

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



**“SISTEMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD DE ACTIVOS EN
RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES PARA LA PROTECCIÓN
CONTRA LA CORROSIÓN DEL EXTERIOR DE DUCTOS EN
UNA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE LÍQUIDOS DE GAS
NATURAL (LGN)”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA QUÍMICA

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

EMILIA MUCCHING VIDAL

LIMA – PERÚ

2014

A mi hija Valeria, dueña de una fortaleza extraordinaria,
A Danny, mi esposo, amigo, confidente y compañero de vida,
A Lidia, mi madre fuente de inspiración y ejemplo de lucha,
A mis hermanos Henry, Lidia y Naty que han estado conmigo
desde siempre y para siempre.

RESUMEN

El presente informe tiene como finalidad desarrollar dos aspectos muy importantes, el diseño y el programa de un Sistema de Gestión de Integridad de Activos (SGIA), aplicado a la industria de hidrocarburos y específicamente para los ductos que transportan líquidos de gas natural (LGN), tomando como caso de referencia una planta de fraccionamiento de LNG, ya que en nuestra realidad peruana se ha venido desarrollando este rubro debido a la explotación del gas de Camisea y no se ha ido considerando la importancia de cuidar y prolongar la vida del activo.

Las empresas del sector en nuestro país cada vez están más preocupados en seguir los estándares internacionales que permiten cuidar sus activos y su inversión, ya que el daño de estos no solo afecta su rentabilidad sino que al medio ambiente, siendo esta una problemática del sector de hidrocarburos, lo cual representa un aspecto muy importante a ser analizado para lograr obtener el máximo valor de rentabilidad y retorno mientras se protege al personal, la comunidad y el medio ambiente.

La aplicación del SGIA en recubrimientos industriales de ductos en una planta de fraccionamiento de LNG se da a partir de la necesidad de realizar mantenimientos prematuros del exterior de los ductos a tan poco tiempo de su fabricación y puesta en marcha, esto se inicia con determinar la agresividad del medio corrosivo, diseño, ingeniería, construcción, montaje, condiciones de operación, inspección y mantenimientos.

Lo que se quiere demostrar es la deficiente administración de la gestión de activos dentro del proceso de transporte de LNG, enfocándonos en los recubrimientos industriales para la protección contra la corrosión en el exterior de ductos y diseñar

un programa de SGIA que brinde mejoras basados en la propuesta de unificar los métodos de Protección Contra la Corrosión y los Sistemas de Gestión.

El alcance del informe cubre únicamente el desarrollo del diseño del SGIA que consta de cinco puntos: Recopilación de datos, Amenazas de la integridad, desarrollo del plan de acción, implementación y evaluación del programa que tiene como guía la norma internacional ASME B31.8S-2001 “Managing System Integrity of Gas Pipeline”. La aplicación del programa propuesto será solo hasta el tercer punto.

El SGIA en recubrimientos industriales para la protección contra la corrosión del exterior de ductos es una propuesta factible al ser realizable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, y necesaria para lograr un desarrollo sostenible.

El sector de hidrocarburos ha desarrollado problemáticas en las fallas prematuras del exterior de sus ductos, debiéndose a la corrosión exterior por mala aplicación del recubrimiento, control de calidad deficiente, recubrimientos inadecuados para el tipo de servicio, personal poco capacitado e inspecciones y mantenimientos no programados.

Mediante la implementación de un SGIA, las empresas de hidrocarburos obtendrán los siguientes beneficios: optimización del activo, reduciendo costos de mantenimiento, mejoramiento de la eficiencia operativa, reducción de riesgos y un aumento en la productividad de los trabajadores.

El presente informe servirá como una base para la Implementación del SGIA, que puede ser utilizado en cualquier activo de una empresa para ser desarrollado en futuros informes de suficiencia.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	08
1.1. Objetivo.....	09
1.2. Alcance.....	09
1.3. Definiciones.....	10
II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS.....	14
2.1. Panorama Mundial de la Corrosión en la industria de hidrocarburos....	14
2.2. Métodos del control de la corrosión.....	16
2.3. Criterios para la elección del sistema de recubrimientos industriales.....	18
2.3.1. Material.....	18
2.3.2. Ambiente atmosférico.....	18
2.3.3. Tipo de servicio.....	19
2.3.4. Tiempo de vida útil.....	19
2.3.5. Condiciones de operación para la aplicación del recubrimiento...20	
2.3.6.. Rentabilidad de la inversion.....	21
2.4. Criterios para la inspección de mantenimientos.....	21
2.4.1. Mantenimiento predictivo.....	22
2.4.2. Mantenimiento preventivo.....	22
2.4.3. Mantenimiento correctivo.....	23
2.5. Sistemas de gestión de activos.....	23
2.6. Modelo para la gestión de mantenimiento del activo.....	27
2.7. Administracion del sistema de gestión de integridad de activos (SGIA)...29	
2.7.1. Principios de la aministración de la integridad.....	29
2.7.2. Clasificación de amenazas de la integridad.....	31
2.7.3. Procesos de administración de la integridad.....	31
2.7.4. Programa de administración de integridad.....	35
2.8. Beneficios de implementar un SGIA.....	40

III. SISTEMA DE GESTION DE INTEGRIDAD DE ACTIVOS EN RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES PARA LA PROTECCION CONTRA LA CORROSION DEL EXTERIOR DE DUCTOS EN UNA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE LIQUIDOS DE GAS NATURAL	41
3.1. Alcances para el desarrollo del SGIA.....	41
3.2. Etapas para el desarrollo del SGIA.....	44
3.2.1. Etapa 1: Objetivos y recopilacion de Datos.....	44
3.2.2. Etapa 2: Amenzas a la integridad.....	47
3.2.3. Etapa 3: Desarrollo del Plan de Accion del SGIA.....	59
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
V. BIBLIOGRAFÍA.....	65
VI. ANEXOS.....	66

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Estructura de PAS 55-1, página 25**
- Figura 2: Visión global de la gestión de activos, página 26**
- Figura 3: Gestión de activos a través de los procesos, página 27**
- Figura 4: Modelo para la gestión de mantenimiento, página 28**
- Figura 5: Etapas de la administración de integridad en ductos, página 29**
- Figura 6: Proceso de administración de integridad, página 33**
- Figura 7: Elementos de programa de administración, página 37**
- Figura 8: Distribución de pérdidas y roturas por causas en ductos1, página 43**
- Figura 9: Etapas diseñadas para el SGIA, página 45**

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace aproximadamente 10 años nuestro país está viviendo la era del Gas Natural , donde hemos tenido un crecimiento energético envidiable a nivel de nuestra región y este a su vez ha traído consigo una serie de procedimientos y normas técnicas para el buen funcionamiento de sus equipos e infraestructura (activos), dentro de los cuales se encuentra las tuberías o también llamados ductos, que transportan líquidos y gases que son parte del proceso y cada vez son más importantes, esto se asemeja a las venas y arterias que tenemos en nuestro cuerpo y que transportan nuestra sangre y solo nos preocupamos de ella cuando estas se obstruyen hasta que el daño pueda ser mortal, pudiendo prever teniendo una vida sana a base de buena alimentación, ejercicios y chequeos médicos preventivos, de la misma forma los ductos son tratados en nuestra industria solo se les presta interés cuando estos fallan, teniendo cada vez mayor incidencia las falla prematuras que causan daños económicos y sobre todo impacto a la vida y medio ambiente.

En nuestro país esta problemática de fallas del recubrimiento en exterior de ductos cada vez cobra mayor interés, en el presente informe nos enfocaremos en el recubrimiento exterior de los ductos, basándonos en las estadísticas presentadas por el Congreso sobre integridad en instalaciones de gas y petróleo de Buenos Aires – Argentina, en el periodo del 1993 al 2010, muestran que el 73% de las fallas por corrosión de los ductos es por corrosión externa en los recubrimientos industriales. Esta información nos da una idea de la necesidad de corregir ese tipo de fallas. Muchas veces los ingenieros de diseño centran sus atenciones en aumentar el espesor del acero para protegerse de la corrosión, siendo esta una alternativa factible, que no garantiza la protección contra la corrosión y a su vez es mucho más cara, que diseñar un adecuado recubrimiento de protección contra la corrosión con sus respectivos mantenimientos.

1.1. Objetivo

Diseñar un programa de SGIA basándonos en nuestros conceptos teóricos de Protección Contra la Corrosión y Sistemas de Gestión, para diseñar y obtener el programa que consta de cinco etapas principales:

Etapas 1: Objetivos y Recopilación de datos

Etapas 2: Amenazas a la integridad

Etapas 3: Plan de Acción

Etapas 4: Implementación

Etapas 5: Evaluación.

Orientado a prolongar la vida útil del recubrimiento exterior de ductos, para mantener la integridad para el cual fue diseñado, en forma segura y confiable, sin afectar la seguridad de las personas y el medio ambiente, así como disminuir los costos de mantenimiento y mejorar la rentabilidad.

1.2. Alcance

Es aplicable en los recubrimientos industriales para la protección contra la corrosión del exterior de ductos construidos de acero al carbono en una Planta de Fraccionamiento de Líquidos de Gas Natural (LGN).

El presente informe nos detalla cómo se desarrolló e implementó un programa de Sistema de Gestión de Integridad de Activos, utilizando prácticas y procesos industriales de actividad comprobada (experiencia), considerando el desarrollo del programa de SGIA solo hasta la tercera etapa, la Implementación y Evaluación no son consideradas como parte de este informe. Adicionalmente es el deseo del autor

de este informe que el mismo sirva como base para futuros estudios o implementaciones completas del programa de SGIA.

1.3. Definiciones

- **Corrosión:** es la reacción química o electroquímica entre un metal y su medio ambiente que resulta en la pérdida del material y sus propiedades. La corrosión puede ser general o localizada.
- **Celda electroquímica de corrosión:** está compuesto por cuatro componentes, el ánodo (ocurre la oxidación), el cátodo (ocurre la reducción), el electrolito (medio) y el metal que conecta el cátodo con el ánodo.
- **Mecanismo de corrosión en metales:** durante la corrosión, los electrones fluyen del ánodo al cátodo a través de la vía metálica y los iones fluyen del cátodo al ánodo a través del electrolito para completar el circuito eléctrico. La pérdida de metal ocurre en el área del ánodo, donde la electricidad ingresa al electrolito, y la protección del metal ocurre en el área del cátodo. En la corrosión atmosférica hay suficiente humedad y sales u otros contaminantes que hacen el papel de electrolitos.
- **Mecanismos de control de la corrosión mediante recubrimientos** : los recubrimientos proporcionan interferencia en la reacción electroquímica de los metales: creando una barrera para separar el electrolito del metal. Suministrando inhibidores químicos para controlar la reacción anódica (corrosión). Proporcionando protección catódica mediante la conversión de áreas anódicas en áreas catódicas
- **Recubrimientos por ánodo de sacrificio:** los recubrimientos ricos en zinc poseen una alta carga de finas partículas de zinc que proporcionan protección galvánica a la superficie del acero. Estas partículas actúan como ánodos al corroerse preferencialmente para convertir las áreas anódicas del acero en áreas catódicas. Para lograr esto de manera efectiva, la carga de zinc debe ser

suficientemente alta como para que las partículas de zinc entren en contacto eléctrico unas con otras y con el acero.

- **Recubrimientos inhibidores de corrosión:** algunos pigmentos empleados en los imprimantes controlan la corrosión al formar químicos inhibidores de la corrosión o al actuar como tales. Estos químicos se originan de pigmentos ligeramente solubles en agua. Probablemente el pigmento inhibidor mejor comprendido es el llamado plomo rojo, el cual ha sido usado muy efectivamente en recubrimientos al óleo por muchos años. Una pequeña cantidad de plomo y de aceite reaccionan para formar una sustancia saponificada con plomo, que actúa como un inhibidor de la corrosión muy efectivo. No se requiere una reacción química de este tipo para que los pigmentos cromados proporcionen inhibición a la corrosión; el cromato por sí mismo proporciona dicha inhibición.
- **Recubrimientos por capa barrera:** la mayoría de los recubrimientos proporcionan a los metales protección contra la corrosión al formar una barrera entre el metal y el electrolito para separarlos eléctricamente uno del otro. La protección del concreto y de otros sustratos es asimismo proporcionada usualmente por una protección de barrera, al sellar la superficie para reducir la penetración de la humedad y las sales.
- **Sistema de Gestión de Integridad:** Sistema que contenga todas las actividades de inspección, prevención y detección necesarias para valorar y mitigar los riesgos a que está expuesto los ductos de acero al carbono que contienen LNG con el propósito de minimizar la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de incidentes de integridad, minimizar las pérdidas y mejorar la seguridad, ubicando y utilizando con efectividad los recursos para la realización de dichas actividades.
- **Incidente de integridad:** Situación que compromete la operación segura de la infraestructura. Comprende la presencia de cualquiera de los siguientes

eventos: fuga, ruptura y/o desviación, más allá de los límites o condiciones estándares establecidos, de las variables críticas que pueden afectar la integridad.

- **Perdida de integridad:** Incapacidad de la infraestructura para distribuir gas natural en forma segura, debido a la presencia de una fuga o una ruptura.
- **Ducto:** Todas las partes de las instalaciones físicas en el que el gas se transporta, también llamado tubería.
- **Falla:** Liberación abrupta de gas natural a la atmósfera.
- **Ruptura:** Liberación abrupta de gas natural a la atmósfera por el daño total de cualquier parte de la infraestructura.
- **Valoración de riesgo:** Proceso sistemático mediante el cual se identifican las amenazas potenciales a la integridad del sistema de distribución de gas natural, y se calcula su probabilidad de ocurrencia y consecuencias.
- **Valoración de integridad:** Proceso que incluye la inspección de la infraestructura de gas natural, la evaluación de las indicaciones resultantes de las inspecciones, el examen del componente utilizando diferentes técnicas, la evaluación de los resultados de los exámenes, la caracterización de la evaluación por tipo de defecto y severidad y la determinación de la integridad resultante de la infraestructura a través de análisis.
- **Mitigación:** Actividades que aplica de manera razonable para controlar o disminuir la probabilidad de ocurrencia y/o de las consecuencias esperadas para un evento particular.
- **Administración del cambio:** Proceso que reconoce y comunica sistemáticamente a las partes interesadas los cambios de naturaleza técnica, física, procedimental u organizacional que puedan impactar la integridad del sistema.

- **Administración de riesgos:** Un programa general que consiste en identificar amenazas potenciales a un área o equipo, evaluando el riesgo asociado con estas amenazas en términos de probabilidad y consecuencias de incidentes.
- **Daño mecánico:** una clase de daño en el metálico en un o en el recubrimiento causado por la aplicación de una fuerza externa. El daño mecánico puede incluir abolladuras, remoción del recubrimiento, remoción del metal, movimiento del metal, trabajo en frío del metal subyacente y tensiones residuales.
- **Daño por terceros:** Daños a la instalación de un gasoducto por cualquier parte diferente de los que están trabajando para el operador. Para propósitos de este documento también incluye daños causados por personal del operador o los contratistas.
- **Evaluación de integridad:** proceso que incluye la inspección de las instalaciones del ducto, la evaluación de los indicios resultantes de las inspecciones, el examen del tubo utilizado diferentes técnicas, la evaluación de los resultados de los exámenes y la caracterización de la evaluación por tipo de defecto y severidad, y la determinación de la integridad resultante del ducto a través del análisis.
- **Evaluación de riesgo:** un proceso sistemático en el que se identifican los peligros potenciales, y se calcula la probabilidad y consecuencia de eventos adversos potenciales. La evaluación riesgos puede tener diversos alcances y puede ser realizada a niveles variables de detalle dependiendo de los objetivos del operador.
- **Riesgo:** medida de pérdida potencial en términos de la probabilidad de ocurrencia del incidente y la magnitud de las consecuencias.

II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS

2.1. Panorama mundial de la corrosión en la industria de hidrocarburos

La industria de los hidrocarburos no ha sido ajena a las dificultades que representa enfrentarse a la corrosión; según un reciente informe de NACE International (Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión-EEUU), en la industria de Gas e hidrocarburos la corrosión es la causa de más del 25% de las fallas. Reparar o sustituir tuberías corroídas le cuesta a la industria más de US\$7.000 millones al año, según cálculos de NACE-EEUU. Esta cifra puede duplicarse si se cuenta la pérdida de ingresos y de productividad, así como los costos asociados a la limpieza de derrames o fugas.

La problemática de la corrosión en los ductos de transporte se presenta como un asunto de especial atención, no solo por las repercusiones, en cuanto a la calidad, que se derivan de no transportar este producto en las condiciones ideales, sino también por los costos que implica para las empresas dedicadas a este campo. Conocer los diferentes tipos de problemas que se pueden presentar durante el proceso es fundamental para identificar qué medidas se pueden implementar desde el punto de vista de los recubrimientos industriales, qué errores en los procedimientos se pueden evitar y cuáles son las posibles soluciones una vez ya se ha presentado algún nivel de corrosión.

En la industria, los ductos presentan problemas de corrosión por diferentes causas, que van desde su diseño, hasta su etapa de mantenimiento correctivo, lo cual deriva en riesgos para la integridad del personal que lo opera y del equipo de la planta donde se encuentra. La posibilidad de accidentes de operación como derrames por filtraciones, escapes e incendios, son algunas de las razones por las que se debe mantener un sistema íntegro en materia de recubrimientos.

Identificar causas de corrosión

- El primer punto a analizar es el de la identificación de las principales causas de corrosión, entre las que se destaca la falta de conceptualización del proyecto, en cuanto a uso; localización geográfica, vida útil, costo y retorno de la inversión.
- Otras causas pueden ser las falencias en el desarrollo integral de un proyecto nuevo durante su fase de construcción, así como la ausencia de expertos en la materia que puedan ser parte del equipo de diseño y construcción.
- Asimismo, la falencia en cuanto a la disponibilidad en la región de nuevas tecnologías que revolucionarían el control y prevención de este tipo de problemas, los presupuestos bajos que limitan la implementación de sistemas en prevención y la falta de programas de mantenimiento preventivo, pueden también ser causantes de errores.
- Otra causa común. es encontrar el uso incorrecto de los recubrimientos industriales, al no tener en cuenta las fichas técnicas e instrucciones del fabricante, el seleccionar una metodología de aplicación inapropiada, y el no llevar el proceso de aseguramiento de la calidad, son otras de las fallas que se cometen durante la aplicación.

Identificar posibles soluciones

- La formación de profesionales que se conviertan en piezas claves para el desarrollo de proyectos y la importancia de promover que los expertos en corrosión sean indispensables para integrar un equipo de trabajo en fases de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura en el sector de hidrocarburos.
- Es necesario importar o desarrollar nuevas tecnologías para tener alternativas más eficientes, así como crear entre los propietarios la conciencia de que al invertir en estas soluciones percibirán grandes beneficios, ya que conservan la

integridad de las instalaciones, reducen los costos por mantenimientos y minimizan el cese de operaciones de la infraestructura construida.

Es importante analizar el impacto financiero de los daños causados por corrosión y las acciones que las compañías están desarrollando para minimizar el daño ecológico, así como las pérdidas monetarias cuando se afecta la infraestructura en las zonas de almacenamiento y transporte. Una vez se ha conceptualizado el sistema de protección, podemos entrar a seleccionar el sistema anticorrosivo, teniendo en cuenta el no cometer errores como el desconocimiento de los agentes a los cuales va a estar expuesto el equipo, no tener definida la vida útil de éste o seleccionar un sistema sólo por el costo.

Para que la estructura cumpla con el tiempo de vida útil para la cual ha sido diseñada y no tengamos fallas prematuras por corrosión, se tiene que considerar un buen proceso de planeación, diseño y ejecución es posible minimizar su aparición, impacto y consecuencias

2.2. Métodos de Control de la Corrosión

Hay varios métodos de control de la corrosión, cada uno con sus ventajas y limitaciones. Aunque aquí exponemos cada método por separado, es mejor usarlos juntos, cuando sea conveniente, en el marco de un programa de control total de la corrosión.

- **Diseño y Elección del Material:** el contacto de materiales disímiles en un electrolito puede producir una rápida corrosión; ambientes incompatibles pueden acelerar el proceso de corrosión, las trampas de agua son accesorios de diseño que permiten que se acumule el agua de la lluvia o el rocío, las estructuras deben ser diseñadas para evitar la acumulación del líquido, las

ranuras deben ser evitadas en las estructuras porque son áreas a las que no llega mucho oxígeno, el acceso limitado a las zonas de trabajo hace difícil la aplicación de recubrimientos.

- **Protección catódica o ánodos de sacrificio:** es un sistema para el control de la corrosión de una superficie metálica que se efectúa al hacer pasar suficiente corriente directa sobre ella para convertir todas las áreas continuas en áreas catódicas, eliminando así la posibilidad de pérdida anódica del metal. Generalmente se utiliza recubrimientos en superficies catódicamente protegidas para reducir los requerimientos de corriente eléctrica. El sistema de protección catódica de ánodo de sacrificio (galvánico) no requiere un suministro de energía externo, sino que incorpora ánodos de aleaciones especiales que generan la corriente continua necesaria, al corroerse de manera preferencial en virtud de su natural diferencia de voltaje con respecto a la estructura protegida. Dado que los ánodos de sacrificio son consumidos al generar corriente, tienen un tiempo de vida limitado.
- **Inhibidores de la corrosión:** son químicos tales como los fosfatos que se agregan en pequeñas cantidades, ya sea de manera continua o intermitente, a los ácidos, líquidos refrigerantes, vapores, u otros ambientes para inhibir las reacciones corrosivas. Estos pueden reducir la corrosión cuando forman una película muy fina sobre una superficie metálica, cuando producen una capa pasiva en tal superficie o al retirar componentes agresivos del ambiente. Los inhibidores mejor conocidos son aquellos empleados en refrigerantes para motores.
- **Dominio del Ambiente:** la modificación del medio ambiente puede ayudar a controlar la corrosión e incrementa la efectividad de otros sistemas de control. La eliminación de la humedad ambiental (usando deshumecedores) y la purificación atmosférica son dos de los mejores ejemplos. Por ejemplo, las instalaciones de aire acondicionado que mantienen la humedad en niveles

bajos pueden ayudar a reducir el empañamiento y la corrosión en metales expuestos, tales como los que se encuentran en instalaciones de conmutación telefónica.

