



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE –RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA
TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS APLICADOS
SOBRE EL ACERO DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS DEL TREN 1 DE
REACTORES DE ORINOCO IRON S.C.S.**

Autor: Maria D, Alvarez Ch.

Tutor Acadêmico: Ing. Luisa Boet.

Tutor Industrial: Ing. Milagros Morantes.

RESUMEN

El propósito de la siguiente investigación es evaluar los recubrimientos orgánicos aplicados sobre el acero de estructuras y equipos del tren 1 de reactores de Orinoco Iron. La misma se llevó a cabo mediante la revisión documental inicial, inspecciones realizadas en el área, análisis estadísticos para evaluar el comportamiento de los mismos y análisis físico-químicos de los productos de corrosión. Esto permitió conocer las fallas más comunes que exhiben los recubrimientos, así como compuestos que afectan a las estructuras que no lo poseen y el grado de oxidación observado, para así establecer la metodología de preparación superficial y nuevos sistemas de recubrimientos a aplicar. En base a lo anterior se concluye que el grado de oxidación más frecuente es el 7-G correspondiente a una oxidación general, que el tipo de fallas más común es desprendimiento leve y que los productos de corrosión corresponden en su mayoría a óxidos de hierro y otros compuestos contaminantes presentes en el medio ambiente. Finalmente se establecieron cinco sistemas de recubrimientos y su preparación superficial según cada caso.

Palabras claves: Corrosión, corrosión atmosférica, recubrimientos orgánicos, pinturas, preparación superficial, sistemas de recubrimientos, grado de oxidación.

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos asociados a la corrosión siempre estarán presentes en las estructuras metálicas de cualquier industria, esta degradación del material está asociada a la acción continua con el medio ambiente que las rodea, es por esto que surge la necesidad de protegerlas mediante el uso de los recubrimientos; ya que son materiales que al momento de ser aplicados sobre una superficie, protegen, embellecen o impiden que elementos extraños interactúen con la misma. Existe una amplia variedad de recubrimientos para satisfacer los requerimientos específicos de cada necesidad, la mayoría pueden clasificarse en; metálicos, cerámicos, compuestos y orgánicos (pinturas); estos últimos por su parte consisten en un líquido pigmentado que al ser aplicados sobre una superficie se transforma en una película sólida protectora y fuertemente adherida.

En Orinoco Iron las estructuras y equipos que componen el tren 1 han presentado un progresivo deterioro superficial en el recubrimiento presente, que a su vez afecta al material causando daños corrosivos; destacando la importancia que tiene conservar la integridad física de los materiales metálicos, ya que cada uno de estos es elaborado para un fin determinado que debe cumplir de forma óptima. El procedimiento que permitió lograr los objetivos de la presente investigación implicó: revisión de la data de diseño, inspección visual detallada en el área de estudios, análisis estadístico para correlacionar datos, análisis físico-químicos de los productos de corrosión y por último una propuesta de preparación superficial y sistemas de recubrimientos.

En este informe se presentan los resultados de la investigación bajo la siguiente estructura: el primer capítulo expone el problema objeto de la investigación, en el segundo capítulo se detallan los aspectos referidos a un marco referencial, en el tercer capítulo se presenta el diseño metodológico que fue seguido para obtener los resultados que son necesarios para sustentar la investigación, en el cuarto capítulo se exponen y analizan los resultados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Orinoco Iron S.C.S es una empresa que trabaja bajo un proceso de reducción directa de finos metalizados en lecho fluidizado llamado FINMET. La misma consiste en la eliminación de oxígeno presente en el mineral de hierro, por medio del contacto con un gas que tiene alto poder reductor, para obtener un hierro metálico y posteriormente briquetas compactadas en caliente. Dicha planta cuenta con dos módulos denominados módulo I y módulo II; cada uno a su vez conformado por dos trenes de producción.

Cada tren de reducción cuenta principalmente con cuatro reactores conectados en serie (R40, R30, R20, R10) un sistema de purgas, los bajantes interreactores de alimentación y descarga de finos y las líneas de servicios (agua, aire, gas inerte y gas natural). Estos equipos se encuentran distribuidos a lo largo de los 19 pisos (cota 89800 mm) con los que cuenta la estructura.

Los componentes de las estructuras fueron instalados a partir de los años 1996-1997, y se encuentran constituidos por una serie de vigas, barandas, escaleras, pasamanos, techos y pisos que soportan la misma, y esta a su vez se sostienen por medio de tornillería. La instalación requirió una condición óptima de la estructura y equipos que conformarían la planta; por lo que se realizó una preparación superficial y aplicación de recubrimientos tipo pinturas para protegerlos.



Aproximadamente el 95% del material con el que fueron elaboradas la estructura y equipos, corresponde a aceros al carbono de distintos grados de aleación. En ocasiones durante las inspecciones y seguimientos preventivos que se han realizado se ha podido observar que los componentes antes mencionados presentan un deterioro superficial del recubrimiento y deterioro físico por corrosión, acotando que alrededor del 80% de las instalaciones industriales se encuentran bajo la acción directa de la atmosfera.

En el año 2006, Larez, Gil y Jiménez presentaron un informe técnico de inspección denominado “Estudio de diagnostico de la corrosión en las estructuras de la planta de fabricación de briquetas de Orinoco Iron”, donde se realizó una inspección de los componentes que mostraba que; de los sistemas de recubrimientos existentes en planta el 30,99% presentaban fallas por desprendimientos, señalando que se recomendó efectuar un estudio dirigido a la selección de un sistema de revestimiento que sea adecuado al ambiente específico; por lo que es importante acotar que dicha recomendación no fue implementada.

Posteriormente en el año 2008, Fernández E; Evaluó las condiciones estructurales del sistema de revestimientos en el área de gas inerte de Orinoco Iron por efecto de la corrosión atmosférica, con la finalidad de implementar sistemas de pinturas y recubrimientos que permitan prolongar la vida útil de estructuras, equipos y tuberías que se encuentren sometidos al deterioro del revestimiento por causa de la corrosión atmosférica. En dicho trabajo de investigación se propusieron preparar las superficies mediante las normas SSPC y finalmente se propusieron siete sistemas de pinturas.

En la actualidad la estructura y equipos que componen el tren 1 del modulo I de Orinoco Iron han presentado un progresivo deterioro superficial en el recubrimiento presente; que a su vez afecta al material causando daños corrosivos; por lo que surgió la necesidad de realizar un estudio que se base en diagnosticar la corrosión existente en dicha instalación evaluando el grado de deterioro de los recubrimientos y así se



puedan determinar y establecer la correcta preparación de las superficies y posterior aplicación de sistemas de pinturas.

Entre las posibles causas que pueden influir para que se lleve a cabo el progresivo deterioro del recubrimiento y posteriores ataques corrosivos se tienen; principalmente el tiempo que presenta la planta, las condiciones de humedad debido a las lluvias y arrastre de agua, la incidencia o impacto del mineral de hierro y óxido de magnesio a elevadas velocidades, los puntos de grasa dejados al medir espesores lo cual atrae polvo y a su vez humedad.

Los factores indicados anteriormente conllevan a ciertos efectos tales como; desprendimiento del recubrimiento que protege las estructuras y equipos, corrosión atmosférica en las zonas sin recubrimiento que ocasiona deterioro, mayor facilidad de que ocurran accidentes, elevados costos en cuanto a la prima del seguro, riesgos de fallas en las estructuras de los equipos, atascamientos al operar las válvulas manuales cuando ciertas condiciones ameriten su apertura y cierre.

Por lo antes mencionado nace la iniciativa de realizar este estudio, ya que al evaluarse la estructura y equipos del tren 1 del modulo I en cuanto a recubrimientos y daños corrosivos, permitirá la implementación de medidas de mitigación que eviten fallas inesperadas de los equipos y estructuras, así como un deterioro progresivo ya que esto implicaría pérdidas de dinero para la empresa tomando en cuenta que el deterioro de los activos hace que incrementen los costos de la prima de seguros de la planta; y por otro lado se pueden evitar la ocurrencia de accidentes con pérdidas humanas y/o materiales

1.2 Objetivo General

Evaluar los recubrimientos orgánicos aplicados sobre el acero de estructuras y equipos del tren 1 de reactores de Orinoco Iron.

1.3 Objetivos Específicos

- ✓ Recopilar la información según diseño en relación a la preparación superficial, sistemas de pintura y tipos de recubrimientos aplicados del área en estudio.
- ✓ Caracterizar mediante inspección visual la morfología de falla y grado de oxidación según la normas ASTM D 610 de los componentes y estructuras metálicas del área en estudio.
- ✓ Analizar estadísticamente los sistemas de recubrimientos orgánicos a partir de las fallas que exhiben sobre las estructuras y equipos donde fueron aplicados y el grado de deterioro de los mismos por mediciones de espesores.
- ✓ Caracterizar depósitos contaminantes y productos de corrosión a través de Microscopia Electrónica de Barrido.
- ✓ Establecer el sistema de recubrimiento orgánico adecuado para cada caso y el tipo de preparación superficial a utilizar según la norma SSPC.

1.4 Justificación o importancia

La empresa Orinoco Iron S.C.S. solicitó un estudio de diagnóstico de corrosión y deterioro de los recubrimientos anticorrosivos debido a que el mismo había sido exigido por su aseguradora, destacando que en una inspección realizada a la planta se observó que había deterioro de la estructura en general. De este modo la importancia

del presente estudio radica principalmente en plantear a la empresa las medidas que deberán tomarse para realizar las reparaciones correctas y así evitar se generen mayores gastos ocasionados por un aumento en costos de la prima del seguro, por fallas de los equipos y estructuras que ameriten reparaciones o reemplazo y evitar accidentes que pongan en riesgo la integridad física de los trabajadores.

1.5 Delimitación o Alcance

La siguiente investigación está limitada a la planta Orinoco Iron S.C.S., donde se realizará la evaluación de los recubrimientos anticorrosivos tipo pinturas aplicados sobre el acero de estructuras y equipos del tren 1 de reactores con el propósito de aportar información de manera oportuna que permita a la empresa tomar acciones preventivas/correctivas adecuadas y a tiempo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Para realizar esta investigación fue necesario acudir a la revisión bibliográfica referente a otros trabajos relacionados con el tema en estudio, donde se hizo un análisis de cada uno de ellos con la finalidad de obtener información con bases sólidas que permitieron la realización de este estudio.

Larez, Gil y Jiménez (2006), realizaron un trabajo titulado; “Estudio de diagnóstico de la corrosión en las estructuras de la planta de fabricación de briquetas de Orinoco Iron”. De dicho estudio se derivan una serie de resultados que conllevan a ciertas conclusiones, entre las cuales se tienen que: de los sistemas de recubrimientos existentes en planta el 42,60% presentan fallas por ampollamiento, agrietamiento, tizamiento y desprendimiento. Siendo el desprendimiento el mayor porcentaje de las fallas en el recubrimiento (30,99%), por otro lado el 63,17 % de los componentes evaluados no presentaron daños ni mecanismos de deterioro y 34,84 % de las condiciones evaluadas en toda la estructura corresponde a problemas asociados a corrosión. Por su parte en la planta de remoción de CO₂, se observó un ataque diferente al resto de planta y que se origina como consecuencia del manejo y/o preparación de la solución benfield y por otro lado en la planta de remoción de H₂S, se observó un ataque severo de la estructura como consecuencia del condensado ácido de los gases propios de ese sistema, acotando que una vez realizado el estudio

no se tomaron las medidas pertinentes en cuanto a recomendación de sistemas de recubrimientos protectores de la corrosión atmosférica.

Cely J (2007), presentó un trabajo titulado: “Evaluación de las características protectoras de sistemas Duplex de acero Galvanizado-Recubrimiento orgánico, expuestos a medios agresivos, aplicando la técnica de Impedancia Electroquímica” el estudio se basó en la evaluación experimental de tres sistemas de recubrimientos, sistema I: Acero Galvanizado + Epomon Corroguar 789-900 + Acabado Poliuretano 179-365, sistema II: Acero Galvanizado + Epoxy HB Multiuso Bar Rust 233H + Acabado Poliuretano 179-365, sistema III: Acero Galvanizado + Epomon Fondo Multiprime 288-609 + Acabado Poliuretano 179-365. Se evaluaron sus características protectoras, se determinó la rugosidad, espesor y brillo para la caracterización estética y protectora y por último se determinaron las características protectoras de los sistemas duplex de acero galvanizado-recubrimiento orgánico, aplicando la técnica de impedancia electroquímica. Al comparar los espectros de impedancia de los tres sistemas de pinturas, la mayor evolución fue registrada por el sistema III, con una menor resistencia de poros, y el sistema II fue el que obtuvo una mejor característica protectora.

Posteriormente Fernández (2008), realizó un trabajo titulado: “Evaluación de las condiciones estructurales del sistema de revestimientos en el área de gas inerte de Orinoco Iron por efecto de la corrosión atmosférica”, con la finalidad de implementar sistemas de pinturas y recubrimientos que permitan prolongar la vida útil de estructuras, equipos y tuberías que se encuentren sometidos al deterioro del revestimiento por causa de la corrosión atmosférica. Siguiendo una metodología del tipo descriptiva y aplicada, se pudo concluir que se debe efectuar una limpieza previa a través de chorros abrasivos grado cercano a blanco según la norma SSPCSP-10 antes de proteger el material con cualquier tipo de recubrimiento, y se propusieron siete sistemas de pinturas apropiados según el tipo de material y condiciones de operaciones a los que están sometidos los componentes.

En el presente estudio se plantea realizar un diagnóstico específico de las estructuras y equipos del área de reactores del tren 1, a fin de caracterizar los daños presentes y los productos de corrosión existentes con el propósito de presentar una propuesta de preparación superficial y de sistemas de pinturas que permita recuperar o mantener la integridad física de los componentes en estudio.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades de la empresa

Orinoco Iron S.C.S., es el mayor productor de Hierro Briqueteado en Caliente, en América. La planta usa la tecnología FINMET®, y está en capacidad de producir 2.2 millones de toneladas métricas al año. Sus productos han sido los recursos preferidos de unidades de hierro virgen a nivel mundial y su experiencia exportadora se remonta a finales de 1970. Su misión consiste en producir y suministrar unidades de hierro metálicos que contribuyan a que nuestros clientes eleven su rendimiento y la calidad de sus productos.

