Mc Nemar.	Q de Cochran	Wilcoxson	T-student (muestras relacionadas)
Muestras Relacionadas.	Más de dos medidas.	Q de Cochran.	Q de Cochran	Friedman	Annova para medidas repetidas (intrasujetos)

Fuente: Hernández (1991)

Según la tabla 22, se tiene que el estudio es transversal, porque se está evaluando a dos grupos en un mismo momento en este caso el costo del mantenimiento preventivo con el mantenimiento correctico. Y son dos grupos es decir la variable que se va comparar que es de tipo numérica.

Ahora bien, siguiendo los pasos descritos en el punto anterior se tiene lo siguiente:

Paso N°1: Comprobar,

H0=Hipótesis nula:

- ✓ El costo de mantenimiento preventivo = El costo de mantenimiento correctivo.
  H1=Hipótesis alternativa:
- ✓ El costo de mantenimiento preventivo ≠ El costo de mantenimiento correctivo.

Paso N°2: se tiene como dato α(alpha) = significancia = 5% = 0.05.

Paso N°3: se utilizará la prueba de T-student.

Paso N°4: lectura del P-valor comprobación de la normalidad.

Para esto utilizando el software SPSS, se tiene la siguiente tabla 23, la cual servirá para ingresar los datos y poder analizar las medias. Una vez ingresados estos datos se tendrá que comprobar la normalidad para esto se adjuntan los resultados siguientes de las tablas 24, 25, 26 y 27. De las cuales se detalla que en la tabla 24 presenta información del resultado de procesar los 24 datos de costos ingresados al software SSPC.

La tabla 25, presenta la información de muestras independientes como los costos asociados a los trabajos de mantenimiento preventivo. La tabla 26, presenta la información de muestras independientes como los costos asociados a los trabajos de mantenimiento correctivo.

Y por último la tabla 27, presenta los resultados de las pruebas de normalidad tanto de Kolmogorov – Smimov y Shapiro Wilk. Ahora se tiene que en vista que solo tenemos 24 muestras se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk para muestras pequeñas. Para la comprobación de la hipótesis indicada se tiene la tabla 28, la cual presenta los resultados de la P-valor.

Tabla 24.

Costos de los trabajos por mes, según tipo de mantenimiento.

Tipo de mantenimiento	Costo en soles
Preventivo tipo1	S/ 12.35
Preventivo tipo1	S/ 10.98
Preventivo tipo1	S/ 10.98
Preventivo tipo1	S/ 12.35
Preventivo tipo1	S/ 13.03
Preventivo tipo1	S/ 1.37
Preventivo tipo1	S/ 1.37
Preventivo tipo1	S/ 13.03
Preventivo tipo1	S/ 10.29
Preventivo tipo1	S/ 12.35
Preventivo tipo1	S/ 10.29
Preventivo tipo1	S/ 13.03
Correctivo tipo 2	S/ 115.34
Correctivo tipo 2	S/ 112.22
Correctivo tipo 2	S/ 84.61
Correctivo tipo 2	S/ 98.98
Correctivo tipo 2	S/ 116.03
Correctivo tipo 2	S/ 106.35
Correctivo tipo 2	S/ 106.35
Correctivo tipo 2	S/ 95.87
Correctivo tipo 2	S/ 105.25
Correctivo tipo 2	S/ 103.34
Correctivo tipo 2	S/ 122.75
Correctivo tipo 2	S/ 130.26

Tabla 25.

Resumen de procesamiento de casos, en software SPSS.

Resumen de procesamiento de casos.							
	Trabajos Preventivos-Correctivos	N	Válido Porcentaje	N	Casos Perdidos Porcentaje	N	Total Porcentaje
Costos en miles de soles.	Preventivo	12	100%	0	0.0 %	12	100.0%
	Correctivo	12	100.0%	0	0.0%	12	100.0%

Tabla 26.

Resultados en el software SPSS, en relación a dos muestras independientes.

Descriptivos					
Trabajos Preventivos – Correctivos				Estadísticos.	Error estándar
Costos en miles de soles.	Preventivo	Media			
				11,7850	0,29795
		95% de intervalo de confianza para la media.	Límite inferior	11,1292	
			Límite superior	12,4408	
		Media recortada al 5%.		11,7989	
		Mediana.		11,8600	
		Varianza.		1,065	
		Desviación estándar.		1,03213	
		Mínimo.		10,29	
		Máximo		13,03	
		Rango.		2,74	
		Rango intercuartil.		1,88	
		Asimetría.		-0,153	0.637

Tabla 27.

Resultados en el software SPSS, en relación a dos muestras independientes.

Descriptivos					
Trabajos Preventivos – Correctivos				Estadísticos.	Error estándar
Costos en miles de soles.	Correctivo	Media			
				108,1125	3,54559
		95% de intervalo de confianza para la media.	Límite inferior	100,3087	
			Límite superior	115,9163	
		Media recortada al 5%.		108,1878	
		Mediana.		106,3500	
		Varianza.		150,8540	
		Desviación estándar.		12,28227	
		Mínimo.		84,61	
		Máximo		130,26	
		Rango.		45,65	
		Rango intercuartil.		15,79	
		Asimetría.		-0,46	0.637
		Curtosis.		0.319	1,232

Tabla 28.

Resultados en el software SPSS, en relación a dos muestras independientes.

Pruebas de normalidad.							
		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Trabajos Preventivos -Correctivos	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Costos en miles de soles.	Preventivo	0.208	12	0.16	0.890	12	0.119
	Correctivo	0.140	12	0.20	0.987	12	0.999

Se tiene por tanto que la Normalidad (costos de trabajo):

P-valor (preventivo) = 0.119, para un α = 0.05

P-valor (correctivo) = 0.999, para un α = 0.05

Se tiene en esta prueba que se cumple:

3 YDORU ! PD\RU R LJXDO . DOSKD $FHSWDU + ORV
GLVWULEXFLyQ QRUPDO

(QWRQFHV VH FRQFOX\H OD YDULDEOH FRVWRV GH WU
FRPSRUWD QRUPDOPHQWH

Por otro lado, se puede comprobar que los comportamientos de la normalidad con los datos utilizados de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, se comportan normales y se asemeja a una recta, como las presentadas en las figuras13 y 14.

Figura 13.

Gráfica de distribución Normal para los costos asociados al Trabajo de mantenimiento preventivo,