- **Recubrimientos:** el control de la corrosión mediante recubrimientos y revestimientos (recubrimientos en superficies) se efectúa más comúnmente mediante la formación de una barrera que separa el metal del electrolito. Hay tres tipos de protección, recubrimientos por ánodo de sacrificio o protección galvánica a la superficie de acero donde se usa el zinc, recubrimientos inhibidores de corrosión donde se usa algunos pigmentos para formar químicos inhibidores o actuar como tales, y recubrimientos por capa barrera donde se forma una barrera entre el metal y el electrolito para separarlos eléctricamente uno del otro, la mayoría de los recubrimientos proporcionan este tipo de protección.

2.3. Criterios para la elección del sistema de recubrimientos industriales

Los sistemas de recubrimiento protectores pueden proteger con efectividad de la corrosión a los sustratos de acero en todos los ambientes en los que la tasa de corrosión sea menor a $1250\mu\text{m}$ o 50 milipulgadas (mils) por año. En los ambientes donde ocurran tasas más altas, los materiales resistentes a la corrosión son una mejor alternativa. Ningún recubrimiento se desempeñará bien en todas las situaciones.

2.3.1. Material del recubrimiento

Para seleccionar el sistema de recubrimientos se debe tener en cuenta la composición del material que se va usar, este puede tener las siguientes características:

- Buena adherencia al sustrato y entre capas de recubrimientos
- Baja permeabilidad a los electrolitos

- Flexibilidad
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia al clima
- Resistencia al agua, combustibles, químicos, etc.
- Resistencia a la contaminación biológica

2.3.2. Ambiente atmosférico

La severidad del medio ambiente es siempre un factor principal en el proceso de selección de un recubrimiento. Según la norma ISO 12944 define cinco categorías de corrosión:

C1, corrosión atmosférica muy baja.

C2, corrosión atmosférica baja.

C3, corrosión atmosférica media.

C4, corrosión atmosférica media.

C5- I, corrosión atmosférica muy alta industrial.

C5- M, corrosión atmosférica muy alta marina.

Otros factores locales, tales como los niveles de cloruros transportados por el aire, grado de contaminación de las superficies y radiación solar deben asimismo tenerse en cuenta, ya que la exposición atmosférica puede generar daños al recubrimiento.

2.3.3. Tipo de servicio

Al seleccionar el sistema de recubrimiento, se debe tener presente el servicio específico al cual estará sometido, considerando sus características y propiedades como:

- Resistencia química (soluciones acidas, bases, combustibles, vapores)
- Resistencia mecánica (abrasión, flexibilidad, dilatación, contracción)
- Condiciones de Presión y temperatura

- Apariencia (color, brillo y textura)

2.3.4. Tiempo de vida útil

Los costos del ciclo de vida de los productos también han sido siempre una de las consideraciones más importantes en la selección de sistemas de recubrimientos. Hoy en día se debe incluir en estos costos los gastos de remoción, almacenaje y deshecho de recubrimientos gastados que pueden ser considerados desperdicios peligrosos. Esto significa casi siempre que el sistema con el tiempo de vida más largo es la mejor opción, que a su vez debe coincidir con la vida útil de la estructura a proteger.

2.3.5. Condiciones de operación para la aplicación del recubrimiento

Una vez definido el tipo de material a proteger, el ambiente atmosférico en el cual se va desenvolver, el tipo de servicio que va tener y el tiempo de vida útil que se quiere lograr de la estructura, tenemos que finalmente evaluar las condiciones de operación para la aplicaciones del recubrimiento, ya que esta etapa es muy importante para obtener el máximo performance del sistema de recubrimiento a elegir, para ello se tiene que tener en cuenta cuatro puntos muy importantes que van a definir el buen funcionamiento del sistema:

- Grado de preparación de superficie
- Las condiciones de aplicación
- El proceso de secado y curado
- Los controles de calidad y aseguramiento de calidad en todo el proceso

Para la aplicación de estos puntos tenemos dos casos el primero es de proyectos nuevos de construcción, donde se pueden tratar con más detalle ya que se cuenta con mayor disponibilidad de tiempo, el segundo caso es de mantenimientos donde se deben adecuar a las condiciones del proceso y al costo beneficio que se quiere obtener, para este último caso se debe considerar lo siguiente:

- En la preparación de superficie se debe tener control de las condiciones ambientales, del grado de limpieza a obtener, limitaciones ambientales de la zona, limitaciones de tiempo por paradas de planta, contaminación de equipos aledaños, operarios capacitados, facilidades de instalación en la zona de trabajo, andamiajes y requisitos de seguridad.
- En la aplicación del recubrimiento se debe tener control de las condiciones ambientales, método de aplicación, rendimiento, tiempos disponibles, andamiajes y seguridad.
- En el secado y curado se debe tener control de las condiciones ambientales, ventilación adecuada, tiempos disponibles, contaminación y seguridad.
- En el control y aseguramiento de la calidad se deberá inspeccionar y tener los registros de las mediciones de las condiciones ambientales, preparación de superficie, aplicación del recubrimiento y brindar la garantía de la durabilidad del sistema de recubrimiento aplicado.

2.3.6. Rentabilidad de la inversión

Finalmente para terminar una adecuada selección del sistema de recubrimientos industriales, se debe considerar la rentabilidad de la inversión, para ello se debe analizar los cinco primeros puntos mencionados anteriormente para concluir los cuestionamientos técnicos de la estructura que queremos proteger, una vez definida la parte técnica se procede a definir la propuesta económica, cabe resaltar que es importante tener presente los años de garantías que nos brindan los fabricantes, así como la experiencia que estos tienen. Unos de los factores más importantes que se toma en cuenta para la selección de los recubrimientos es la inversión, para lo cual se debe considerar la inversión en función de la protección.

2.4. Criterios para la inspección de mantenimientos

2.4.1. Mantenimiento predictivo

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica real del ducto, mientras esta se encuentre en operación, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del ducto. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado.

2.4.2. Mantenimiento preventivo

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

Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta. Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”. Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.

Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los

componentes de la planta. Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos. Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

2.4.3. Mantenimiento correctivo

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

Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

2.5. Sistema de gestión de activos

En el sistema de gestión se establecen cuatro etapas: Actuar, planificar, hacer y verificar, que hacen de este sistema, un proceso circular virtuoso, pues a medida que el ciclo se repita recurrente y recursivamente, se lograra en cada ciclo obtener mejora continua.

El sistema de gestión de activos es el conjunto de actividades y prácticas, sistemáticas y coordinadas, mediante el cual una organización gestiona en forma óptima sus

activos físicos y la calidad de servicio resultante. Contempla los riesgos y gastos asociados durante el ciclo de vida del activo, con el propósito de cumplir con el plan estratégico de la organización. La adecuada gestión de activos permite optimizar los recursos de las empresas y asegurar que el desempeño de los activos no se deteriore con el tiempo, en particular en lo relacionado con la calidad de servicio.

Disponer de un sistema de gestión integrado y normado a lo largo del ciclo de vida permite su auditoría y brinda tranquilidad a reguladores acerca del desempeño de los mismos.

La Gestión de Activos se define según **PAS 55:2008 Asset Management** como “Conjunto de actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas por medio de las cuales una organización maneja de manera óptima y sustentable sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgo y gastos a lo largo de sus ciclos de vida, con el fin de lograr su plan estratégico organizacional”

PAS 55: 2008 Asset Management (Publicly Available Specification PAS) es la Especificación Disponible al Público desde el 2008 por la British Standard Institute para la gestión optimizada de activos físicos, esta provee las definiciones claras y la especificación de 28 requerimientos para establecer y auditar un sistema de gestión integrado y optimizado a lo largo del ciclo de vida para todo tipo de activo físico.

La definición anterior es aplicable a todo sector industrial o de servicios dependiente de activos físicos o de infraestructura. Gestión de Activos no es un tema solo de mantenimiento, de ingeniería o de operación de los activos, en realidad se trata de una disciplina que integra estos tres pilares bajo una misma visión. Tan poco trata de minimizar costos, o minimizar riesgos o maximizar el desempeño, se debe considerar de manera óptima el costo, riesgo y desempeño. Se debe considerar el ciclo de vida total partiendo desde la concepción de los activos hasta su desincorporación y

renovación, pasando por las diferentes etapas de ingeniería, operación y mantenimiento.



Figura 1: Estructura de PAS 55-2008

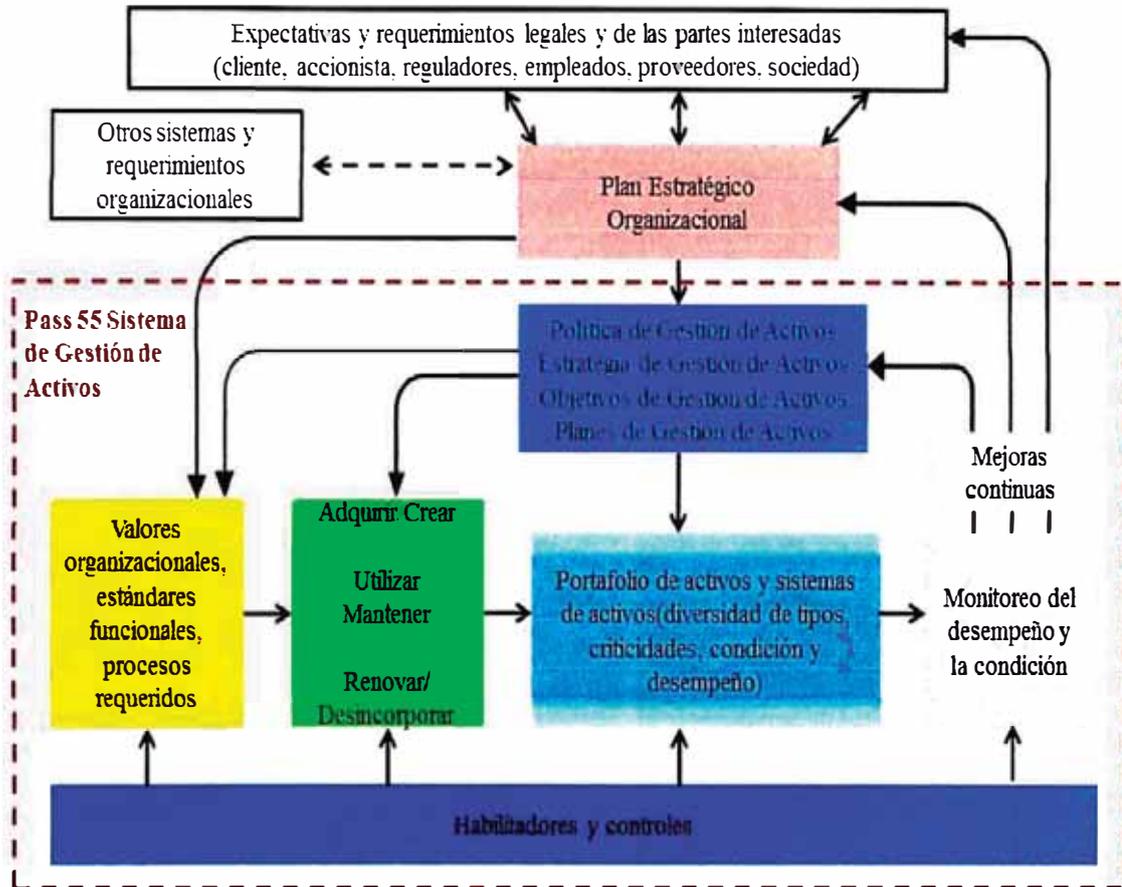


Figura 2: Visión Global de la Gestión de Activos-PAS55:2008

Dentro de los requerimientos para la gestión de activos se encuentran: definir apropiadamente los activos, identificar los activos críticos, disponer de procesos adecuados, efectuar el seguimiento y control de los activos desde su creación, tener una adecuada organización empresarial (personal capacitado y equipos apropiados), disponer de sistemas de información para el seguimiento del activo que permitan registrar su desempeño, mantenimiento o reemplazo.

Según el enfoque de PAS55 considera cuatro activos que son pilares en una empresa y son:

Activo humano: motivación, comunicación de roles, liderazgo, trabajo en equipo.

Activo financiero: costo de ciclo de vida, criterio de inversión, costos de operación.

Activo de información: sistemas de soporte como SAP, ERP, ORACLE.

Activo intangible: imagen, impacto social.



Figura 3: Gestión del activo a través de los procesos (vida util)

2.6. Modelo para la gestión de mantenimiento del activo

Este modelo fue desarrollado por INGEMAN (Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento) orientado a cubrir los estándares del PAS 55. Considerando como base del sistema de gestión de activos, la administración del proceso, inspección y mantenimiento. Este modelo está dividido en 8 fases, orientando la fase 1, 2 y 3 a la eficacia, la fase 4 y 5 a la eficiencia, la fase 6 y 7 a la evaluación y la fase 8 a la mejora continua, obteniendo un sistema de gestión de integridad del activo. A continuación detallamos cada fase del modelo.

Fase 1: se desarrolla la definición de objetivos, estrategia, responsabilidad de mantenimiento.

Fase 2: Jerarquización de los equipos de acuerdo con la importancia de su función.

Fase 3: Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto.

Fase 4: Diseño de planes de mantenimiento preventivo y de los recursos necesarios.

Fase 5: Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos.

Fase 6: Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.

Fase 7: Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos.

Fase 8: Implantación del proceso de mejora continua y adopción de nuevas tecnologías.

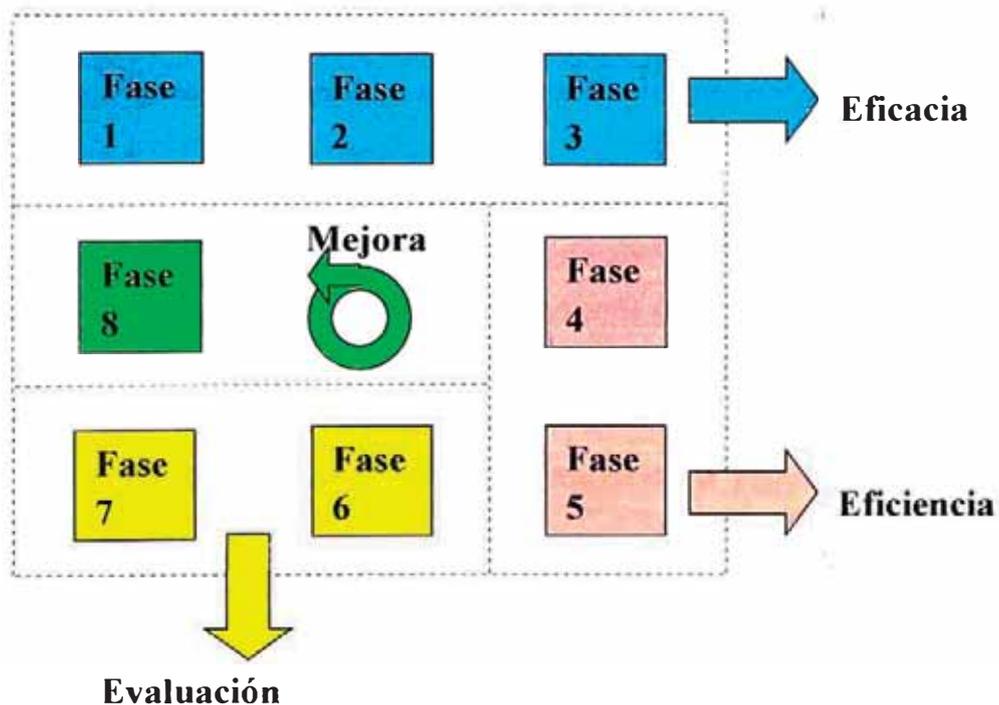


Figura 4: Modelo para la gestión de mantenimiento – PAS 55

Fuente: INGEMAN PAS55:2008

2.7. Sistema de gestión de integridad de activos (SGIA)

En este punto desarrollaremos los conceptos teóricos basados en la norma ASME B31.8S, donde nos detalla cuatro puntos básicos para la administración del sistema de gestión de integridad de activos (ductos)



Figura 5: Etapas de la administración de integridad en ductos

2.7.1. Principios de la administración de la integridad

Un conjunto de principios se enumeran aquí para que el usuario de este Estándar pueda entender la extensión y la profundidad en la que la integridad se convierte en una parte integral y continua de la operación segura de un sistema de ductos.

- Los requerimientos funcionales para la administración de integridad deben ser llevados a nuevos sistemas de ductos desde la planeación inicial, diseño, selección de material y construcción.
- La integridad del sistema requiere del compromiso de todo el personal de operación, utilizando procesos integrados, comprensibles y sistemáticos para operar con seguridad y mantener los sistemas de ductos.
- Un programa de administración de integridad es dinámico y debe ser flexible. Debe ser evaluado periódicamente y modificado para acomodarlo a los cambios en la operación del ducto, a los cambios en el ambiente de operación

y la aparición de nueva información acerca del sistema y que utilice el mejor conjunto de actividades de prevención, detección y mitigación que estén disponibles para las condiciones de un momento específico.

- La integración de información es un elemento clave para administrar la integridad de toda la información pertinente al realizar las evaluaciones de riesgos. La información que pueda causar impacto en la comprensión del operador de los riesgos importantes para un sistema de ductos, viene de diversas fuentes. El operador está en la mejor posición de reunir y analizar esta información, y tomar decisiones prudentes para evaluar y reducir esos riesgos.
- La evaluación de riesgos es un proceso analítico mediante el cual un operador determina las clases de eventos o condiciones adversas que podrían tener impacto en la integridad del ducto. También determina la posibilidad o probabilidad de esos eventos o condiciones que conllevará a la pérdida de la integridad, y la naturaleza y severidad de las consecuencias que podría tener una falla. Este proceso analítico involucra la integración de diseño, construcción, mantenimiento, prueba, inspección y cualquier otra información acerca del sistema de tubería. El objetivo final de evaluar riesgos es identificar los riesgos más significativos para que un operador pueda desarrollar un plan efectivo y organizado de prevención/ detección/ mitigación para enfrentarlos.
- Se debe evaluar la integridad e implementar nueva tecnología cuando sea necesario. Las nuevas tecnologías pueden aumentar la capacidad de un operador para evitar ciertas clases de fallas, detectar riesgos más efectivamente o mejorar la mitigación de riesgos.
- La medición de desempeño del sistema y el programa en sí es una parte integral de un programa de administración de integridad de un ducto. Cada operador debe elegir medidas de desempeño significativas al comienzo del

programa y luego evaluar periódicamente los resultados de estas medidas para monitorear y evaluar la efectividad del programa.

2.7.2. Clasificación de amenazas de integridad

Una amenaza a la integridad es toda fuente potencial de falla sobre los ductos, la identificación de amenazas o peligros es el proceso de reconocimiento de que esa amenaza existe sobre el sistema analizado. El principal peligro asociado al ducto es que se produzca una falla y que se genere la pérdida de fluido que contiene. La probabilidad de falla del sistema se evalúa mediante la identificación de todos los potenciales eventos y agentes agresivos que pueden amenazar la integridad del ducto y a partir de eso se define que amenaza a la integridad son plausibles o aplicables al sistema analizado. Dentro de las amenazas aplicables al sistema de ductos se dividen en tres tipos que son:

- A. Dependiendo del tiempo: se da cuando las amenazas se generan a lo largo de la vida útil del ducto
- B. Estable: se da cuando la amenaza está relacionada a la fabricación y construcción del ducto
- C. Independiente del tiempo se da cuando las amenazas pueden ser generadas en cualquier momento por causas de operación o ajenas a él.

La tabla 1 nos muestra los tipos de defectos que generan amenaza a la integridad.

2.7.3. Proceso de administración de la integridad

A continuación se describe el proceso de administración de la integridad que se detalla en la figura 6.