Orinoco Iron (2006), señala que el FINMET® es un proceso de reducción directa en lecho fluidizado que utiliza finos de mineral de hierro y gas rico en H₂ y CO como agente reductor, para obtener un producto altamente metalizado que recibe el nombre de briqueta (HBI). El proceso consta de una batería de reactores de lecho fluidizado conectados en serie donde se ponen en contacto el mineral proveniente de los sistemas de alimentación y el gas de reducción que está compuesto principalmente por hidrógeno y monóxido de carbono. El mineral proveniente de la última de etapa de reducción pasa a la etapa de briqueteado para la obtención de Briquetas (HBI)

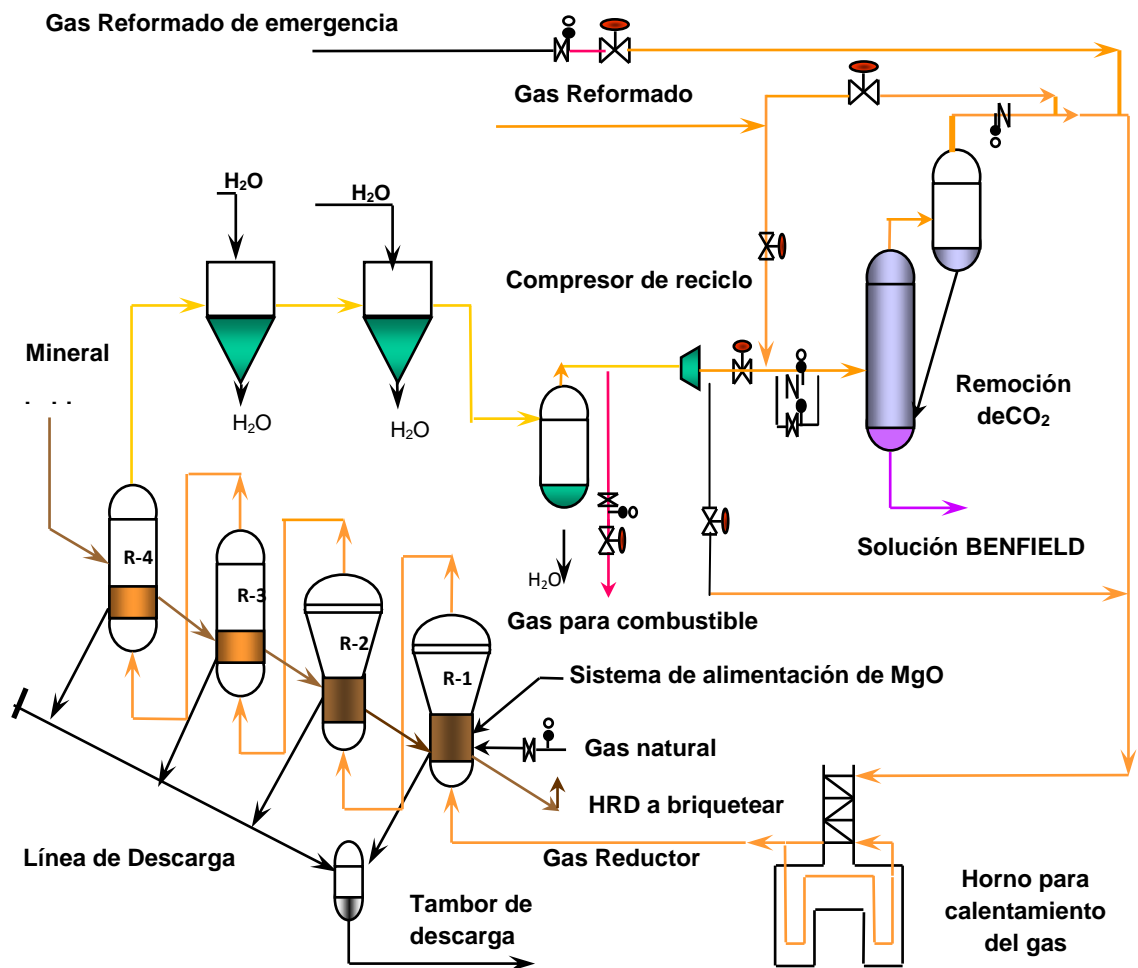


Figura N° 1: Esquema proceso productivo (FINMET®) de Orinoco Iron.

Fuente: Orinoco Iron.

La implementación del proceso FINMET® trajo consigo una serie de ventajas de carácter operativo y económico. Se logró un alto grado de flexibilidad operativa, con bajo consumo energético obteniendo un producto con alto contenido metálico y bajo residual.

Orinoco Iron (2006), plantea que la planta que mediante tecnología FINMET® opera en Orinoco Iron, consta de 5 áreas operativas:

1. Área de preparación de mineral y producto

2. Área de briqueteadoras
3. Área de servicio
4. Área de planta de gas
 - Sistema de tratamiento de agua de alimentación
 - Aire para instrumentación y servicios
 - Sistema de recirculación, enfriamiento y purificación
 - Generación de gas inerte
5. Área de Reactores o Reducción

El área de reactores está compuesta de cuatro reactores reductores, en donde el mineral proveniente de los sistemas de alimentación de mineral fluye por gravedad a través de los reactores ubicados en serie descendente, entrando en contacto con el gas reductor. A medida que el mineral desciende, sufre una reducción continua hasta adquirir propiedades metálicas. El mineral con diferentes grados de reducción se mantiene fluidizado por el gas reductor. El gas reductor fluye por el último reactor, en donde el mineral semirreducido proveniente de los reactores superiores, entra en contacto con un gas rico en H_2 y CO con alto poder reductor, adquiriendo sus características metálicas y de carburización para luego pasar a la etapa de briqueteado.



Figura N° 2: Área de reactores.

Fuente: Orinoco Iron.

2.2.2 Corrosión

2.2.2.1 Definición

Corrosión es definido como la destrucción o deterioro de un material debido a su reacción con el medio ambiente (Gil, 2002).

Los metales cuando se encuentra en su estado natural (generalmente en ventas, bajo la forma de óxidos metálicos o sales), tienen un estado termodinámico estable. Estos metales pueden ser utilizados en las industrias, por lo cual son sometidos a diversos procesos de manufactura donde acumulan energía. Al finalizar este ciclo, el material al ser expuesto a un ambiente natural, trata de volver a su estado original liberando energía a través del proceso de corrosión, hasta alcanzar un estado de mínima energía (termodinámicamente estable). La corrosión es un proceso natural e inevitable que no puede ser eliminado, sin embargo puede ser controlado y minimizado.

2.2.3 Tipos de corrosión

- Corrosión en suelos
- Corrosión en concreto
- Corrosión en calderas
- Corrosión por fragilización en metal líquido
- Corrosión en agua de mar
- Corrosión localizada
- Corrosión bajo tensión
- Corrosión fatiga

- Corrosión microbiológica

2.2.3.1 Corrosión atmosférica

Dentro de los diversos tipos de corrosión, la corrosión atmosférica es la más importante en cuanto a las pérdidas económicas que ésta genera, y es uno de los procesos más estudiados ya que alrededor del 80% de las instalaciones industriales están bajo la acción directa de la atmósfera. Si se asume que todas las atmósferas están compuestas de una mezcla de oxígeno (20%) y nitrógeno (78%), mientras el oxígeno presente en las atmósferas naturales es importante en corrosión atmosférica, este permanece constante a medida que progresa la corrosión atmosférica. Son los otros materiales presentes en la atmósfera que pueden variar considerablemente la velocidad de corrosión. Estos materiales son sólidos, líquidos y gases. (Morantes, Núñez y Yanes, 2007).

Sólidos: Un ejemplo de sólidos que afectan la corrosión atmosférica es la sal presente en la mayoría de los ambientes marinos.

Líquidos: El mejor ejemplo de un líquido que afecta la corrosión, es el agua. La velocidad de corrosión es más rápida cuando la superficie está húmeda que cuando está libre de agua líquida. No solo la cantidad de lluvia es importante, también su distribución en el tiempo y el tiempo requerido para su secado. La humedad puede ser beneficiosa para remover los agentes contaminantes de la superficie. La lluvia es muy efectiva en este proceso de limpieza, la neblina o humedad son menos efectivas porque incrementan los “tiempos de humedad”. La neblina o humedad son controladas por la humedad relativa del ambiente. El “tiempo de humedad” de una superficie es esencial para que se produzca la corrosión y depende del rocío y la humedad del aire. La velocidad de corrosión del acero depende del “tiempo de humedad”, el cual se define por ISO 9223-1992 como el periodo durante el cual una superficie metálica se cubre por capas adsorbidas o líquidas de electrolito que son



capaces de causar corrosión atmosférica. El lapso de tiempo cuando la humedad relativa es mayor a 80% a una temperatura dada mayor e igual a 0 grados según indica el estándar ISO.

Gases: Los gases que afectan la corrosión incluyen óxidos de nitrógeno y sulfuro los cuales están presentes en la lluvia acida que es parte de la sociedad industrializada de hoy en día. Estos gases pueden disolverse en la humedad para crear condiciones más agresivas que en la lluvia acida porque tienden a mantenerse en la superficie y a concentrarse.

Temperatura: Aunque en general al aumentar la temperatura se incrementa la velocidad de corrosión, puede tener un efecto beneficioso porque permite que se seque la superficie del metal. Este último efecto prevalece sobre el efecto en la velocidad de reacción.

Las atmosferas pueden clasificarse generalmente en: Industriales, marinas, tropicales, interiores y rurales; destacando que las atmosferas industriales, se caracterizan por poseer altos niveles de gases corrosivos como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono, los cuales pueden crear un ambiente severamente corrosivo. Muchos de estos gases son solubles en agua y cuando se combinan con esta en el ambiente, acidifican el agua. Los sólidos también prevalecen en las atmosferas industriales. Estos sólidos pueden ser corrosivos o pueden simplemente cubrir la superficie del acero con una capa que retiene la humedad y mantiene el metal húmedo por periodos prolongados de tiempo. (Ob. Cit).

2.2.3.1 Clasificación de la corrosión atmosférica

La corrosión atmosférica puede ser convenientemente clasificada como sigue:

- (a) Oxidación seca.
- (b) corrosión por humedad.

(c) Corrosión por agua líquida.

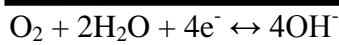
La oxidación seca tiene lugar en la atmosfera con todos los metales que tienen una energía libre de formación de óxido. Para metales que forman óxidos no porosos, la capa alcanza rápidamente un espesor limitante ya que la difusión del ion a través del arreglo del óxido es extremadamente lenta, a temperatura ambiental, y el espesor limitante de la capa de óxido es invisible. Para ciertos metales, esta capa provee protección contra ciertas impurezas:

La corrosión húmeda se caracteriza por la presencia de una capa fina e invisible de solución electrolítica en la superficie del metal (tipo húmeda) o por depósitos visibles de rocío, lluvia (corrosión por agua líquida). En esta categoría se ubica la herrumbre de hierro y acero. (Morantes y otros, 2007).

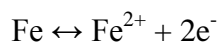
2.2.3.2 Electroquímica de la corrosión atmosférica

Un requerimiento fundamental de la corrosión electroquímica es la presencia de un electrolito. Una película delgada, “invisible”, de electrolito tiende a formarse en las superficies metálicas bajo las condiciones de exposición atmosférica después de cierto nivel de humedad crítica. Para el hierro, la humedad crítica es 60% en una atmosfera libre de dióxido de azufre. El nivel de humedad crítico no es constante y depende del material corroído, la tendencia de los productos de corrosión y los depósitos superficiales a absorber humedad y la presencia de contaminantes atmosféricos. (Morantes y otros, 2007).

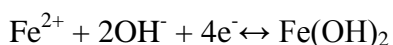
En la presencia de películas delgadas de electrolitos, la corrosión atmosférica procede por balance de las reacciones anódicas y catódicas. La reacción de oxidación anódica involucra la disolución del metal, mientras que la reacción catódica se asume frecuentemente que es la reacción de reducción de oxígeno.



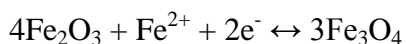
Esta es la forma común de la reacción catódica en la mayoría de los ambientes. La reacción anódica:



La reacción total, los iones OH^- reaccionan con los iones Fe^{2+} para formar hidróxido ferroso:



Este es oxidado a hidróxido férrico $\text{Fe}(\text{OH})_3$, el cual es una forma simple de herrumbre. El producto final es el óxido rojizo conocido como $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ el cual se presenta en una amplia gama como goethita y lepidocrocita. En condiciones donde el suministro de oxígeno es limitado, se puede formar magnetita (Fe_3O_4) y hematita (γ Fe_2O_3). Para condiciones de oxígeno limitado y humedad se puede producir la reducción de la hematita a magnetita (Ob. Cit):



Como el óxido se seca y es permeado por oxígeno, la magnetita es reoxidada con una ganancia neta de $0.5\text{Fe}_2\text{O}_3$:



En aire puro a temperaturas normales, una delgada película protectora de óxido se forma en la superficie del hierro fundido pero a diferencia de la capa formada en acero inoxidable esta no protege en la presencia de electrolitos y usualmente se rompe en presencia de aire y agua. El proceso electroquímico de corrosión atmosférica se puede resumir en el siguiente diagrama:

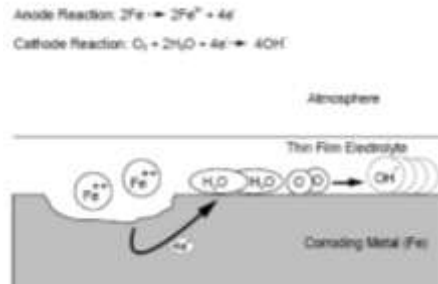


Figura N° 3: Corrosión atmosférica del hierro.

Fuente: (Morantes y otros, 2007)

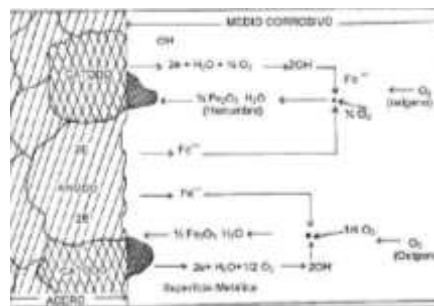


Figura N° 4: Corrosión atmosférica del hierro.

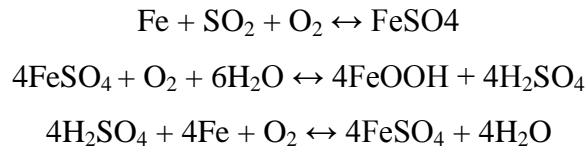
Fuente: (Morantes y otros, 2007)

2.2.3.3 Dióxido de azufre en la corrosión atmosférica

El dióxido de azufre juega un papel importante en la corrosión atmosférica de metales en las zonas industrializadas. Para todos los metales el SO_2 se absorbe selectivamente desde la atmosfera. Bajos condiciones de humedad se forma acido sulfúrico, la oxidación de SO_2 a SO_3 es catalizada por metales y óxidos metálicos. (Morantes y otros, 2007).

En la corrosión del hierro y el acero se cree que el sulfato ferroso es hidrolizado para formar oxido y que el ácido sulfúrico se regenera. El dióxido entonces actúa

como catalizador de forma tal que el ion $\text{SO}_4^{4=}$ puede catalizar la disolución de más de 100 átomos de hierro antes de que este sea removido por lixiviación o por la formación de sulfato básico. Las reacciones se pueden resumir como sigue:



2.2.3.4 Películas de productos de corrosión

Las películas de productos de corrosión que se forman en el acero a la atmosfera tienden a ser protectoras y por lo tanto la velocidad de corrosión disminuye, alcanzando un estado estable en pocos años.

La mayor velocidad de corrosión se observan en atmosferas marinas e industrial, lo que indica que la capa de oxido formada en esas atmosferas son menos protectoras que la capa que se forma en ambiente rural. En atmosferas industriales que contienen cantidades apreciables de dióxido de azufre (SO_2) debido a la reacción de corrosión, se forma sulfato ferroso que se acumula en pequeñas picaduras poco profundas de aproximadamente 0,5-1 mm de diámetro, sobre la superficie del acero, bajo un deposito de una película de productos de corrosión. El sulfato ferroso aglomerado y anidado en picaduras fue nombrado “nidos de sulfato ferroso” por Schwarz quien descubrió su existencia. Los aniones de sulfato ($\text{SO}_4^{4=}$) migran a las picaduras, los cuales son sitios anódicos, y se forma un mayor número de nidos en atmosferas con mayor SO_2 . Debido a que la protección de la capa de productos de corrosión en el nido es pobre, el área vecina provee la mejor ruta para que prosiga la corrosión. Entonces, la velocidad de corrosión es mayor a mayor número de nidos. (Morantes y otros, 2007).

2.2.3.5 Protección del acero

2.2.3.5.1 Selección de materiales

Selección de materiales cuya velocidad de corrosión sea lo suficientemente baja en el ambiente considerado, Esta selección debe considerar igualmente las restricciones de la aplicación y parámetros mecánicos de diseño. (masa de la pieza, resistencia a la deformación, al calor, capacidad de conducir la electricidad, etc.).

2.2.3.5.2 Recubrimientos Protectores

Basado en el aislamiento de la pieza del ambiente, En este caso, caen los recubrimientos anticorrosivos cuyas formulaciones aparte de aportar con un film de aislamiento de tipo epóxico fenólico o epoxi-uretano llevan asociados un paquete anticorrosivo compuesto por moléculas orgánicas o minerales.

2.2.3.5.3 Modificación del ambiente

Cuando se trabaja en ambiente cerrado (por ejemplo, un circuito cerrado de agua), se pueden dominar los parámetros que influyen en la corrosión; composición química (particularmente la acidez), temperatura, presión, entre otros. Se puede, agregar productos llamados "inhibidores de corrosión". Un inhibidor de corrosión es una sustancia que, añadida a un determinado medio, reduce de manera significativa la velocidad de corrosión.

Las sustancias utilizadas dependen tanto del metal a proteger como del medio, y un inhibidor que funciona bien en un determinado sistema puede incluso acelerar la corrosión en otro sistema. Sin embargo, este tipo de solución es inaplicable cuando se trabaja en medio abierto.

2.2.3.5.4 Protección Catódica (Galvanismo).

También se puede introducir otro material para perturbar la reacción; es el principio del "ánodo de sacrificio" o "protección galvánica".