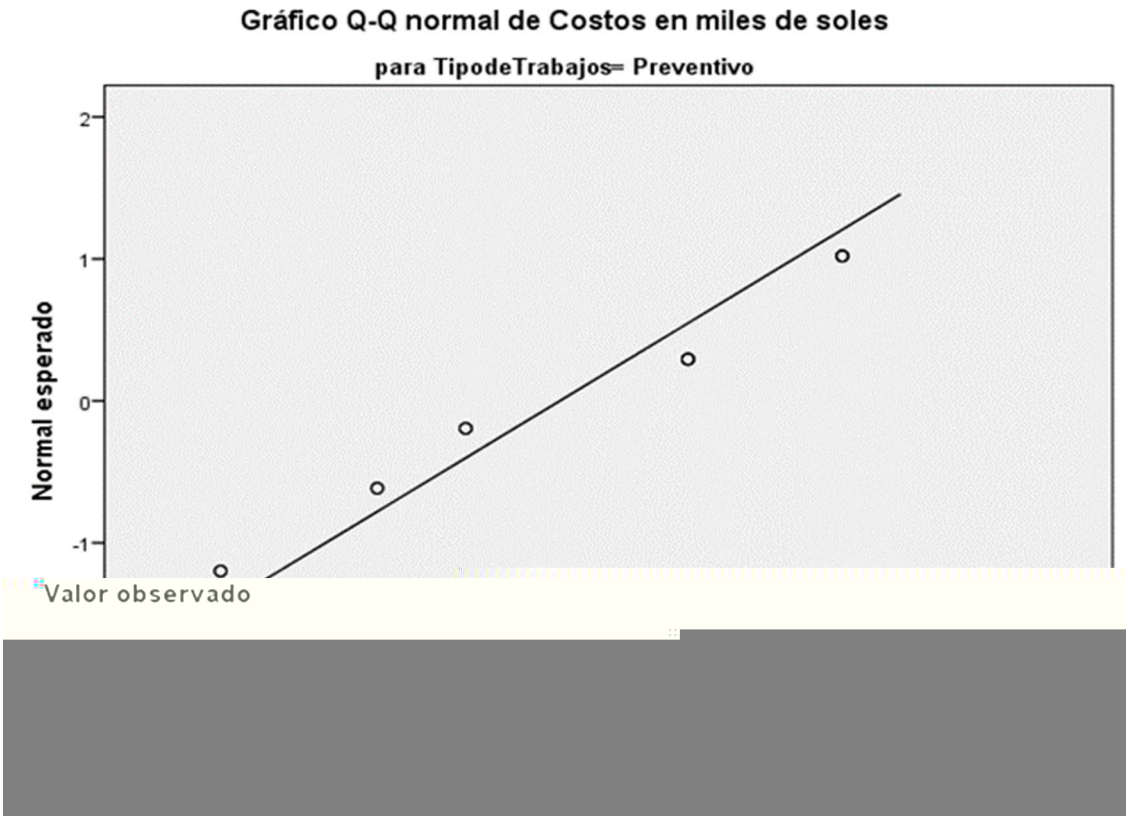
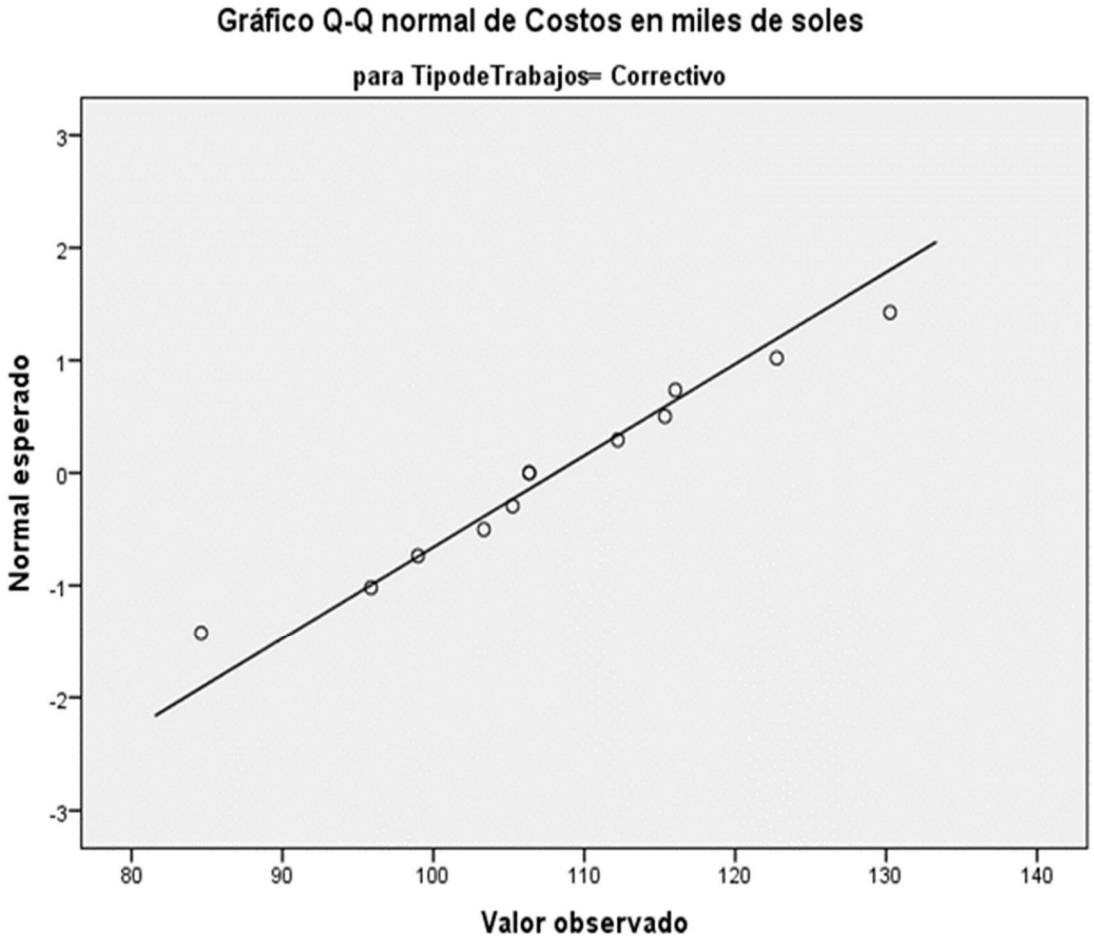


Figura 14.

Gráfica de distribución Normal para los costos asociados al Trabajo de mantenimiento preventivo,



Continuando con la comprobación de la hipótesis se tendrá que cumplir con la igualdad de varianza con la prueba de Levene, para esto se calcula en el SPSS la prueba de T-student. De este análisis se tiene los siguientes resultados.

De los resultados de P-valor se tiene:
Igual de varianza: P-valor = 0,001, y se tiene que α = 0.05

Posteriormente se tiene que de la prueba de Levene que P-valor < α (alpha).
Se tiene de esta prueba que se cumple:

P-valor < (menor) α(alpha).

Por lo tanto, es $FHSWDU + ([LVWH GLIHUHQFLD VLJQLI
YDULDQ]DV

Debido a esto elegiré de la tabla 28, la fila que se ha cumplido, en este caso la segunda fila de no se ha asumido varianzas iguales.

Tabla 29.

Resultados de la prueba para muestras independientes.

Prueba de muestras independientes										
				Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t.	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Costos en miles de soles	Se asumen varianzas iguales	15,281	0.001	-27,073	22	2.194×10^{-16}	-96,3275	3,55808	-103.706	-88.948
	No se asumen varianzas iguales.			-27,073	11,55	1.573×10^{-11}	-96,3275	3,55808	-104.145	-88.509

Se tiene entonces que elegir el P-valor indicado en la tabla 28:

Donde se considera el P-valor = 1.573×10^{-11}, con $\alpha = 0.05$, debido a que se elige la fila donde no se asumen igualdad de varianza.

Se puede desprender que según el criterio indicado presenta un valor muy pequeño o menor que el Alpha(α) indicado entonces:

9DORU GH 3 QLYHO GH VLJQLILFDQFLD VH UHFKD]D
Se acepta la H1 (hipótesis alternativa)

Por lo tanto:

H1=Hipótesis alternativa: El costo de mantenimiento preventivo ≠ El costo de mantenimiento correctivo.

Para la comprobación de la hipótesis específica: “Los trabajos de mantenimiento en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG, impactan sobre los costos y pérdidas de producción diarias del hidrocarburo en la planta de PERU LNG.”

Paso N°1

A partir del siguiente supuesto:

H0=Hipótesis nula:

- Los impactos de los costos y pérdidas de producción diarias = El costo de mantenimiento preventivo.

H1=Hipótesis alternativa:

- Los impactos de los costos y pérdidas de producción diarias ≠ El costo de mantenimiento preventivo.

Luego para la comprobación de la siguiente hipótesis: La prevención de la corrosión, en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG, permitirá reducir las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento, con pérdidas de porcentaje de espesor mayor del 50%.

Paso N°1

A partir del siguiente supuesto:

H0=Hipótesis nula:

- La reducción de las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento con pérdidas de porcentaje de espesor mayor del 50% = El costo de mantenimiento correctivo.

H1=Hipótesis alternativa:

- La reducción de las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento con pérdidas de porcentaje de espesor mayor del 50% ≠ El costo de mantenimiento correctivo.

Para la comprobación de las hipótesis indicadas que se tiene, se utilizará la prueba de T-student. Esto debido a que esta prueba se utiliza para evaluar si 2 grupos difieren de manera significativa respecto a sus medias en una variable. Los resultados para comprobar esta hipótesis también usan los valores de costos asociados a los trabajos los cuales se detallan en la tabla 23.