Identificación del impacto potencial al ducto por la amenaza: involucra la identificación de las amenazas potenciales al ducto. Cada segmento identificado del

Tabla 1: Tipos de defectos que generan amenaza a la integridad

Tipos de defecto	Tipos de falla	Tipos de amenaza
A. Dependiendo del tiempo	1. Corrosión Externa 2. Corrosión Interna 3. Fractura por corrosión	
B. Estable	1. Defectos de fabricación 2. Relacionada con soldadura /ensamble 3. Equipo	a. Unión de tubo defectuoso b. Tubo defectuoso a. Soldadura alrededor del tubo defectuoso b. Soldadura de fabricación defectuosa c. Arrugas o dobleces d. Roscas estropeadas/ tubos rotos/ fallas de acoples a. Fallas en empaques b. Fallas en equipos de alivio/control c. Fallas en la empaquetadura/ sellos de la bomba d. Varios
C. Independiente del tiempo	1. Daños mecánicos/ terceros 2. Operaciones incorrectas 3. Relacionado con el clima y fuerzas externas	a. Daño infligido por primeros, segundos o terceros (falla instantánea/ inmediata) b. Tubo dañado con anterioridad(falla retrasada) c. Vandalismo a. Procedimiento operacional incorrecto a. Clima frío b. Rayos c. Lluvias fuertes o inundaciones d. movimiento de tierra

Fuente: Apéndice A de estándar ASME B31.8S: 2001

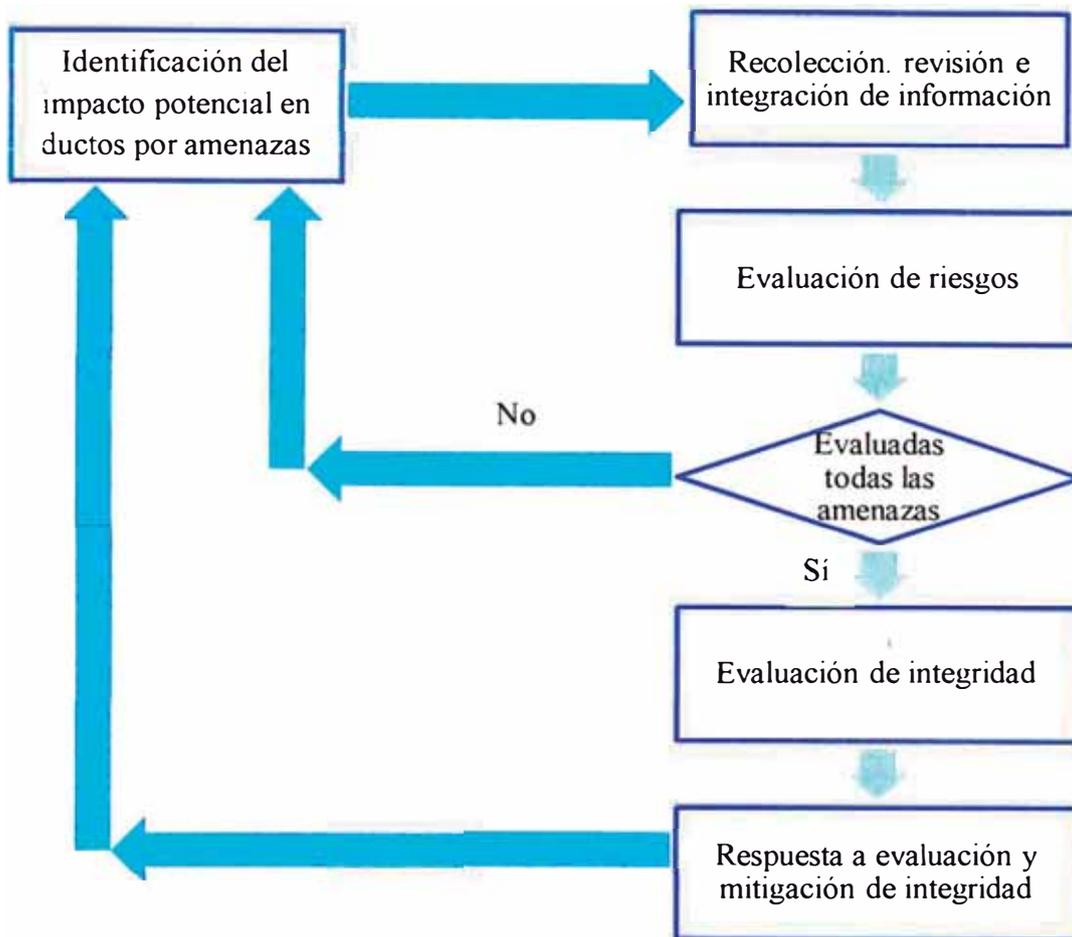


Figura 6: Proceso de administración de integridad

Fuente: ASME B31.8S: 2001

ducto debe tener las amenazas consideradas individualmente o por los nueve tipos de falla según Tabla 1.

Recolección, revisión e integración de información: el primer paso al evaluar las amenazas potenciales para un sistema o segmento de ducto es definir y recolectar la información necesaria que caracterice los segmentos y sus amenazas potenciales. En este paso, el operador realiza la recolección inicial, la revisión y la integración de

información relevante, para identificar la ubicación de amenazas específicas para su integridad y para determinar las consecuencias públicas, ambientales y operacionales de un incidente. Es necesaria la información sobre la operación, mantenimiento, vigilancia, diseño, historia de operación y fallas específicas que sean exclusivas de cada sistema y segmento.

Evaluación de riesgos: la información recogida en el paso anterior se utiliza para realizar una evaluación de riesgo del sistema o segmentos. A través de la evaluación integrada de la información y los datos recogidos; el proceso de evaluación de riesgos identifica los eventos y condiciones específicos del sitio que podrían ocasionar una falla en el ducto, y proporciona una proyección de la probabilidad y consecuencias de un evento. El resultado de una evaluación de riesgos debe incluir la naturaleza y ubicación de los riesgos más significativos para el ducto. Las evaluaciones de riesgo son necesarias para clasificar los segmentos por valoraciones de integridad.

Evaluación de integridad: con base en la evaluación de riesgos realizada en el paso anterior, se seleccionan y se realizan las evaluaciones de integridad apropiadas. Los métodos de evaluación de integridad son: inspección en línea, prueba de presión y evaluación directa, entre otros. La selección del método de evaluación de integridad se basa en las amenazas que han sido identificadas. Es responsabilidad del operador documentar el análisis justificando los cursos de acción. La información y los datos provenientes de las evaluaciones de integridad para una amenaza específica pueden ser de gran valor al considerar la presencia de otras amenazas y realizar valoraciones de riesgo para esas amenazas.

Respuestas a evaluación y mitigación de integridad (mantenimiento y prevención) y establecimiento de intervalos de inspección: en este paso se desarrollan los cronogramas para responder a los indicios obtenidos en las inspecciones. Se identifican y se inician las actividades de reparación para las

anomalías descubiertas durante la inspección. Las reparaciones se realizan de acuerdo con los estándares y prácticas industriales comúnmente aceptados. En este paso también se implementan las prácticas de prevención. Para la prevención de daños de terceros y baja tensión en los ductos, la mitigación puede ser una alternativa apropiada para la inspección. Por ejemplo, si se identifica un daño a partir de una excavación como riesgo significativo para un sistema o segmento particular, el operador puede elegir la realización de actividades de prevención de daños tales como comunicación al público, sistemas de notificación de excavaciones más efectivos, o una mayor conciencia del excavador junto con la inspección.

Después de las evaluaciones iniciales de integridad el operador ha mejorado y actualizado la información acerca de la condición del sistema o segmento del ducto. Esta información debe ser conservada y agregada a la base de datos utilizada para apoyar evaluaciones de riesgo futuras y evaluaciones de integridad.

La evaluación de riesgos debe ser realizada periódicamente dentro de intervalos regulares y cuando ocurran cambios sustanciales en el ducto. El operador debe considerar la información de operación reciente, considerar los cambios del diseño y operación del sistema de tubería, analizar el impacto de cualquier cambio externo que pueda haber ocurrido desde la última evaluación de riesgo e incorporar información de actividades de evaluación de riesgo para otras amenazas.

2.7.4. Programa de administración de integridad

Un programa de administración de integridad comprensible, sistemática e integral proporciona los medios para mejorar la seguridad de los sistemas de ductos. Tal programa le brinda al operador la información necesaria para ubicar con efectividad los recursos para las actividades de prevención, detección y mitigación que dan como resultado una mayor seguridad y la reducción del número de incidentes. Este

Estándar detalla dos aproximaciones para la administración de integridad: un método prescriptivo y un método basado en funcionamiento.

El método de administración de integridad prescriptivo, cuando requiere una cantidad mínima de información y análisis. Este método incorpora el crecimiento de información reducidos y un análisis menos extenso, proporciona todas las actividades de inspección, prevención, detección y mitigación necesarias para producir un programa satisfactorio de administración de integridad. Esto no elimina el cumplimiento de los requisitos de ASME B31.8.

El programa basado en funcionamiento, requiere de un mayor conocimiento del ducto y en consecuencia se debe realizar análisis y evaluaciones de riesgo más complejas, puede contener más opciones y flexibilidad para los intervalos de inspección y para los métodos de prevención y mitigación. Los resultados de un método basado en funcionamiento deben igualar o exceder los de un método prescriptivo.

Un programa basado en funcionamiento no puede ser implementado hasta que el operador haya realizado evaluaciones de integridad adecuadas que proporcionen la información para un programa basado en funcionamiento. Este programa debe incluir lo siguiente en el plan de administración de integridad:

- Una descripción del método de análisis de riesgos empleado.
- La documentación de toda la información aplicable para cada segmento y dónde fue obtenida.
- Un análisis documentado para determinar los intervalos de evaluación de integridad y los métodos de mitigación (reparación y prevención)
- Una matriz de funcionamiento documentada que, a tiempo, confirmará las opciones basadas en funcionamiento elegidas por el operador.

Los operadores pueden elegir ya sea una aproximación prescriptiva o una basada en funcionamiento para todo su sistema, para líneas individuales, para algunos segmentos o para amenazas individuales.

Los elementos esenciales de un programa de administración de integridad aparecen en la figura 5 y se describen a continuación.

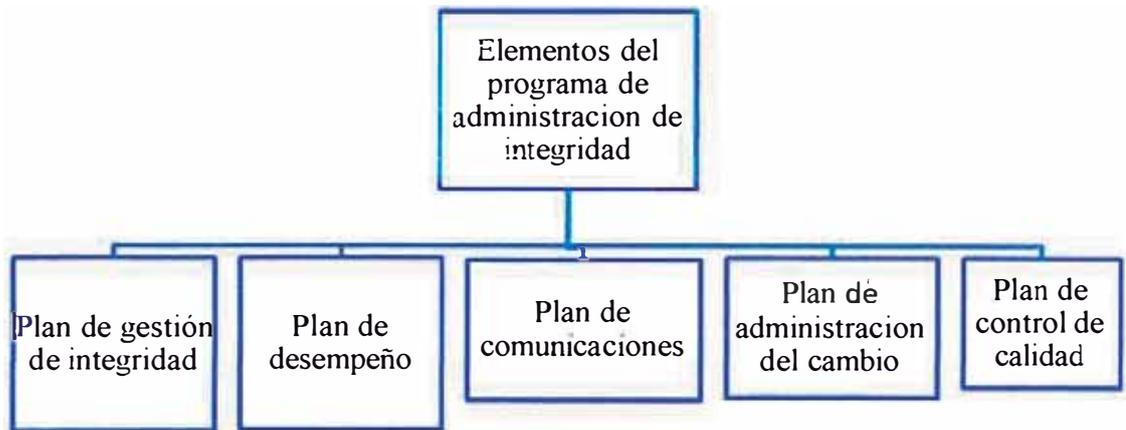


Figura 7: Elementos de programa de administración de integridad

Plan de gestión de integridad: el plan es la documentación de la ejecución de cada uno de los pasos y los análisis de soporte que son realizados. Debe incluir prácticas de prevención, detección y mitigación. También debe tener un cronograma que considere la asignación de tiempos para las prácticas empleadas. Se deben analizar primero aquellos sistemas o segmentos con el riesgo más alto. También, el plan debe considerar aquellas prácticas dirigidas hacia más de una amenaza. Por ejemplo, una prueba hidrostática puede demostrar la integridad de un ducto para amenazas dependientes de tiempo como corrosión externa e interna, además de amenazas estáticas tales como defectos de soldaduras y soldaduras de fabricación defectuosa. El análisis de riesgo detallado proporciona una mejor visión de la integridad, lo cual permite que un operador tenga un mayor grado de flexibilidad en la asignación de

tiempos y métodos para la implementación de un plan de gestión de integridad basado en funcionamiento

Plan de desempeño: el operador debe recoger información de funcionamiento y evaluar periódicamente el éxito de sus técnicas de evaluación de integridad, sus actividades de reparación del ducto y las actividades de mitigación de riesgos. La aplicación de nuevas tecnologías al programa de administración de integridad debe ser evaluada para su uso posterior.

Plan de comunicaciones: el operador debe desarrollar e implementar un plan para la comunicación efectiva con empleados, con el público, con los cuerpos de emergencia, con el gobierno local y con las autoridades jurisdiccionales para mantener al público informado acerca de sus esfuerzos de administración de integridad.

Plan de gestión del cambio: los sistemas de ductos y el ambiente en el cual operan rara vez son estáticos. Se debe utilizar un proceso sistemático para garantizar que se evalúen los cambios en el diseño, la operación o el mantenimiento del sistema de ductos, con el fin de determinar los impactos de riesgo potenciales y para garantizar que se evalúen los cambios al medio ambiente en el cual opera el ducto. Después de analizar estos cambios, se deben incorporar en las evaluaciones de riesgo futuro para asegurar que el proceso de evaluación de riesgo se dirija hacia sistemas actuales en cuanto a configuración, operación y mantenimiento. Los resultados de las actividades de mitigación de los planes deben ser utilizados como retroalimentación para el diseño y operación de instalaciones y sistemas.

Plan de control de calidad: se analiza la evaluación del programa de gestión de integridad para efectos de control de calidad. Esta sección bosqueja la documentación necesaria para el programa de administración de integridad. También analiza la

auditoría del programa, incluyendo los procesos, las inspecciones, las actividades de mitigación, y las actividades de prevención.

Tabla 2: Fuentes típicas de información para el programa de integridad

Fuentes típica de información para el programa de integridad de ductos
1. Creación y construcción del ducto
Diagrama de instrumentación y procesos (P & ID)
Diagrama de alineación del ducto
Notas , registros del inspector de construcción original
Fotografías aéreas del ducto
Mapas y diagramas de las instalaciones
Diagrama y avance de la construcción
Certificación de materiales
2. Operación del activo
Informes de vigilancia
Informes de condición de seguridad
Especificaciones técnicas y estándares del operador
Especificaciones y estándares industriales
Procedimientos de operación
Planes de respuesta a emergencias
3. Mantenimiento del activo
Registros de inspección e informes de pruebas
Reporte de incidentes y cumplimiento
Evaluaciones, mantenimiento e inspecciones técnicas
Registros de diseño e ingeniería
Información del equipo del fabricante

2.8. Beneficios de implementar el SGIA

Dentro de los beneficios más resaltantes esta la maximización de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad del activo (recubrimiento del ducto), la mejora de la eficacia del activo en el proceso, mejora de la seguridad y disminución de riesgo, reducción del costo de mantenimiento e inspección, mejor rendimiento del personal y optimización de la rentabilidad y el horro.

III. SISTEMA DE GESTION DE LA INTEGRIDAD DE ACTIVOS EN RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES PARA LA PROTECCION CONTRA LA CORROSION DEL EXTERIOR DE DUCTOS EN UNA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE LIQUIDOS DE GAS NATURAL (LGN)

3.1. Alcances del caso a considerar para el desarrollo del SGIA

El desarrollo del presente informe será a través del análisis de una planta de fraccionamiento de gas LNG, la cual, se encuentra ubicada en Pisco. El ambiente de esta zona se encuentra clasificado en C5I/C5M (zona industrial costera con alta humedad y atmósferas agresivas con alta salinidad) según ISO 12944. Cabe también resaltar que en esta zona sucede un fenómeno natural llamado “Vientos Paracas” que son vientos fuertes de arena, aumentando el deterioro de las estructuras metálicas.

El alcance del sistema de Gestión de Integridad aplicara al exterior de los ductos de acero al carbón A-36 ASTM, que cuentan con un recubrimiento epoxico y poliuretano a un espesor de película de pintura promedio de 10.3 mils según la SSPC PA2, no se tiene registro exacto de la antigüedad de la pintura en el ducto, se puede encontrar en una inspección previa que presentan deterioro con corrosión en un 30% del área y especialmente los cordones de soldadura , evaluado según SSPC Guia-5, la adherencia de la pintura antigua se evaluó según norma ASTM 3359 y se encontraba en el nivel 2A, 3A y 4A obteniendo adherencias, malas, regulares y buenas en menor proporción.

Los ductos tienen 3 años de operación en el proceso, pero según registros de mantenimiento al año ya presentaban signos de corrosión en un 10% del área, siendo esta una corrosión prematura, evaluado según SSPC VIS 2.

La industria de hidrocarburos, se ha ido desarrollando con la incursión de empresas extranjeras en el rubro, han traído consigo grandes exigencias de normas y procedimientos técnicos para la construcción y operación de sus empresas, a su vez

Tabla 3: Listado de las normas y estándares de referencia para la evaluación del estado inicial de los ductos de LGN

Estándares	Referencia
SSPC PA2	Medición de espesores de película seca.
ASTM D 3359-01	Método estándar de medición de adherencia por el método de cinta.
ISO 12944	Estándar de protección contra la corrosión de estructuras de acero por sistemas de pinturas.
SSPC Guía 5	Mantenimiento de pinturas en estructuras de acero
SSPC VIS 2	Visual del grado de corrosión en aceros recubiertos
NACE RP 0281-98	Método para evaluar panel de recubrimientos en exposiciones atmosféricas.
ARPEL	Manual de integridad de ductos

nuestra metodología de trabajo aun no llegaba a desarrollar tal exigencia y hemos tenido que capacitarnos y ser más competitivos para poder estar a la altura, en este proceso es que nuestro país viene creciendo; un ejemplo claro del cual vamos a contemplar en el informe es la planta de fraccionamiento de LGN, que fue participe de algunas deficiencias que se tuvo en su construcción, para que posteriormente se vean plasmadas en el proceso de operación, tomaremos como caso a estudio solo el recubrimiento industrial como protección de la corrosión del exterior de ductos, ya que según las estadísticas son los que más fallas tienen y causan daños irreparables.

Distribucion de perdidas y roturas por causa

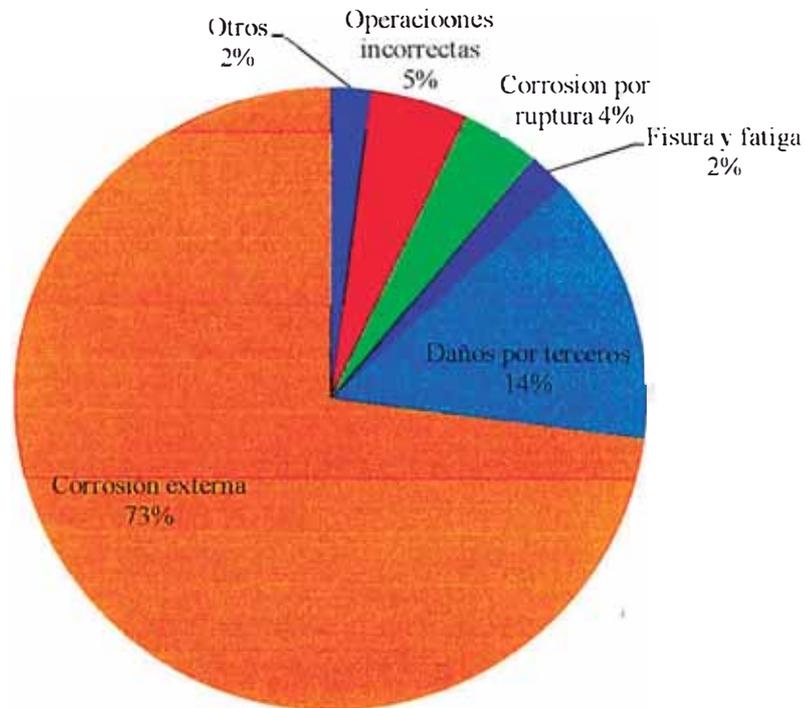


Figura 8: Distribución de pérdidas y roturas por causas en ductos

Fuente: Congreso sobre integridad en instalaciones de gas y petróleo de Buenos Aires – Argentina, en el periodo del 1993 al 2010

La planta de fraccionamiento empezó a funcionar y al poco tiempo se observó corrosión y daños prematuros en las estructuras de acero, ya sea en los equipos e infraestructura, era difícil creer que en menos de 1 año presenten ese tipo de daños cuando estaban diseñadas para hacer el primer gran mantenimiento a los 6 años, a su vez se encontraron equipos que no tenían recubrimientos adecuados para el tipo de servicio y ya estaban oxidados.

Surgió la necesidad de realizar un programa de mantenimiento para las zonas más críticas ya que no se tendría presupuesto para cubrir todo, es así que surgió la idea del Sistema de Gestión de Integridad del Activo (SGIA), siendo en nuestro caso el activo

principal el ducto con su recubrimiento exterior, el objetivo principal del SGIA es administrar eficientemente los activos corporativos desde el diseño, construcción, operación, inspecciones, mantenimientos programados, gestión y desuso del activo ya que toda estas disciplinas tienen un impacto en la integridad del activo, en nuestro caso empezaremos a trabajar desde que se inicie su primer gran mantenimiento, eso me llevo a iniciar un programa de SGIA para los ductos que íbamos a trabajar y así poder logra el objetivo de obtener el máximo valor del equipo para el cual fue diseñado, rentabilidad y retorno mientras se protege al personal, la comunidad y el medio ambiente.

3.2. Etapas para el desarrollo del SGIA

Para el diseño de las etapas del Sistema de gestión de integridad de activos (SGIA) en recubrimientos industriales para la protección contra la corrosión del exterior de ductos en una planta de fraccionamiento de líquidos de gas natural, se tuvo que integrar los criterios de control contra la corrosión con los sistemas de gestión de integridad. Las etapas diseñadas se muestran en la figura 9.

3.2.1. Etapa 1: Objetivos y recopilación de datos

Objetivos

Es importante definir el objetivo principal del programa diseñado para el caso de estudio mencionado y no perderlo de vista, es así que encontramos los siguientes objetivos:

- Realizar el mantenimiento del recubrimiento industrial antiguo del ducto de LGN, para que se optimice el proceso (sin paradas) y se disminuya las inspecciones y mantenimientos.