Se coloca un material de aleaciones de zinc, aleaciones de magnesio y aleaciones de aluminio, que se van a corroer en lugar del material que se quiere proteger; la reacción química entre el ambiente y la muestra sacrificada impide la reacción entre el ambiente y la pieza útil.

2.2.3.5.5 Galvanoplastia

La muestra se puede recubrir con una película de otro metal electrodepositado cuyo potencial de reducción es más estable que el material de la pieza. Galvanoplastia existe como el niquelado, el cincado (galvanizado), el cobreado y el cromatado (cromo duro o cromo decorativo) estañado, etc. El cromado usado comúnmente en la industria automotriz, confiere una protección estable al material de hierro con la cual se confecciona el artículo.

2.2.3.5.6 Exposición a soluciones reductoras.

La superficie es expuesta a la permanente exposición de elementos químicos disueltos en una solución a bajas concentraciones, dichas especies son pares reductores que se oxidan ellos mismos a cambio de la pieza y además contribuyen con la pasivación o inactivación de la superficie formando micropelículas químicas estables. Estas especies se encuentran comúnmente en anticongelantes, pinturas base acuosa y otras aplicaciones. (Morantes y otros, 2007).

2.2.4 Recubrimientos

Los recubrimientos son materiales que al momento de ser aplicados sobre una superficie, protegen, embellecen o impiden que elementos extraños entren en contacto con la misma. (Sánchez, 2008).

La mayoría puede clasificarse en:

- ✓ Recubrimientos orgánicos y pinturas
- ✓ Recubrimientos metálicos
- ✓ Recubrimientos cerámicos
- ✓ Recubrimientos compuestos

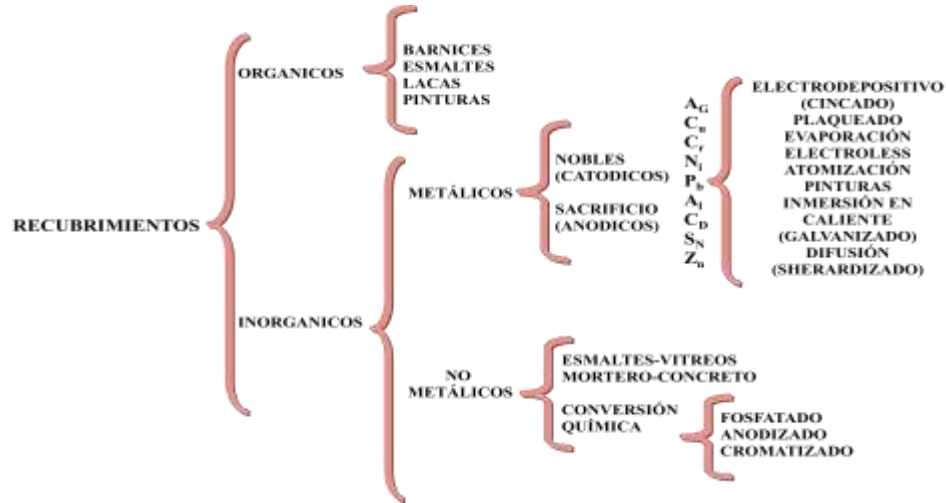


Figura N° 5: Clasificación de los recubrimientos.

Fuente: (Sanchez, 2008).

2.2.4.1 Recubrimientos orgánicos

Los recubrimientos orgánicos incluyen, pero no se limitan a, pinturas, barnices, lacas y recubrimientos para mantenimiento industrial, y pueden ser aplicados tanto a unidades o equipos móviles como a superficies estacionarias. La pintura por su parte es un líquido pigmentado que al ser aplicado sobre una superficie se transforma en una película sólida y fuertemente adherida que la protege. (Sánchez, 2008).



Figura N° 6: Sistema de recubrimientos.

Fuente: (Sánchez, 2008).

Existen diferentes funciones de los recubrimientos orgánicos; según Ruiz 2010, los recubrimientos son formulados para fines específicos:

Decorativos: incorporación del color, imagen, textura, etc. A sustratos de calidad inferior; incorporación de mejores propiedades mecánicas superficiales, tales como abrasión, fricción, impacto, flexibilidad, etc.

Protectora: confiere a las superficies pintadas resistencias a agentes físicos – químicos como corrosión, ataques químicos, inmersión en agua, a los rayos ultravioleta, a altas temperaturas, etc. Confiere propiedades de resistencia al ataque de agentes biológicos, como el fouling, moho, bacterias, etc.

Aislante: del calor, ruidos, humedad, radiaciones, gases, electricidad, etc., utilizando siempre el sustrato como soporte para mejorar el aislamiento del sistema.

Indicadora: señalización de instalaciones industriales, zonas de peligro, carreteras, autopistas, aeropuertos, etc.



Puente: como capas o revestimiento intermedio entre el sustrato y la capa final para facilitar la adherencia, aplicación, aumento de la resistencia a la corrosión, etc. Por ejemplo, los fondos y aparejos, wash primer, etc.

En términos generales, las pinturas están constituidas fundamentalmente por el vehículo o aglutinante que es el elemento formado de la película y por solventes, aditivos y pigmentos como se explican a continuación:

2.2.4.1.1 Vehículo

El vehículo determina el secamiento o curado, imparte a los recubrimientos propiedades de adherencia, resistencia química, flexibilidad, impermeabilidad, dureza, brillo y está formado principalmente de resinas o polímeros orgánicos sintéticos o naturales disueltos en solventes. Las resinas más comúnmente utilizados en formulas de pinturas domesticas y en mantenimiento industrial son las resinas alquídicas (sintéticas); estas resinas se derivan de los productos de condensación de un ácido polibásico y un alcohol polifuncional combinados químicamente con aceites o ácidos grasos monobásicos. Es el responsable en gran parte de: flexibilidad, brillo, dureza, adherencia, resistencia química, envejecimiento, amarillamiento, impermeabilidad y secamiento.

2.2.4.1.2 Solventes

Los solventes o diluentes que entran en la composición de una pintura son la parte volátil de la misma, facilitan la fabricación, aplicación y el secamiento, además de dar propiedades de brochabilidad y nivelación ayudando a la formación de la película. Los tipos de solventes más comúnmente utilizados son: aromáticos, alifáticos, nafta, alcoholes, glicoles, cetonas, agua.

2.2.4.1.3 Aditivos

Los aditivos constituyen una gama muy extensa de productos que entran en la formulación de todo tipo de pinturas o recubrimientos y sin los cuales estas no

podrían fabricarse. Los aditivos cumplen funciones específicas entre las que se encuentran como más importantes: agentes secantes, agentes tensioactivos, antisedimentantes, antipiel, antiespumantes, antibacterianos, antigases, dispersantes, humectantes, anticráteres, antigelantes, endurecedores, espesantes, desaireantes, tixotrópicos, antifloculantes.

2.2.4.1.4 Pigmentos

Los pigmentos son finas partículas sólidas fundamentalmente insolubles en el vehículo (excepto ciertos pigmentos anticorrosivos) que aportan propiedades de color, opacidad, refuerzo de la película, estabilidad contra los rayos (U.V) solares y control de la corrosión.

Los pigmentos se añaden a los revestimientos por las siguientes razones:

- ✓ Proveen características de inhibición contra óxidos.
- ✓ Disminuyen la permeabilidad del revestimiento.
- ✓ Esconden la superficie.
- ✓ Proveen color.
- ✓ Protegen al revestimiento del efecto de la luz ultravioleta y las condiciones atmosféricas.
- ✓ Auto limpiado.
- ✓ Disminuye el brillo y aumenta la adherencia de los revestimientos subsecuentes.
- ✓ Proveen de acabados diseñados.
- ✓ Ayudan a las propiedades de almacenamiento.
- ✓ Aumentan la consistencia.

Entre los distintos tipos de pigmentos se encuentran:

2.2.4.1.4.1 Pigmentos Anticorrosivos

Entre los pigmentos que le confieren propiedades anticorrosivos a una pintura se tienen dos grandes grupos:

- **Pigmentos Pasivadores:**

Protegen la superficie metálica sobre la cual se aplican por su acción inhibidora de la corrosión; por ejemplo, cromato de cinc, tetraoxicromato de cinc y silicromato de plomo (los productos a base de plomo han sido discontinuados por sus efectos contaminantes).

- **Pigmentos de Sacrificio:**

Son metales que se caracterizan porque en presencia de agua o humedad y en contacto con el hierro y sus aleaciones crean una pila en la cual el pigmento es el ánodo y se sacrifica para proteger a la estructura.

2.2.4.1.5 Pigmentos Colorantes

El color blanco de una pintura se lo confiere alguno de los siguientes pigmentos: Bióxido de Titanio, óxidos calcinados de aluminio o de antimonio, óxido de cinc, sulfato de plomo, carbonatos básicos de plomo. Sulfatos básicos de plomo y silicatos básicos de plomo. El color negro se debe al carbón (negro de humo) y a la magnetita (óxido de hierro negro). Para cada color hay más de una alternativa de pigmento, ya sea orgánico e inorgánico (generalmente óxidos metálicos).

2.2.4.1.6 Pigmentos de Acción Específica

Confieren a la pintura propiedades especiales como sucede con los que se emplean en la pintura biocida o “antifouling” y los pigmentos para pinturas retardantes del fuego. También hay pigmentos que le dan a la pintura carácter fosforescente y se emplean en la elaboración de avisos carreteros.



2.2.4.1.7 Pigmentos Formadores de Barreras

Un ejemplo de estos es el aluminio difuso, las hojuelas de aluminio se entrelazan en la película seca formando una barrera metálica que reduce considerablemente la formación de poros.

2.2.4.2 Tipos de exposición de los recubrimientos

Los recubrimientos pueden estar sujetos a tres tipos de exposición a la corrosión: atmosférica, de inmersión y subterránea. Cada uno de éstos tiene una prioridad diferente desde el punto de vista de las características de los recubrimientos.

Los recubrimientos atmosféricos requieren de un desarrollo, formulación y aplicación cuidadosa debido a que son usados bajo muchas condiciones. Estos tipos de recubrimientos son requeridos para prevenir la corrosión en la superficie fundamentalmente durante muchos años cuando están expuesto a toda clase de condiciones atmosféricas como temperatura, humedad y sustancias químicas. Desde el punto de vista de la exposición atmosférica, el recubrimiento resistirá una gran cantidad de condiciones la cual incluye radiación, calentamiento, enfriamiento, máxima exposición a la oxidación, precipitación radioactiva de partículas químicas, alternativas de humedad y sequía, adicionalmente debe cumplir con los requerimientos básicos de una fuerte adhesión, baja tasa de transferencia de vapor húmedo, necesario para que algunas características inhibitoras reduzcan la corrosión y socavar las áreas dañadas.

Los recubrimientos para condiciones atmosféricas son usualmente una película relativamente fina que incluyen las características antes mencionadas y donde el envejecimiento del revestimiento es extremadamente importante. Las condiciones de exposición para un recubrimiento atmosférico son amplias, extendiéndose desde los que se utilizan en atmósferas muy calientes, secas hasta los que se utilizan esencialmente en climas frescos o fríos. (Torres, 2008).

2.2.4.3 Requerimientos para proteger de la corrosión una estructura por pintura

El principal uso de las pinturas es para proteger a las estructuras de atmósfera. Por eso, una buena pintura debe reunir los siguientes requisitos:

- a) Debe proveer una barrera al paso del vapor.
- b) La mayoría de las pinturas hoy en día son permeables, en una forma o en otra al agua y al oxígeno. Mientras mayor sea la barrera de difusión al paso de oxígeno y vapor de agua (aire húmedo por ejemplo), de una pintura, mayor será la protección a la corrosión que ofrezca. Mientras mayor es la concentración de pigmentos, mayor es la barrera a la difusión y de allí, que la protección contra la corrosión sea mayor.
- c) Debe inhibir la corrosión.
- d) Los pigmentos incorporados en el “Prime Coat”, (primera capa de pintura o preparador de superficie próximo o adyacente al metal), deben ser inhibidores a la corrosión. Cuando el agua llegue a hacer contacto con el metal, después de difundir a través de la pintura, algo de los pigmentos debe disolverse también. Entre ese algo debe haber inhibidores a la corrosión, lo cual hace el agua adyacente al metal menos corrosiva. Es importante que los pigmentos no se disuelvan mucho, ya que si eso ocurre, toda la pintura saldría del metal y se disolvería totalmente.

Entre los pigmento-inhibidores más usados están: Pb_3O_4 (plomo rojo), Pb_2PbO_4 , $ZnCrO_4$, $Zn MnO_4$

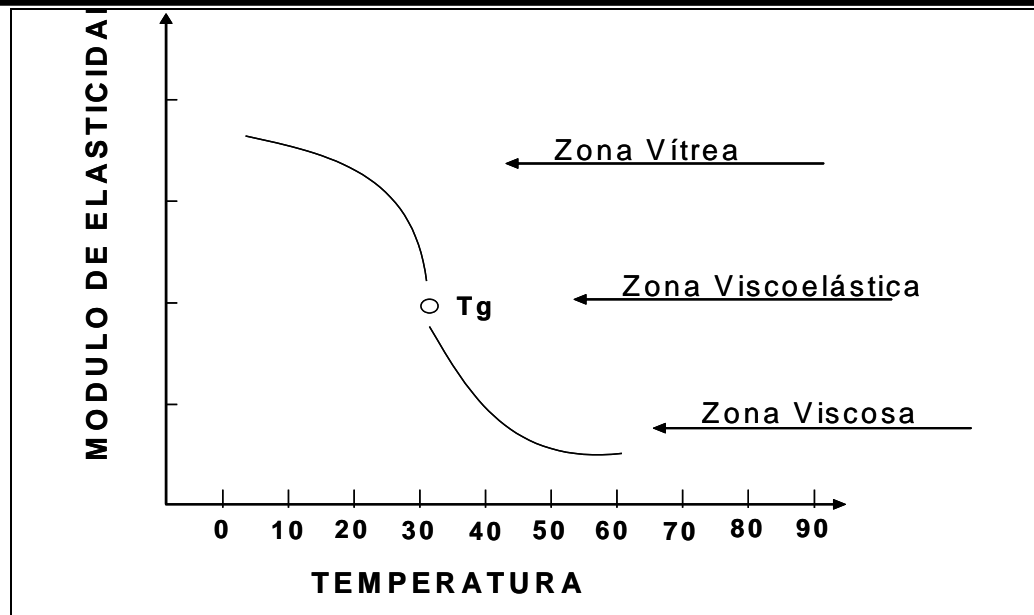
- e) Debe proveer una larga vida a bajo costo.

Generalmente hay muchos factores que tomar en cuenta a la hora de escoger una determinada pintura y procedimiento para cubrir la estructura: pero se podría decir

que entre un sistema de pintura que dure 5 años y otro sistema más caro que dure 7 años, es preferible escoger el de 7 años ya que hay que incluir el costo de la mano de obra al pintar y por es preferible usar una pintura que dure más a fin de evitar extra-obras de mano. (Torres, 2008).

2.2.4.4 Temperatura de transición vítrea

Por las teorías de viscosidad se conoce que las moléculas de los polímeros rara vez se mueven por cadenas o unidades; lo normal es un movimiento segmental, de segmentos de cadena o de grupos simples de la macromolécula. Los polímeros, al ser materiales viscoelásticos, muestran, en función del tiempo y de la temperatura, todos los estados, desde el estado sólido (cristalino o vítreo) al estado de líquido viscoso. En el estado vítreo, el movimiento molecular está muy impedido y el material únicamente puede soportar pequeñas deformaciones elásticas. En el estado de líquido viscoso ya existe un grado moderado de elasticidad y las moléculas del polímero exhiben un movimiento segmental considerable. Entre estos dos estados existe uno de transición, denominado intervalo de transición a vidrio, T_g , en el que el polímero presenta un comportamiento viscoelástico. Esta propiedad de los polímeros, a veces ignorada, puede tener una repercusión notable en el comportamiento en la práctica de los recubrimientos de pintura. Pensemos que determinados polímeros presentan valores de T_g dentro del intervalo de temperaturas que el material tiene que soportar durante su vida en servicio y que determinadas propiedades mecánicas, permeabilidad, etc., pueden cambiar considerablemente cuando nos acercamos a esas temperaturas de transición.



Gráfica N° 1: Gráfico de modulo de elasticidad Vs temperatura de transición vítrea.

Fuente: (Torres, 2008).