Como parte de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo que se detallan en esta tesis se enfoca en establecer que efectivamente se tiene una diferencia real la cual fue comprobada en el primer postulado o hipótesis general. Los cual nos lleva a las siguientes tablas 32 y 33, donde se puede verificar que como consolidado hay diferencias marcadas diferencias de los costos que involucran cada trabajo.

Utilizando el software de SSPS, nuevamente se tiene los resultados ya antes mencionados para la comprobación en este caso de la hipótesis indicada.

Paso N°2: se tiene como dato α(alpha) = significancia = 5% = 0.05.
Paso N°3: se utilizará la prueba de T-student.
Paso N°4: lectura del P-valor comprobación de la normalidad.
De este paso se tiene que los resultados comprobados en la tabla 28 los cuales son:

P-valor (preventivo) = 0.119
P-valor (correctivo) = 0.999

Se tiene en esta prueba que se cumple:

3 YDORU ! PD\RU R LJXDO . DOSKD $FHSWDU + OR
XQD GLVWULEXFLyQ QRUPDO

(QWRQFHV VH FRQFOX\H OD YDULDEOH FRVWRV GH WU
FRPSRUWD QRUPDOPHQWH

Ahora para la comprobación de los resultados de la segunda y tercera hipótesis se utiliza la tabla 30 y 31. Se puede desprender que según el criterio indicado presenta un valor muy pequeño o menor que el alpha indicado entonces:

Para la segunda hipótesis se cumple:
Valor de P <= nivel de significancia, se rechaza hipótesis nula.
Se acepta la H1 (hipótesis alternativa)

Por lo tanto:
H1=Hipótesis alternativa se acepta.

- ✓ Los impactos de los costos y pérdidas de producción diarias ≠ El costo de mantenimiento preventivo.

Para la tercera hipótesis también se cumple:
Valor de P <= nivel de significancia, se rechaza hipótesis nula.
Se acepta la H1 (hipótesis alternativa)

Por tanto:
H1=Hipótesis alternativa se acepta.

- ✓ La reducción de las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento con pérdidas de porcentaje de espesor mayor del 50% ≠ El costo de mantenimiento correctivo.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Se demostró que los resultados obtenidos del plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión como se puede ver en las tablas de costos asociados a éstos trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, que efectivamente al prevenir una falla antes de que sea más grave o pase a una ejecución de trabajos correctivos hay un costo menor, por lo tanto, una reducción de gastos o pérdidas para el cliente. Los gastos totales evaluados en el año 2020 son los siguientes: el costo anual de trabajos de mantenimiento preventivo, es de S/. 166,188.00. mientras que el costo anual de trabajos de mantenimiento correctivo es de S/. 1,319,299.90.

Se encontró que es posible reducir las fallas de aplicación de recubrimiento y de pérdidas de espesor mayor al 20% realizando más trabajos preventivos y controles en campo que puedan ejecutarse para la reducción posteriormente de los trabajos correctivos.

Se demostró que cumpliendo y desarrollando el plan de mantenimiento propuesto, que se basa en los estándares y normas internacionales para desarrollar la actividad de preparación de superficie y aplicación de pintura, se desprende que al ejecutar más trabajos de mantenimiento preventivos conseguirá, reducir, paralizaciones debido al reemplazos de piezas mecánicas frecuentes en los trabajos correctivos.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Nolasco (2015). En su tesis “Diseño de un plan de recubrimiento con pintura industrial y mantenimiento para disminuir la corrosión en tanques de combustible diésel para centrales termoeléctricas del Perú”, me sirve como referencia en esta tesis debido a que diseña un plan de recubrimiento y mantenimiento similar a la propuesta elaborada en esta tesis. Producto de que su trabajo también enfoca y brinda detalles del cumplimiento de las normas que se tienen que cumplir para poder lograr como resultado la disminución de la corrosión. En su tesis, detalla más la parte mecánica de cada equipo debido a que su diseño es un enfoque más representativo con la tarea que es en los trabajos de mantenimiento de un tanque de almacenamiento. Finalmente, cumple con el diseño de elaborar un plan de mantenimiento basándose en normas internacionales que cumplen su resultado final que es la prevención de la corrosión.

Sánchez (2015) En su tesis “Preparación de superficie del acero para el mantenimiento en la aplicación de recubrimientos”, la utilizo en mi proyecto debido a que las normas internacionales utilizadas, para la preparación de superficie del acero previo a su aplicación, se encuentra a la vanguardia de las diferentes tecnologías de productos químicos más usadas en las diferentes plantas de hidrocarburos del país hasta la fecha e implementa resultados que son un requerimiento de los departamentos de calidad que tienen las diferentes empresas del país. Sirve como referencia también ya que indica que controles son los más adecuados para la preparación de superficie en los trabajos de mantenimiento. Además de aportar su experiencia en el rubro de recubrimientos industriales, tan demandado por las diferentes industrias minera, petróleo y gas.

Quiñones (2013). En su tesis “Preparación y recubrimiento de tanques de almacenamiento de superficies metálicas expuestas a corrosión, en la Refinería La Pampilla”, un referente de los trabajos de recubrimientos industrial en una planta de hidrocarburo, detalla las consideraciones de seguridad, calidad y todas las coordinaciones que se tienen que realizar para los trabajos de pintura en una

refinería. Indica también las normas internacionales más usadas para la industria de hidrocarburo, así como también, hace referencia a la necesidad de los controles más estrictos debido a las áreas de trabajo que son consideradas de alto riesgo. Resalta también las verificaciones de los equipos de trabajo se encuentren en óptimas condiciones como por ejemplo las compresoras de tipo diésel. Éstas son necesarias para la preparación de superficie de áreas mayores a 20 m^2, además hace referencia a las coordinaciones previas para el traslado al punto de ejecución de los trabajos de preparación de superficie y pintado, lo cual me ayuda a referencias los pasos a seguir para la elaboración del plan.

Por último, es necesario resaltar que los costos mencionados en esta tesis, son necesarios para elaborar un presupuesto los cuales en el caso de mi proyecto son más trabajos y más trabajos menores que uno más general o de mayor envergadura como el realizado por Quiñones.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente trabajo de tesis, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la investigación de la Universidad Nacional del Callao, según Resolución de Consejo Universitario Nº 260- 2019-CU.

CONCLUSIONES.

Se elaboró el plan de mantenimiento para estructuras de acero para la prevención de la corrosión en la planta de PERU LNG, considerando los lineamientos respectivos de las normas internacionales como referencia, y aplicando la estadística matemática para normalizar los datos proporcionados de los costos asociados a los trabajos de planta del año 2020.

Los impactos generados de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo en planta, aumentan las paralizaciones producto de los reemplazos de piezas mecánicas además de los costos asociados a las pérdidas generadas producto de estas paralizaciones a la producción de la planta diaria. De la tabla en los anexos se puede verificar las cantidades paralizaciones en tiempos realizadas de los trabajos preventivos y correctivos de planta.

Siguiendo el plan de mantenimiento de acero y sus lineamientos a través de las normas internacionales que se mencionan en esta tesis, para ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo en planta, para la preparación de superficie y aplicación de pintura o recubrimiento industrial, permitirá prevenir la corrosión de elementos con pérdida del espesor del recubrimiento mayor al 20% de su total, siendo el impacto más corregido en el transcurso de todo el año 2020.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda seguir contando en la planta con un grupo de especialistas para poder seleccionar los sistemas de pintura más adecuadas para cada área determinada en vista que se tiene muchas variables que considerar para su selección.

Se recomienda que todas las áreas que pertenecen a diferentes etapas del proceso de refinamiento de los equipos en planta, coordinen directamente y sean partícipes de los trabajos de mantenimiento y no solo una responsable de esto para así evitar también gestiones engorrosas que no llevan a nada y puedan agilizar o prevenir un daño mayor de algún equipo y/o estructura.