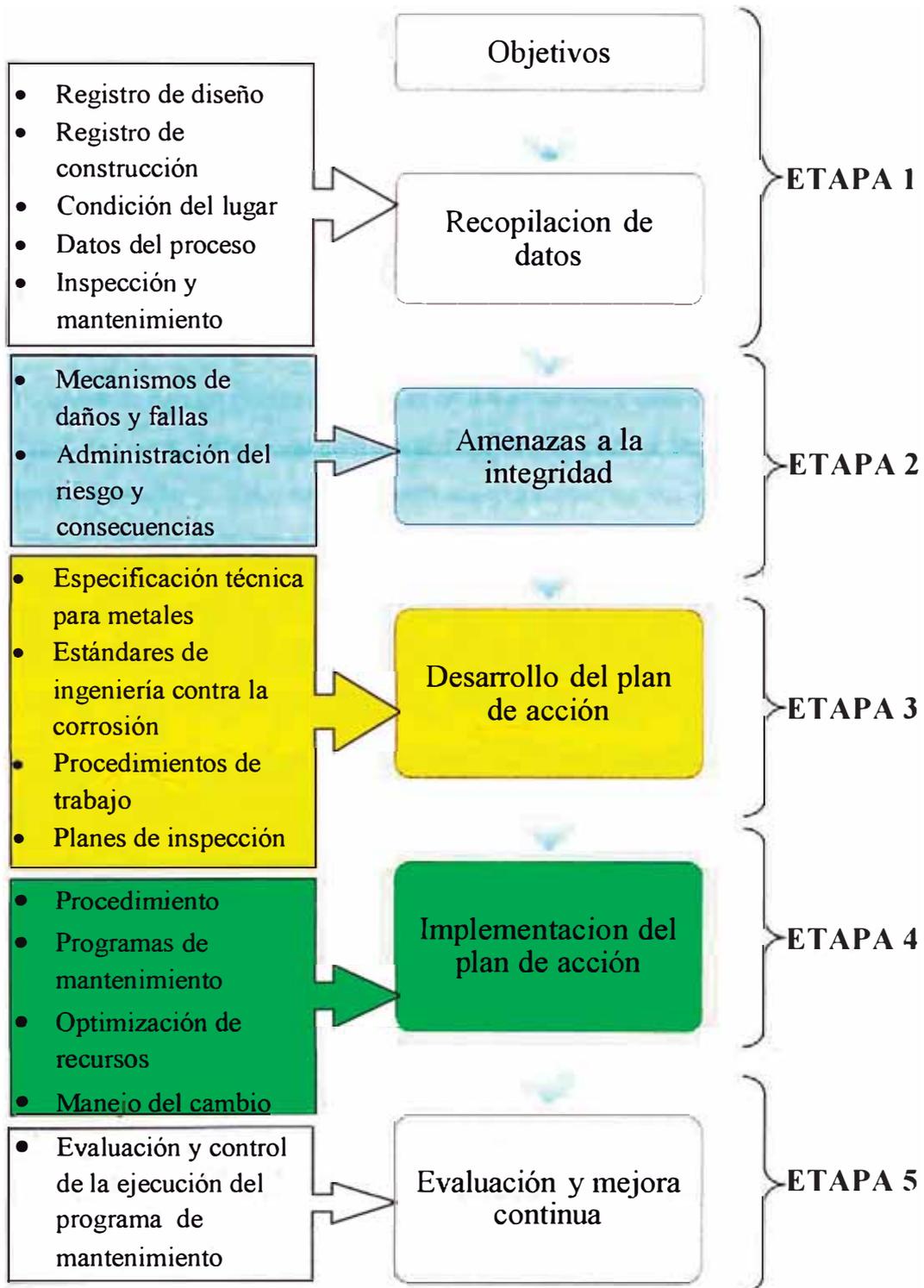


Figura 9: Etapas diseñadas para el SGIA

- Aumentar la rentabilidad de la inversión del recubrimiento industrial (activo), mejorando los requisitos de las propuestas técnicas y de ingeniería mediante especificaciones y estándares, para que se vea plasmada en una rentable propuesta económica a la hora de realizar la inspección y mantenimiento.
- Diseñar un programa de SGIA a medida para la planta de fraccionamiento que se está estudiando y pueda ser práctico y aplicado a todo el proceso.

Recopilación de Datos

El objetivo de esta primera etapa del SGIA es proporcionar una visión general de los datos que sean necesarios para desarrollar las siguientes etapas, los datos recogidos proporcionarían la información necesaria para evaluar los posibles mecanismos de daño y modos de falla potencial. Los datos que podemos utilizar pueden tener un enfoque cualitativo, semi-cualitativo y /o cuantitativo, la diferencia fundamental de estos enfoques es la cantidad y el detalle de entrada, cálculo y salida. Es importante documentar toda la recopilación de datos que tengamos.

Se considera como la fuente principal de datos los siguientes puntos:

a) Registros de diseño y construcción:

- Nombre del activo
- Planos y diagramas de flujo
- Especificaciones técnicas de ingeniería
- Diseño
- Materiales
- Registros de construcción de control de calidad (QC) y aseguramiento de la calidad (QA)
- Inventarios

b) Condiciones del lugar:

- Registros del clima
- Registros de actividad sísmica

- Agresividad del medio ambiente
- c) Datos del proceso:
- Composición y flujo del fluido
 - Condiciones de operación de presión y temperatura
 - Puesta en marcha y procedimientos de apagado
 - Procedimientos de operación y emergencia
- d) Registros de inspección y mantenimientos:
- Horarios y frecuencias
 - Cantidad y tipos
 - Reparaciones y modificaciones
 - Resultados de las inspecciones
- e) Registro de fallas:
- Datos de daños o fallas obtenidas

Se desarrolló el formato 1 para documentar esta primera etapa, ver anexo 1, cabe resaltar que esto no debería ser toda la documentación a recopilar, hay registros anteriores que se deben adjuntar, para obtener mayor detalle del activo y seguir alimentando de información a las etapas posteriores. En la tabla 4 se muestra el llenado del formato 1.

3.2.2. Etapa 2: Amenazas a la integridad

Esta sección proporciona un guía para la identificación los posibles de mecanismos de daño, modos de falla, probabilidades de falla, consecuencia de falla del activo y administras el riesgo. Cabe resaltar que esta etapa se trabaja bajo posibilidades de acuerdo a experiencias de la planta e información de similares casos, se trata de interpretar y relacionar las amenazas a la integridad, sin que necesariamente hayan ocurrido.

Tabla 4: Llenado del Formato 1 para caso de estudio

Formato 1: Recopilación de datos del activo		
Empresa: Planta Fraccionamiento LNG	Supervisor: Ing. Emilia Muching	Area: Mantenimiento
Activo: Exterior del recubrimiento de ductos de LNG		Ubicación: Area 70-Linea de ductos
a) Registros de diseño y construcción		
¿Se cuenta con la especificación técnica de la estructura o equipo? Si:		
Nombre: Línea de ductos	Color: amarillo	Acabado: decolorado
Dimensiones: L=5000m, D=12"	Area (m): 5000m ²	Sustrato: acero A-36
Apariencia: deteriorado	%corrosión: 40	%daños: 15
Recubrimiento: Si	Capas: 3	EPS (*): 10.3
Planos: Si	Señalización: Si	Antigüedad: 3 años
QC: No	QA: No	Inventarios: Si
Detalles del recubrimiento		
Hojas técnicas del recubrimiento: No		
Primera capa: Imprimante epoxico	Segunda capa: epoxico	Tercera capa: poliuretano
Proveedor: No se sabe	Garantía: ninguna	Tiempo de diseño:
Preparación Superficie: No se sabe	Tipo de aplicación: Equipo Airless	Capa refuerzo: No
Defectos: El recubrimiento antiguo esta desprendiéndose y ya no tiene brillo.		
Otras observaciones: Hay condensación de agua al exterior del ducto en el proceso.		
b) Registros de condiciones del lugar		
Climas: Clima tropical y húmedo, con vientos de arena		
Actividad sísmica: Frecuente, zona de terremotos y temblores		
Ambiente atmosférico (**): Corrosión atmosférica muy alta industrial y marina C51, C5M		
Otras observaciones:		
c) Datos del proceso		
Tipo de fluido: LGN	Composición 1: Butano	Composicion2:
Presión: 2 atm	Temperatura: -5°C	Flujo: intermitente
Sistemas de Seguridad: Si	Sistema de detección: Si	Sistemas emergencia: Si
Arranque: Si	Apagado: Si	Operación: Intermitente
Otras observaciones: Condensación de agua del medio ambiente en el exterior del ducto que está protegido con un sistema de recubrimiento.		
d) Registros de inspección y mantenimiento		
Tipos de inspección: operación, mantenimiento y seguridad		
Frecuencia: cada turno de 8 h	Horarios: 2 y 10 am, 6pm	Cantidad: 3
Resultados: desprendimiento del recubrimiento y cambios de	Alteraciones:	Fecha:

bridas oxidadas		
Otras observaciones:		
Se determinó durante las inspecciones que hay que cambiar las bridas y volver a pintar las tuberías que se están oxidando.		
Tipos de Mantenimiento: Pintado de los recubrimientos industriales en zona puntual		
Frecuencia: cada 3 meses	Horarios: de 10am a 4pm	Cantidad: 1
Resultados: Regular	Alteraciones:	Fecha:
Cambios:	Reparaciones:	Fecha:
Otras observaciones: Se hace mantenimiento de la línea de ductos durante el tiempo que la línea no está en operación y no son realizados con un procedimiento de trabajo de pintura, es por ello que se corroe al poco tiempo.		
e) Registro de fallas		
Daños:	Acciones:	Fecha:
Fallas:	Acciones:	Fecha:
Otras observaciones: no hubo fallas considerables.		

Nota: (*) Espesor de Película Seca, (**) Según norma ISO 12944

Mecanismo de daño: Comprende el funcionamiento del ducto y la interacción en el entorno del proceso (ambiente interno y externo) para ello se debe realizar una inspección de la zona y elaborar la lista de los mecanismos de daño que pueden haber estado presente en la operación en el pasado, ya sea actualmente activa o llegue a ser activo. Dentro de los mecanismos de daño tenemos la siguiente lista:

- Corrosión externa
- Corrosión interna
- Fractura por corrosión
- Defectos de fabricación
- Defectos de construcción
- Daños por terceros
- Operaciones incorrectas
- Fuerzas externas del clima y naturaleza

Modos de Falla: comprende en evaluar los posibles modos de falla que el mecanismo de daño pueda manifestar. Esto afecta principalmente a la magnitud de

las consecuencias. Dentro de los modos de falla podemos encontrar el siguiente listado:

- Perdida de fluido
- Contaminación del fluido
- Obstrucción del proceso
- Fuga
- Parada de planta

Probabilidad de falla: se realiza para estimar la probabilidad de una consecuencia adversa específica que resulta de un modo de falla como una pérdida de fluido que se produce debido a unos mecanismos de daño que debe ser identificado y determinar la susceptibilidad del deterioro, para luego determinar los posibles tipos de daños en ductos como:

- Composición, contaminantes y pH de las corrientes del fluido
- Temperatura y presión de operación
- Temperatura, humedad y la corrosividad atmosférica o del suelo
- Propiedades mecánicas y químicas del metal y soldaduras
- Geometría del equipo
- Propiedades físico químicas del recubrimiento o revestimiento

Consecuencia de falla: Se debe realizar para estimar las consecuencias que se producen debido a un modo de falla, resultado de mecanismos de daños identificado.

Las consecuencias normalmente deben ser clasificados en tres grupos como:

- Efectos de seguridad y salud
- Los impactos en el medio ambiente
- Los impactos en la economía de la empresa

Una consecuencia muy común es las pérdidas por contención, que generalmente se evalúa como la pérdida de fluido al medio ambiente externo, los efectos de las consecuencias de la pérdida de contención, pueden ser considerados dentro de los dos grupos mencionados como el impacto al medio ambiente, impacto a la economía de la empresa mediante la pérdida de producción y los costos de mantenimiento y reconstrucción.

Para documentar esta primera etapa se desarrolló el formato 2, ver anexo 2, cabe resaltar que esto no debería ser toda la documentación a recopilar, hay registros e informes anteriores que se deben adjuntar, para obtener mayor detalle del activo y seguir alimentando de información a las etapas posteriores. En la tabla 5 se muestra el llenado del formato 2.

Administración del riesgo

Su objetivo es fortalecer el desarrollo de la política de la administración del riesgo.

La metodología para la administración de riesgo que se establece en cuatro procesos de identificar, analizar, valorizar y mitigar los riesgos.

Proceso 1: Identificación

Este proceso debe ser permanente e interactivo basado en el resultado del análisis estratégico, en el proceso de planeación, para ello se debe conocer con más detalle lo siguiente:

- Nombre del proceso
- Objetivo del proceso
- Riesgo (probabilidad de ocurrencia)
- Causas (factores internos y externos)
- Descripción (características del riesgo)
- Efectos (consecuencias de las ocurrencias de riesgo) y clasificación

Talla 5: Llenado del Formato 2 para el caso de estudio

Formato 2: Amenazas a la integridad		
Empresa: Planta Fraccionamiento LNG	Supervisor: Ing. Emilia Mucching	Área: Mantenimiento
Activo: Exterior del recubrimiento de ductos de LNG		Ubicación: Área 70-Linea de ductos
Mecanismos de daños: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión externa <input checked="" type="checkbox"/> • Corrosión interna <input type="checkbox"/> • Fractura por corrosión <input type="checkbox"/> • Defectos de fabricación <input type="checkbox"/> • Defectos de construcción <input type="checkbox"/> • Daños por terceros <input type="checkbox"/> • Operaciones incorrectas <input type="checkbox"/> • Fuerzas externas del clima y naturaleza <input checked="" type="checkbox"/> • Otros..... <input type="checkbox"/> 		Observaciones: Se encontró 30% de corrosión del ducto, el recubrimiento está desprendiéndose, no tiene brillo y esta atizado. Esta corrosión se debe a que el recubrimiento no ha sido correctamente aplicado en la etapa de construcción y el ambiente marino en que se encuentra ha acelerado el deterioro y corrosión.
Modos de falla: <ul style="list-style-type: none"> • Perdida de fluido <input checked="" type="checkbox"/> • Contaminación del fluido <input type="checkbox"/> • Obstrucción del proceso <input checked="" type="checkbox"/> • Fuga <input type="checkbox"/> • Parada de planta <input type="checkbox"/> • Otros..... <input type="checkbox"/> 		Observaciones: Los dos modos de falla marcados son los más comunes que pueden pasar en los ductos de LNG y que más preocupan, es por ello la importancia de este análisis para poder contrarrestar cualquier evento.

<p>Probabilidades de falla: Tipos de daños para ductos LNG</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición <input checked="" type="checkbox"/> • Contaminantes <input type="checkbox"/> • PH del fluido <input type="checkbox"/> • Temperatura y presión <input checked="" type="checkbox"/> • Corrosividad atmosférica <input type="checkbox"/> • Corrosividad del suelo <input type="checkbox"/> • Propiedades mecánicas y químicas del metal <input checked="" type="checkbox"/> • Recubrimiento o revestimiento <input checked="" type="checkbox"/> • Otros..... <input type="checkbox"/> 	<p>Estado del deterioro: Cambio inmediato del ducto.</p> <p>Observaciones: Se requiere cambiar el ducto y verificar los daños marcados para su reparación inmediata.</p>
<p>Consecuencias de falla:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efectos de seguridad y salud <input checked="" type="checkbox"/> • Los impactos en el medio ambiente <input checked="" type="checkbox"/> • Los impactos en la economía de la empresa <input checked="" type="checkbox"/> 	<p>Observaciones: Las consecuencias son de los tres tipos ya que puede contaminar el ambiente con LNG y generar un incendio alterando la seguridad de los operarios, así como dañar el ambiente y los gastos por parada de planta y reconstrucción de daños.</p>

La identificación o inspección en servicio se ocupa principalmente de la detección y el seguimiento de deterioro, tal deterioro es una función de cuatro factores

- Tipo de deterioro y el mecanismo
- Tasa de deterioro ,

- La probabilidad de identificar y detectar el deterioro y la predicción de los futuros estados de deterioro con la inspección técnica
- La tolerancia de los equipos para el tipo de deterioro

Proceso 2: Análisis

Busca establecer la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y el impacto de sus consecuencias, calificándolos y evaluándolos, para obtener información y establecer el nivel de riesgo y acciones a implementar.

Para adelantar el análisis de riesgo se deben considerar los siguientes aspectos:

- Calificación del riesgo: se logra a través de la estimación de la probabilidad de su ocurrencia (número de veces) y el impacto que puede causar la materialización del riesgo (magnitud de los efectos).
- Evaluación del riesgo: permite comparar los resultados de su calificación, con los criterios definidos para establecer el grado de exposición de la entidad del riesgo; de esa forma es posible distinguir riesgos aceptables, tolerables, moderados, importantes o inaceptables y fijar prioridades de acciones para su tratamiento.

De la matriz que se detalla en la tabla 6, se puede indicar lo siguiente:

Calificación del riesgo: de acuerdo al número de veces que se presenta o puede presentarse el riesgo se especifica en la matriz: Probabilidad alta, media y baja. Y el impacto si es leve, moderado y catastrófico.

Evaluación del riesgo: se debe tener en cuenta la posición del riesgo en la matriz, según la celda que ocupa, aplicando los siguientes criterios:

Si el riesgo se ubica en la zona de riesgo aceptable, significa que su probabilidad es baja y su impacto es leve, lo cual permite a la entidad asumirlo, es decir, el riesgo se encuentra en un nivel que puede aceptarlo sin necesidad de tomar otras medidas de control diferentes a las que se poseen.

Tabla6: Matriz de calificación, evaluación y respuesta a los riesgos

Probabilidad	Valor			
Alta	3	15 Zona de riesgo moderado Evitar riesgo	30 Zona de riesgo importante Reducir riesgo Evitar riesgo Compartir o transferir	60 Zona de riesgo inaceptable Evitar riesgo Reducir riesgo Compartir o transferir
Media	2	10 Zona de riesgo tolerable Asumir riesgo Reducir riesgo	20 Zona de riesgo moderado Reducir riesgo Evitar riesgo Compartir o transferir	40 Zona de riesgo importante Evitar riesgo Reducir riesgo Compartir o transferir
Baja	1	5 Zona de riesgo aceptable Asumir riesgo	10 Zona de riesgo tolerable Reducir riesgo Compartir o transferir	20 Zona de riesgo moderado Reducir riesgo Compartir o transferir
	Impacto	Leve	Moderado	Catastrófico
	Valor	5	10	20

Fuente: Guía administración de riesgo-Departamento administrativo de la función pública de Colombia

Si el riesgo se ubica en la zona de riesgo inaceptable, su probabilidad es alta y su impacto catastrófico, por lo tanto es aconsejable eliminar la actividad que genera el

riesgo en la medida que sea posible, de lo contrario se deben implementar otros controles de prevención para evitar la probabilidad de riesgo.

Cuando la probabilidad de riesgo sea media y su impacto leve, se debe realizar un análisis de costo beneficio con el que se pueda decidir entre reducir el riesgo, asumirlo o compartirlo.

Cuando el riesgo tenga una probabilidad baja de impacto catastrófico se debe tratar de compartir el riesgo y evitar la entidad en caso de que esté presente.

Proceso 3: Valoración

Es el producto de confrontar los resultados de la evaluación del riesgo con los controles identificados, con el objetivo de establecer prioridades para su manejo.

Para realizar la valoración de los controles existentes es necesario determinar su clasificación en:

- Preventivos: aquellos que actúan para eliminar las causas del riesgo para prevenir su ocurrencia o materialización.
- Correctivos: aquellos que permiten el restablecimiento de la actividad después de ser detectado un evento no deseable, también permiten la modificación de las acciones que propiciaron su ocurrencia.

El procedimiento para la valoración del riesgo dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Los controles están documentados?
2. ¿Se está aplicando en la actualidad?
3. ¿Es efectivo para minimizar el riesgo?

Una vez que ha dado respuesta a las preguntas se procede a realizar la valoración (ver tabla 7), calificados y evaluados los riesgos analícelos frente a los controles existentes en cada riesgo, se pondera según la tabla establecida, teniendo en cuenta las respuestas a las preguntas anteriormente formuladas (los controles se encuentran

Tabla 7: Valoración del riesgo en base a las preguntas propuestas

Criterios	Valoración del riesgo
No existen controles	Se mantiene el resultado de la evaluación antes de controles
Los controles existentes no son efectivos	Se mantiene el resultado de la evaluación antes de controles
Los controles existentes son efectivos pero no están documentados	Cambien el resultado a una casilla inferior de la matriz de evaluación antes de controles (el desplazamiento depende de si el control afecta el impacto o la probabilidad)
Los controles son efectivos y están documentados	Pasa a escala inferior (el desplazamiento depende de si el control afecta el impacto o la probabilidad)

documentados, se aplican y son efectivos). Ubique en la matriz de calificación, evaluación y Respuesta a los riesgos, el estado final de riesgo, de acuerdo a los resultados obtenidos en la valoración del mismo.

Dentro de la valoración del riesgo debemos tener en cuenta las políticas de administración del riesgo donde se deben tener en cuenta alguna de las siguientes opciones, las cuales pueden considerarse cada una de ellas independientemente, interrelacionadas o en conjunto.

- Evitar el riesgo, tomar las medidas encaminadas a prevenir su materialización.
- Reducir el riesgo, implica tomar medidas encaminadas a disminuir tanto la
- probabilidad (medidas de prevención), como el impacto (medidas de protección).

- Compartir o Transferir el riesgo, reduce su efecto a través del traspaso de las pérdidas a otras organizaciones, como en el caso de los contratos de seguros o a través de otros medios que permiten distribuir una porción del riesgo con otra entidad, como en los contratos a riesgo compartido.
- Asumir un riesgo, luego de que el riesgo ha sido reducido o transferido puede quedar un riesgo residual que se mantiene.

Para el manejo de los riesgos se deben analizar las posibles acciones a emprender. La selección de las acciones más conveniente debe considerar la viabilidad jurídica, técnica, institucional, financiera y económica y se puede realizar con base en los siguientes criterios:

- La valoración del riesgo
- El balance entre el costo de la implementación de cada acción contra el beneficio de la misma.

Para la ejecución de las acciones, se deben identificar las áreas o dependencias responsables de llevarlas a cabo, definir un cronograma y unos indicadores que permitan verificar el cumplimiento para tomar medidas correctivas cuando sea necesario.

Proceso 4: Mitigación de riesgos.

Una vez que un riesgo potencial ha sido identificado, los métodos de evaluación de riesgos se pueden utilizar para predecir lo que se espera y reducir del riesgo.

Cuando se combina con estimaciones de los costos del proyecto, los métodos de evaluación de riesgos pueden comparar los resultados de costo –beneficio de varios proyectos propuestos a ayudar a una empresa a determinar si el proyecto va a ser la mejor solución para el período de tiempo considerado. Después de los resultados de la valoración del riesgo, el siguiente paso es examinar los riesgos más significativos en el sistema, así como otras oportunidades para un control más eficiente de riesgos y

determinar las acciones preventivas o de mitigación. El proceso de evaluación de control y mitigación de riesgos puede implicar los siguientes pasos:

- Identificación de opciones de control del riesgo que disminuyen la probabilidad de un incidente de sistema de ductos, reducir las consecuencias, o ambos (es decir, preventiva o de mitigación actividades).
- Selección e implementación de la estrategia óptima para el control de riesgos.