2.2.4.5 Métodos de aplicación de pinturas

Existen tres métodos básicos de aplicación de pintura líquida:

- **Brochas:** Es recomendable para pintado de superficies irregulares, bordes y ángulo, sitios de difícil acceso, retoques y reparaciones de áreas pequeñas.
- **Rodillo:** Se utiliza cuando se quiere dar un acabado texturizado a la superficie.
- **Pistola:** Para aplicar pintura de secamiento rápidos, acabado superficial muy bueno.

2.2.4.6 Manifestaciones de fallas que presentan los recubrimientos.

- Cambios de Color y Brillo.
- Encogimientos de Película.

- Formación de Burbujas.
- Crackeo de la superficie de recubrimiento.
- Baja resistencia a la intemperie.
- Chacking o Atizamiento.
- Delimitación.
- Pérdida de adhesión.
- Corrosión.
- Pérdida de Espesor.

2.2.4.7 El espesor y sus funciones

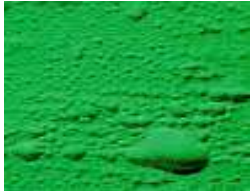



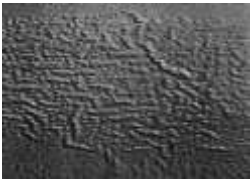
La pintura necesita tener un espesor mínimo para llevar a cabo su función. Debemos recordar que el espesor seco de un imprimante (primer) es el espesor sobre la altura del patrón de anclaje. Dependiendo de su tipo, los imprimantes también deben tener un espesor mínimo por otra razón, que es proveer la suficiente barrera para limitar el paso de los compuestos causantes de la corrosión, brindando suficiente pigmento inhibidor contra el proceso de corrosión o suficiente pigmento de sacrificio (zinc) para lograr que el zinc se corra y proteja el acero.



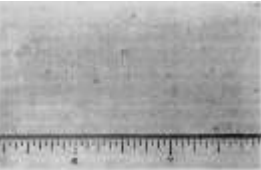
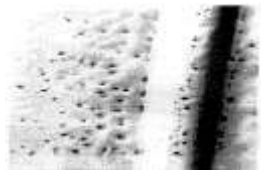


Las capas intermedias y los acabados también deben tener un espesor mínimo para realizar sus funciones. Un adecuado espesor de las capas intermedias forma una barrera contra el paso de los materiales causantes de la corrosión protegiendo la integridad de los imprimantes. Los acabados protegen las superficies del ataque químico, y a veces se requiere que resistan la abrasión y daño mecánico; estos dan una barrera adicional y deben ser lo suficientemente gruesos para proteger a las capas precedentes y para dar una apariencia agradable. Continuos estudios de la performance de sistemas de pinturas confirman que capas bajas en espesor no cumplirán efectivamente el trabajo para el que fueron diseñadas. A manera de ejemplo, un sistema inadecuadamente protegido se desprenderá prematuramente y el sustrato se corroerá.

Cuando se aplica una película a un espesor mayor al especificado, puede fallar, en primer lugar debido a la pérdida de cohesión y en segundo lugar por la falta de adhesión. Dependiendo del tipo, las pinturas pueden quebrarse o levantarse; con este tipo de fallas las pinturas se desprenderán o permitirán la penetración de la humedad que iniciará la corrosión de la superficie. Un buen ejemplo de esto es el resquebrajamiento de los zinc inorgánicos, cuando se aplican a alto espesor (mud cracking).

El excesivo espesor de película puede también afectar el curado. En las pinturas que secan (endurecen) por oxidación con aire, como las pinturas a base de aceite o alquídicas, si la capa se aplica muy gruesa se producirá un curado superficial. El oxígeno no podrá penetrar esta piel y la pintura debajo permanecerá suave. El excesivo espesor puede causar también que el solvente quede atrapado dentro de la capa de pintura, esto produciría una película con agujeros, ampollas u otros defectos. No para todas las pinturas mayor espesor significa mejor performance. De lo anterior se deduce que el espesor de película debe ser controlado. (Sánchez, 2008).

2.2.4.8 Tipos de fallas por registros fotográficos (Torres, 2008).

Tipos de fallas	Fotográfico	Mecanismo
Ampollamiento		<p>Es un defecto típico de mala preparación de superficie y puede deberse a solventes o humedad atrapada, presencia de grasa o aceite en la superficie, uso de solventes de evaporación rápida sobre superficie muy calientes, pistola de rociado con humedad de aceite.</p>
Marcas o Cuarteamiento Profundo		<p>La falla es causada por la mezcla de resinas y pigmentos que no se combinan en la formulación. La aplicación de recubrimientos muy secos, duros y brillantes, que posteriormente desarrollan esfuerzos superficiales</p>
Marca de Cocodrilo		<p>En la pintura aparecen grietas superficiales irregulares, fenómeno es causado por la aplicación de recubrimientos muy duros sobre primers suaves, el calor y la luz UV. Los esfuerzos superficiales provocan macro grietas e encogimiento.</p>
Agrietamiento		<p>La falla es causada por cambios de temperatura y ambientes secos y con humedad. Por lo general aparecen en recubrimientos ya envejecidos. Sobrepasan la elasticidad.</p>
Encopamiento o Arrugamientos		<p>La falla se presenta en forma de surcos o rugosidades, es causado por capas muy gruesas con grandes espesores de recubrimientos. Excesiva humedad relativa ambiente, uso de solvente inadecuado. Se recomienda aplicar bajo las especificaciones recomendadas.</p>

Tipos de fallas	Fotográfico	Mecanismo
Tizamiento		<p>Fenómeno es causado por la descomposición del vehículo de la pintura, perdiendo su poder de cubrir por desprendimiento de pigmentos. Produce un polvillo similar al polvo de tiza. Se debe por acción del calor, la luz del sol y el oxígeno.</p>
Corrosión Subterránea		<p>Fenómeno tiene forma de bulbos y filiformes, es causado por la acción biológica</p>
Puntos de Alfiler		<p>La falla se presenta en forma de salpicaduras, es causado por la acción del uso de pistolas para pintar y en soldaduras. Se previene por la disminución de compuestos VOLATILES o disminución de solventes. Uso de recubrimientos impropios o aplicación incorrecta.</p>
Punto de Pez		<p>La falla se presenta como cráteres que semejan ojos de pescados. Se ocasionan por el agua aire, en la superficie o en la pintura. Causas posibles: presencia de aceite, oxido en la superficie, mal mezclado de la pintura, solvente inadecuado. Se previenen inspeccionando el material.</p>
Marcas Fangosas		<p>Presentan problemas corrosivos, es frecuente en recubrimientos ricos en Zn.</p>
Puntos Rústicos		<p>Se ocasionan por espesores inadecuados. En recubrimientos bajos en Zn. Que no son capaces de proteger.</p>

2.2.4.9 Principales características y limitaciones de los recubrimientos de pinturas más frecuentes utilizados (Sánchez, 2008).

Mecanismo de curado	Tipo genérico de revestimiento	Prep. superficial mínima	Características principales	Principales limitaciones
Oxidación	Pinturas al aceite oleorresinosas	Cepillado	<ul style="list-style-type: none"> -Buenas propiedades de aplicación. -Sobresalientes propiedades humectantes y de penetración. -Excelente flexibilidad. -Buen espesor de película por capa. -Buena tolerancia de aplicación sobre superficies deficientemente preparadas. -Muy buena durabilidad al exterior. -Costo relativamente bajo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Lento secado. -Baja resistencia a la abrasión. -Regular retención de brillo (exterior). -Débil resistencia al agua (permeables). -Debil resistencia a los disolventes y productos químicos (álcalis; mal, débiles; regular). -No son adecuados para condiciones de inmersión.
Oxidación	Alcídicos	Cepillado	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil aplicación. -Buenas propiedades humectantes. -Excelente adherencia a la mayoría de las superficies. -Excelente flexibilidad. -Muy buena retención de brillo. -Excelente durabilidad al exterior. -Buen espesor de película por capa. -Costo moderado. 	<ul style="list-style-type: none"> -Debil resistencia al calor. -Regular resistencia al agua. - Debil resistencia a los disolventes y productos químicos (álcalis; mal, débiles; regular). - No son adecuados para condiciones de inmersión.
Oxidación	Alcídicos con silicona	Cepillado	<ul style="list-style-type: none"> - Excelente adherencia a la mayoría de las superficies. -Buena resistencia al calor. -Mejor resistencia química que los recubrimientos alcídicos. - Excelente flexibilidad. -Muy buena resistencia a la humedad. -Buena retención de color y brillo (aunque peor que los recubrimientos alcídicos). -Excelente durabilidad al exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> -Débil resistencia a los disolventes. -Relativamente caros. No son adecuados para condiciones de inmersión.

Mecanismo de curado	Tipo genérico de revestimiento	Prep. superficial mínima	Características principales	Principales limitaciones
Oxidación	Fenolicos	Chorroado ligero	<ul style="list-style-type: none"> -Excelente resistencia al agua. -Muy buena resistencia química. -Excelente durabilidad al exterior. -Película de gran dureza. -Buen espesor de película por capa. 	<ul style="list-style-type: none"> -Película muy frágil. -Intervalo crítico de repintado (posibles problemas de adherencia entre capas). -Débil retención de brillo. Resistencia química similar a los alquídicos. -Amarillea con el envejecimiento.
	Epoxi ester	Cepillado	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil aplicación. -Buenas propiedades humectantes. -Excelente adherencia a la mayoría de las superficies. -Excelente flexibilidad. -Muy buena retención de brillo. -Excelente durabilidad al exterior. -Buen espesor de película por capa. -Costo moderado. 	<ul style="list-style-type: none"> -Débil retención de brillo. -Débil resistencia al calor. -Amarillea con el envejecimiento. -Moderada resistencia a humos de naturaleza química. -Mayor tendencia a enyesar que los rec. Epoxidicos. -Peor resistencia al agua y a los productos químicos que los recubrimientos epoxidicos.
Polimerización	Epoxidicos	Chorroado comercial	<ul style="list-style-type: none"> -Corto tiempo de curado (rápido repintado). -Fácil aplicación. -Excelente adherencia y buena humectabilidad. -Excelente resistencia a la abrasión, impacto y calor. -Muy buena durabilidad al exterior. -Excelente resistencia a los productos químicos (especialmente álcalis y disolvente). -Resisten bien temperaturas de hasta 120 °C. -Excelente resistencia al agua. 	<ul style="list-style-type: none"> -Recubrimiento de 2 componentes (vida limitada de la mezcla 8-16 horas). -La temperatura de curado debe ser superior a 10°C. -Permeabilidad limitada. -Débil retención de brillo. -Amarillea y enyesa con el envejecimiento. -Regular resistencia a los ácidos. -Difíciles de recubrir. -Poco tolerantes a la hora de aplicarlas sobre superficies húmedas y deficientemente preparadas.

Mecanismo de curado	Tipo genérico de revestimiento	Prep. superficial mínima	Características principales	Principales limitaciones
Polimerización	Epoxi alquitrán	Chorreado comercial	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil aplicación. -Alto espesor de película por capa. -Rápido curado. -Buena resistencia química (agua, ácidos débiles, álcalis y sales). 	<ul style="list-style-type: none"> -Sobrecurados provocan problemas de adherencia entre capas. -En términos generales, peor resistencia a los productos químicos y disolventes. -Limitación de color (negro).
Polimerización	Epoxi-fenolicos	Chorreado a metal blanco	<ul style="list-style-type: none"> -Excelente resistencia a la abrasión (película extremadamente dura). -Alto espesor de película por capa. -Buena resistencia al calor. -Excelente resistencia al agua. -Excelente resistencia a los productos químicos (especialmente a los ácidos) y disolventes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Intervalos críticos de repintado. -Requiere superficies muy bien preparadas. -No adecuada para exteriores.
Polimerización	Poliuretano	Chorreado comercial	<ul style="list-style-type: none"> -Facil aplicación por métodos convencionales. -Rápido tiempo de secado -Alta dureza y flexibilidad. -Excelente retención de color y brillo. -Buena resistencia al agua y a los disolventes. -Buen envejecimiento a la interperie (especialmente los de tipo alifático). Resistencia química similar a los recubrimientos epoxidicos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Difícil repintado. -Posibles problemas de alergia a los aplicadores. -Poca tolerancia a la contaminación por humedad anterior al curado. -Muy alto costo.

Mecanismo de curado	Tipo genérico de revestimiento	Prep. superficial mínima	Características principales	Principales limitaciones
Polimerización	Poliéster	Chorreado a metal blanco	- Frecuentemente utilizados con fibra de vidrio para dar lugar a recubrimientos compactos y de buena resistencia al agua.	
Polimerización	Siliconas (requieren aporte externo de calor).	Chorreado a metal blanco	-Excelente resistencia al calor. -Buena resistencia y repelencia al agua.	-Deben ser curados con aporte de calor. -Débil resistencia a los disolventes. -Resistencia química limitada. -Requieren superficies perfectamente limpias. -Muy alto costo.
Evaporación	Vinílicos	Chorreado comercial	- Rápido secado. -Fácil repintado. -Gran flexibilidad. -Excelente resistencia química (ácidos, álcalis, sales). -Excelente resistencia al agua. -Excelente durabilidad. -Buena retención de brillo.	-Difícil aplicación a brocha o rodillo. -Bajo espesor de película por capa. -Poco tolerantes a la contaminación entre capas y bajas temperaturas de superficie. -Moderado poder humectante. -Débil resistencia al calor. -Débil resistencia a los disolventes.
Evaporación, polimerización	Acrílicos-silicona	Chorreado comercial	-Excelente retención de brillo y color a temperaturas elevadas. -Excelente resistencia al calor. -Excelente durabilidad.	-Débil resistencia a los disolventes. -Moderada resistencia química. -Alto costo.

Mecanismo de curado	Tipo genérico de revestimiento	Prep. superficial mínima	Características principales	Principales limitaciones
Polimerización, evaporación	Emulsiones epoxidicas	Chorreado comercial	<ul style="list-style-type: none"> -Películas duras resistentes a la abrasión. -Alto espesor de película por capa. -Excelente adherencia, en particular sobre recubrimientos intactos envejecidos. -Aptas para su aplicación directa sobre superficies limpias y secas de hormigón. -Facilidad en poder ser recubrimientos, después de largos periodos de tiempo, con gran variedad de recubrimientos. -Muy buena resistencia a humos y salpicaduras de productos químicos y disolventes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Recubrimientos de 2 componentes. -La temperatura de curado debe ser superior a 10 °C. - Enyesa con el envejecimiento. -No recomendable para servicios de inmersión (agua, productos químicos, disolventes). -Relativamente caras.
Evaporación. polimerización	Ricos en zinc (tipo inorganico)	Chorreado a metal blanco	<ul style="list-style-type: none"> -Ofrece protección con una sola capa en numerosas condiciones ambientales. -Protección de larga duración cuando se usan en conjunción con adecuadas pinturas de acabado. -Suministra protección catódica. -Excelente durabilidad al exterior. -Excelente resistencia al calor (hasta 300 °C). -Excelente resistencia a la abrasión. -Insoluble en compuestos hidrocarbonados. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requieren una excelente preparación de superficie. -Aplicación sofisticada. -No son adecuadas para condiciones de servicio acida (pH < 5.5) o causticas (pH > 10.5), a no ser que estén recubiertas con pinturas de acabado adecuadas. -Alto costo.

2.2.4.10 Métodos de preparación del sustrato

Hay varios métodos que se utilizan para preparar la superficie de un metal para ser pintado o revestido. Las técnicas disponibles para preparación de la superficie incluyen:

- Limpieza con solvente
- Limpieza con herramienta manual
- Limpieza con herramienta motorizada.
- Limpieza con llama.
- Decapado o ataque químico.
- Limpieza por soplado usando perdigones o arenisca.
- Chorro de agua, usando solamente agua.
- Soplado abrasivo en húmedo, usando agua con abrasivos inyectados.

Cada una de estas técnicas debe controlarse mediante las especificaciones y las normas disponibles para ayudar a definir el proceso.

A continuación usted podrá encontrar descripciones breves de los principales métodos de preparación de superficies especificados por el STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL (SSPC) y la NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS (NACE), que son las principales organizaciones Internacionales que han normado los grados de preparación.