Se recomienda seguir utilizando proveedores de pintura que cuenten con la tecnología más moderna y desarrollen productos cada vez mejores para prolongar la protección al acero de las estructuras metálicas para la prevención de la corrosión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abrasivos y Maquinaria S.A. (2017). *Aspectos Técnicos de equipos para la preparación de superficie.* Obtenido de Selección de boquila de acuerdo a presión de compresoras.: https://aymsa.com/equipos-de-chorrear/

Alamsac. (2016). *Teoría y fundamentos de la preparación de superficie.* Obtenido de Alcances técnicos de la preparación de superficie.: http://www.alamasac.com/PREPARACION%20DE%20SUPERFICIES%20FINAL.pdf

Atlas Copco. (2021). *Mangueras Turbo*. Obtenido de Manguera para trabajos de alta presión: https://www.atlascopco.com/es-pe/itba/products/air-line-infrastructure/hoses/hoses/turbo-hose

Bazán, E. (2018). *concytec.gob.pe.* Obtenido de ALICIA - Acceso libre de información científica para la innovación: https://hdl.handle.net/11537/12758

Calvo, J. (2014). *Pintura y Barnices Técnología Básica.* Barcelona: Diaz de Santos. Obtenido de https://books.google.com.ar/books?id=jmkWBQAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false

Columbec. (2021). *Tablas referenciales de aire.* Obtenido de Snadblasting.: http://www.columbec.com/tablas-referencias-de-aire-para-sandblasting

Conecta Industria. (2019). *La Corrosión en la Industria.* Obtenido de Estudios de la corrosión.: https://www.conectaindustria.es/industria/000397/la-corrosion-en-la-industria

Corujo. (2021). *Aire comprimido.* Obtenido de Teoría y tablas de presiones usadas.: http://www.corujoxx.com/miweb3/aire.HTM

CYM Materiales S.A. (2014). *Productos más utilizados en los trabajos de recubrimiento.* Obtenido de Especialistas en el rubro industrial de recubrimiento.: https://cym.com.ar/informes/abrasivos-granalla-de-acero-sablacier/

Dirección general de desarrollo minero México. (2014). *Alcances técnicos acerca del abrasivo sílice.* Obtenido de Propiedades físico y químicas de la sílice.: https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_silice_2014.pdf

Everflex. (2020). *Manguera de Presión.* Obtenido de https://www.manguera-goma-pvc.es/algunas-claves-para-elegir-la-manguera-de-chorro-adecuada/

Fernández, J. (2015). *servlet/tesis?código.* Obtenido de https://dialnet.uniroja.es/servlet/tesis?código=1009&orden=1&info=link

Ferrocortes. (2021). *Propiedades físcas y químicas del acero A36*. Obtenido de Propiedades mecánicas: https://www.ferrocortes.com.co/lamina-a-36/

García, S. (2003). *Organización y Gestión de Mantenimiento.* Madrid: Diaz de Santos S.A.

Garidia, C., & Subía, M. (2015). *bibdigital_epn.edu.ec.* Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10578/1/CD-6256.pdf

Graco. (2021). *Como elegir la correcto boquilla de arenado.* Obtenido de Chorreado Abrasivo: https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/how-to/choosing-the-right-nozzle.html

Graco. (2021). *Como elegir un adecuado abrasivo.* Obtenido de Características físicas y químicas de los abrasivos.: https://www.graco.com/es/es/products/surface-preparation/how-to/how-to-choose-the-right-abrasive-for-the-job.html

Groover, M. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna.* Ciudad de México: McGraw Hill.

Gustin, E. (1980). *Estructuras Metálicas.* Barcelona: Editores Técnicos Asociados.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación.* Ciudad de México: McGraw Hill.

Hijes, F. (2004). *Scrib*. Obtenido de Dialnet: https://es.scribd.com/document/391074672/Manual-Basico-de-Corrosion

Instituto Técnológico de Costa Rica. (2007). *Ventajas y Desventajas del uso del acero en la construcción.* Obtenido de Usos del acero en la industria.: http://estructurasacero.blogspot.com/2007/06/ventajas-y-desventajas-del-uso-de-acero.html

Julca, L. (2018). *Tesis - Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento productivo total, para reducir costos operativos.* Obtenido de ALICIA - Acceso libre a información científica para la innovación.: http://hdl.handle.net/11537/14616

Kaeser Compresores. (2021). *Caída de presiones.* Obtenido de Lonigtus de tubería.: https://ec.kaeser.com/recursos-de-aire-comprimido/toolbox-calculadora/caida-de-presion/

Monchy, F. (1990). *Teoría y Práctica del Matenimiento Industrial.* España: Masson S.A.

Moreno, G. (2015). *Tesis por el Título de Ingeniero Mecánico*. Obtenido de Características y propiedades del acero A36: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6157/MORENO_GUILLERMO_SOLDABILIDAD_ACERO_ALUMINIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Navarrete, E. (2007). *Tesis - Determinación de la corrosividad atmosférica de las ciudades de Santo Domingo y Esmeraldas.* Obtenido de bibdigital.epn.edu.ec: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2771/1/CD-0553.pdf

Nolasco, W. (2015). *Tesis de grado - Diseño de un plan de recubrimiento con pintura industrial y matenimiento para disminuir la corrosión en tanques de combustibles diesel para centrales termoeléctricas.* Obtenido de Repositorio Unac: http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/254

Osinergmin. (2017). *La Industria de Hidrocarburos en el Perú.* Obtenido de Más de 20 años de aporte al desarrollo del Perú.: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf

Pérez, A. (2021). *Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento.* Bucaramanga: USTA.

Peru LNG. (2021). *Historia acerca de la empresa.* Obtenido de Acerca de la empresa Peru LNG: https://perulng.com/nuestra-empresa/historia/

Pintura Unidas. (2021). *Libro de productos más utilizados.* Obtenido de Teoría y recomendaciones para aplicaciones industriales y marinas.: https://pinturasunidas.com/libro-de-productos-unidas-2021.pdf

Pons, H. (1984). *Tesis de grado - Recubrimientos anticorrosivos con zinc y su aplicación.* Obtenido de Universidad politécnica - México repositorio: https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/16587

PPG. (2021). *Pinturas industriales para uso diferentes usos.* Obtenido de Recubrimientos industriales para estructuras metálicas.: https://www.ppg.com/

Quiñones, G. (2013). *Tesis de grado - Preparación y recubrimiento de tanques de almacenamiento de superficies metálicas expuestas a la corrosión,.* Obtenido de cybertesis.uni.edu.pe: http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5046

Rivera, E. (2011). *Tesis de grado - Sistema de gestión de mantenimiento industrial.* Obtenido de core.ac.uk: https://core.ac.uk/download/pdf/323345519.pdf

Rodriguez, B., & Perez, M. (2015). *Recubrimiento orgánico - Presentación diapositivas.* Obtenido de Universidad Fermín Toro : https://es.slideshare.net/bryandavid24/recubrimiento-organico

Sánchez, I. (2015). *Tesis de grado - Preparación de superficie de acero para mantenimiento en la aplicación de recubrimiento.* Obtenido de cybertesis.uni.edu.pe: http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3614

Schmid, S., & Kalpakjan, S. (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología.* Monterrey, México: Pearson.

Sierra, G. (2018). *Tesis de titulación - Diseño del mejoramiento del sistema de protección catódica tipo impresa para proteger contra la corrosión externa a la tubería de impulsión de acero.* Obtenido de repositorio.ug.edu.ec: https:/repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29608/1/SIERRA_EDUARDO_TRABAJO_TITULACI%C3%93N_GENERALES_INGENIERIA_ENERO.pdf

Sika. (2015). *Teoría de Preparación de Superficie.* Obtenido de Resumen de especificaciones técnicas.: https://sikaguia.com/wp-content/uploads/2020/02/Brochure_Preparaci__n_de_Superficies_2015.pdf

Vargas, A. (2017). *Tesis de grado - Propuesta para el mejoramiento del proceso de limpieza y aplicación de recubrimiento para la estructura metálica producida por la empresa Jarco S.A.* Obtenido de repositorio.uptc.edu.co: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1956/1/tgt-588.pdf

Varios Autores Blog. (2016). *Historia del Acero*. Obtenido de Teoría y fundamentos prácticos del proceso de fabricación.: http://procesodefabricacion24.blogspot.com/2016/02/historia-del-acero.html

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia.