Para el proceso de administración del riesgo se elaboró el formato 3, el cual se detalla en el anexo 8.

3.3.3 Etapa 3: Desarrollo del plan de acción del SGIA

El objetivo principal en esta etapa es desarrollar los requerimientos a cumplir para que el activo cumpla con su función y no genere daños prematuros para que posteriormente no requieran mayor inversión de mantenimiento e inspección en el activo. Los procesos que se debe realizar durante esta etapa son:

- Especificación técnica
- Estándares de ingeniería
- Procedimientos de trabajo
- Pruebas de control y aseguramiento de la calidad
- Plan de mantenimiento e inspecciones
- Garantías

Especificación técnica

Se debe revisar y corregir la especificación técnica de fabricación del ducto para detectar cuales fueron las posibles fallencias que generaron la falla prematura del ducto. Esta especificación debe ser elaborada por especialistas en protección contra la corrosión y con conocimiento de las etapas del sistema de gestión de integridad de

activos y así se garantice la funcionalidad y durabilidad del activo para lo que fue creado. El contenido de la especificación debe tener como mínimo lo siguiente:

- Objetivo y ámbito de aplicación
- Normas de referencia
- Especificación de los materiales
- Alcances del trabajo
- Recepción de recubrimientos
- Preparación de superficies del ducto
- Aplicación del sistema de recubrimiento en el ducto
- Control y aseguramiento de la calidad
- Garantías
- Señalización mediante de los ductos
- Requisitos de los fabricantes y proveedores

La especificación técnica para el caso en mención se adjunta en el anexo 3.

Estándares de ingeniería

Se debe elaborar estándares de ingeniería para su mantenimiento, donde se tengan los requerimientos técnicos para el proceso de mantenimiento del ducto. El contenido de los estándares de ingeniería debe cubrir los siguientes puntos:

- Descripción del ducto
- Condiciones de operación en servicio
- Pre -preparación de superficie
- Preparación de superficie
- Aplicación del sistema de recubrimiento
- Aplicación de la capa refuerzo
- Requisitos del personal aplicador
- Procedimiento de mantenimiento periódico
- Requisitos de los sistemas de recubrimientos

El estándar de ingeniería para el caso en mención se adjunta en el anexo 4.

Procedimientos de trabajo

Se considera varios procedimientos de trabajo para la integridad del activo, dentro de ellos tenemos:

- Inspección previa de la zona a trabajar en este caso el sistema de ductos, para la elaboración del informe de inspección de campo donde se debe detallar la condición actual del sistema de recubrimiento del ducto y las condiciones del lugar y las recomendaciones a seguir sobre la protección contra la corrosión del ducto que vaya de acuerdo a los criterios de la selección del sistema de recubrimientos industriales. Se detalla anexo 5.
- Procedimiento de mantenimiento del ducto, en él se debe considerar la preparación de superficie, aplicación, las normas a seguir, el plan de pintado, plan de retoques por daños, las condiciones de seguridad, salud y medio ambiente. Se detalla anexo 5. Finalmente se debe considerar los recursos que se debe usar y el cronograma de trabajo, para ello se solicita al contratista a cargo de los trabajos los requisitos según la inspección previa de la zona, antes de iniciar los trabajos se debe realizar una reunión donde se establezca las responsabilidades y las causas de las observaciones.
- Lista de mitigación actividades, se trata de acciones identificadas durante la primera evaluación de riesgos, que mejorará la fiabilidad del ducto, integridad y reducir el riesgo, estas acciones podría incluir actividades para prevenir derrames, proporcionar la detección temprana de derrames o minimizar las consecuencias.

Plan de inspección

En este proceso se debe realizar el plan de inspección para el control y aseguramiento de calidad, así como determinar las normas bajo las cuales se realizara las pruebas

que certifiquen el buen estado del recubrimiento en el ducto. Se detalla anexo 6.

A su vez se debe definir las funciones de los supervisores respecto a la frecuencia de los controles y reportar inmediatamente alguna observación sobre el proceso de trabajo, para su levantamiento inmediato.

Plan de mantenimiento e inspección

Se debe indicar el tipo de mantenimiento a realizar que pueden ser predictivo, preventivo y correctivo, e indicar cada qué periodo debe realizarse. Esto va depender de la política de mantenimiento de la empresa así como los recursos con los que se cuenta. Ver anexo 7.

Se debe tener establecido los periodos de inspección para que en base a ello se aplique la garantía del procedimiento de trabajo realizado por el contratista.

En este proceso se puede considerar iniciar nuevamente el plan de acción y desarrollar cada una de las etapas.

Plan de disposición final

Si el ducto está completamente deteriorado y se determina que ya cumplió su tiempo de vida, se debe retirar de la zona de operación, y elaborar un procedimiento de desecho o reciclado.

Las etapas 4 y 5 que se menciona en la figura 9 que corresponde a la implementación y la evaluación del plan de acción, pertenecen al sistema de gestión y no se tratara en el presente informe.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Aplicando el sistema de gestión de integridad de activos en recubrimientos industriales para la protección contra la corrosión del exterior de ductos en una planta de fraccionamiento de líquidos de gas natural (LNG), se logro mantener y prolongar el tiempo de vida útil del ducto, gracias a los requisitos establecidos durante el plan de acción se pudo coordinar y exigir al contratista a cargo de los trabajos de aplicación.
2. En el área de mantenimiento se logro ampliar los conocimientos técnicos en protección contra la corrosión, ya que para la elaboración del plan de acción se tuvo que investigar sobre las normas y estándares para la protección contra la corrosión. Así como mayor pro actividad de los supervisores y contratistas.
3. Gracias al sistema de gestión de integridad de activos implementado se puedo reducir los tiempos de administración, mantenimiento e inspección.
4. Se ha logrado mayor rentabilidad del activo y eficiencia del proceso ya que el funcionamiento adecuado no genera pérdidas, logrando la maximización de fiabilidad y mantenibilidad.
5. Se logró mayor control de la seguridad del proceso, de las personas y el medio ambiente debido al detallado análisis de las amenazas de integridad del SGIA.

4.2. Recomendaciones para la empresa

1. Desarrollar un sistema de gestión de integridad de activos para todas las área de las planta. Seguir los programas de mantenimiento e inspección acordados para optimizar la vida útil del activo

2. El sistema de protección contra la corrosión del ducto fue diseñado bajo las condiciones indicadas en la recopilación de datos cualquier variación del fluido puede afectar la vida útil.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. PAS 55 Publicly Available Specification, publicado por British Standard Institute, “Gestión de Activos” (2008)
2. Norma ASTM B31.8S, American Society of Testing and Materials, “Administración de la integridad del sistema de gaseoductos” (2001).
3. API Recommended Practice 580, American Petroleum Institute, “Risk-Based Inspection” (2009)
4. API Recommended Practice 581, American Petroleum Institute, “Risk-Based Inspection Technology” (2009)
5. Norma API 1160, managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines (2002)
6. Guía de administración del riesgo, Departamento Administrativo de la Función Pública de Colombia, Abril 2006

VI. ANEXOS

Anexo 1: Formato 1 de recopilación de datos, página 67

Anexo 2: Formato 2 de amenazas a la integridad, página 69

Anexo 3: Especificación técnica, página 71

Anexo 4: Estándar de ingeniería, página 107

Anexo 5: Procedimiento de trabajo, página 111

Anexo 6: Plan de inspección QA y QC, página 121

Anexo 7: Plan de mantenimiento e inspección, página 126

Anexo 8: Formato 3 de administración del riesgo, página 128

Anexo 1: Formato 1 de recopilación de datos

Formato 1: Recopilación de datos del activo		
Empresa:	Supervisor:	Area:
Activo:		Ubicación:
Registros de diseño y construcción		
¿Se cuenta con la especificación técnica de la estructura o equipo?		
Nombre:	Color:	Acabado:
Dimensiones:	Área (m):	Sustrato:
Apariencia:	%corrosión:	%daños:
Recubrimiento:	Capas:	EPS (*):
Planos:	Señalización:	Antigüedad:
QC:	QA:	Inventarios:
Detalles del recubrimiento		
Hojas técnicas del recubrimiento:		
Primera capa:	Segunda capa:	Tercera capa:
Proveedor:	Garantía:	Tiempo de diseño:
Preparación Superficie:	Tipo de aplicación:	Capa refuerzo:
Defectos:		
Otras observaciones:		
Registros de condiciones del lugar		
Climas:		
Actividad sísmica:		
Ambiente atmosférico (**):		
Otras observaciones:		
Datos del proceso		
Tipo de fluido:	Composición 1:	Composicion2:
Presión:	Temperatura:	Flujo:
Sistemas de Seguridad:	Sistema de detección:	Sistemas de emergencia:
Arranque:	Apagado:	Operación:
Otras observaciones:		
Registros de inspección y mantenimiento		
Tipos de inspección:		
Frecuencia:	Horarios:	Cantidad:
Resultados:	Alteraciones:	Fecha:
Otras observaciones:		
Tipos de Mantenimiento:		
Frecuencia:	Horarios:	Cantidad:

Resultados:	Alteraciones:	Fecha:
Cambios:	Reparaciones:	Fecha:
Otras observaciones:		

Registro de fallas

Daños:	Acciones:	Fecha:
Fallas:	Acciones:	Fecha:
Otras observaciones:		

Nota: (*) Espesor de Película Seca, () Según norma ISO 12944**

Anexo 2: Formato 2 Amenazas a la integridad

Formato 2: Amenazas a la integridad		
Empresa: Planta Fraccionamiento LNG	Supervisor: Ing. Muching	Área: Mantenimiento
Activo: Exterior del recubrimiento de ductos de LNG		Ubicación: Área 70-Linea de ductos
Mecanismos de daños: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión externa <input checked="" type="checkbox"/> • Corrosión interna <input type="checkbox"/> • Fractura por corrosión <input type="checkbox"/> • Defectos de fabricación <input type="checkbox"/> • Defectos de construcción <input type="checkbox"/> • Daños por terceros <input type="checkbox"/> • Operaciones incorrectas <input type="checkbox"/> • Fuerzas externas del clima y naturaleza <input type="checkbox"/> • Otros..... <input type="checkbox"/> 		Observaciones:
Modos de falla: <ul style="list-style-type: none"> • Perdida de fluido <input type="checkbox"/> • Contaminación del fluido <input type="checkbox"/> • Obstrucción del proceso <input type="checkbox"/> • Fuga <input type="checkbox"/> • Parada de planta <input type="checkbox"/> • Otros..... <input type="checkbox"/> 		
Probabilidades de falla: Tipos de daño para ductos <ul style="list-style-type: none"> • Composición <input type="checkbox"/> • Contaminantes <input type="checkbox"/> 		Estado del deterioro:

<ul style="list-style-type: none"> • PH del fluido <input type="checkbox"/> • Temperatura y presión <input type="checkbox"/> • Corrosividad atmosférica <input type="checkbox"/> • Corrosividad del suelo <input type="checkbox"/> • Propiedades mecánicas y químicas del metal <input type="checkbox"/> • Geometría del equipo <input type="checkbox"/> • Recubrimiento o revestimiento <input type="checkbox"/> • Otros..... <input type="checkbox"/> 	Observaciones:
<p>Consecuencias de falla:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efectos de seguridad y salud <input type="checkbox"/> • Los impactos en el medio ambiente <input type="checkbox"/> • Los impactos en la economía de la empresa <input type="checkbox"/> 	Observaciones:

Anexo 3: Especificación técnica**Especificación de Construcción****Para****PROTECCIÓN ANTICORROSIVA EN AMBIENTE
INDUSTRIAL**

Rev.	Fecha	Descripción y N°. de páginas Revisadas	Aprobado
10	Oct. 95	Reescrito con tratamiento de texto	J.P.N.
11	Oct. 97	Revisados esquemas de pintura	T.U.A.
11a	Feb. 98	Corrección de errores en pág. 1-8, 12, 13,20,22,23,25-27,30,33-38.	T.U.A.
11b	Jun. 98	Revisadas Págs. 5,8,11,13,18,20 a 23, 25 y 28 a 32	T.U.A.
12	Nov. 05	Revisados cuadros 1 y 2, puntos 4, 6.1.2, 6.3.5, 7.2, 7.6, 8.3.1, 8.5 y 11. Añadido 6.4	J.R.P.
13	Dic. 07	Revisión capítulos 8, 10 y 11. Actualizada normativa y reestructurado texto.	

INDICE

OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
NORMAS DE REFERENCIA
MATERIALES Y ESPECIFICACIONES
ALCANCE DEL TRABAJO
RECEPCIÓN DE PINTURAS
PREPARACIÓN DE SUPERFICIES
APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCION
CONTROL DE CALIDAD
GARANTÍAS
CROMATICIDAD, SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO
SISTEMA DE MEDICIÓN Y ABONO
ANEXOS

OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir la normativa a seguir en la elección del sistema de protección anticorrosiva más adecuado, al tipo y condiciones operativas / ambientales del elemento o equipo a proteger así como a las consideraciones a tener en cuenta en su aplicación, medición y control de calidad.

Este pliego contempla los sistemas de protección aplicables a la totalidad de las superficies metálicas nuevas a aplicar en trabajos de taller y campo y a los casos más frecuentes de repintado por mantenimiento.

La preparación y eventual protección de superficies metálicas en casos especiales (ebonitado, protección antiácida, etc.) no entran en el ámbito de este Pliego de Condiciones y son sin embargo objeto de atención en los Pliegos de Condiciones específicos.

NORMAS DE REFERENCIA

Generalidades

Es objetivo de la Propiedad establecer como especificaciones de aplicación para la homologación de pinturas las normas UNE.

Por otra parte, en tanto en cuanto no se elaboren las normas UNE correspondientes a determinadas pinturas, se especificarán estas y homologarán en base normas de reconocida calidad como INTA, CAMPSA, MIL o DIN.

Normas de referencia

Las normas de referencia que establece esta especificación son las siguientes:

- **CAMPSA M-01-03** **Pintura acrílica modificada.**
- **SSPC-PA1** **Shop, field and Maintenance Painting.**
- **SSPC-SP1** **Solvent Cleaning.**
- **SSPC-SP2** **Hand tool cleaning.**
- **SSPC-SP3** **Power tool cleaning.**
- **SSPC-SP12** **Limpieza con chorro de agua a alta presión.**
- **UNE EN ISO 15528** **Pinturas y barnices. Toma de muestras de productos líquidos.**
- **UNE 48103** **Pinturas y barnices. Colores normalizados.**
- **UNE 48258** **Evaluación de la degradación de los recubrimientos e pintura. Partes 1, 2, 3 y 4.**
- **UNE 48271** **Imprimación epoxi anticorrosiva, libre de plomo y cromatos.**
- **UNE 48293** **Imprimación de silicato de etilo, rica en zinc.**
- **UNE 48277** **Imprimación epoxi rica en zinc.**
- **UNE 48261** **Pintura epoxi modificada de aluminio y alto espesor.**
- **UNE 48295** **Pintura epoxi modificada con hierro micáceo.**
- **UNE 48274** **Pinturas de poliuretano alifático de acabado brillante.**
- **DIN 51604** **Líquido de ensayo FAM para materiales de polímeros.**
- **INTA 164402A** **Recubrimiento protector resistente al agua y a los combustibles líquidos.**
- **INTA 164408** **Pintura rica en cinc de silicato de etilo.**
- **MIL P 23236B** **Paint Coating systems, fuel and salt water ballast tanks.**
- **MIL C 4556 E** **Coating Kit, Epoxy, for interior of steel fuel tanks.**

- **UNE EN ISO 12944** **Protección de estructuras de acero frente a la corrosión. Partes 3, 7.**
- **UNE EN ISO 11124** **Preparación de sustratos de acero. Especificación de abrasivos metálicos. Partes 2, 3 y 4.**
- **UNE EN ISO 11126** **Preparación de sustratos de acero. Especificación de abrasivos no metálicos. Parte 3.**
- **UNE EN ISO 8501-1** **Preparación de sustratos de acero. Grados de corrosión.**

MATERIALES Y ESPECIFICACIONES

- A.** Los recubrimientos anticorrosivos se realizarán con pinturas que deberán cumplir los siguientes requisitos:
- El contenido en COV no debe ser superior a 0,33 kg/l.
 - No deben usarse pigmentos tóxicos que contengan plomo o cromatos.
 - El punto de inflamación estará por encima de 21 °C.
 - Productos especiales, para aplicaciones concretas, para los que no existe una norma de fabricación y que sobrepasan los valores anteriores, se pueden utilizar con la aprobación previa de la Propiedad.
- B.** Los tipos de pintura y sistemas de protección a emplear serán los indicados en el plano estándar PED-B-0204.
- C.** El Contratista deberá resolver cuantas dudas se originen para evitar una falsa interpretación de las diversas clases de preparación de superficies, número de capas, espesores máximos y mínimos, tipos y calidad de las pinturas, etc.
- D.** A estos efectos, antes de presentar la oferta, el Contratista deberá visitar las instalaciones y una vez evaluado el trabajo a realizar, prever los medios y herramientas a emplear, proponiendo si procede el sistema de preparación de superficies a efectos de seguridad de las instalaciones adyacentes. Deberá también tener conocimiento preciso de las limitaciones existentes y ajustarse a las exigencias de las mismas. No se admitirá después de adjudicar los trabajos, ningún tipo de reclamación por este concepto.
- E.** Con las ofertas deberán adjuntarse la relación de las designaciones y fabricantes de cada una de las pinturas a utilizar en la obra, que estarán homologadas o serán susceptibles de homologación. En Tabla 1 del Capítulo 12 se recogen los fabricantes y productos comerciales que la Propiedad considera aceptables.
- F.** Una vez realizada la adjudicación del contrato y en todo caso antes de comenzar los trabajos se entregarán las certificaciones pertinentes debidamente actualizadas, de acuerdo con lo indicado en el § 8.5.
- G.** Se retendrá el pago de las certificaciones del esquema o esquemas pendientes de la presentación de tales certificados.

ALCANCE DEL TRABAJO

- A.** Los equipos nuevos como válvulas, bombas, maquinaria, motores eléctricos, equipo eléctrico, instrumentos, etc., serán imprimados y acabados en taller de acuerdo con los requerimientos de esta especificación.
- B.** Las superficies bajo aislamiento requieren protección anticorrosiva cuando se den las siguientes circunstancias: Superficies de acero al carbono con temperaturas de operación desde - 45°C hasta 150°C. Se protegerán de acuerdo a los sistemas 9 y 10 del PED-B-0204.
- C.** Las siguientes superficies NO se pintarán a menos que específicamente, se indique lo contrario:
 - a. Superficies de acero al carbono de equipos aislados térmicamente, cuando estén sometidos en continuo a temperaturas por encima de 120°C.
 - b. Superficies de acero inoxidable, salvo que por estética se requiera su pintura.
 - c. Fábrica de ladrillo y hormigón vistos.
 - d. Recubrimiento exterior de líneas aisladas tanto de aluminio, acero galvanizado o acero inoxidable.
 - e. Planchas metálicas para aislamiento (tejados, etc.)
 - f. Hierro galvanizado en caliente y metales no féreos.
 - g. Hormigón y mortero antifuego a menos que se halle en un área de productos químicos muy agresivos.
 - h. Superficies mecanizadas y superficies de contacto con las juntas.
 - i. Todos los equipos adquiridos que hayan sido imprimados y acabados por el propio fabricante (instrumentos, paneles y pupitres de instrumentación, motores, etc.) Todo ese tipo de equipo no se tocará a menos que se requiera a fin de reparar daños en la pintura o para conseguir un color de acabado determinado.
 - j. Las placas de características o cualquier tipo de instrucciones especiales incluidas como parte del equipo.
 - k. Vástagos de válvulas, órganos móviles de equipo, órganos de engrase, ejes de bombas y compresores y, en general, cualquier superficie o equipo que normalmente vaya lubricado o tenga unas tolerancias de trabajo muy ajustadas.

- D.** Todas las superficies de acero que vayan a ser aisladas térmicamente deberán llevar la superficie tratada y/o imprimada de taller, en el caso de requerirse tal protección de acuerdo con lo indicado en el punto B.
- E.** Se considerará a todos los efectos que la temperatura de los soportes (faldones, patas, cunas, etc.) no excede de 60°C a menos que se indique expresamente lo contrario.
- F.** Las superficies que después del montaje o erección sean inaccesibles, se prepararán de acuerdo con esta especificación antes del montaje o erección. Las superficies de contacto de acero que vayan a ser unidas mediante pernos de alta resistencia permanecerán sin pintar, excepto en el caso en que la imprimación especificada sea pintura rica en zinc y en este caso la pintura se limitará tan sólo a la imprimación.
- G.** Estará incluido en los precios ofertados el pintado de todos los volantes de válvulas, tanto si éstas van aisladas como pintadas. El Contratista tendrá en cuenta, al preparar sus precios, que la Propiedad no pagará ningún sobrecosto por este concepto.

RECEPCIÓN DE PINTURAS

- A. El Contratista construirá en el emplazamiento que se designe, un almacén cuyas características satisfagan la legislación aplicable y las Normas de Seguridad de la Propiedad en donde queden debidamente depositadas y resguardadas las partidas de pintura. La Propiedad tendrá libre acceso al mismo.
- B. El Contratista transportará y manipulará por su cuenta, debidamente preparados y protegidos, todos los materiales necesarios hasta el almacén referido en anteriormente. Cada lote vendrá acompañado de la hoja de control del fabricante, en la que como mínimo constarán los valores de los parámetros de la pintura indicados en § 8.2. y del certificado de homologación de la correspondiente norma.

A la llegada de cada partida de pintura, avisará a la Propiedad por si procede la toma de muestras, y las pondrá en el almacén.