2.2.4.10.1 SSPC-SP-1. Limpieza con solvente

Es llamada limpieza con solvente. Sin embargo está basado en la utilización de productos tales como: vapor de agua, soluciones alcalinas, emulsiones jabonosas, detergentes y solventes orgánicos. Mediante este método son removidos la mayoría de los contaminantes como: grasa, aceite, polvo y sales solubles en el agente limpiador. La solución limpiadora es aplicada suavemente o mediante equipo de presión, seguido de un lavado con agua natural y secado con equipo de vacío o simplemente utilizando aire seco.



2.2.4.10.2 SSPC-SP-2. Limpieza Manual

Este método utiliza herramientas manuales, no eléctricas, para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes que puedan ser removidos con el solo esfuerzo humano.

A través de este método, generalmente no es posible desprender completamente todas las incrustaciones. Los bordes de pintura envejecida, deben ser desvanecidos para mejorar la apariencia del repintado que se haga posterior a la limpieza.

2.2.4.10.3 SSPC-SP-3. Limpieza Mecánica

La limpieza mecánica, es un método que utiliza herramienta eléctrica o neumática, para eliminar impurezas tales como: residuos de soldadura, oxidación, pintura envejecida y otros incrustantes que pueden ser removidos con estas herramientas. A través de este método, generalmente no es posible desprender completamente todas las incrustaciones.

Los bordes de pintura envejecida, deben ser desvanecidos, para mejorar la apariencia del repintado que se haga posterior a la limpieza.

2.2.4.10.4 SSPC-SP-4. Limpieza con flama

Este método consiste en pasar sobre las superficies metálicas, altas temperaturas a alta velocidad. Generalmente se usa flama de acetileno y una vez aplicada a la superficie, ésta debe limpiarse con cepillo de alambre para eliminar la escama floja y el óxido. La pintura primaria deberá aplicarse antes de que la superficie esté completamente fría.

2.2.4.10.5 SSPC-SP-5 NACE-1. Limpieza con chorro de abrasivo grado metal blanco

Este tipo de limpieza, utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie, a través de este método, se elimina toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. Una superficie tratada con este método, presenta un uniforme color gris claro, ligeramente rugoso, que proporciona un excelente anclaje a los recubrimientos. La pintura primaria debe ser aplicada antes de que el medio ambiente ataque a la superficie preparada.

2.2.4.10.6 SSPC-SP-6 NACE-3. Limpieza con chorro de abrasivo grado comercial

Procedimiento para preparar superficies metálicas, mediante abrasivos a presión, a través del cual es eliminado todo el óxido, escama de laminación, pintura y materiales extraños. Es permitido que pintura en buen estado e incrustaciones permanezcan adheridas aún después de la preparación de la superficie, siempre y cuando éstas no rebasen la tercera parte de cada superficie.

2.2.4.10.7 SSPC-SP-7 NACE-4. Limpieza con chorro de abrasivo grado ráfaga

Este tipo de limpieza, utiliza algún abrasivo a presión para preparar superficies metálicas que tengan una cantidad mínima de escoria, pintura, oxidación y otros contaminantes, se conoce generalmente como 'Ráfaga' y consiste en una limpieza muy superficial que permite que algunas incrustantes y pintura no sean eliminadas del sustrato.

2.2.4.10.8 SSPC-SP-8. Limpieza Química

Método para limpieza de metales, mediante reacción química, electrólisis o por medio de ambos.

A través de una reacción química con algún producto específico, superficies metálicas son liberadas de escamas, óxido, pintura y materiales extraños, posteriormente la reacción es neutralizada con alguna otra solución y secada con aire o vacío.

2.2.4.10.9 SSPC-SP-9. Limpieza por agentes atmosféricos

Consiste en la remoción de pintura, escamas de laminación u óxido, por medio de la acción de agentes atmosféricos, seguido de alguno de los métodos de limpieza mencionados anteriormente.

La alteración debida a agentes atmosféricos, usualmente no constituye un método efectivo en la preparación de superficies, por lo que debe ir siempre acompañado de alguno de los métodos sugeridos en este documento, ya sea con herramientas mecánicas o mediante la aplicación de chorro de abrasivo.

2.2.4.10.10 SSPC-SP-10 NACE-2. Limpieza con chorro de abrasivo grado cercano a blanco

Método para preparar superficies metálicas, mediante abrasivos a presión, a través del cual es removido todo el óxido, escama de laminación, pintura y materiales extraños.

La superficie debe tener un color gris claro y deben eliminarse sombras de oxidación visibles en un 95%. De hecho la diferencia entre una limpieza con chorro de arena grado metal blanco y metal cercano al blanco, radica en el tiempo empleado para pintar, ya que el metal es atacado por el medio ambiente y pasa a ser grado cercano al blanco en poco tiempo.

2.2.4.11 Causas y Prevención de las Fallas de los Recubrimientos

Los acabados para mantenimiento industrial y marino se utilizan principalmente para proteger estructuras metálicas contra la corrosión. El deterioro de las instalaciones causado por la reacción con los agentes ambientales predominantes, provoca fallas en las películas de pintura que siempre están asociadas con el recubrimiento en sí, con la aplicación o con la preparación y tratamiento de la superficie antes de la aplicación. Está demostrado que más o menos un 70 % de las fallas de los recubrimientos son producidas como resultado de un pobre e inadecuado tratamiento de las superficies antes de la aplicación.

Para prever fallas prematuras en las películas de pintura, antes de seleccionar el tratamiento superficial idóneo, debemos tomar en cuenta que clase de pintura vamos a utilizar y conocer en qué forma ésta se adhiere a una determinada superficie. El tipo de adhesión incide sobre el comportamiento y la durabilidad de un recubrimiento. Existen tres tipos de adhesión sobre cualquier tipo de superficie (Pérez, 1989):

2.2.4.11.1 Adhesión Mecánica

Depende del tipo de rugosidad de la superficie, ya que una superficie tratada con cualquier tipo de abrasivo o decapada con ácidos en condiciones controladas, provee una rugosidad óptima para la adhesión mecánica del recubrimiento al sustrato. La profundidad de las rugosidades se denomina “patrón o perfil de anclaje” y, por supuesto, los recubrimientos que dependen solamente de la adhesión mecánica requieren una superficie más rugosa que aquellos que poseen buena adherencia física o química. La profundidad de la rugosidad varía de 1.0 a 2.0 mils (25-50 micrones). El espesor de película requerido en el caso de este tipo de adherencia para lograr la mayor protección, dependerá del tipo de recubrimiento empleado y de las condiciones a las cuales estará sometido.

2.2.4.11.2 Adhesión Polar

Está basada en la atracción que la superficie ejerce sobre la resina; el grado de atracción entre el sustrato y la resina determina el porcentaje de adherencia polar. Por ejemplo, las resinas vinílicas no poseen adhesión polar y no pueden aplicarse sobre superficies lisas porque se desprenden; debe dársele la rugosidad necesaria para lograr adherencia mecánica. Las resinas epóxicas poseen excelente adhesión polar provocada por la atracción que sobre ésta ejerce la superficie.

2.2.4.11.3 Adhesión Química

Se debe a la reacción química entre el recubrimiento el sustrato metálico, como en el caso de los “wash primers”, donde la presencia de ácido fosfórico inicia la reacción entre el metal, la resina y el pigmento inhibidor. Este tipo de productos (con adhesión química) se utiliza para acondicionar superficies poco porosas y activas como aluminio, cobre, hierro galvanizado.

2.2.5 Carta de colores RAL

La carta de colores RAL constaba originariamente de 40 tonos que han ido aumentando posteriormente. Los tonos se identifican con un número de 4 dígitos donde el primer número indica la familia a la que pertenece:

1. Amarillos
2. Naranjas
3. Rojos
4. Purpuras
5. Azules
6. Verdes
7. Grises
8. Marrones

9. Negros y blancos

Los fabricantes de pinturas utilizan esta carta de colores para que cualquier cliente pueda pedir un color a través de su código RAL. Es posible además encargar colores personalizados en distribuidores que tienen las cartas informatizadas, de forma que se sabe con bastante precisión la proporción que se utiliza de las diferentes tonalidades para obtener el color final deseado, de este modo, si en el futuro se desea el mismo color se puede conseguir sin que los almacenes tengan que tener ya fabricado y en existencia dicho color, pues con agregar al blanco las proporciones correctas de la mezcla de nuestro color se consigue de inmediato el color solicitado. (Ver carta de colores RAL en el anexo A).

2.2.6 Glosario de términos

2.2.6.1 Aceros al carbono

Los aceros al carbono son esencialmente aleaciones de hierro y carbono con pequeñas adiciones de elementos como manganesos y sílice que proveen las propiedades mecánicas. Estos aceros son también conocidos como aceros de construcción. Además del hierro, y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación otros elementos necesarios para su producción, tales como el silicio y manganeso, y hay otros que se consideran impurezas por la dificultad de excluirlos totalmente – azufre, fósforo, oxígeno, hidrógeno. El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

2.2.6.2 Clases de aceros al carbono

- ❖ Aceros al carbono que se usan en bruto de laminación para construcciones metálicas y para piezas de maquinaria en general.
- ❖ Aceros al carbono de baja aleación y alto límite elástico para grandes construcciones metálicas, puentes, torres etc.

❖ Aceros al carbono de fácil mecanización en tornos automáticos.

En estos aceros son fundamentales ciertas propiedades de orden mecánico, como la resistencia a la tracción, tenacidad, resistencia a la fatiga y alargamiento, Estas propiedades dependen principalmente del porcentaje de carbono que contienen y demás aleantes. En general los aceros al carbono ordinarios contienen: $C < 1\%$, $Mn < 0.90\%$, $Si < 0.50\%$, $P < 0.10\%$, $S < 0.10\%$ De acuerdo con las propiedades mecánicas, se establecen una serie de grupos de aceros ordenados por su resistencia a la tracción.

2.2.6.3 Sistema de recubrimiento

Es un conjunto de recubrimientos orgánicos aplicados por capas a un determinado equipo o estructura.

2.2.6.4 Modos de falla en recubrimientos

Son todos aquellos defectos que presentan los recubrimientos (pinturas) que le restan eficiencia al mismo.

2.2.6.5 Recubrimientos primers

Son aquellas pinturas que que proveen la suficiente barrera para limitar el paso de los compuestos causantes de la corrosión, brindando suficiente pigmento inhibidor contra el proceso de corrosión osuficiente pigmento de sacrificio para lograr que este se corroa primero y proteja al acero.

2.2.6.6 Recubrimiento intermedio

Los recubrimientos intermedios forman una barrera contra el paso de los materiales causantes de la corrosión protegiendo la integridad de las pinturas de fondo, al igual que concede la adherencia necesaria para la aplicación de los esmaltes de acabado.

2.2.6.7 Recubrimiento de acabado

Son los que protegen las superficies del ataque químico, y a veces se requiere que resistan la abrasión y daños mecánicos, estos dan una barrera adicional y deben ser lo suficientemente gruesos a las capas precedentes y dar una apariencia agradable.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se describe de forma detallada; el tipo de investigación y diseño relacionado con el trabajo, la población, los instrumentos utilizados para la recolección de datos y el procedimiento experimental seguido.

3.1 Tipo de investigación

En el presente proyecto se desarrolla una investigación del tipo descriptiva, en este sentido Arias (1999) señala que:

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o suposición con la finalidad de establecer su estructura o comportamiento. Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación”. (P20).

En este proyecto se realiza este tipo de investigación ya que, se hace la caracterización del objeto a estudiar; basándose en la realización de distintos procedimientos y análisis, los cuales arrojaron una serie de resultados que permitieron evaluar el comportamiento de los recubrimientos anticorrosivos que componen la estructura y equipos del tren 1 y así mediante una serie de variables dar respuestas a los objetivos planteados determinando el grado de deterioro del recubrimiento existente y poder dar paso a la recomendación de nuevos sistemas de recubrimientos.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación trata de todos aquellos métodos que serán aplicados para recolectar la información necesaria para el desarrollo de los objetivos planteados. En la presente investigación se necesitará realizar la revisión de informes técnicos suministrados por la empresa para verificar los antecedentes existentes (si los hay); así como la revisión teórica sobre las diferentes fallas y factores asociados por la cual se deterioran los recubrimientos y los distintos sistemas de recubrimientos existentes. UPEL (2003), define a este tipo de investigación:

“Se entiende por Investigación de Campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo”.(P14.)

Dado que la investigación de campo o investigación directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos asociados a los objetos de estudio. En el presente trabajo, la investigación es de este tipo, puesto que se registraron datos relevantes provenientes de las inspecciones realizadas en el área de trabajo; y por otro lado servirá como apoyo entrevistas realizadas a personal capacitado de la empresa, que permita la familiarización en cuanto a equipos y procesos que se llevan a cabo.

3.3 Población y muestra

Es importante mencionar que; la población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación. (Morles, 1994, p. 17), y por otro lado la muestra es un "subconjunto representativo de un universo o población." (Morles, 1994, p. 54).

En este trabajo de investigación se considera como población los equipos y estructura metálicas que constituyen el tren 1 de producción de la planta Orinoco Iron, mientras que la muestra está formada por las áreas críticas tomadas en distintas zonas de dichos equipos y estructuras.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para cumplir de manera eficiente los objetivos del presente trabajo se utilizaron una serie de técnicas y estrategias, en tal modo Arias (1999) señala que; las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información y los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Por lo tanto en el presente trabajo de investigación se tomaran como técnicas e instrumentos toda herramienta que el investigador considere que le permitirá cumplir con los objetivos planteados.

3.4.1 Técnicas para la recolección de datos

La búsqueda de datos según diseño de la planta servirá como punto de partida para el desarrollo del presente trabajo de investigación, así como la revisión documental de informes, trabajos, proyectos y manuales; que servirá como soporte para la realización de las bases teóricas que sustentan el mismo.

Por otro lado una técnica importante es la observación directa pues a través de las inspecciones visuales realizadas a equipos y estructuras, se podrán establecer los mecanismos de fallas asociados al deterioro de los recubrimientos tipo pinturas.

Así mismo, las entrevistas no estructuradas se utilizaron para recabar información en forma verbal, a través de preguntas e inquietudes presentes. Entre las personas entrevistadas se encuentran los técnicos especialistas en área pertenecientes a la Superintendencia de parada y arranque, con dichas entrevistas se pudo conocer el



funcionamiento de los equipos que componen el tren 1 de la planta para así tomar en cuenta ciertos factores que pudieran estar asociados.

La realización de análisis físico-químico es otro punto clave en este trabajo, ya que permitirá llevar a cabo un estudio de los productos de corrosión existente en dicha estructura y poder inferir cual o cuales compuestos pueden estar causando mayores deterioros.

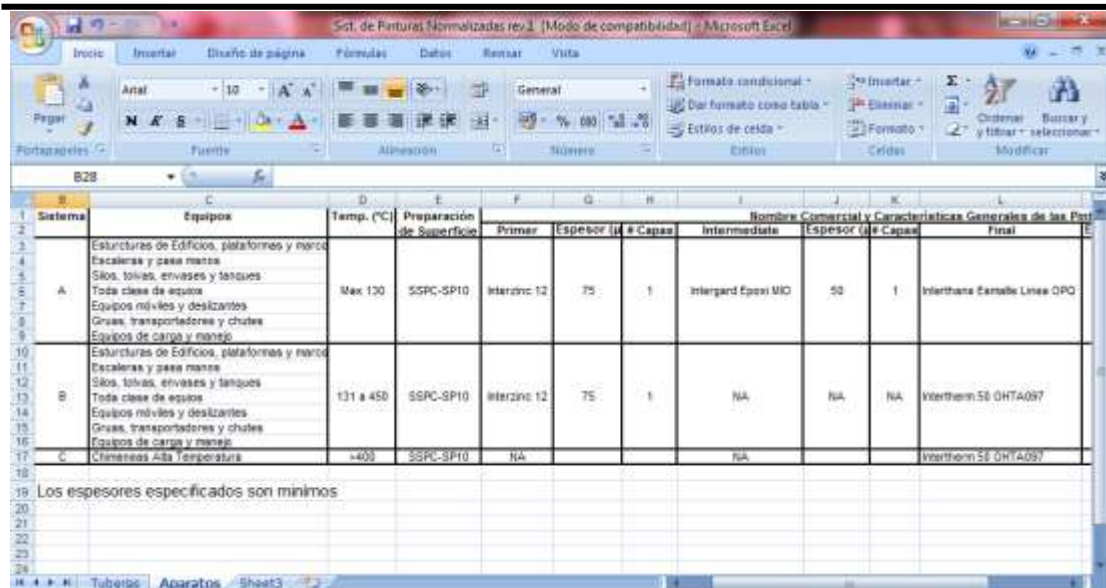
3.4.2 Instrumentos para la recolección de datos

1. Cámara fotográfica marca Samsung
2. Equipo medidor de espesores de película seca marca ELCOMETER 345
3. Microscopio electrónico de barrido modelo Quanta 600, marca Phillips

3.5 Procedimiento experimental

3.5.1 Recopilación de la información según diseño en relación a la preparación superficial, sistemas de pintura y tipos de recubrimientos aplicados del área en estudio.