"PLAN DE MANTENIMIENTO EN ESTRUCTURAS DE ACERO AL CARBONO EN LA PLANTA DE PERU LNG PARA LA PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN".

<table>
<tr><td>Problema General</td><td>Objetivo General</td><td>Hipótesis General</td><td>Variables.</td><td>Dimensión</td><td>Indicadores</td><td>Instrumentos y técnicas de recolección.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">¿Cuál es el plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión en las estructuras de acero en la planta de PERU LNG?</td><td rowspan="2">Elaborar el plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión de las estructuras de acero en la planta de PERU LNG.</td><td rowspan="2">El plan de mantenimiento para la prevención de la corrosión de las estructuras de acero en la planta de PERU LNG, permitirá reducir los gastos por reemplazos de piezas mecánicas.</td><td rowspan="2">Plan de mantenimiento en estructuras de acero al carbono.</td><td>Mantenimiento Preventivo.</td><td>Personal calificado (prevención de la corrosión).</td><td rowspan="2">Recolección de registros, datos de campo (method of statement).</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento Correctivo.</td><td>Costo del trabajo correctivo de la contratista.</td></tr>
<tr><td>Problemas Específicos.</td><td>Objetivos Específicos.</td><td>Hipótesis Específicas.</td><td>Variables</td><td>Dimensión</td><td>Indicadores</td><td>Instrumentos y técnicas de recolección.</td></tr>
<tr><td>¿Cuáles son los impactos de los trabajos de mantenimiento realizados, en las estructuras de acero, en la planta de PERÚ LNG?</td><td>Determinar los impactos de trabajos de mantenimiento, en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG.</td><td>Los trabajos de mantenimiento en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG, impactan sobre los costos y pérdidas de producción diarias del hidrocarburo en la planta de PERU LNG.</td><td rowspan="2">Prevención de la corrosión.</td><td rowspan="2">Pérdida de porcentaje del espesor del recubrimiento.</td><td>Pérdida de hasta el 20% del recubrimiento</td><td rowspan="2">Recolección de registros, datos de campo (method of statement).</td></tr>
<tr><td>¿Cómo prevenir la corrosión en las estructuras de acero, en la planta de PERÚ LNG?</td><td>Determinar los tratamientos para prevenir la corrosión en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG.</td><td>La prevención de la corrosión, en las estructuras de acero, en la planta de PERU LNG, permitirá reducir las fallas de aplicación o desprendimiento del recubrimiento, con pérdidas de porcentaje de espesor mayor del 20%.</td><td>Pérdida de más del 20% del recubrimiento</td></tr>
</table>

EQUIPO DE PINTAR GRACO	0	HM	100%	40.00	-
TALADRO(AGITADOR)	4	HM	100%	17.00	68.00
MONTACARGA 10TN	0	HM	25%	25.00	-
MANGUERA DE AIRE	0	UNID	100%	20.00	-
BOQUILLAS PARA PINTAR GRACO 215	0	UNID	5%	17.01	-
FILTRO DE PISTOLA	0	UNID	100%	29.69	-
KIT DE REPUESTO DE PISTOLA GRACO	0	UNID	3%	13.43	-
PORTABOQUILLA	0	UNID	1%	21.88	-
MANGUERA DE PINTAR 1 1/4" (15 MTS)	0	UNID	1%	12.21	-
PISTOLA DE PINTAR	1	UNID	1%	173.64	1.74
COSTO TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					70

MANO DE OBRA INDIRECTA					
DESCRIPCION DEL RECURSO	CANTIDAD	UM	FREC.	C.U (S/)	COSTO TOTAL
SUPERVISOR PRODUCIÓN	6	HH	100%	25.30	151.80
SUPERVISOR QA/QC	2	HH	100%	24.65	49.30
OPERADOR MONTACARGUISTA	0	HH	100%	12.20	-
COSTO TOTAL MANO OBRA INDIRECTA	8	HH			201

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO (S/.)	1,372

RATIO TRABAJOS (S/M2)	68.60

PRESUPUESTO DE PINTADO

AREA PINTADA	186.56	M2	DIAS TRABAJADOS	15

MANO DE OBRA DIRECTA

DESCRIPCION DEL RECURSO	CANTIDAD	UM	NRO PERS.	C.U (S/HH)	COSTO TOTAL
OPERARIO PINTOR	60	HH	2	13.50	1,620.00
OFICIAL PINTOR	90	HH	2	11.45	2,061.00
COSTO TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA	150	HH			3,681

MATERIALES

DESCRIPCION DEL RECURSO	CANTIDAD	UM	%UTILIZ.	C.U (S/)	COSTO TOTAL
PRINCIPALES					
PINTURA(MACROPOXY 646 RAL 5017)	28	GL	100%	94.64	2,649.92
DILUYENTE(P33)	7	GL	100%	43.26	302.85
CONSUMIBLES					
THINNER	50	GL	100%	11.42	571.00
TRAPO INDUSTRIAL	1	KG	100%	4.40	4.40
BROCHAS	10	UNID	25%	6.00	15.00
LIJA	20	UNID	100%	1.56	31.20
EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL					
CASCO DE SEGURIDAD	10	UNID	1%	22.51	2.25
TAPONES DE SEGURIDAD	10	UNID	14%	1.10	1.57
LENTES DE SEGURIDAD	10	UNID	100%	2.58	25.80
RESPIRADOR MEDIA CARA 3M 6200	10	UNID	3%	36.63	12.21
FILTRO CONTRA PARTICULAS 2097	10	UNID	14%	24.06	34.37
FILTRO CONTRA VAPORES 6001	10	UNID	33%	24.06	80.20
GUANTES DE BADANA	8	PA	14%	12.31	14.07
GUANTES DE JEBE PROTEX	70	PA	50%	12.31	430.85
TRAJE PARA PINTOR TIVET	150	UNID	100%	11.00	1,650.00
COSTO TOTAL MATERIALES					5,826

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION DEL RECURSO	CANTIDAD	UM	FREC.	C.U (S/HM)	COSTO TOTAL
COMPRESORA	37.5	HM	100%	120.00	4,500.00
EQUIPO DE PINTAR GRACO	37.5	HM	100%	40.00	1,500.00
TALADRO(AGITADOR)	15	HM	100%	17.00	255.00
MONTACARGA 10TN	15	HM	25%	25.00	93.75
MANGUERA DE AIRE	1	UNID	100%	20.00	20.00
BOQUILLAS PARA PINTAR GRACO 215	3	UNID	5%	17.01	2.55
FILTRO DE PISTOLA	3	UNID	100%	29.69	89.07
KIT DE REPUESTO DE PISTOLA GRACO	3	UNID	3%	13.43	1.34
PORTABOQUILLA	3	UNID	1%	21.88	0.66

MANO DE OBRA INDIRECTA

183.00	OPERADOR MONTACARGUISTA	15	HH	100%	12.20	
4,098	COSTO TOTAL MANO OBRA INDIRECTA	180	HH			
20,673	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO (S/.)					
110.81	RATIO TRABAJOS (S/M2)					

CONFIPETROL

RUC 20357259976

CONFIPETROL

DAILY REPORT SURFACE PREPARATION AND APPLICATION OF COATINGS / **REPORTE DIARIO DE PREPARACION DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS**

SERVICIO : PERÚ LNG

UBICACIÓN /UNIDAD : JETTY

W.O. : **FECHA** : 10 / 02 /2020

ELEMENTO /DESCRIPCION : 04 TUBERIAS DE 16 PULGADAS DE DIAMETROS, 12 METROS DE LARGO.