- C. Cuando el Contratista requiera el uso de cualquier tipo de disolvente por considerar necesario su empleo, solicitará la aprobación de la Propiedad, pormenorizando detalles sobre recepción, lugar de almacenaje y uso.
- D. La toma de muestras para comprobación de parámetros en cada lote, se hará en presencia del Jefe de Obra del Contratista y consistirá en extraer de la partida según los requerimientos de la norma UNE EN 21512, producto suficiente para llenar dos recipientes de un litro cada uno a los que previamente se habrá adherido sendas etiquetas con la identificación del fabricante, denominación de la pintura, número de lote o fabricación, fecha de recepción y firma del Jefe de Obra y del Supervisor de la Propiedad. Uno de los recipientes quedará depositado en la sección de Inspección de la Propiedad hasta la llegada del certificado de identificación correspondiente. El otro se enviará a un laboratorio independiente, de reconocida solvencia, agradable a ambas partes, para proceder al ensayo de identificación con normas. Sus dictámenes serán inapelables. Los controles a realizar sobre las muestras serán los que se indican en el § 8.2.
- E. Cuando el dictamen de identificación resulte desfavorable, siquiera parcialmente, se comunicará al Contratista que procederá, a eliminar la capa o capas de protección dadas con producto procedente de la partida objeto de dictamen negativo, en el caso que se hubiera comenzado el proceso de aplicación

- F.** Todos los materiales y mano de obra empleados para proceder a la sustitución de la pintura rechazada serán por cuenta del Contratista, así como los ensayos cualquiera que fuese el resultado y que serán facturados por la Propiedad al Contratista a su coste.

PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

Eliminación de aceites, grasas y productos solubles

Esta operación se realizará de acuerdo con los requerimientos expresados en el estándar PED-B-0204 para cada sistema de pintado.

- A. Antes de aplicar una mano de pintura, la superficie a proteger estará limpia y perfectamente seca, lo que significa que estará exenta de polvo, barro, salpicaduras de hormigón, aceite, grasa, incluyendo como tal la protección anticorrosiva para transporte o cualquier tipo de elemento contaminante. Esto resulta aplicable tanto a la primera mano de imprimación como a las sucesivas hasta completar el esquema.
- B. Cuando la limpieza en seco no resulte posible, como en el caso de presencia de barro, en el caso de líneas en ambiente marino, o cuando puedan existir depósitos de sales solubles previa cuantificación de las mismas (si bien los valores admisibles dependen del sistema de protección, se podría tomar como referencia 40 mg/m² como máximo), la superficie a pintar será lavada con agua dulce hasta completar la limpieza y a continuación será secada. Para sistemas de inmersión (interior de tanques de almacenamiento) el valor máximo de sales presentes será de 30 mg/m².
- C. La limpieza de materias no solubles se realizará según lo indicado en la norma SSPC-PS1 *Solvent cleaning*.

Decapado

Cuando las superficies presenten una mano de protección que a juicio del Contratista no ofrezcan garantía o no se ajuste al esquema de protección previsto según las circunstancias de operación o ambiente, la Propiedad, a propuesta del Contratista, decidirá su eliminación mediante decapado o cualquier otro procedimiento efectivo debiendo tomarse especiales precauciones de eliminar cualquier residuo, que posteriormente pueda causar daño a las instalaciones de suelo y drenajes, mediante lavado, abundante con agua u otro líquido neutralizante.

El Contratista incluirá en su oferta precios de decapado para estos casos.

Eliminación de óxido y cascarilla

- A. Se admiten tres tipos de procedimiento para la eliminación de restos de pintura, óxido y cascarilla desprendida:

- Chorro de agua a presión - se emplea en aquellos sistemas de aplicación en mantenimiento de elementos y equipos existentes en la unidad, donde otros procedimientos podrían requerir permisos especiales de trabajo o interferir la operatoria de la planta.
 - Limpieza mecánica o manual - se emplea en aquellos sistemas de aplicación en mantenimiento donde no se debe interferir con la operatoria de la unidad, y en los elementos o equipos de nueva instalación donde el chorro abrasivo ocasionaría problemas en el resto de trabajos de construcción.
 - Limpieza por chorro abrasivo - se emplea en elementos y equipos nuevos en los que se requiere una excelente preparación superficial y por realizarse en taller o en lugares de la planta alejados de los procesos productivos no interfiere con ningún otro trabajo.
- B.** Antes de proceder al rascado y/o cepillado o chorreado abrasivo el Contratista comprobará el tipo de superficie en donde va a trabajar comparándolo con los patrones establecidos en la norma UNE-EN ISO 8501-1:
- B.1 Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión.
 - B.2 Superficie de acero con principio de corrosión y en la que la capa de laminación comienza a despegarse.
 - B.3 Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o en la que la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles.
 - B.4 Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y donde se han formado en gran escala cavidades visibles.

Chorro por agua a alta presión

Se realizará este tipo de preparación cuando sea requerido por el correspondiente sistema de pintura, llevándose a efecto con agua dulce a presión superior a 700 atmósferas de acuerdo con la norma SSPC-SP12.

Limpieza mecánica o manual

De aplicación en los sistemas que lo requieran y previa limpieza según 6.1.

Los grados que se consideran son de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 8501-1:

- St 2 Raspado, cepillado manual con cepillo de acero, cepillado a máquina, esmerilado a máquina, etc. De una manera minuciosa. Mediante el tratamiento se quitarán las capas sueltas de laminación, el óxido y las partículas extrañas. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Entonces deberá adquirir un suave brillo metálico. El aspecto deberá coincidir con las figuras con la designación St 2.
- St 3 Raspado, cepillado con cepillo de acero, cepillado a máquina, esmerilado a máquina, etc. De una manera muy minuciosa. La superficie se tratará como en el grado St 2 pero de una manera mucho más minuciosa. Después de quitar el polvo, la superficie deberá presentar un claro brillo metálico y su aspecto deberá coincidir con las figuras con la designación St 3.

Limpieza por chorro abrasivo

- A.** Se realizará esta operación con chorro abrasivo seco. Mediante la proyección de abrasivos seleccionados, a través de una tobera, impulsados por chorro de aire o por proyección centrífuga.
- B.** Los abrasivos que se usen serán seleccionados de modo que pasen por tamiz de criba estándar. Los abrasivos podrán ser metálicos (granalla esférica y angular según UNE-EN ISO 11124 partes 2,3 y 4) y no metálicos (escoria del refinado de cobre según UNE-EN ISO 11126 parte 3). El tamaño de abrasivo a usar en cada caso deberá ser tal que la huella que produzca sobre la superficie tenga una altura determinada (o bien la diferencia en altura entre el nodo y el valle microscópico). Existe una relación entre el tamaño, forma de la partícula y su modo de aplicación con el perfil de chorreado obtenido. La rugosidad mínima a obtener para los sistemas indicados en la tabla PED-B-0204 debe ser BN10a del rugotest n° 3 (equivalente a $Ra=12,5 \mu m$), salvo en los que específicamente se requiera un valor de rugosidad Ra (Esquemas 11 al 16 y 19).
- C.** Si la proyección se efectúa por aire, éste no deberá contener agua o aceite en cantidades tales que al salir se condense. Únicamente se podrán chorrear superficies de metal cuya temperatura esté como mínimo 3°C por encima del

punto de rocío. La humedad relativa del aire no será superior al valor máximo indicado por el fabricante de la pintura.

La presión de chorreado en la tobera será como mínimo de 5 kg/cm².

- D.** Las superficies recién chorreadas se corroen casi de inmediato, en especial en zonas de gran humedad (más del 50% de humedad relativa), o atmósfera salina, por este motivo, es obligatorio que no se chorree en un día más superficie de la que se pueda imprimir ese mismo día. Se dejará una zona de 250 mm sin pintar, pero chorreada, entre la zona pintada y la no chorreada. Esto se hará a fin de evitar que se incruste granalla en la capa de pintura recién seca, al comenzar de nuevo el trabajo de chorreado.

En el momento de limpiar la superficie, la zona de 250 mm necesitará tan solo un chorreado de cepillado para eliminar el óxido. Tal limpieza se efectuará manteniendo la tobera en dirección opuesta a la superficie ya pintada.

En el interior de tanques deberán utilizarse deshumidificadores, para mantener la humedad relativa inferior al 55%.

- E.** Tras el chorreado, la superficie se limpiará cuidadosamente de polvo, teniendo cuidado con las bolsas y cavidades, tanto si se limpia por vacío, como por aire a presión o por cepillado con brocha suave. En interiores de tanques de almacenamiento, las paredes y suelo deberán limpiarse por aspiración (vacío).

La superficie cepillada será inspeccionada, a fin de constatar que está libre de aceite y grasa y, de ser necesaria, se efectuará una limpieza local con disolventes adecuados.

- F.** Los criterios de aceptación de las superficies chorreadas se regirán por la norma UNE-EN ISO 8501-1:

Sa 1 Chorreado ligero. Se quita la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas.

Sa 2 Chorreado minucioso. Se quita casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas. Se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio. Deberá adquirir un color grisáceo.

Sa 2 ½ Chorreado muy minucioso. Las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos sólo

aparezcan como ligeras manchas o rayas. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio. En el caso de interior de tanques la limpieza de paredes y suelo se realizará por aspiración (vacío).

Sa 3 Chorreado a "metal blanco". Toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio. Deberá adquirir un color metálico uniforme.

G. Antes de proceder a la limpieza/de superficie, el Contratista desmontará los elementos delicados que puedan ser dañados por esta operación, como por ejemplo las rejillas de las plataformas donde estuvieran montadas, y volverá a colocarlas como estaban una vez terminada la operación de pintado. El coste de estas operaciones estará incluido en los precios ofertados.

H. El Contratista será responsable de hacerse cargo de los clips de sujeción de las rejillas o elementos similares cuando ejecute el desmontaje. Si al efectuar éste encontrara falta de clips lo comunicará al Representante de la Propiedad, con el fin de que éste proceda a facilitar dicho material.

Se hace la salvedad que si el Contratista hiciese caso omiso a este punto, la Representación de la Propiedad después de inspeccionar el trabajo realizado y notase la falta de clips de sujeción, pasará el cargo correspondiente a dicha falta.

I. Si la comprobación de presencia de sales realizada al inicio del chorro abrasivo da valores no satisfactorios, el proceso operativo se realizaría de la forma siguiente:

- Realización de un chorro abrasivo suave.
- Eliminación de las sales con agua dulce a presión (mínimo 200 atm).
- Realización de un chorro abrasivo al grado especificado.
- Continuación del proceso.

Amolado de bordes

Todos los bordes y aristas vivas deberán ser redondeados (radio > 2 mm) eliminando todas las imperfecciones de las soldaduras, tal como se indica en la norma UNE-EN ISO 12944 parte 3.

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCION

Utilización de disolventes

- A.** A menos que sea necesario para su correcta aplicación, no se añadirá a las pinturas disolvente alguno. Así, las pinturas de aplicación por proyección si no están especialmente preparadas para ello, podrán necesitar el añadido de disolventes, cuando por las condiciones del equipo de aplicación o de la presión del aire, se presuma que la aplicación no va a ser satisfactoria.
- B.** El tipo de diluyente estará de acuerdo con la especificación del fabricante de la pintura.
- C.** Cuando se tenga que añadir diluyente, éste se añadirá sólo durante el período de mezcla de las pinturas; se entiende que los pintores no añadirán diluyente alguno a la pintura después de que ésta haya sido diluida a su consistencia correcta. Además, es preceptivo que la dilución la haga alguien familiarizado con la cantidad y tipo de diluyente a usar, y siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

Consideraciones generales

- A.** La aplicación de capas protectoras se efectuará como norma general, de acuerdo con las instrucciones dadas en la especificación SSPC-PA1, suplementada ésta con la recomendación del fabricante de la pintura. En los casos en que las instrucciones aparezcan de forma permisiva es decir en términos "recomendado", etc. éstas deberán considerarse mandatorias. En los casos de pinturas especiales como pinturas de silicato de zinc inorgánico, se seguirán rigurosamente las instrucciones del fabricante.
- B.** La capa (o capas) de imprimación se aplicará preferentemente a pistola. Las capas siguientes y la de acabado se aplicarán mediante la combinación de varios de los métodos siguientes:
 - **Rodillo,**
 - **Pistola,**
 - **Pistola no aerográfica.**

Para elegir el método de aplicación, se tendrá en cuenta la recomendación del fabricante para el tipo particular de pintura a aplicar.

- C.** No se comenzará ningún trabajo de aplicación o se interrumpirá si hubiese comenzado, sin cargo alguno para la Propiedad en los siguientes casos:
- Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, con la excepción de las pinturas que sequen por evaporación de un disolvente, pinturas éstas que se pueden aplicar incluso con temperaturas ambiente de 2°C. Sin embargo no se aplicará la pintura en ningún caso, si se prevé que la temperatura ambiente va a caer por debajo de 0°C antes de que la pintura se haya secado totalmente.
 - No se aplicará pintura sobre una superficie de acero cuya temperatura sea inferior en 3°C al punto de rocío, o que se encuentre a menos de 2°C. Tampoco se aplicará pintura sobre acero, a una temperatura superior a 60°C; a menos que se trate de una pintura específicamente indicada para ello. No se aplicará pintura alguna sobre acero que se halle a una temperatura tal que ocasione burbujas o porosidades y otro tipo de fenómeno cualquiera que vaya en detrimento de la vida de la pintura. Cuando se pinte acero en tiempo cálido, deberán tomarse las precauciones adecuadas para asegurar que se alcanza el espesor de pintura adecuado.
 - Cuando llueva, nieve, haya niebla, vientos racheados con proyección de arena o cuando la humedad relativa sea mayor del 85%. Tampoco se aplicará sobre superficies húmedas o mojadas, ni sobre superficies con capa de hielo. La existencia de agua o hielo en estas superficies deberá ser adecuadamente constatada para evitar el pintado en tales condiciones.
 - Cuando la Propiedad lo requiera por necesidades de operación o mantenimiento de las unidades productivas.
- D.** En caso de que se deba aplicar pintura en tiempo húmedo o frío, se tendrá que pintar cubriendo o protegiendo adecuadamente la superficie a pintar, o bien se calentará el aire ambiente hasta una temperatura aceptable.
- E.** En caso de que la pintura aplicada esté expuesta a heladas, humedad excesiva, nieve o condensaciones, deberá asegurarse el secado. Las zonas dañadas por esta causa serán reparadas eliminando la pintura, preparando nuevamente la superficie y repintando con el mismo número de capas y pintura análoga al resto de las superficies.

- F.** En la medida de lo posible, las capas de pintura se aplicarán de modo que quede una capa continua y uniforme en espesor y libre de poros, gotitas o áreas de mala aplicación. En este último caso, a juicio de la entidad encargada del control de calidad, se repintará la zona y se dejará secar antes de aplicar la capa siguiente de pintura, sin coste adicional para la Propiedad.
- G.** Antes de pasar de una fase a otra, tanto en la preparación de superficie como el pintado, cuando estas superficies sean de dimensiones considerable (depósitos, intercambiadores, tuberías de gran diámetro, etc.) se deberá obtener la aprobación de la persona que designe la Propiedad y en superficies pequeñas ajustarse a las normas establecidas. Si se observa que un operario está realizando el trabajo sin cumplir las especificaciones, se considerará incorrecta toda la labor realizada durante ese día por el mismo, y se rehará el trabajo por cuenta del Contratista. En caso de reincidencia, o sin necesidad de la misma, en casos de negligencia grave, se exigirá al Contratista que desplace a dicho operario a misiones ajenas a las que fueron motivo de la falta.
- H.** En todas las reparaciones de superficie mediante chorreado, se deberá obtener la autorización correspondiente por escrito antes de aplicar la primera mano de imprimación.
- I.** En pinturas bicomponentes no se permitirá la realización de mezclas parciales, debiéndose mezclar los envases completos preparados por el fabricante. En el caso de aplicaciones en superficies reducidas, el fabricante suministrará envases de tamaño pequeño, para poder cumplir este requerimiento.
- J.** Cada preparación de mezcla quedará documentada en una hoja de control en que constará al menos la siguiente información: fecha, elemento a revestir, tipo pintura, número de lote, hora de realización, método aplicación y firma del responsable.
- K.** En todos los casos, las capas sucesivas estarán diferenciadas en color o tonalidad, claramente distinguibles visualmente.

Aplicación por proyección

- A.** El equipo a usar será el indicado para tal propósito, es decir, tendrá unas condiciones tales que dé una adecuada atomización de la pintura, y en especial, estará equipado con reguladores o manorreductores de presión. Las salidas de aire, toberas y agujas a usar serán precisamente las recomendadas por el

fabricante del equipo que se vaya a utilizar. Se dispondrá el equipo en las condiciones óptimas para la aplicación adecuada de la pintura.

- B.** A fin de eliminar condensados y/o aceite se proveerá al aparato de proyección de las trampas y separadores adecuado en calidad y tamaño, para asegurar la calidad de la operación. Se drenarán periódicamente, de forma que el aire proyectado a la superficie a pintar, no muestre signo alguno de condensados de agua y/o aceite.
- C.** La mezcla a proyectar se mantendrá adecuadamente mezclada en los contenedores del aparato durante la aplicación, por medio de una agitación mecánica continua a 100-200 r.p.m., prestando especial atención, a este aspecto, cuando se trate de imprimaciones ricas en cinc.
- D.** La presión sobre el material del bote de pintura, y la del aire en la pistola se ajustarán para alcanzar el óptimo de aplicación. Se ajustará la presión en el bote, las veces que sea necesario por los cambios de elevación de la pistola, manteniéndose ésta lo suficientemente elevada para asegurar una apropiada atomización de la pintura, pero se evitará que sea tan alta como para ocasionar excesiva nebulización, evaporación excesiva de disolvente o pérdidas por exceso de proyección.
- E.** El equipo de proyección se mantendrá limpio, de forma que no se depositen sobre la película restos de pintura seca o suciedad. En caso de tener algún disolvente en el aparato, se eliminará cuidadosamente antes de aplicar la pintura sobre la superficie.
- F.** Se aplicará la pintura en capas uniformes solapando adecuadamente unas capas con otras. La silueta de proyección se ajustará de modo que la pintura se deposite uniformemente. Durante la operación, la pistola se mantendrá perpendicularmente a la superficie y a una distancia que asegure la aplicación de una capa húmeda de pintura. Tras cada pasada de pistola se aflojará el gatillo.
- G.** Los goterones y gotas de sudor que se produzcan serán inmediatamente extendidos con brocha, o se limpiará y repintará la superficie.
- H.** Las zonas inaccesibles a la pistola se pintarán a brocha, si no son accesible a la brocha se podrán usar gamuzas o elementos similares.

Se usarán así mismo, brochas, para pintar ranuras, grietas o huecos ciegos que no puedan pintarse adecuadamente a pistola.

Consideraciones adicionales para aplicación en taller

- A. Las partes de acero que deban soldarse después de pintadas, se dejarán con un margen de 50 mm en los bordes de las zonas a soldar. Sin embargo, estas zonas deberán tener un tratamiento superficial y una limpieza análoga al resto de la superficie.
- B. Todos los equipos, excepto los construidos *in situ*, se deberán chorrear e imprimir en taller, de acuerdo con los sistemas de pintado del estándar PED-B-0204.
- C. Las marcas o señales necesarias para la prefabricación y montaje se realizarán sobre las superficies pintadas en taller, a menos que se usen etiquetas

La pintura utilizada para este propósito será compatible con la pintura de taller y no deteriorará la vida útil de ésta.

Las medidas recomendadas para las marcas serán de acuerdo con la tabla siguiente:

<u>Tamaño del elemento (tubería, perfil, etc.)</u>	<u>Medida</u>
4" ó 100 mm y menores	25 mm
Superior a 4" ó 100 mm y hasta 12" ó 300 mm	35 mm
Más de 12" ó 300 mm	50 mm

Consideraciones adicionales para aplicación en obra

- A. Es obligación del Contratista cubrir adecuadamente los instrumentos, equipos, cajas de derivación, etc, que no han de pintarse, para evitar que les caiga pintura.
- B. Las partes de acero no pintadas en taller serán limpiadas e imprimadas antes de la aplicación de las capas de acabado. En el caso concreto de las superficies próximas a las soldaduras se limpiarán éstas con disolventes de acuerdo con SSPC-SP1 y después se rascarán de acuerdo con SSPC-SP2 o SP3. En el caso de tanques y esferas esta preparación se realizará con chorro abrasivo.

- C.** Las ranuras y grietas se rellenarán con masilla de adecuadas propiedades y compatibles con el sistema de pinturas.
- D.** La pintura húmeda se protegerá contra oxidación u otros daños cualesquiera.
- E.** Los daños en propiedades ajenas, vehículos, peatones y partes de las estructuras, motivados por operaciones de pintado, serán responsabilidad del Contratista.
- F.** Los instrumentos, niveles, superficies mecanizadas, etc., se protegerán de salpicaduras de pintura, siendo por cuenta del Contratista la eliminación de goteos que marquen con colores otros elementos de la planta.
- G.** Los equipos y/o tubería de presión no se pintarán hasta la finalización de los tratamientos térmicos y ensayos no destructivos. En la tubería, las soldaduras y finales de tubería deberán taparse adecuadamente, para evitar su pintado, que se realizará después de las pruebas de campo correspondientes.
- H.** Los equipos o elementos pintados en taller (imprimación o intermedias) se tratarán en campo, una vez instalados, según requiera el sistema de pinturas correspondiente.
- I.** Únicamente se permitirá la preparación de mezclas y utilización de pistolas de aplicación a las personas que el Contratista comunique por escrito previamente a la Representación de la Propiedad.
- J.** En todos los casos, las capas sucesivas estarán diferenciadas en color ó tonalidad, claramente distinguibles a la vista.

CONTROL DE CALIDAD

Alcance

El alcance del control de calidad debe abarcar tanto la aplicación en campo como la aplicación en taller.

El Contratista incluirá en su oferta el coste de todos los ensayos o análisis que se requieran en este capítulo, teniendo en cuenta que deben ser realizados por una entidad independiente con laboratorio propio adecuado para efectuar estos análisis y ensayos de pinturas, resinas y revestimientos.

Con la oferta se indicará la entidad seleccionada que deberá ser aprobada por la Propiedad.

La Propiedad dispondrá de supervisores de obra o inspectores en taller que controlaran todo el proceso de recepción, análisis, preparación y aplicación para certificar el cumplimiento de todos los requerimientos contenidos en esta especificación.