En principio se investigó la hoja de datos de diseño de la empresa, la cual presenta en forma detallada los sistemas de pinturas normalizadas aplicados a los equipos y estructuras que componen la planta en su totalidad, así como la preparación superficial requerida para cada caso; por lo que fue necesario seleccionar y clasificar aquellos que constituyen el área en estudio. La mencionada clasificación se realizó haciendo una separación de los tipos de preparación superficial establecidos y la aplicación de las pinturas por capas (inicial, intermedia y final) estableciendo el números de sistemas de pinturas encontrados que finalmente permitió reconocer los equipos y estructuras por sistemas.



Sistema	Equipos	Temp. (°C)	Preparación de Superficie	Nombre Comercial y Características Generales de las Pinturas						
				Primer	Espesor (µm)	# Capas	Intermedia	Espesor (µm)	# Capas	Final
A	Estructuras de Edificios, plataformas y marcos Escaleras y pasos manos Silos, tolvas, envases y tanques Toda clase de equipos Equipos móviles y deslizantes Grúas, transportadores y chutes Equipos de carga y manejo	Max 130	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	Intergard Epsol MID	50	1	Interthom Esmalte Linea DPO
B	Estructuras de Edificios, plataformas y marcos Escaleras y pasos manos Silos, tolvas, envases y tanques Toda clase de equipos Equipos móviles y deslizantes Grúas, transportadores y chutes Equipos de carga y manejo	131 a 450	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	NA	NA	NA	Interthom 50 DHTA097
C	Chimeneas Alta Temperatura	+400	SSPC-SP10	NA			NA			Interthom 50 DHTA097

Figura N° 7: Hoja de datos inicial suministrada por la empresa.

3.5.2 Caracterización mediante inspección visual de la morfología de falla y grado de oxidación según la normas ASTM D 610 de los componentes y estructuras metálicas del área en estudio.

Para realizar la caracterización de las fallas fue necesario efectuar una inspección visual del área en estudio dejando registró fotográfico de cada componente evaluado, el recubrimiento en los equipos y estructuras, luego fueron anotadas todas las observaciones que permitieran establecer la falla en una tabla diseñada para tal fin. Cabe destacar que la evaluación se realizó desde el piso n° 19 (89800 mm) hasta planta baja (cota cero) del edificio de reactores del tren 1 y que se realizó una especificación del equipo o estructura al cual se le estaría realizando dicha inspección.

Una vez obtenidas las fotos y las descripciones que evidenciaban el deterioro de los sistemas de recubrimiento se procedió a completar la tabla de inspección plasmando dicho resultados; la cual contiene la ubicación de equipo, el nombre del

quipo, testimonio fotográfico, descripción y el mecanismo de falla del recubrimiento asociado al equipo.

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla

Figura N° 8: Tabla utilizada para la inspección visual en el área.



Figura N° 9: Inspección visual realizada.

Para la evaluación del grado de oxidación y ampollamiento se utilizaron las referencias de las normas ASTM D 610, y ASTM D 714, así como el manual de recubrimientos de estructuras metálicas de SSPC en cuanto a preparación superficial. Para caracterizar las estructuras y equipos según el estado corrosivo observado se implementó la norma ASTM D 610, que permite evaluar el grado de oxidación en

aceros pintados según el porcentaje de superficie oxidada, como puede observarse en la siguiente tabla.

Tabla N° 1: Grado de oxidación según la norma ASTM D 610.

Grado de oxidación	% de la superficie oxidada	Generalizada	Puntual	Híbrida
10	Menor o igual a 0,01	Ninguna	Ninguna	Ninguna
9	0,02 hasta 0,03	9-G	9-P	9-H
8	0,04 hasta 0,1	8-G	8-P	8-H
7	0,2 hasta 0,3	7-G	7-P	7-H
6	0,4 hasta 1,0	6-G	6-P	6-H
5	1,0 hasta 3,0	5-G	5-P	5-H
4	3,0 hasta 10,0	4-G	4-P	4-H
3	10,0 hasta 16,0	3-G	3-P	3-H
2	Mayor que 16,0 hasta 33,0	2-G	2-P	2-H
1	33,0 hasta 50,0	1-G	1-P	1-H
0	Mayor que 50,0	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Se realizó una comparación entre los testimonios fotográficos obtenidos en la inspección visual y las imágenes que establece la norma, para así otorgarle un grado de oxidación a las superficies de los equipos y estructuras en estudio. Ver figura 10.

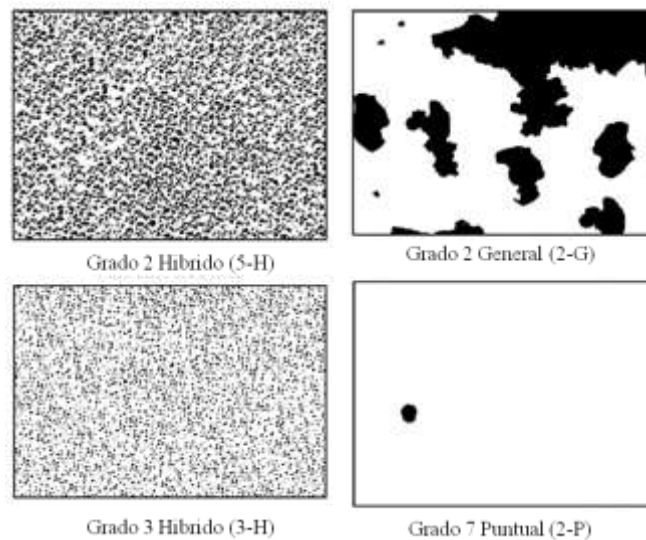


Figura N° 10. Grado de oxidación según la norma ASTM D 610.

De igual manera se caracterizó el grado de ampollamiento según la norma ASTM D 714, que permite mediante ejemplos fotográficos otorgarle a las superficies un grado de formación de ampollas que se pueden desarrollar en distintos recubrimientos sometidos a condiciones que causan las mismas, haciendo una clasificación de de cuatro tipos de ampollamiento (poco, medio, denso y medio denso). Ver figura 11.

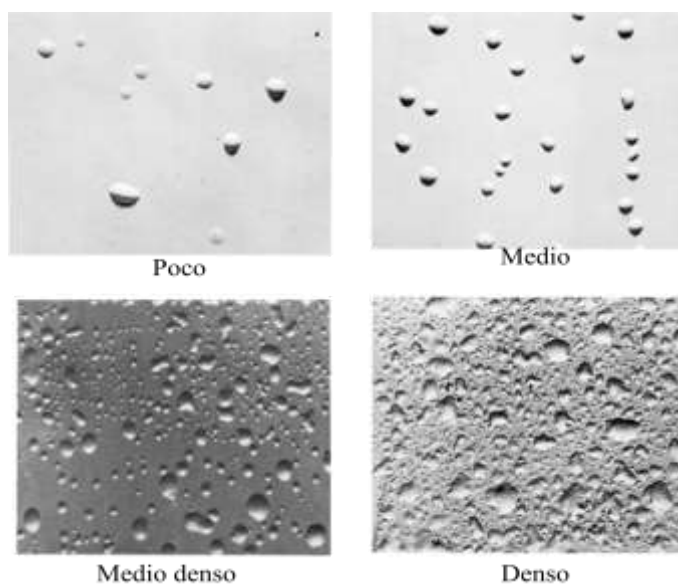


Figura N° 11: Tipos de ampollamiento según la norma ASTM D 714.

La caracterización del tipo de desprendimiento fue realizada basándose en observaciones; clasificando el mismo en desprendimiento leve, moderado y severo. Acotando que las superficies que corresponden a desprendimiento leve son todas aquellas que se le observaron pérdida ligera del recubrimiento en pocas zonas puntuales, no evidenciándose fuertes daños corrosivos; por su parte desprendimiento moderado se denominó a la pérdida de recubrimiento en varias zonas de pequeñas dimensiones y finalmente el desprendimiento severo corresponde a zonas amplias del equipo o estructura que a perdido la totalidad de su recubrimiento.



Figura N° 12: Clasificación de la falla por desprendimiento.

Es importante mencionar que en la inspección realizada se tomó en cuenta si los equipos y estructuras cumplían con la codificación RAL establecida según diseño; a cada equipo se le verificó dicho código y el mismo fue verificado en la carta de colores RAL de esta manera se constató si cumplía o no con el color establecido. (Ver carta de colores RAL en el anexo A).

Por su parte en cuanto a las líneas de servicios se hizo uso de la norma COVENIN 253:1999 para identificación de tuberías que conduzcan fluidos, con la cual una vez realizada la inspección y con previa anotación del color de recubrimiento existente en

las tuberías por fluidos, se procedió a corroborar si las mismas cumplían con el color establecido por dicha norma.

FLUIDO	COLOR BÁSICO DE IDENTIFICACIÓN	MUESTRA DEL COLOR
AGUA	VERDE	
OTROS VAPORES	GRIS PLATEADO	
ACEITES VEGETALES, ANIMALES Y MINERALES LÍQUIDOS COMBUSTIBLES INFLAMABLES	MARRÓN	
GASES INERTES E INFLAMABLES	AMARILLO	
ÁCIDO	ANARANJADO	
ALCALIS	VIOLETA	
AIRE	AZUL	
RESIDUOS EN FERMENTACIÓN Y AGUAS NEGRAS	NEGRO	
PRODUCTOS FERMENTABLES	GRIS OSCURO	
VACÍO	GRIS CLARO	
AGUA PARA EL COMBATE DE INCENDIOS	ROJO	
FLUIDO ELÉCTRICO	NEGRO	

Figura N° 13: Color básico de identificación de fluidos establecido por la norma COVENIN 253:1999.

Fuente: Norma COVENIN 253:1999.

3.5.3 Análisis estadístico de los sistemas de recubrimientos orgánicos a partir de las fallas que exhiben sobre las estructuras y equipos donde fueron aplicados y el grado de deterioro de los mismos por mediciones de espesores.

3.5.3.1 Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se hizo uso del programa SPSS18 el cual permite producir análisis estadísticos avanzados, crear tablas y graficas de alta resolución, el análisis fue realizado de la manera siguiente:

- Recopilación de la información en lo referente a las inspecciones realizadas, haciendo uso de los cuadros comparativos obtenidos posterior a la inspección visual.
- Se definieron las variables y se le dieron ciertas características a las mismas, SPSS provee una ventana especialmente diseñada para definir las variables. Esta ventana se llama Variable View, como es señalado en la figura 14.

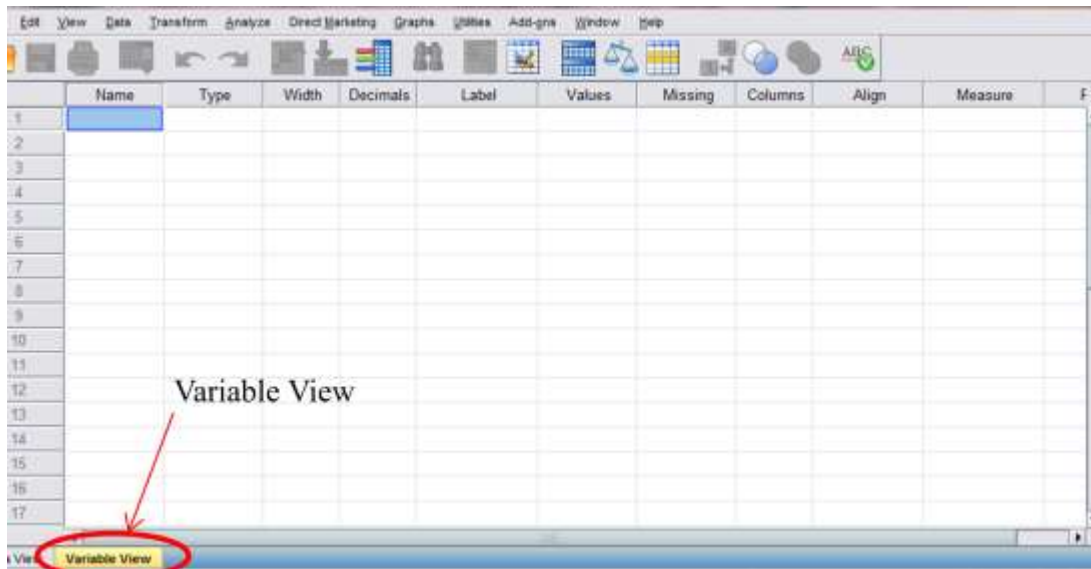


Figura N° 14: Ventana de Variable View del programa SPSS 18.

- Se introdujeron los datos habiendo asignado los valores para cada categoría de las variables al momento de definir las, y esos son los valores que se introducen en la ventana Data View.

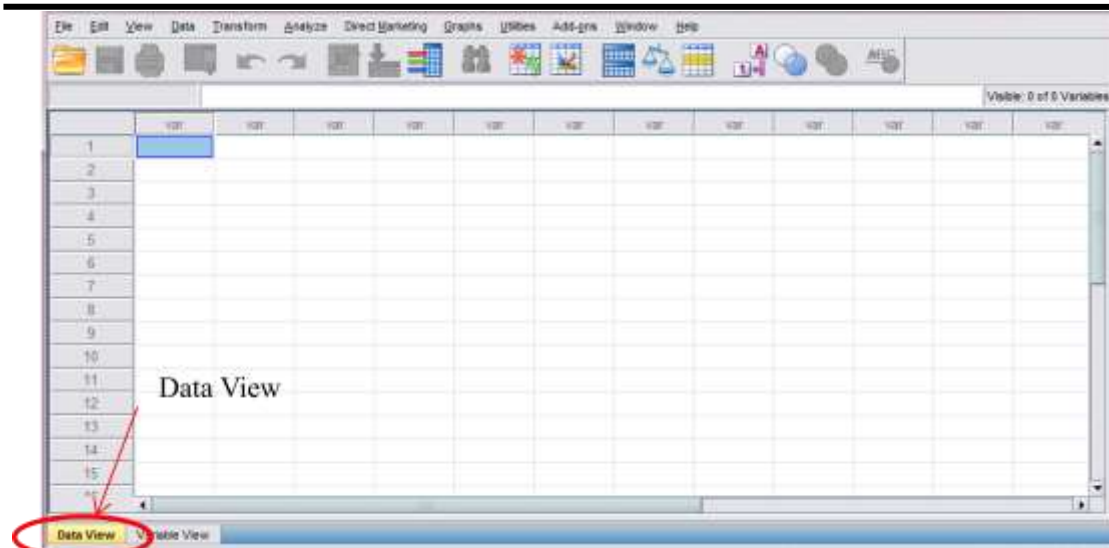


Figura N° 15: Ventana de Data View del programa SPSS 18.

- Una vez creado el banco de datos seleccionamos de la barra de menú la opción “Analyze” donde aparecen todas las opciones disponibles de SPSS; y aquí donde se procedió a la realización de los distintos análisis y haciendo uso de la herramienta estadísticos descriptivos se obtuvieron tablas de frecuencia, contingencia así como gráficos descriptivos que permitieran dar una serie de resultados.