SPECIFICATION -COATING SYSTEM/ **SPECIFICACIÓN SISTEMA DE PINTURA:**

ENVIRONMENTAL CONDITIONS / CONDICION DE AMBIENTALES

Condition / Condición	**Start of Blasting /** Inicio del chorreado	**Start of Painting /** Inicio del Pintado	**Mid-Point Of Painting /** A mitad del Pintado	**End of Painting /** Fin del Pintado
Time / Hora	08:15	09:40	10:20	11:15
Ambient Temperature (°C) / Temperatura ambiente (°C)	20	23	23	25
Relative Humidity (%) / Humedad Relativa (%)	74.5	76.2	76.2	77.3
Dew Temperature (°C) / Temperatura de rocío	15.3	18.6	18.6	20.7
Substrate Temperature / Temperatura del sustrato	23	25	27	26
Weather Conditions / Las condiciones climáticas	APTO	APTO	APTO	APTO

SURFACE CONDITION / CONDICION DE SUPERFICIE

Type superface/Tipo S CARBON STEEL/ACERO CARBO X STAINIESS STEEL/ ACERO INOXI CONCRETO OTHER

Condition of Surface Prior to Blasting / Estado de la superficie antes de chorreado MANT X NUEV GRD DE CONTAM

SURFACE PREPARATION / PREPARACION DE SUPERFICIE

Specified SSPC Grade SP1 SP2 SP3 SP5 X SP11 OTHER

Type abrasive/Tipo abr Shot /Granalla angular-esferica: Copper slag/Escoria Cobre Garnet: X Other:

Sandblasting System D TAMAÑO DE BOQUILLA: 6 PRESION: 100 PSI LIMPIEZA DEL AIRE OK

PROFILE MEASUREMENT / MEDIDA DEL PERFIL

Method of Measuring Anchor Profile / Método de medición del perfil de anclaje : CINTA

ESPECIFICAI (Mils) 2.5 - 3.5 SURFACE PROF (Mils) 3.3 REPLICA TEST TAPE :

APPLICATION INFORMATION / INFORMACION DE APLICACIÓN:

FABRICANTE: JET / QROMA **AREA APROX: 61.28 m2**

APPLICATION METHOD /METODO DE APLICACIÓN - Spraying / Pulverización: X Brocha : ROLLER :

DFT Gage Type and Model / Tipo y modelo del medidor DFT : F1 Date Calibrated/ Fecha Calibrada : JUL 2019

Coatings / Revestimientos (capas)	**Coating Applied /Recubrimiento aplicado**	**Batch No / Lote N °**	**Coating Colour / Color de recubrimiento**	**Quantity Painting / Cantidad Pintura (GLN)**	**Thinner No./Type Used/ % dilusion Thinner No./Tiipo Usado/ %**	**DFT Specified / EPS especificado (mils)**	**DFT Obtained / EPS obtenido**
Primer / Primera	Jet Zinc I-860	02006-210	Gris	10	15%	3	3.25
2da capa :Intermediate / Intermedia							
3ra capa: Finish / Final							

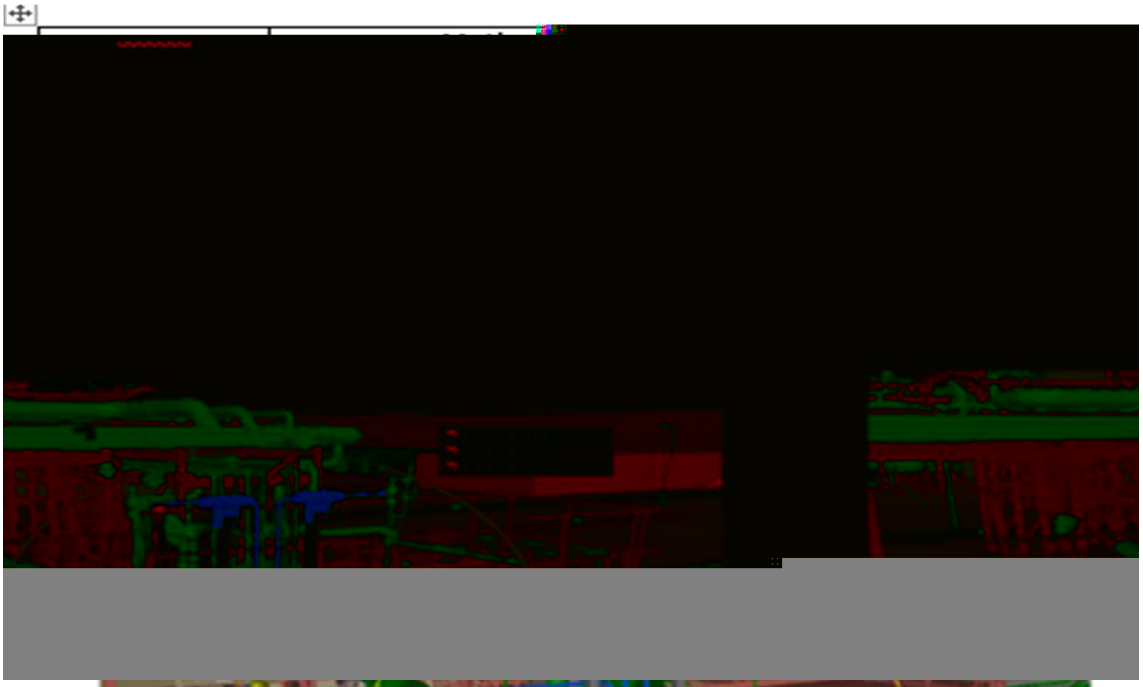
DRY FILM THICKNESS / ESPESOR DEPELICULA SECA

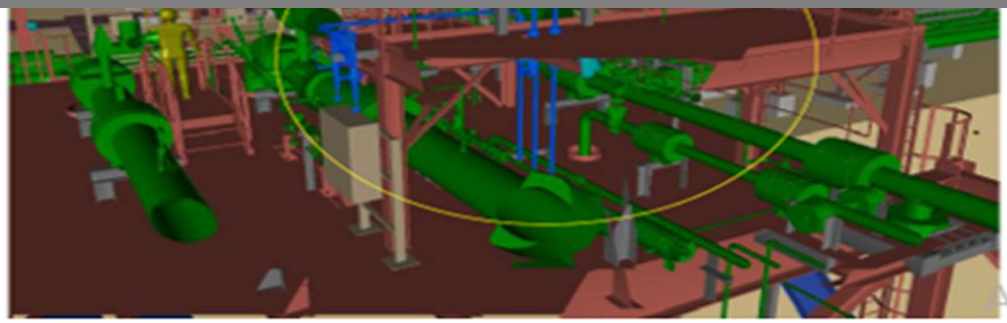
UBICACIÓN	AREAS	1	2	3	TOTAL (mils)	PROMEDIO (mils)
	A	2.9	3.5	3.0	9.4	3.13
	B	3.9	3.1	3.3	10.3	3.43
	C	3.2	2.5	3.1	8.8	2.93
	D	3.5	3.0	4.0	10.5	3.50

Comments:

Contractor's Signature: ..... Supervisor -Confipetrol ..... Coordinador- Confipetrol

Inspector's Signature: ..... Supervisor HUNT ..... Inspeccion HUNT





ANEXO 3: Resumen de tabla de costos de los trabajos de mantenimiento.

ANEXO 4: Hojas técnicas de pinturas utilizada trabajos de mantenimiento.

JET ZINC PRIMER 910

Epoxi poliamida con polvo de zinc metálico

- Adecuado para realizar trabajos de taller (corte y soldadura).
- Resistencia a la abrasión e impacto, a la intemperie, asegurando una gran performance en ambientes agresivos, como base de un sistema.
- Como primera capa en sistemas epoxi en la protección de tanques, embarcaciones, etc.
- Como Shop Primer (imprimante de taller) en superficies donde se tenga que hacer trabajos de soldadura o cortes para su repintado posterior.