En el caso de obras en las que el trabajo de pintura tiene un volumen pequeño, a criterio de la Propiedad, se podrá prescindir de la entidad independiente de control, realizándose este control de calidad directamente por Supervisión de Construcción o por el departamento de Inspección del Complejo que corresponda.

Todos los ensayos y análisis realizados por la entidad que efectúe el control de calidad, serán entregados a Supervisión de Construcción y a la Representación de la Propiedad.

El fabricante de la pintura visitará la obra con la frecuencia que necesite la misma (mínimo una vez al mes), para cumplir la garantía expuesta en el Capítulo 9.

Por cada visita se emitirá un informe, que se enviará al Representante de la Propiedad.

Control de pintura líquida

Las muestras se tomarán, de acuerdo a lo requerido en la norma UNE EN ISO 15528, en cada lote que se vayan a utilizar en campo o taller.

Sobre 5% de las muestras tomadas se realizarán las siguientes medidas o ensayos:

- Identificación
- Materia fija de cada componente.
- Vehículo fijo de cada componente.

- Peso específico de la mezcla.
- Contenido de cinc metálico (sólo pinturas ricas en Zn).
- Temperatura de inflamación de cada componente.
- Viscosidad de los componentes pigmentados.

Control en la pintura aplicada

- A.** El aspecto superficial de la pintura será liso y uniforme.
- B.** Control de espesores
- a. Las mediciones se efectuarán sobre capa seca, según norma UNE 48031.
 - b. Por espesor mínimo total de película seca requerido en un sistema compuesto por dos o más manos se define como la suma de los mínimos requeridos en cada mano, mayorada en un 15%.
 - c. En cada elemento individual mayor de 200 m², por cada 200 m² o fracción se tomará una cuadrícula al azar de 1 m² contenida en esa superficie en donde, a intervalos de 0,5 m el Contratista realizará en presencia de la Propiedad, 9 medidas de espesor. Se despreciarán los 2 valores inferiores y si de los 7 restantes alguno es inferior al espesor mínimo estipulado, se repetirá el ensayo de toma de espesores en otra cuadrícula 1 m² escogida al azar dentro de la superficie de 200 m² estudiada. Si de las nuevas 9 medidas tomadas, una sola es inferior al espesor mínimo estipulado, el Contratista queda obligado a dar como mínimo una mano adicional de acabado a la zona de 200 m² considerada, con pintura de idéntico color y naturaleza a la última del esquema, siendo el coste a su cargo.
 - d. En cada elemento individual menor de 200 m² por cada 50 m² se tomará al azar una cuadrícula de 0,5 m de lado contenida en esa superficie, en donde se tomarán 5 mediciones, una en cada vértice y otra en el centro. Se despreciarán los dos valores más bajos y con el resto se seguirá el mismo criterio indicado en c.
 - e. En tuberías, cada 200 m se harán 9 mediciones en puntos tomados al azar en sus superficies. Se despreciarán los dos valores inferiores y con el resto se seguirá el mismo criterio indicado en c.

- f. Los aparatos de control serán calibrados diariamente antes de proceder a las medidas.

C. Control de la adherencia

Se realizará el ensayo de adherencia según normas ASTM D 3359 (rayado) o UNE EN 24624 (tracción). En los sistemas para inmersión se determinará la adherencia a tracción, el valor mínimo admisible será de 4 MPa. En el resto de sistemas lo más usual es utilizar el rayado cruzado, cuyos valores mínimos deben ser 3A o 3B según el caso.

D. Control de la porosidad

Este ensayo servirá para la inspección de pequeños defectos, poros, raspaduras, etc y es de obligada aplicación para sistemas destinados a inmersión, donde no debe encontrarse ningún poro. El voltaje a usar, en el aparato de medida, será proporcional al espesor.

E. Control de curado

Cuando un sistema debe ser utilizado para inmersión, el ensayo en campo, se realizará mediante algodón impregnado en acetona.

F. Control de contenido de zinc metálico

Se tomará, a criterio de la Representación de la Propiedad, tanto en taller como en obra, muestras de imprimación rica en zinc, para el análisis, en laboratorio, del contenido de zinc metálico, siguiendo los criterios recogidos en § 8.2 para resto de pinturas.

Controles sobre probetas representativas

- A.** Simultáneamente con la aplicación del sistema de protección seleccionado, al equipo o elemento que corresponda, se recubrirán en el lugar de aplicación, un juego de probetas, perfectamente identificadas, que representarán fielmente el trabajo de aplicación realizado.

En el caso de imprimaciones aplicadas en taller, se preparará un juego de probetas por cada lote de pintura utilizada con un mínimo de tres juegos por equipo, en el caso de tanques y esferas.

Las probetas se recubrirán en presencia de la entidad de inspección indicada en § 8.1 y se dejarán secar preservándolas de polvo, arena, etc.

Cada juego de probetas constará de 2 probetas y las dimensiones de cada una serán 75 mm x 140 mm x 4 mm de espesor.

En el caso de estratificados se prepararán probetas de 75 x 140 milímetros sin fibra y adicionalmente otras de 300 x 300 milímetros y 6 mm de espesor con el sistema completo (estratificas), aplicado en las mismas condiciones que el resto de la obra.

Se ensayaran un 15% de las probetas confeccionadas según los criterios anteriores.

B. El número de probetas a tomar dependerá del volumen de la obra y estará a discreción de la Representación de la Propiedad, que tomará como guía las siguientes pautas:

I. Tanques

- hasta 20 metros de diámetro:
2 juegos de probetas para el exterior.

2 juegos de probetas para el interior.
- entre 20 y 50 metros de diámetro:
2 juegos de probetas para el exterior.

4 juegos de probetas para el interior.
- mayor de 50 metros de diámetro:
3 juegos de probetas para el exterior.

6 juegos de probetas para el interior.

II. Otros equipos y/o tuberías:

2 juegos de probetas por cada 1000 metros cuadrados de superficie protegida.

C. Los ensayos a realizar sobre las probetas serán los siguientes:

I. Sistema para exterior:

- Espesor.
- Envejecimiento acelerado (OUV).
504 h Acabado Poliuretano.

240 h Acabado epoxi.

168 h Acabado acrílico-vinílico.

- Adherencia.
- Identificación de la capa de acabado por FT-IR.
- Resistencia química.

II. Sistemas para inmersión:

- Espesor.
- Adherencia.
- Dureza.
- Identificación de la capa de acabado por FT-IR.
- Resistencia química según certificación de la pintura.
- Grado de curado (>95%).

III. Probetas de imprimación:

- Espesor.
- Adherencia.
- Resistencia a la inmersión en agua destilada.
- Niebla salina (720 horas).

Certificados del Fabricante de la pintura

Todas las pinturas deberán haber sido homologadas por una entidad independiente, que certifique su fabricación de acuerdo a la norma que el PED-B-0204 requiera.

Esta certificación tendrá vigencia durante 5 (cinco) años, en tanto en cuanto no se modifiquen las composiciones, los procesos de fabricación o la norma correspondiente, y todos los ensayos realizados, con estos productos, en obras anteriores hayan resultado satisfactorios.

GARANTÍAS

El Contratista, conjunta y solidariamente con el fabricante de la pintura, garantizará durante el tiempo que a tal efecto haga constar la Propiedad, el resultado de los trabajos que efectúe contra todo defecto, comprometiéndose ambos, en este plazo, a reparar o volver a ejecutar libre de gastos para la Propiedad, cuantas deficiencias pudieran observarse y en las debidas condiciones técnicas.

La Propiedad considera que por necesidades de operación y mantenimiento de las distintas plantas, el período de garantía no debe ser inferior a 5 (cinco) años cuando la preparación de superficies sea con chorro abrasivo y de 3 (tres) años cuando la preparación de superficies sea manual.

Para protección de tanques (exterior / interior) y esferas esta garantía será de 10 (diez) años.

Garantía de inalterabilidad

Se entiende como el período de tiempo, en años, contado a partir de la aceptación del trabajo por la Propiedad, durante el cual se mantenga el estado superficial mejor que el grado Ri0 de la norma UNE 48258 Partes 1, 2, 3 y 4.

En caso de desviación desfavorable de este grado, es decir, cuando la corrosión sea equivalente al grado Ri1, de la mencionada norma. La Propiedad puede exigir al Contratista que efectúe las oportunas reparaciones mediante parcheado aplicando posteriormente una mano general de acabado. En caso de que el Contratista no accediera o no lo conviniera, La Propiedad se lo encargará a otros, deduciendo su importe de la retención contractual que a estos efectos se establezca en el contrato correspondiente.

Garantía de permanencia del sistema

Se entiende como el período de tiempo, en años, en que el acabado puede dejar al descubierto más de un 5% del sistema de imprimación. Para su reparación, que será a cargo del Contratista, se aplicarán las manos generales de acabado que sean precisas. A estos efectos se debe tener en cuenta lo indicado en § 9.1 y las normas INTA 160275-160274.

La evaluación del comportamiento de los recubrimientos a través del tiempo puede realizarse según lo indicado en la norma UNE EN ISO 12944-7.

Garantía de permanencia del color

Se entiende como el período de tiempo, en años, en que el color de la pintura no debe sufrir una degradación o cambio acentuado de tonalidad. En caso de que así ocurriese, el Contratista, por su cuenta, aplicará una mano general de acabado.

CROMATICIDAD, SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO

- A.** A continuación se indican los colores de las pinturas a emplear en las últimas manos de la protección anticorrosiva de líneas y recipientes o en su identificación por franjas.

Las líneas se han clasificado en ocho grupos como sigue:

Grupo	Color base	Nº RAL
Proceso	Aluminio	RAL 9006
Agua	Verde	RAL 6002
SCI	Rojo	RAL 3000
Aire	Azul	RAL 5019
Nitrógeno	Gris	RAL 7030
Gas de antorcha	Amarillo	RAL 1021
Vapor	Naranja	RAL 2010
Productos químicos	Blanco	RAL 9010

Las líneas (y eventualmente equipos, en el caso de servicios auxiliares) NO AISLADAS se pintarán en su totalidad de acuerdo con los sistemas del plano estándar PED-B-0204, con las manos de acabado según el color base de cada grupo, salvaguardando el tintado diferencial según Esquema 2 (ver Capítulo 12).

Las líneas (y eventualmente equipos, en el caso de servicios auxiliares) AISLADAS, se franjeará en color base sobre la chapa de protección (acero galvanizado ó aluminio), de acuerdo con Esquema 2 (ver Capítulo 12).

- B.** Las válvulas de bloqueo en todas las líneas se acabarán en aluminio sintético o anticorrosivo cuando proceda. A las válvulas automáticas se les dará el tratamiento especificado para los equipos mecánicos.
- C.** Para diferenciar las líneas de cada uno de los grupos enunciados, de acuerdo con el fluido trasegado, se dispondrá una franja identificativa anular compacta

de color rojizo fuerte (RAL 3009), ejecutada sobre el color base según Esquema 2 (ver Capítulo 12). Sobre esta franja se rotularán los caracteres negros alfabéticos correspondientes al producto en cuestión de acuerdo con su código identificativo (ver Capítulo 12).

D. La franja identificativa se colocará en los siguientes lugares:

- A ambos lados de una válvula.
- A ambos lados de un codo.
- A ambos lados de un juego de bridas.
- En los tres extremos de una te o injerto.
- A 25 cm del terreno, cuando la línea se entierre.
- A ambos lados de un fuelle o liras de expansión.
- Cada 50 m en tramos rectos sin accesorios.
- Caso de ser la distancia entre dos franjas pintadas de acuerdo con lo indicado en los párrafos anteriores superior a 50 m e inferior a 100 m se pintará una franja intermedia, equidistante de las otras.

E. La cromaticidad en equipos (hasta conexión primera brida) y los elementos adosados, serán como sigue:

Elemento	Color base	Nº RAL
Envolvente tanques crudo	Blanco	RAL 9010
Tanques productos intermedios	Blanco	RAL 9010
Tanques productos acabados	Blanco	RAL 9010
Tanques fuel-oil	Blanco	RAL 9010
Tanques agua	Blanco	RAL 9010
Todos los techos flotantes	Blanco	RAL 9010
Esferas	Blanco	RAL 9010
Estructuras adosadas a tanques y esferas	Verde	RAL 6005

Barandillas tanques y esferas	Ver Letra F	
Recipientes, intercambiadores, torres	Aluminio	RAL 9006
Homos, conductos	Aluminio	RAL 9006
Bombas, compresores, turbinas	Verde	RAL 6019
Motores	Gris	RAL 7030
Equipo eléctrico - soportes de mandos, etc.	Verde	RAL 6005
Instrumentación - soportes de instrumentos, etc.	Verde	RAL 6005

La señalización mediante rotulación de tanques, esferas y equipos en general se hará conforme a las instrucciones de la Propiedad.

- F.** Los colores de equipos de proceso fuera o dentro de la planta como asimismo las estructuras, barandillas y tuberías serán a confirmar por la Representación de la Propiedad en cada Complejo.

SISTEMA DE MEDICIÓN Y ABONO

Generalidades

Salvo que el pliego de condiciones indique otra cosa, las mediciones se realizaron sobre plano.

Si los planos no son lo suficientemente detallados (falta de detalles, secciones, cotas, etc.) ó existen diferencias entre lo indicado en plano y el trabajo realizado en campo, y esta situación no se debe a errores del Contratista (errores que el Contratista ha de rectificar a su cargo), la Representación de la Propiedad podrá exigir una medición en campo. En cualquier caso es obligación del Contratista realizar un croquis y someterlo a la aprobación de la Representación de la Propiedad indicando el trabajo realmente hecho, que servirá como base y justificación de las medidas certificadas, y será considerado como plano as built.

Cualquier cargo, en más o en menos, (que no pueda ser justificado con una medición en plano incluso as built) que tenga que ser incluido en una certificación, dará lugar a una orden de cambio, que propondrá el Contratista y deberá ser abierta por la Representación de la Propiedad y aprobada de acuerdo a los procedimientos establecidos.

La medición de los elementos a pintar se realizará de la siguiente forma:

Soportes estructurales

La medición se realizará, tomando como base su peso sobre plano y aplicándole la siguiente superficie equivalente:

Peso Soporte kg/Ud.	Superficie m ² /Ud.
de 0 a 10	0,25
de 10 a 25	0,50
de 25 a 50	1,00
de 50 a 75	1,50
de 100 a 125	2,50
de 125 a 150	3,00
de 150 a 200	4,00
de 200 a 250	5,00
de 250 en adelante	medición real

Será considerado como un solo soporte, el conjunto de varios elementos unidos funcionalmente para sujetar una o varias líneas.

Estructuras

La medición se realizará por metros cuadrados de superficie a preparar o recubrir, medidos sobre plano.

Las barandillas, escaleras, plataformas y demás elementos se medirán, desglosándolos en perfiles, redondos, chapas, etc., (incluso tubos).

Las rejillas se medirán hallando la superficie que abarque el entramado por una cara.

Equipos y tanques

La medición se realizará por metro cuadrado de superficie a preparar o recubrir. Bocas de hombre, tubuladuras, conexiones, etc., se medirán de acuerdo con los criterios estipulados en el punto referente a tuberías y accesorios.

Para los motores, bombas y elementos similares de menos de 0,50 m de longitud, se tomará como base el paralelepípedo menor que contenga dicho elemento midiendo entonces las cinco caras de dicha figura ideal.

Tuberías y accesorios

Las mediciones se realizarán sobre planos del proyecto, por cada diámetro.

Las tuberías con diámetro menor de 2" se medirán a ejes incluyendo todos los elementos intercalados como codos, tes, bridas, válvulas, etc.

Las tuberías con diámetros iguales ó mayores de 2" se medirán aplicando las longitudes equivalentes por cada uno de los elementos que los compone. Se certificará como metros de tubería equivalente de acuerdo con Tabla 3 (ver Capítulo 12).

Las reducciones se medirán como metros de tubería equivalente al diámetro superior.

Los equivalentes de diámetros y accesorios no reflejados en la tabla anterior se extrapolarán y/o consensuarán con la Propiedad.

Franjeado y señalización

Las labores de franjeado y señalización se medirán por unidad de acuerdo con el desglose pormenorizado en el de Estado de Precios y Mediciones.

Varios

Los catálogos que servirán como base para el cálculo de las distintas superficies serán de amplio reconocimiento y se someterán a la aprobación de la Propiedad.

Elementos no descritas en estos o en este Capítulo, serán objeto de acuerdo entre la Propiedad y el Contratista.

ANEXOS

Tabla 1. RELACION DE FABRICANTES Y PRODUCTOS ACEPTABLES POR LA PROPIEDAD

(Continua)

IMPRIMACIONES				
PRODUCTOS	SILICATO ZINC	EPOXI RICA CINC	EPOXI TOLERANTE CON HUMEDAD	EPOXI PURA
NORMA	INTA 164408 UNE 48293	UNE 48277		UNE 48271
ORFA	ORFASILICATO DE ZINC	ORFAZINC EPOXI		ORFAMIN EP
HEMPEL	HEMPEL'S SILICATO ZINC 143EO	HEMPADUR ZINC PRIMER 15360	HEMPADUR 15570	HEMPADUR PRIMER 15300
INTERNAC AKZO NOBEL	INTERCINC 22	INTERCINC 72	INTERSEAL 670HS	INTERGARD 251
CROS PINTURAS	CINC SILICATO 13-F.62 ZINCOSIL RPS	EPOCROM RPS PRIMER RICH ZINC	EPOMASTIC RPS E. ALUMINIO	EPOCROM RPS PRIMER
ASTURLAK	EPOXINC P-20			
INDUSTRIAS RAISA				EPORAI 301
HISPANAMER	SILICATO CINC	EPOXIMER CINC RICH PAINT	EPOXIMER FOSFATO RF. 288-672	EPOXIMER IMPRIM. FOOSFATO LINEA 288
EURO QUIMICA		AS-33		HK-2-E

Tabla 1. RELACION DE FABRICANTES Y PRODUCTOS ACEPTABLES POR LA PROPIEDAD

(Continuación)

INTERMEDIAS				
PRODUCTOS	EPOXI ALUMINIO	EPOXI HIERRO MICACEO	EPOXI REPINTABLE TOLERANTE HASTA 120°C	EPOXI TOLERABLE HASTA 120°C
NORMA	UNE 48261	UNE 48295		
ORFA	ORFADUR HB ALUMINIO	ORFADUR HB MICACEO	ORFADUR HB MICACEO	ORFADUR HB MICACEO
HEMPEL	HEMPADUR 45150-19870	H'S EPOXY MIO COAT 454E2 HEMPADUR 15570-12430	HEMPADUR HI-BUILD 45200	HEMPADUR HI-BUILD 45200
INTERNAC AKZO NOBEL	INTERSHIELD 153	INTERCURE 420 MIO	INTERGARD 410	INTERPLUS 256
CROS PINTURAS	EPOMASTIC RPS E ALUMINIO	EPOMASTIC RPS MIOX	EPOMASTIC RPS MIOX	EPOMASTIC RPS MIOX
ASTURLAK INDUSTRIAS RAISA		LACADUR P		
HISPANAMER	EPOXI ALUMINIO MODIFICADO C. GRUESA RF.794-008	EPOXI MICACEO CAPA GRUESA RF.794-616	EPOXI MICACEO CAPA GRUESA RF.794-616	VITROSIN ACR LINEA 792
EURO QUIMICA		AS-M10	AS-90	AS-90

Anexo 4: Estándar de ingeniería para mantenimiento

ESTANDAR DE INGENIERIA PINTURA INDUSTRIAL BASE ZINC INORGANICO-EPOXI- POLIURETANO

TIEMPO ESTIMADO DE DURACION: MINIMO 10 AÑOS

1.0 APLICACIÓN

Superficies metálicas exteriores de tanques, ductos, estructuras, equipos rotativos expuestos a salpicaduras de productos medianamente corrosivos. Solo superficies nuevas o cuando se efectúe pintado total y cuando sea posible la limpieza tipo SSPC-SP5.

2.0 TEMPERATURA: Hasta 93°C.

3.0 PRE-PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Lavado de la superficie con detergente industrial bio-degradable similar al Deterjet 20 diluido en agua (1 Deterjet: 20 agua) para la remoción de suciedad, grasa y sales según norma SSPC-SP1.

4.0 PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Limpieza con chorro de abrasivos a presión hasta obtener el grado metal blanco según la norma SSPC-SP5. El perfil de rugosidad del sustrato deberá estar comprendido entre 1.5 a 2.5 mils

5.0 APLICACIÓN PRIMERA CAPA

A las 4 horas máxima de preparada la superficie o inmediatamente después que se haya limpiado mecánicamente. Antes del pintado deberá eliminarse el polvillo utilizando aire seco, trapo o escobilla limpios.

6.0 APLICACIÓN DE REFUERZOS ENTRE SEGUNDA Y TERCERA CAPA

Luego de la segunda capa se deberá realizar un reforzamiento en bordes, cantos vivos, cordones de soldadura, pernos, tuercas, etc., mediante la aplicación de una capa de pintura a brocha (2" a 3"), lo que contribuirá a una mayor retención de pintura, siendo necesario puesto que en estas zonas llamadas críticas, los espesores de la película de pintura resultan ser menores al espesor especificado debido a la tensión superficial que se origina siempre en filos.

7.0 CALIFICACIÓN DE PERSONAL PREPARADOR DE SUPERFICIE

Antes de iniciar la obra, el personal deberá sustentar su experiencia como preparador de superficie, siendo verificado y corroborado durante el proceso de homologación realizado por el proveedor de equipos y/o fabricante de recubrimientos.

8.0 CALIFICACIÓN DE PERSONAL APLICADOR

Antes de iniciar la obra, el personal será homologado por el fabricante de recubrimientos, en el sistema de pintura a usar. Deberá sustentar su experiencia en los trabajos de aplicación de recubrimientos, siendo verificado y corroborado durante el proceso de homologación y desarrollo de la obra.

9.0 PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PERIODICO DEL SISTEMA

Una vez culminado los trabajos de aplicación e inspección de recubrimientos, el contratista y proveedor de recubrimientos, deberá entregar el procedimiento de mantenimientos de los trabajos realizados.