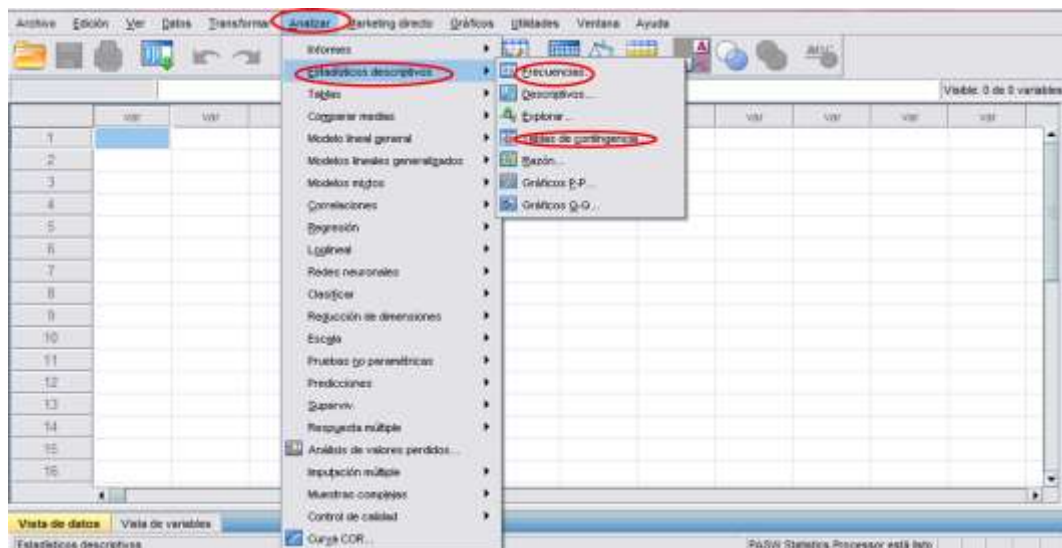


Figura N° 16: Ventana Analizar del programa SPSS 18.

3.5.3.2 Mediciones de espesores de pintura de los componentes metálicos

Utilizando el equipo Elcometer 345 debidamente calibrado se procedió a medir el espesor de película seca (recubrimiento) de cada equipo y estructura desde el piso n° 19 (89800 mm) hasta planta baja del tren1, la misma consistió en tomar varias zonas por equipo y realizar la medición; obteniendo un promedio de dichos valores.

Una vez obtenidos los valores de espesores fueron tabulados según el equipo y se realizó una comparación con los espesores suministrados por la hoja de datos inicial, acotando que los establecidos según diseño son valores mínimos requerido, finalmente calculando la diferencia de variación de espesor para tener certeza si los espesores intervinieron en los modos de fallas encontrados y en qué grado pudieron afectar.



Figura N° 17: Equipo medidor de espesores Elcometer 345.



Figura N° 18: Procedimiento de medición de espesores de película seca.

3.5.4 Caracterización de depósitos contaminantes y productos de corrosión a través de Microscopia Electrónica de Barrido

Esta técnica de estudio fue realizada por FUNDACITE-BOLIVAR utilizando un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo equipado con EDX y EBSD, las muestras a analizar se colocaron en un porta muestra y se introdujeron al microscopio; donde se realizaron análisis puntuales por EBSD cuantitativos y análisis cualitativos por mapeo elemental. Una vez obtenidos los resultados se procedió a analizar los mismos.



Figura N° 19: Microscopio electrónico de barrido.

3.5.5 Establecimiento del sistema de recubrimiento orgánico adecuado para cada caso y el tipo de preparación superficial a utilizar según la norma SSPC.

Principalmente se consultaron las fichas técnicas de las marcas existentes actualmente en el mercado y se compararon con las de la empresa proveedora de los recubrimientos aplicados según diseño, y una vez obtenidos los resultados de la inspección visual y el análisis estadísticos, estos permitieron establecer dichos sistemas, proponiéndose varios tipos de pinturas según los proveedores que existen en la actualidad.

La preparación superficial se estableció tomando en cuenta las especificaciones en las fichas técnicas, donde se establece la más adecuada dependiendo del tipo de pintura y componente a recubrir.

3.6 Procesamiento de la información

Referente al procesamiento de la información, Arias (1999) en su guía de metodología de la investigación señala que:

En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. (P25).

Los datos obtenidos en este trabajo se presentan a través de tablas, figuras y gráficos estadísticos; que darán testimonio de la evaluación realizada en cuanto a los recubrimientos; servirán para establecer análisis y conclusiones de los daños observados y así lograr el planteamiento de recomendaciones que darán con la solución de la problemática en cuestión.

3.7 Tipo de análisis

El análisis de los datos de la investigación es del tipo cualitativo y cuantitativo; ya que, se llevó a cabo una descripción, comprensión y análisis de una situación real mediante el empleo de varias técnicas que permitieran dar con las conclusiones y recomendaciones referentes a la problemática en cuestión. El análisis del tipo cualitativo implica varias actividades interrelacionadas; como lo son: la observación, la entrevista, la revisión de documentos o análisis documental y el estudio del caso.

Lo antes expuesto se puede comprobar en la definición de análisis cualitativo dada por Domínguez (2007):

El análisis cualitativo estudia los contextos estructurales y situacionales, tratando de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones y su estructura dinámica.

Por su parte el análisis cuantitativo es más parcial, pues estudia aspectos particulares o generaliza pero desde una sola perspectiva. El modelo cuantitativo generaliza y presupone, para alcanzar mayor validez, un conocimiento cualitativo y teórico bien desarrollado.

Basados en los análisis de los resultados y apoyados en las normas SSPC/NACE para establecer preparación superficial requerida, así como los sistemas empelados originalmente y su modo de falla característico, para recomendar el sistema de pinturas más adecuado según los proveedores de pinturas que están en el mercado actualmente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos según la secuencia de los objetivos planteados al inicio de la investigación, haciendo simultáneamente una explicación detallada de cada uno de ellos.

4.1 Recopilación de la información según diseño en relación a la preparación superficial, sistemas de pintura y tipos de recubrimientos aplicados del área en estudio.

La información recaudada según diseño en cuanto a la preparación superficial que se aplicaron a estructuras y equipos pertenecientes al área de reactores del tren 1, demostró que se realizó una limpieza a través de chorros abrasivos grado cercano a blanco según la norma SSPC- SP10, cabe destacar que el mismo fue el único método utilizado tanto en los equipos como en las estructuras y líneas de servicios.

En cuanto a los sistemas de pinturas se pudo constatar que inicialmente fueron aplicados cinco sistemas de pinturas constituidos por capas (fondo, intermedio y acabado), y que las mismas pertenecían a la empresa PINTURAS INTERNACIONAL C.A. El cuadro que se muestra a continuación plantea de forma general los sistemas de pinturas anticorrosivas encontrados según la data de diseño (Ver anexo B).

Tabla N° 2: Sistemas de recubrimientos aplicados según diseño

N° de sistema	Fondo	Intermedio	Acabado
1	Interzinc 12	N/A	Interbond Acri-sil línea OHA
2	Interprime OCPA O38	N/A	Interlac Esmalte línea OCL
3	Interzinc 12	N/A	Interthem 50 OHTA 097
4	N/A	N/A	Interthem 50 OHTA 097
5	Interzinc 12	Intergard Epoxi MIO	Interthane esmalte línea OPQ

Al analizarse las fichas técnicas de los recubrimientos antes mencionados se pudo caracterizar a qué tipo de pinturas pertenecían (Ver anexo C).

4.1.1 Sistema 1

- Fondo rico en Zinc a base de Etil Silicato (Interzinc 12)

Recubrimiento ampliamente especificado para aplicaciones donde se requiere alto desempeño, dadas sus reconocidas bondades, entre las que se destacan las siguientes:

- ❖ Provee un alto grado de protección galvánica a superficies de hierro y acero aun en ambientes de corrosión severa, por lo que es utilizado frecuentemente como sustituto económico del galvanizado, con resultados de desempeño similares.
- ❖ Forma un sistema de máxima protección a los agentes químicos, cuando es recubierto con el acabado más conveniente.
- ❖ Adicionalmente es un excelente recubrimiento de una sola capa para ambientes severos de inmersión en solventes orgánicos y otros productos.

- ❖ Ideal para condiciones extremas de aplicación como bajas o altas temperaturas y altos niveles de humedad, especialmente en caso donde este muy limitado el uso de productos tradicionales.
- ❖ Es de fácil aplicación sin contaminación, pues posee un rápido secado al tacto, lo cual es aprovechado para proteger, de forma inmediata, superficies que deben ser preparadas en áreas contaminadas con polvo, tales como patios de fabricación y/o los alrededores a las operaciones de sand blasting o chorro de arena.
- Esmalte acrílico silicona 260 °C (Interbond Acri-sil línea OHA):

Recubrimiento mono componente formulado con resinas acrílico silicona, que le proporciona resistencia a temperaturas medias de hasta 260 °C, una de las ventajas del producto es que el polímero usado en su fórmula contiene grupos no saponificables, por lo cual se puede recomendar su aplicación sobre fondos ricos en zinc.

4.1.2 Sistema 2

- Fondo alquídico (Interprime OCPA O38)

Fondo anticorrosivo de secamiento rápido, de uso industrial y/o comercial sobre hierro y acero en interiores y exteriores. Facilita las operaciones de repintado dada su condición de fondo universal, ya que es formulado como capa de enlace (fondo barrera), compatible con la mayoría de las pinturas conocidas, lo cual minimiza la preparación de superficies previamente pintadas.

Es muy útil en el pintado de superficies desnudas (nuevas), ya que proporciona mayor espesor y es de más rápido secamiento.

- Esmalte alquídico (Interlac Esmalte línea OCL):

Esmalte alquídico de alto brillo para uso interior y exterior, su rendimiento y su corto tiempo de repintado lo hacen producto de muy fácil aplicación con diversas propiedades:

- ❖ Excelente retención de color y brillo
- ❖ Excelente flexibilidad
- ❖ Película dura y resistente
- ❖ Excepcional adhesión sobre una gran variedad de fondos y acabados.

Este tipo de esmalte se debe aplicar sobre los fondos convencionales, la superficie debe estar limpia, seca y libre de cualquier contaminante.

4.1.3 Sistema 3

- Fondo rico en Zinc a base de Etil Silicato (Interzinc 12)
- Esmalte aluminio silicona 540 °C (Interthem 50 OHTA 097)

Recubrimiento a base de resinas de silicona y pigmentos de aluminio. Esta especialmente formulado como recubrimiento monocapa para superficies que van a estar expuestas constantemente a altas temperaturas, resistiendo hasta 540 °C. Puede aplicarse tanto a superficies preparadas con chorro abrasivo como limpieza manual mecánica. Útil para pintar el exterior de calderas, chimeneas, tuberías, intercambiadoras de calor, tubos de escape, etc., que van a estar expuesto a ambientes exteriores e interiores.

4.1.4 Sistema 4

- Esmalte aluminio silicona 540 °C (Interthem 50 OHTA 097)

4.1.5 Sistema 5

- Fondo rico en Zinc a base de Etil Silicato (Interzinc 12)
- Fondo epoxi de dos componentes (Intergard Epoxi MIO)

Proporciona excelente protección anticorrosiva y presenta una alta resistencia a la abrasión. Es un fondo/intermedio de alto desempeño reforzado con hojuelas de óxido de hierro micáceo, con la finalidad de lograr:

- ❖ Mayor resistencia a la corrosión y al ampollamiento.
 - ❖ Mayor adherencia entre capas, tanto con las capas de abajo como con las capas de arriba.
 - ❖ Mayor repintabilidad que los epóxicos tradicionales.
 - ❖ Mayor adherencia sobre superficies galvanizadas que los epóxicos tradicionales (se recomienda test de adherencia).
 - ❖ Mayor reforzamiento de la película y resistencia a la abrasión.
- Acabado esmalte poliuretano (Interthane esmalte línea OPQ)

Fondo Poliuretano de dos componentes de grandes resistencias a la intemperie, a la abrasión, químicos y solventes. Diseñado para la protección anticorrosiva de estructuras de acero expuestas a ambientes industriales severos. Se recomienda como primera mano de un sistema de recubrimiento a base de poliuretano y como acabado final o última capa de sistemas de pinturas protectoras de superficies que van a ser




sometidas a ambientes industriales o marinos de alta a mediana severidad, con exposición exterior e interior.




Es importante acotar que los recubrimientos fueron aplicados estudiando condiciones como equipos, material del componente, temperaturas en sus alrededores entre otros; y se clasificaron los componentes por sistemas de pinturas. Detallar los tipos de sistemas aplicados a cada estructura según diseño en el anexo B.




4.2 Caracterización mediante inspección visual de la morfología de falla y grado de oxidación según la normas ASTM D 610 de los componentes y estructuras metálicas del área en estudio.

En la inspección visual realizada se estudiaron los modos de fallas en los recubrimientos de 176 componentes entre los que se encuentran la parte estructural (vigas, barandas, pasamanos y techo), equipos y líneas de servicios. Es importante mencionar, que se observó un alto grado de suciedad en algunos de los componentes lo que dificultó el estudio de los mismos; por otra parte cabe destacar que se tomaron en cuenta aquellos componentes que presentaron mayor deterioro en su sistema de pinturas. A continuación, la tabla 3 muestra parte de la inspección realizada.

Tabla N° 3: Inspección visual detallada piso 1 de la estructura.

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Línea principal de agua a alta presión TAG: 1.1.011.PH. 25.05.V		Desprendimiento del recubrimiento en toda la extensión de la línea, lo que expone la superficie del componente al medio ambiente. En algunas zonas se encontró deposición de una capa de un material color blanco, se presume sea MgO. Se pudo observar que el RAL del recubrimiento cumple con el establecido según diseño y a su vez cumple con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 5-G	Desprendimiento moderado
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Barandas		Acumulación de mineral de hierro en la superficie, sin embargo se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento leve
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Techo		Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 5-G	Ampollamiento poco y desprendimiento moderado

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	R10 (boca de visita de 24") TAG: 1.1.223.10		Perdida del recubrimiento y corrosión por desprendimiento, donde se observa presencia de metal oxidado en forma de cascarillas de espesores variables. Las zonas recubiertas cumplen con el RAL según diseño. Cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación de la superficie una vez expuesta al desprenderse el recubrimiento. Grado de oxidación: 2-G	Agrietamiento y desprendimiento severo
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Correa transportadora de mineral Dosing belt Weigher TAG: 1.0.152.B.60.MW		Daños por desprendimiento del recubrimiento acentuado en las bases de la cinta transportadora, como se muestra en la figura. Presencia de leves daños corrosivos en el metal expuesto a la atmosfera. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento moderado
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Línea NP 153A contra el R10		No tiene ningún tipo de recubrimiento por lo que se observa una corrosión del tipo uniforme y en algunas zonas posibles depósitos de MgO. Está expuesto a altas temperaturas lo que favorece la oxidación de la superficie una vez expuesta al desprenderse el recubrimiento. Las líneas cumplen con el código de colores RAL, sin embargo a las purgas no se encuentran recubiertas según diseño. Grado de oxidación: 2-G	Desprendimiento severo

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Línea y válvulas contra-reactores NP 149/ NP 153		Las líneas han perdido la totalidad de su recubrimiento, por lo que ha quedado su superficie expuesta a la atmosfera causando algunos daños corrosivos. Las válvulas no poseen recubrimiento según diseño. No se cumple con el código RAL especificado en la data y a su vez no cumple con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 2-G	Desprendimiento severo
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Línea de válvulas NP 101		Las líneas han perdido la totalidad de su recubrimiento, por lo que ha quedado su superficie expuesta a la atmosfera causando algunos daños corrosivos. Las válvulas no poseen recubrimiento según diseño. No se cumple con el código RAL especificado en la data y a su vez no cumple con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 2-G	Desprendimiento severo
Piso 1 (Cota: 6200 mm)	Línea de válvulas de PPG (130)		Las líneas han perdido la totalidad de su recubrimiento, por lo que ha quedado su superficie expuesta a la atmosfera causando algunos daños corrosivos. Las válvulas no poseen recubrimiento según diseño. No se cumple con el código RAL especificado en la data y a su vez no cumple con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 2-G	Desprendimiento severo

Ver inspección completa de los 176 componentes en los apéndices (apéndice A).

En forma general se detectaron nueve tipos de mecanismos de fallas en los recubrimientos, predominando el tipo de falla por desprendimiento; es por esto que se le dieron tres categorías a la misma. A continuación se muestran los tipos de fallas encontrados durante la inspección visual.

Tabla N° 4: Modos de fallas encontrados en equipos y estructuras.

N°	Modos de fallas encontrados
1	Desprendimiento leve
2	Desprendimiento moderado
3	Desprendimiento severo
4	Ampollamiento poco
5	Ampollamiento medio
6	Tizamiento
7	Agrietamiento
8	Encopamiento
9	Daños mecánicos

Tomando en cuenta el deterioro de los recubrimientos en los componentes inspeccionados, los que se observaron en grado más avanzado fueron las vigas estructurales acentuándose el mismo en la parte inferior debido a la ausencia del recubrimiento. Es por eso que durante la inspección se evaluó el grado de oxidación en aquellas partes donde el recubrimiento se había desprendido en la misma, donde pudo observarse que los aceros y estructuras se ven altamente afectados al no contar con un revestimiento anticorrosivo en su superficie.