DATOS FÍSICOS

Acabado	Mate	**Sólidos en volumen**	45% ± 3%
Color	Gris	**% Zinc en película seca**	78%
Componentes	Tres	**Espesor película seca**	2-3 mils (50 - 75 micrones)
Relación de mezcla (en volumen)	0.58 de resina (parte A) 0.23 de catalizador (parte B) 0.19 de polvo de zinc metálico (parte C)	**Número de capas**	Uno
Curado	Evaporación de solvente y reacción química	**Rendimiento teórico**	33.5 m2/gal a 2 mils seco
		Disolvente	JET ECOPOXY 90
		Tiempo de vida útil	8 horas a 25°C
		Resistencia a la temperatura Intermitente	250°C

El rendimiento real depende de las condiciones de aplicación y del estado de la superficie. Para mayores detalles de resistencia física y química consultar con el Departamento Técnico de QROMA.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- **Acero nuevo**
  Chorro abrasivo comercial según norma SSPC-SP6.
- **Acero antiguo**
  Chorro abrasivo cercano al blanco según norma SSPC-SP10.

La duración de la pintura depende del grado de preparación de la superficie.

MÉTODO DE APLICACIÓN

- **Equipo airless**
  Similar a Graco Bulldog 33:1, boquilla 0.021" a 0.023" con filtro malla 30.
- **Equipo convencional a presión**
  Similar a Devilbiss MBC-Zinc, boquilla 64D con regulador de presión, filtros de aceite y humedad. Además requiere agitación constante.

JET 85MP

CIÓN, VENTAJAS Y USOS

imiento epóxico modificado de dos componentes, curado con aminas.
primante de alto espesor, compatible con una amplia gama de acabados.
tiene pigmentos a base de plomo.
one en la versión formulada con óxido de hierro micáceo (MIO), que le confiere mayor
eabilidad (**).
OC y alto contenido de sólidos, lo cual reduce la posibilidad de poros o solvente atrapado
apas.
tible para amplia gama de acabados.
salpicadura de soluciones ácidas, alcalinas y de solventes, vapores ácidos y agua.
en protección de cascos, superestructura, tanques de lastre y bodegas de
aciones de todo tipo.

DESCRIP

- Recubr
- Autoim
- No con
- Se disp
  imperm
- Bajo VO
  entre c
- Compa
- Resiste
- Usado
  embarc

- Para protección de acero estructural y tuberías en todo tipo de ambiente industrial y marino.
- Como primer, capa intermedia o acabado en protección de interior de tanques que contengan soluciones alcalinas, petróleo, combustibles, agua de desecho y ciertos productos químicos.

DATOS FÍSICOS

Acabado	Semi Mate
Color	Según cartilla*
(*) Amarillos, naranja y rojos pueden requerir fondo.	
(**) El Jet 85MP MIO sólo se fabrica en color gris.	
Componentes	Dos
Relación de mezcla (en volumen)	1 de resina (parte A) 1 de catalizador (parte B)
Curado	Evaporación de solventes y reacción química
Sólidos en volumen	85% ± 3%
VOC	118 g/lt.
Espesor película seca	4 – 8 mils (100 – 200 micrones)
Número de capas	Uno o Dos

Resistencia a la temperatura en seco	
Continúo	93°C
Intermitente	121°C
Adhesión por tracción	
ASTM D4541	1000 psi
Resistencia al Impacto	
ASTM D2794	30 - 40 lb x pulg., directo
Flexibilidad Mandril Cónico	
ASTM D522	8% - 10% elongación
Dureza al Lápiz	
ASTM D3363	5H
Dureza Péndulo Persoz	
ASTM D4366B	90 ciclos
Abrasión Taber a 1000 ciclos, rueda CS-17, 1	

JETHANE 650HS

Poliuretano de alto brillo y resistencia química

DESCRIPCIÓN, VENTAJAS Y USOS

- Poliuretano Acrílico Alifático de alta resistencia a la radiación ultravioleta.
- Acabado de secado rápido, excelente brillo y buena retención de color.
- Película dura y flexible a la vez.
- Buena resistencia a la abrasión.
- Alta resistencia a la intemperie y a diferentes tipos de ambientes corrosivos.
- Resiste salpicadura de soluciones ácidas y alcalinas, vapores ácidos, salpicadura de solventes

el, etc.

cubierta de embarcaciones, etc.

- Para uso en puentes, refinerías, plantas de energía eléctrica, plantas de pulpa y pap

DATOS FÍSICOS

Acabado	Brillante	**Resistencia a la temperatura en seco**	
Color	Según cartilla(*)	Continúo	93°C
Componentes	Dos	Intermitente	120°C
Relación de la mezcla	4 de resina (parte A)	**Brillo**	Mínimo 90 GU a 60°

ANEXO 5: Plan de inspección antes de iniciar los trabajos.

PLAN DE INSPECCION				
Reunión previa	**Check**		**Frecuencia**	**Responsable**
	Sí	**No**		
Definir su autoridad y responsabilidad			Previo al inicio de los trabajos	QC/QA/SW
Revisión de la especificacion			Previo al inicio de los trabajos	QC/QA/SW
Elaboracion del procedimiento de pintado			Previo al inicio de los trabajos	QC/QA/SW
Revisión del procedimiento de pintado			Previo al inicio de los trabajos	QC/QA/SW
Revision del cuadro resúmen de pintado			Previo al inicio de los trabajos	QC/QA/SW
Definicion criterios de aceptación y rechazo			Previo al inicio de los trabajos	QC/QA/SW
Inspeccion Inicial	**Check**		**Admisibilidad**	**Norma de Referencia**
	Sí	**No**		
Compresor (presión)			Presión recomendada 90 - 100 psi	-
Boquilla de arenado			No exceder de 1/16" de desgaste	-
Calidad de aire			0% (libre de aceite y humedad)	ASTM D4285
Evaluacion del abrasivo libre de finos y aceite			0%	SSPC AB2 / AB3
Equipo convencional			Casquillos y envase de presión	Hoja Técnica
Equipo airless, boquillas			Equipo y boquillas operativas	Hoja Técnica
Brochas y rodillos			Resistentes a epoxicos	-
Instrumentos de Sherwin Williams Perú			Calibrados	-
Zona de trabajo			Ordenada y limpia	Recomendación SW
Verificacion de la pintura en almacen			Pintura y diluyentes correctos	Hoja Técnica
Pre - preparacion de superficie	**Check**		**Admisibilidad**	**Norma de Referencia**
	Sí	**No**		
Evaluación del grado de corrosión			A, B y C	SSPC Vis 1
Eliminaron contaminantes visibles			0%	ASTM D3276
Eliminaron contaminantes no visibles			<3 ppm (Inmersión) y <5 ppm (expuestas)	SSPC Guide 15
Preparacion de superficie	**Check**		**Admisibilidad**	**Norma de Referencia**
	Sí	**No**		
El abrasivo tiene la concentracion de sales admisible			Exteriores <100 ppm y inmersión <40 ppm	PETROBRAS N-1946
Granalla				
Las condiciones ambiéntales son favorables			% Humedad Relativa < 85.0 10 °C < T ° superficie < 260 ° C T ° superficie – T ° rocío ≥ 3.0 ° C	ASTM E 337, ASTM D3276 y Hoja Tecnica del producto
Preparar una zona patron de la preparacion de superficie			0% contaminantes	SSPC SP5
Limpieza de chorro abrasivo al grado especificado			0% contaminantes	SSPC SP5
Concentracion de sales solubles en la superficie admisible			<3 ppm (Inmersión) y <7 ppm (expuestas)	SSPC Guide 15 - SSPC SP12

Aplicación de pintura	**Check**		**Admisibilidad**	**Norma de Referencia**
	Sí	**No**		
Pintura almacenada correctamente			Temp. 4 - 38 °C	SSPC - PA1
Pintura y diluyentes en cantidad suficiente			Pintura y diluyentes correctos	Hoja Técnica
Equipo de aplicación en buen estado			Acabado uniforme	SSPC - PA1 y ASTM D3276
Envases para mezcla y aplicación son los adecuados			NA	SSPC - PA1 y ASTM D3276
Se cuenta con agitador Jiffy para la homogenización			NA	SSPC - PA1 y ASTM D3276
Las condiciones ambiéntales son favorables			% Humedad Relativa < 85.0 10 °C < T ° superficie < 260 ° C T ° superficie – T ° rocío ≥ 3.0 ° C	ASTM E 337, ASTM D3276 y Hoja Tecnica del producto
Verificacion de la pintura a utilizar			NA	SSPC - PA1 y ASTM D3276
Registrar los lotes de la pintura			NA	SSPC - PA1 y ASTM D3276
Aplicador conoce el sistema de pintado			Aprobar Homologación de pintores	ASTM D4228
Preparación de la pintura (relacion de mezcla y % dilución)			NA	Proced. Pintado
Se filtro la pintura a aplicar			NA	SSPC - PA1
Tipo de boquilla				

ANEXO 6: Resumen de los trabajos de mantenimiento.