10.0 REQUISITOS DE LOS SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO

a) SISTEMA – JET

Capa	Material	Espesor Seco (Mils)	Tiempo de Repintar a 21°C	Aplicación
1ra	Jet Zinc 910 Color: Verde	3.0	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo: 24 horas • Máximo: No tiene 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola
2da	Jet Mastic 800 Color: Gris	8.0	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo: 16 horas • Máximo: 30 días 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)
3ra	Jetshield Color según SI3-22-33	4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo: 4 horas • Máximo: 7 días • Curado 7 días 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas).
Total Espesor Seco		15.00		

NOTAS GENERALES:

- Los tiempos de repintado, inducción y vida útil de la mezcla, depende en gran medida de la temperatura. A mayor temperatura menor tiempo.
- No debe efectuarse el pintado a temperaturas mayores de 40°C ni menor de 10°C.
- La temperatura de aplicación será por lo menos 3°C mayor que el punto de rocío.
- Generalmente, no se requiere dilución de la mezcla cuando se aplica con pistola, sin embargo, de ser necesario, se diluye hasta donde se indica en este Estándar. El asistente técnico del fabricante de la pintura dará la aprobación para diluciones mayores a las indicadas.
- En época de verano principalmente, es necesario cuidar que no formen pinholes

por evaporación violenta de los volátiles, de haberlos, será necesario efectuar consulta al fabricante de la pintura a fin de eliminar el problema. Los pinholes formados deberán eliminarse mediante lijado y relleno con la pintura que corresponda.

- De acuerdo a lo indicado por el fabricante de pintura, a fin de eliminar porosidad en la primera capa, antes de aplicar la segunda capa, aplicar un TIE COAT o MIST COAT respectivamente.
- Considerar todas las recomendaciones del fabricante. Para la aplicación de las pinturas deberán seguir todas las indicaciones que se muestren en las hojas técnicas de los fabricantes de pintura respectivamente.

(*) Siguiendo las recomendaciones del procedimiento de pintado elaborado por el fabricante de recubrimientos se estima el tiempo de duración de los sistemas; basándonos en la experiencia, con más de 40 años en el mercado nacional.

Anexo 5: Procedimiento de trabajo**Procedimiento de Resanes y Aplicación de Pinturas en
Campo****Proyecto: Pintado de Ductos**

Elaborado por	Ing. Emilia Mucching		21/10/08
Revisado por	Ing. Danny Victorio		21/10/08
Aprobado por	Ing. Maria Eugenia Cacho		22/10/08

PROCEDIMIENTO DE PINTADO Y RESANES DE LINEA DE DUCTOS

ALCANCES

- El presente procedimiento detalla los trabajos de resanes y aplicación de pintura en campo, en exteriores de ductos del pipe rack.
- Los resanes se efectuarán con el objetivo de reparar los daños que ha sufrido el sistema de pinturas debido a las condiciones de servicio y del ambiente a la que están expuestas.
- El procedimiento es aplicable a las áreas del exterior de tuberías.
- Este procedimiento detalla las etapas de los trabajos de resanes, aplicación de las pinturas, así como los planes de pintado e inspección y podrá ser sujeto a cambios.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Especificación

Especificación para el pintado de exterior de ductos

Normas técnicas

SSPC-PA2	Medición de espesores de película seca.
ASTM E337 – 02	Método Standard para la medición de humedad con un psicrómetro.
SSPC-SP1	Limpieza con solvente
SSPC-SP2	Limpieza con herramientas manuales.
SSPC-SP3	Limpieza con herramientas mecanizadas.

SSPC-SP6	Limpieza con chorro abrasivo comercial
SSPC-SP7	Limpieza con chorro abrasivo ligero
SSPC-Guía 15	Contaminantes no visibles (iones cloruros)

Hojas Técnicas

Jet Pox 2000	Recubrimiento epóxico de alto contenido de sólidos y rápido secado.
Jetshield	Poliuretano Alifático de alto brillo.
Deterjet 20	Detergente industrial bio-degradable.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Aspectos previos

- Esta etapa terminara cuando se alcance una superficie libre de contaminantes visibles (grasa, aceite, combustible), contaminantes no visibles (sales), corrosión y pintura mal adherida.
- Se usaran equipos de arenado puntual, herramientas manuales o de poder que permitan alcanzar el grado de limpieza descrito. Estas herramientas pueden ser amoladoras discos non-woven, amoladoras con discos bristle, escobillas de copa, roto peen, pistolas de aguja o similares.
- Para acondicionar la pintura antigua bien adherida que no presente signos de corrosión se usaran lijas o esponjas abrasivas.
 - También se usará detergente industrial biodegradable y trapo humedecido en agua potable.

- La concentración de cloruros sobre la superficie preparada debe ser menor a 50 ppm, determinada con el método de extracción de sales Swabbing y prueba de cloruros Quantab.
- La duración de esta etapa dependerá de la cantidad de equipos y disponibilidad.

Ejecución

- La performance del sistema de recubrimientos aplicado está en función al grado de Preparación de superficie alcanzado previamente.
- 1ra etapa- Remoción de contaminantes (suciedad, grasa y sales).
- En caso de encontrarse grasa o combustible impregnado, este se debe remover con espátula y trapo antes del lavado.
- Lave la superficie pintada, uniones soldadas y zonas dañadas con detergente industrial bio-degradable similar al Deterjet 20 diluido en agua para la remoción de suciedad, grasa y sales. El detergente Deterjet 20 se diluye en agua en relación una de Deterjet 20 y veinte partes de agua potable. Ayudarse de esponjas abrasivas 3M.
- Esta etapa concluirá cuando se verifica que la superficie tiene menos de 50 ppm de iones cloruro.

2da etapa – Preparación de superficie en zonas con pintura dañada.

- Sobre los cordones de soldadura que presenten óxido se realizará una limpieza con chorro abrasivo al grado comercial según norma SSPC – SP6 eliminar todo resto de pintura y óxido sobre las tuberías, dejando como máximo 33% de sombras de óxido en su superficie.
- La superficie preparada deberá tener un perfil de rugosidad de 1.5 a 2.5 mils ,2.0 mils en promedio.

- Los bordes de la pintura remanente deben de chaflanarse con lija No.80 o con herramientas mecanizadas que no produzca chispas, evitando dejar bordes rectos en los empalmes pintura – metal.
- Durante esta etapa también se eliminaran residuos y filos cortantes.
- En las zonas en las que se observe presencia de oxido de forma puntual se realizara una limpieza con agua y detergente biodegradable similar a Deterjet-20, y luego retirar los rastros de oxido con limpieza según SSPC-SP2 y SSPC-SP3 utilizando las herramientas descritas anteriormente.
- Sobre los soportes y arriostres se realizará una limpieza según SSPC-SP7, limpieza con chorro de abrasivo ligero, retirando la pintura antigua mal adherida y oxido.
- El grado de Preparación de superficie a llevarse a cabo en cada área fue determinado por el usuario final.

3ra etapa – Preparación de las superficies con pintura antigua bien adherida

- Realizar una limpieza general con agua y detergente biodegradable similar a Deterjet-20, enjuagar con abundante agua.
- En las zonas con pintura antigua que no presente corrosión y se encuentre bien adherida se debe realizar una limpieza con lija No 80 o con discos de limpieza (non-woven) creando aspereza necesaria para la aplicación de la siguiente capa de pintura.
- Finalmente paso trapo humedecido en agua dulce para remover los contaminantes generados por la preparación.

PINTADO Y CURADO

Aspectos previos

- Esta etapa culminara cuando la pintura se encuentre con el espesor especificado, libre de defectos y completamente curada.
- Sistema de pinturas especificado:

Capa	Producto	Color	EPS (mils)
(*1ra	Jet Pox 2000	Gris Ral 7035	4.0
2da.	Jet Pox 2000	Blanco 1700	4.0
3ra.	Jethane 650	Según Zona	2.0
Espesor total			10.0

(*) Solo se aplicara esta capa en las zonas dañadas hasta el metal.

- Para la aplicación de las capas de retoque, resanes, cordóneo, y para el pintado de las zonas de difícil acceso se usaran brochas de nylon.
- Para la preparación de la pintura se seguirán las recomendaciones indicadas en las hojas técnicas de los productos.
- Para la aplicación de la capa general del epóxico y poliuretano se recomienda el equipo airless recomendado en la hoja técnica.
- Se recomienda usar boquillas nuevas, con diámetro según lo indicado en el siguiente cuadro:

Producto	Φ Boquilla (")
Jet pox 2000	0.017 a 0.021
Jethane 650	0.015 a 0.017

Condiciones recomendadas para la aplicación

- Las condiciones de aplicación son favorables cuando la temperatura de la superficie se encuentra 3 °C sobre la temperatura del punto de rocío y la humedad relativa es inferior a 85% y la velocidad del viento no supere los 10 Km/h.
- Estas condiciones deben mantenerse durante el secado al tacto duro de la pintura de acabado.
- En caso de no contar con condiciones de aplicación favorables, se recomienda acondicionar el ambiente creando un microclima, encapsulando la zona a trabajar.

Del personal encargado de la realización de los trabajos

- Todo el personal encargado de la realización de los trabajos deberá presentar la experiencia suficiente para realizar los trabajos. Su experiencia será corroborada durante el desarrollo de los trabajos.
- El contratista debe contar con los siguientes equipos: medidor de espesor húmedo, medidor de espesor seco, psicrómetro y termómetro de superficie.

Seguridad, salud y medio ambiente

- La pintura se debe almacenar sobre parihuelas de madera, bajo techo, en el rango de temperaturas indicadas en la hoja técnica y con suficiente ventilación.
- De utilizarse andamiaje, se recomienda que sea verificado por un Ingeniero de Seguridad, debido a que será de uso del personal aplicador y encargado de la supervisión.
 - Para el manipuleo de la pintura se deben usar guantes de neopreno así como máscaras para vapores orgánicos. Además considere los Equipos de

Protección Personal que se requieren según el trabajo específico a ejecutar, considere también las recomendaciones dadas en la Hoja de Seguridad MSDS de los productos a aplicar.

- La zona sobre la que se realizara la preparación de la pintura deberá ser cubierta con plástico para evitar derrames en el suelo.
- Para facilitar la disposición final de los envases utilizados, se recomienda retirar todo el contenido de la pintura durante la preparación de la misma.
- Durante la aplicación de la capa general usar cobertores en las zonas aledañas debido al Overspray.

Ejecución

1ra etapa – Resanes o Imprimado en uniones soldadas y zonas dañadas.

- Sobre toda la superficie preparada y si las condiciones ambientales son favorables, aplique el resane en las zonas con metal desnudo el epóxico Jet pox 2000, gris Ral 7035 a 4.0 mils secos (5 a 6 mils húmedo).
- En esta etapa se deben de pintar con Jet pox 2000 a brocha los cordones de soldadura, filos, bordes, pernos-tuercas y lugares de difícil pintado.

2da etapa – Capa refuerzo en zonas de difícil acceso

- En las zonas de difícil acceso como: filos, bordes, depresiones, pits de corrosión y cordones de soldadura aplicar con brocha una capa refuerzo de Jet pox 2000 Blanco 1700 a 4.0 mils secos (5 a 6 mils húmedo).

3da etapa – Capa general de enlace en el exterior de la tubería.

- En las zonas sin signos de corrosión y luego de haberse preparado la superficie aplicar la capa general de Jet pox 2000 Blanco 1700 a 4.0 mils secos (5 a 6 mils húmedo).

- Después de 3 a 5 horas de secado medir espesores de película seca, este debe encontrarse entre 3.2 a 4.8 mils, a 4.0 mils promedio.

4ta etapa – Capa general de acabado poliuretano.

- Después de 3 a 5 horas de secado de la capa general enlace, si los requisitos de limpieza y las condiciones ambientales son favorables, aplique a equipo airless la capa general de acabado de Jethane 650 el color es según la zona a 2.0 mils seco (4.0 a 5.0 mils húmedo).
- Verificar que no existan zonas sin cubrir ni defectos de aplicación.

5ra etapa – Medición final de espesores y curado

- Medir los espesores de película seca en las zonas donde se llegó al metal, el espesor seco en dichas zonas debe encontrarse entre los 8.0 a 12.0 mils, a 10.0 mils promedio.
- Después de 7 días de secado de la última capa la superficie pintada ya alcanzó el curado total y puede someterse a servicio.

PLAN DE PINTADO

METODO DE APLICACIÓN		PREPARACIÓN DE SUPERFICIE						
Brocha, Equipo airless ⁽⁴⁾		Limpieza con chorro de abrasivo según SSPC-SP6, según procedimiento(***)						
Capa	Producto y color	Espesor (mils)		REPINTADO @ 21°C		Diámetro boquilla	% diluyente	Tiempo de vida útil
		Húmedo	Seco	Mínimo	Máximo			
1ra	Jet pox 2000 Gris 7035	5.0 – 6.0	4.0	3.0 horas	30 días	0.017“ 0.021”	12.5% Jetpoxy	1 hora @21°C
2da	Jet pox 2000 Blanco 1700	5.0 – 6.0	4.0	3.0 horas	30 días(*) 7 días(**)	0.017“ 0.021”	12.5% Jetpoxy	1 hora @21°C
3ra	Jethane 650, Según Zona	4.0 – 5.0	2.0	4.0 horas	30 días	0.015” a 0.017”	12.5% Jetpol	2 horas @21°C

(*) Repintado consigo mismo.

(**) Repintado con Jethane 650

(***) Depende de la zona a trabajar, ver procedimiento.

1. Los consumos de pintura son aproximados y se ajustaran a los rendimientos reales durante el pintado, que están en función de la rugosidad de la superficie, método y técnica de aplicación.
2. Los tiempos de repintado y secado serán afectados por la temperatura ambiente propia del lugar de trabajo.
3. El porcentaje de dilución, podrá variar para la facilitar la aplicación.
4. Se recomiendan los orificios de boquillas pero el ancho de abanico puede variar dependiendo de las características de los elementos a pintar.

Anexo 6: Plan de inspección**PLAN DE INSPECCION DE LA LINEA DE DUCTOS**

- Las pruebas deberán ser realizadas y verificadas por los responsables descritos a continuación: QC (Control de calidad del contratista), QA (Aseguramiento de calidad del contratista).

Previos	Sí	No	Frecuencia	Responsable
Se reviso la Especificación			Previo al inicio	QC/QA/PPPQ
Se reviso el Procedimiento de aplicación			Previo al inicio	QC/QA/PPPQ
Se reviso el Plan de pintado			Previo al inicio	QC/QA/PPPQ
Se efectuó una Reunión Previa			Previo al inicio	QC/QA/PPPQ
Pre – Preparación de Superficie	Sí	No	Frecuencia	Responsable
Se eliminaron contaminantes visibles			Antes Prep. Sup	QC
Se eliminaron contaminantes no visibles			Después de lavado	QC
Se identificaron las zonas de difícil pintado			Antes de Prep. Sup	QC
Se eliminaron las zonas propensas a corrosión			Antes de Prep. Sup	QC
Se tiene corrosión avanzada			Antes de Prep. Sup	QC

Preparación de Superficie	Sí	No	Frecuencia	Responsable
El aire comprimido está limpio			Antes de Prep. Sup	QC
Se determino la temperatura de rocío			Antes, durante y al termino Prep. Sup	QC
Se determino la humedad			Antes, durante y al termino Prep. Sup	QC
Las condiciones ambientales son favorables			Antes, durante y al termino Prep. Sup	QC
Se alcanzo el grado de limpieza especificado			Previo a aplicación	QC
Se alcanzo la rugosidad especificada			Previo a aplicación	QC
Se evaluó la post limpieza			Previo a aplicación	QC

Aplicación	Sí	No	Frecuencia	Responsable
Pintura almacenada correctamente			Cada recepción	Almacenero/QC
Pintura de antigüedad menor al año			Mensual	Almacenero/QC
Pintura del color correcto			Cada recepción	Almacenero/QC
Pintura y diluyentes en cantidad suficiente			Previo aplicación	Aplicador/QC
Pintura en buen estado			Previo aplicación	QC
Aire comprimido limpio			Previo aplicación	QC
Equipo en buen estado			Previo aplicación	Aplicador/QC

Envases para mezcla y aplicación limpios			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se tiene agitador Jiffy			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se tiene filtro de pintura			Previo aplicación	Aplicador/QC
El pintor conoce el plan de pintado			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se calculo el área a pintar			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se sabe cuántos galones se aplicaran			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se calculo el espesor de película húmeda EPH			Previo aplicación	Aplicador
Aplicación	Sí	No	Frecuencia	Responsable
Se determino la temperatura de la superficie			Previo y durante aplicación	QC
Se determino la temperatura de rocío			Previo y durante aplicación	QC
Se determino la humedad			Previo y durante aplicación	QC
Las condiciones ambientales son favorables			Previo y durante aplicación	QC
No se tiene excesivo viento			Previo y durante aplicación	QC
Se mezclo adecuadamente la pintura			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se uso agitador Jiffy			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se tamizo			Previo aplicación	Aplicador/QC
Se verifico el abanico			Previo aplicación	Aplicador/QC

Se aplico al EPH adecuado			Previo aplicación	Aplicador
Se respeto el tiempo de vida útil de la pintura			Durante aplicación	Aplicador/QC
No hay defectos de aplicación			Después de aplicación	Aplicador/QC
Se limpio el equipo de aplicación			Después de aplicación	Aplicador/QC
Se calculo el rendimiento real			Después de medición de espesores secos	QC
La pintura está seca al tacto duro			Después de aplicación	Aplicador/QC
Se ajusto el medidor de espesores secos			Después de secado al tacto duro	QC
Se tomaron espesores de película seca EPS			Después de secado al tacto duro	QC
Los espesores secos son adecuados			Después de secado al tacto duro	QC
Se aplicará otra capa			Dentro de la ventana de repintado	Aplicador/QC
Se efectuó el “franjeado” (Stripe Coat)			Previo a aplicar segunda capa	Aplicador/QC

Evaluación final	Sí	No	Frecuencia	Responsable
Los espesores secos son adecuados			Culminado de aplicar el sistema	QC/QA
Se corrigieron defectos			Culminados los resanes	QC/QA
La pintura ha curado			Después de 7 días de aplicado el sistema	QC/QA
Se tiene programa de mantenimiento preventivo			Al termino de trabajos	QC/QA/PPQ

Anexo 7: Plan de mantenimiento e inspección

CARTILLA DE MANTENIMIENTO E INSPECCION

El Sistema de recubrimiento está diseñado para el ambiente industrial marino, al cual será sometido. se debe realizar inspecciones del buen funcionamiento de los recubrimientos aplicados de manera periódica por lo menos cada 6 meses en el exterior de los ductos y detallar en el informe que clase de mantenimiento requiere.

Se debe considerar y evitar que el sistema de recubrimiento mantenga contacto con compuestos químicos que no se encuentren detallados en la especificación o someterlos a golpes o caídas de elementos pesados de lo contrario realizar las reparaciones según procedimiento de trabajo.

Las siguientes son algunas medidas de protección importantes para mantener el recubrimiento del exterior del ducto:

1. No arrastrar objetos metálicos a través de la superficie. Colóquelos sobre vehículos con ruedas de polímeros (caucho, teflón o poliuretano).
2. Lavar la superficie periódicamente (cada 3 meses) con agua potable usando una hidrolavadora de 1500 a 2500 psi. Esto permitirá desalojar compuestos químicos y elementos abrasivos de la superficie.
3. Para la remoción de contaminantes como: polución, tierra y suciedad lavar la superficie con Deterjet 20 en una relación de mezcla 20:1 en agua.
4. Para la remoción de contaminantes como: grasa, aceite y combustibles lavar la superficie con Unexol 101 en una relación de mezcla 101:4 en agua.
5. Para limpieza y mantenimiento no utilice productos diferentes a los recomendados

6. Evitar el contacto con productos químicos no especificados.
7. Evitar someter a golpes o caídas de elemento muy pesados.
8. Si el Sistema de recubrimiento se daña por exponerse a servicio fuera de lo detallado en la Especificación u Hojas Técnicas del producto debe efectuarse la reparación siguiendo el procedimiento de trabajo.

Anexo 8: Formato 3 de administración del riesgo

Formato 3: (*) Administración del riesgo				
Empresa: Fraccionamiento LGN		Supervisor: Ing. Emilia Mucching		Área: Mantenimiento
Activo: Exterior del recubrimiento de ductos de LGN			Ubicación: Área 70 – línea de ductos	
Proceso 1: Identificación				
Ítem	Detalle	Análisis estratégico		
Proceso:	Nombre del proceso	Fraccionamiento de líquidos de gas natural		
Objetivo:	Objetivo del proceso	Transportar LGN		
Riesgo:	Probabilidad de ocurrencia	Media		
Causas:	Factores internos y externos	Corrosión atmosférica		
Descripción:	Característica del riesgo	Fuga de LNG		
Efectos:	Consecuencias de las ocurrencias de riesgo	Contaminación ambiental		
Proceso 2: Análisis				
Probabilidad				
Baja:		Media: X		Alta:
Impacto				
Leve:		Moderado:		Catastrófico: X
Zona de riesgo:				
Aceptable:	Tolerable:	Moderado:	Importante:	Inaceptable: X
Riesgo				
Asumirlo:	Reducirlo: X	Evitarlo: X	Compartirlo: X	Transferirlo: X
Proceso 3: Valoración				
Preventivos: X			Correctivos:	
Detalle: Realizar gran mantenimiento de la línea de ductos.			Detalle:	
Proceso 4: Mitigación				
Acciones preventivas: X		Acciones de control: X		Acciones de mitigación:
Detalle: Realizar mantenimiento de la línea de ductos, retirando el recubrimiento dañado y aplicando uno que proteja de la corrosión atmosférica.		Detalle: realizar inspecciones semestrales de la línea de ductos, para mantenimientos menores.		Detalle:

(*) Este formato se desarrolló basada en la guía de la matriz de calificación, evaluación y respuesta al riesgo que obtuvimos de la guía administración de riesgo departamento administrativo de la función pública de Colombia