PASO 1: Antes de la realización de los trabajos de mantenimiento.

Ítem.	Descripción.
1	Permiso de Trabajo (Permit To Work).
2	Plan para Trabajos en caliente (Hot Work Plan)
3	Plan de Ingreso a Espacios Confinados (Confined Space Entry Plan); si es requerido.
4	Registro de Ingreso a Espacio Confinado (Confined Space Entry Log); si es requerido.
5	Method Statement.
6	ATS – Asignación Segura de Trabajo (JSA)
7	Hojas MSDS.
8	Planos de ubicación, donde se va realizar los trabajos de mantenimiento.
9	Plan de Aislamiento Energía Cero (Zero Energy Isolation Plan), solo si aplica bloqueo en el equipo a intervenir.

PASO 2: Informe del estado de los trabajos emitido por un especialista en el rubro de prevención de la corrosión.(Method of Statement.

Method of Statement

Report number : 100035045 - Unidad 3400 Date : Oct-20

Discipline :

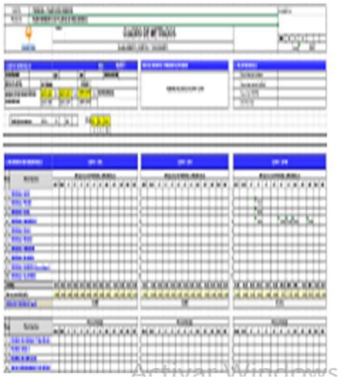
Sub-discipline : PAINTING

Title/Título:

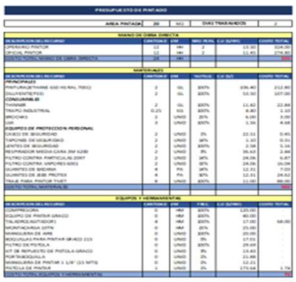
COBERTURADO, ARENADO Y PINTADO EN PUNTOS DE CORROSION EN LAS LÍNEAS 310-RV-34201-01, 310-RV-34235-01, 310-RV-34280-01

COVERED, SANDBLASTING AND PAINTING OF FLANGES, VALVES, AND CORROSION POINTS ON THE LINES 310-RV-34201-01, 310-RV-34235-01, 310-RV-34280-01.

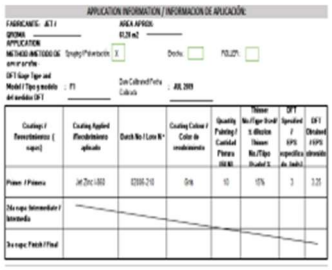
PASO 3: Calcular el área de trabajo indicado en el Method of Statement, para luego presentar disposición de personal y equipos para poder desarrollar esta actividad.



PASO 4: Una vez calculado el área para trabajar se realiza el presupuesto considerando todo los alcances necesarios para cumplir con los trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo.



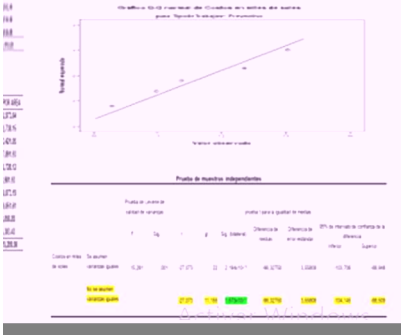
PASO 5: Cuando se tenga el presupuesto, el cliente acepta la propuesta y después se coordina con la supervisión de campo los trabajos que involucran o un área específica de planta. Para esto la supervisión genera reportes de calidad.


APLICATION INFORMATION / INFORMACION DE APLICACIÓN:

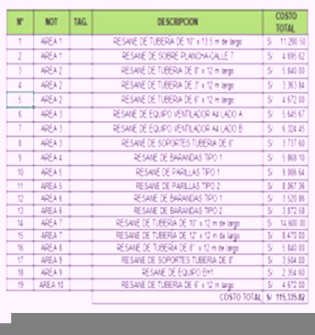
PASO 6: Los controles de campo que son emitidos en los reportes de calidad antes mencionados deben de resaltar algunas de las normas más usada para poder cumplir y evidenciar esto en esos registros. Dentro de ese cumplimiento de normas se sigue su control para la prevención de la corrosión. Entre las normas más utilizadas se tiene éstas que son las principales.

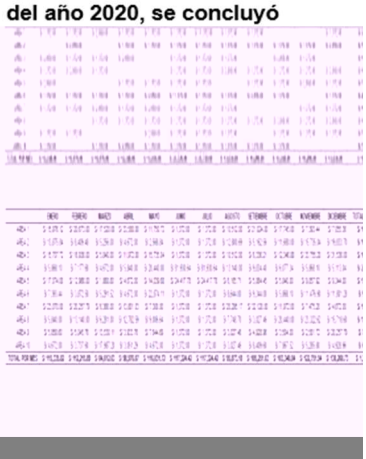
ISO 8501-1
SSPC-SP2
SSPC-SP 3
SSPC/SP5
SSPC-SP10
ASTM D610-01
ASTM E337
SSPC-SPA2
ASTM D4541-2

PASO 7: Elaborando los registros de calidad, por la supervisión y cumpliendo con los alcances técnicos [illegible] datos para lo cual se aceptan las hipótesis presentadas.



PASO 8: Dentro de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo, se tiene que considerar solo del año de [illegible] realizar los cálculos de los costos de mantenimiento preventivos y correctivos, para cada área.



N°	NOT	TAG.	DESCRIPCION	COSTO TOTAL
1	AREA 1		RESANE DE TUBERIA DE 10" x 11 1 m de largo	$ 11,290.50
2	AREA 1		RESANE DE SOBRE PLANCHA CALLE 7	$ 4,995.62
3	AREA 2		RESANE DE TUBERIA DE 8" x 12 m largo	$ 1,843.00
4	AREA 2		RESANE DE TUBERIA DE 8" x 12 m largo	$ 7,363.94
5	AREA 2		RESANE DE TUBERIA DE 6" x 12 m largo	$ 4,672.00
6	AREA 3		RESANE DE EQUIPO VENTILADOR AL LADO A	$ 1,845.47
7	AREA 3		RESANE DE EQUIPO VENTILADOR AL LADO B	$ 4,324.45
8	AREA 3		RESANE DE SOPORTES TUBERIA DE 8"	$ 7,777.60
9	AREA 4		RESANE DE BARANDAS TIPO 1	$ 1,868.10
10	AREA 5		RESANE DE PARILLAS TIPO 1	$ 1,308.64
11	AREA 5		RESANE DE PARILLAS TIPO 2	$ 1,867.36
12	AREA 6		RESANE DE BARANDAS TIPO 1	$ 1,520.88
13	AREA 6		RESANE DE BARANDAS TIPO 2	$ 3,372.68
14	AREA 7		RESANE DE TUBERIA DE 10" x 12 m de largo	$ 14,800.00
15	AREA 7		RESANE DE TUBERIA DE 12" x 12 m de largo	$ 8,470.00
16	AREA 8		RESANE DE TUBERIA DE 8" x 12 m de largo	$ 1,843.00
17	AREA 9		RESANE DE SOPORTES TUBERIA DE 8"	$ 3,664.00
18	AREA 9		RESANE DE EQUIPO EH1	$ 2,764.60
19	AREA 10		RESANE DE TUBERIA DE 6" x 12 m largo	$ 4,672.00
			COSTO TOTAL	$ 115,335.82

PASO 9: Con estos datos de costos asociados a los trabajos de mantenimiento del año 2020, se concluyó