El criterio utilizado para asignar el grado de oxidación, fue según la norma ASTM D610 comparándose los testimonios fotográficos obtenidos en el área con los que establece la norma. A sabiendas que, la oxidación generalizada implica varias manchas de óxidos de distintos tamaños distribuidas al azar en la superficie, mientras que la oxidación puntual se produce cuando la mayor parte de la oxidación se concentra en algunas zonas localizadas en la superficie pintada y finalmente la

oxidación híbrida se produce cuando la corrosión es observada en toda la superficie en forma de manchas individuales y muy pequeñas de óxidos. (El criterio implementado puede observarse en las figuras siguientes).

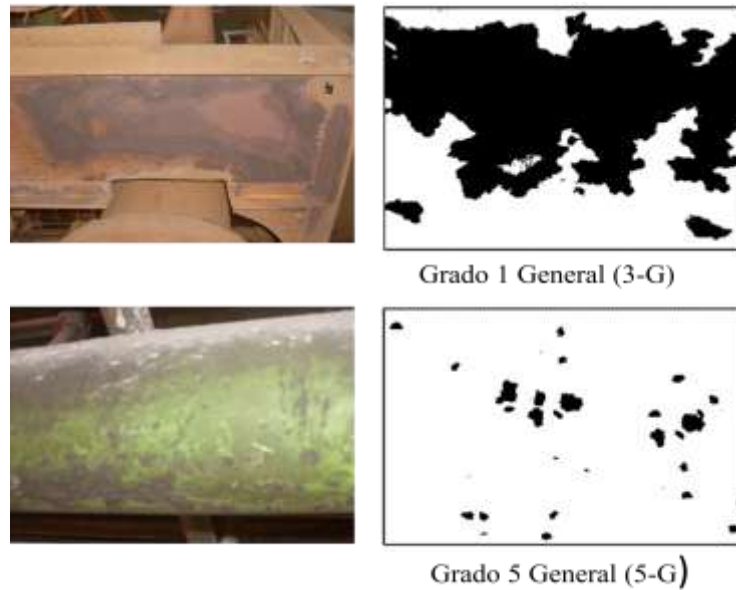


Figura N° 20: Grado de oxidación según la norma ASTM D 610. (General)

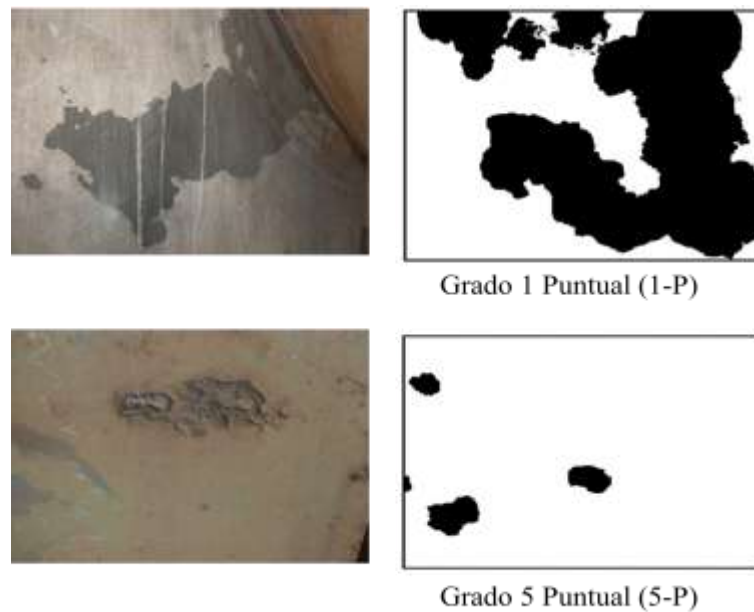


Figura N° 21: Grado de oxidación según la norma ASTM D 610. (Puntual)

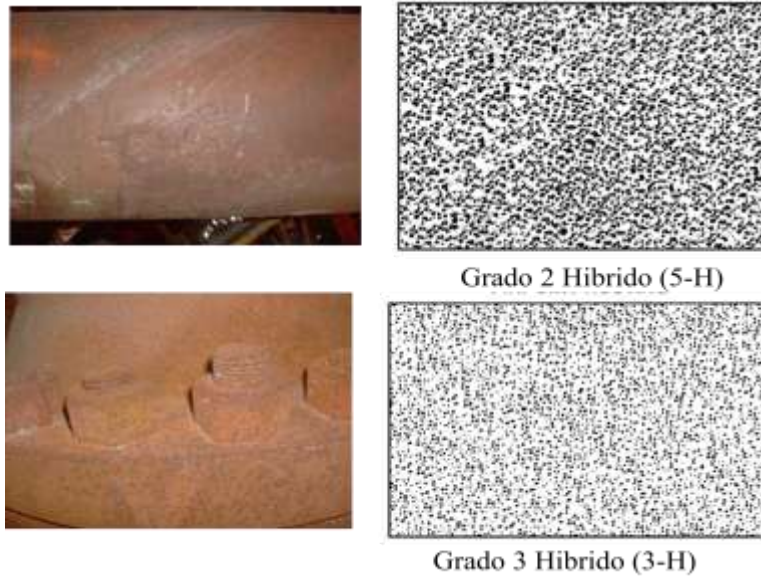


Figura N° 22: Grado de oxidación según la norma ASTM D 610. (Híbrido)

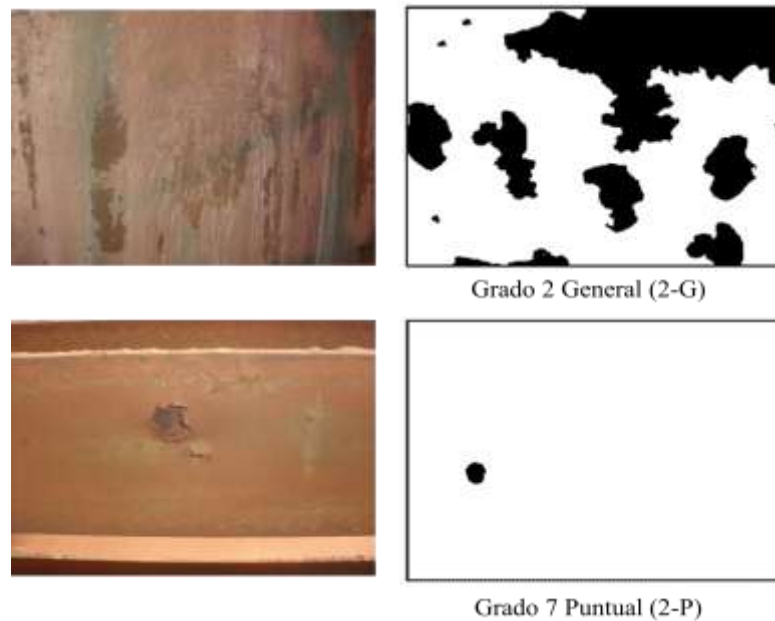


Figura N° 23: Grado de oxidación según la norma ASTM D 610. (General y puntual)

Acotando que la norma establece 9 grados para cada tipo de oxidación, y en este trabajo de investigación se reflejan los más comunes observados en el área de estudio. Al darle un grado específico a cada componente pudo obtenerse el grado de oxidación

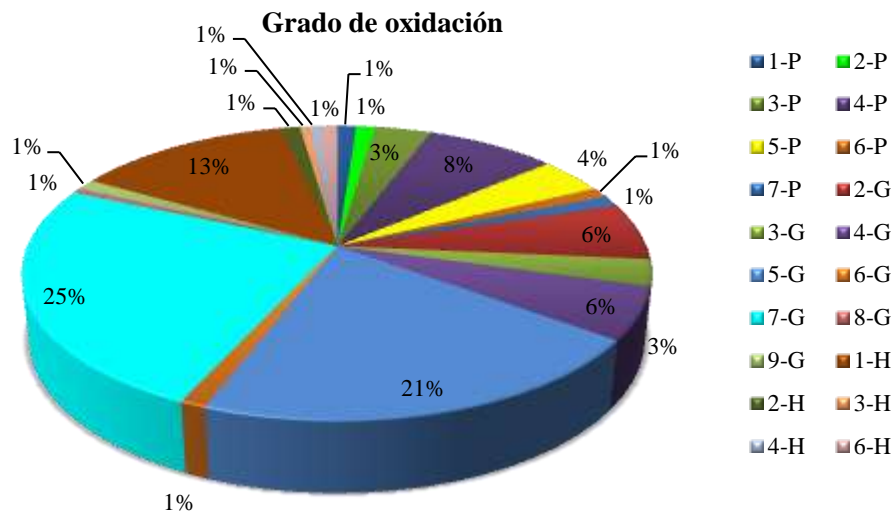
más frecuente y el porcentaje que este posee con respecto a los demás. Seguidamente se muestra la frecuencia de los grados de oxidación encontrados.

Tabla N° 5: Grados de oxidación en equipos y estructuras.

Grado de corrosión	Frecuencia
1-P	2
2-P	2
3-P	6
4-P	14
5-P	7
6-P	2
7-P	2
2-G	11
3-G	5
4-G	10
5-G	36
6-G	2
7-G	43
8-G	1
9-G	2
1-H	23
2-H	2
3-H	1
4-H	1
6-H	2
Total	176

Como puede observarse el grado de oxidación más frecuente es el 7-G, correspondiente a una oxidación general donde la corrosión ocupa en la superficie de un componente un 0,2 a 0,3 %, seguida a esta se puede ver que el grado de oxidación 5-G es frecuente en forma significativa e indica que la superficie del componente se encuentra corroída en un 1 a 3 % en forma generalizada. En la gráfica 2 se plantea lo

antes mencionado donde la oxidación del grado 7-G corresponde a un 25% en los equipos y estructuras evaluados, y la del grado 5-G corresponde a un 21 %, demostrando que los componentes que presentan grados de oxidación más severos se encuentran en menos proporción lo que indica que tanto las estructuras y equipos aun poseen una integridad adecuada y pueden seguir cumpliendo su función para la cual han sido diseñados.



Gráfica N° 2: Porcentajes de los grados de oxidación en equipos y estructuras.

De acuerdo a las observaciones realizadas pudo determinarse que los daños en los sistemas de pinturas fueron más críticos en aquellos pisos donde se encuentran equipos operando a elevadas temperaturas, como pudo evidenciarse en el piso 1 de la estructura donde se encuentra ubicado la zona inferior del reactor R10 donde en su interior alcanza temperaturas de aproximadamente 780-790 °C exponiendo su superficie y su alrededores a temperaturas altas.

De igual manera hay que acotar el tiempo de exposición de los mismos y que el equipo es sometido a constantes ciclos térmicos, pues si bien es cierto que los recubrimientos son elaborados garantizando que soporten altas y bajas temperaturas y

deformaciones, no se deja a un lado el hecho de que los mismos con el tiempo vayan sufriendo cambios y si no son inspeccionados se van deteriorando causando fallas en el recubrimiento.

4.3 Análisis estadísticos de los sistemas de recubrimientos orgánicos a partir de las fallas que exhiben sobre las estructuras y equipos donde fueron aplicados y el grado de deterioro de los mismos por mediciones de espesores.

El análisis estadístico utilizado permitió cuantificar los datos desde el punto de vista de lo cualitativo a lo cuantitativo, pudiendo obtenerse relaciones en cuanto a las fallas existentes en los recubrimientos de los equipos con los pisos en donde se encuentran ubicados, y el mecanismo de falla detectado. Aunado a esto es importante mencionar que dicho análisis provee datos porcentuales con los cuales se pudieron cuantificar los daños presentes.

4.3.1 Sistemas de recubrimientos

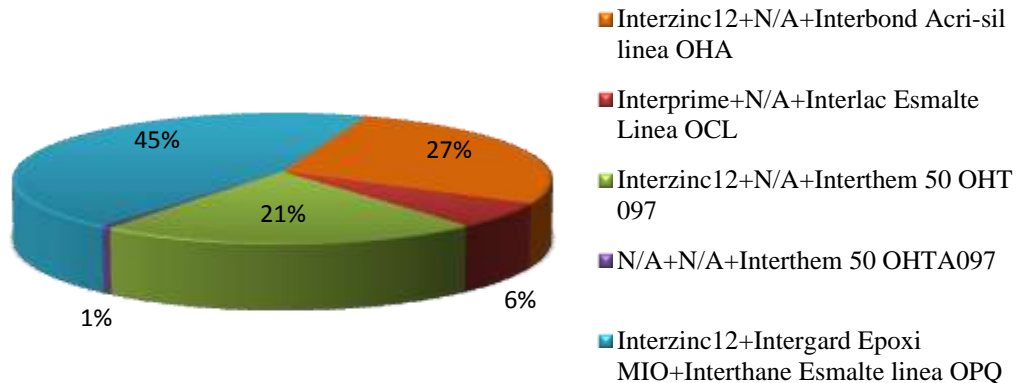
Mediante el análisis se obtuvo el sistema de recubrimientos más frecuente presente en los componentes evaluados, arrojando que de los 176 componentes que se estudiaron 79 poseen el recubrimiento N° 5 como puede observarse en la tabla anexa, y que el recubrimiento N° 1 también presentó una frecuencia considerable. Es importante mencionar que algunos equipos no poseen especificación conocida de su recubrimiento según diseño, como lo son las válvulas; y al momento de la inspección solo se analizó el recubrimiento presente en la línea de servicio que corresponde a cada una de ellas.

Tabla N° 6: Frecuencia de los sistemas de recubrimiento según diseño.

N°	Sistemas	Frecuencia
1	Interzinc12+N/A+Interbond Acri-sil linea OHA	48
2	Interprime OCPA 038+N/A+Interlac Esmalte Linea OCL	11
3	Interzinc12+N/A+Interthem 50 OHT 097	37
4	N/A+N/A+Interthem 50 OHTA097	1
5	Interzinc12+Intergard Epoxi MIO+Interthane Esmalte linea OPQ	79
	Total en equipos	176

La siguiente gráfica 3 muestra lo antes dicho, el 45 % de los equipos poseen el recubrimiento N° 5, significativamente el N° 1 corresponde a un 27 %, y que el menos utilizado es el N° 4 ocupando un 1 %. Cabe destacar que el recubrimiento más frecuente es el que poseen las vigas, barandas, pasamanos, techo y aquellos equipos que no operan a elevadas temperaturas.

Sistemas de recubrimientos



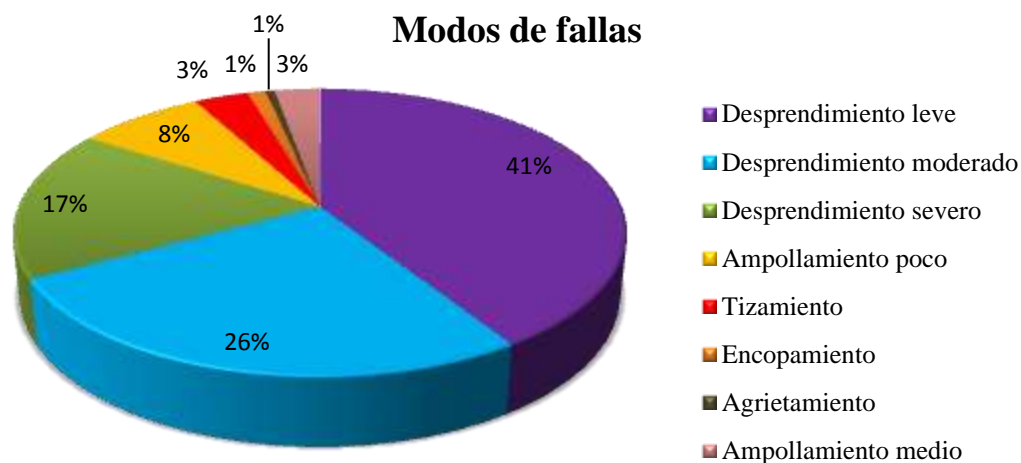
Gráfica N° 3: Porcentajes de los sistemas de recubrimientos.

4.3.2 Modos de fallas en los recubrimientos

El análisis estadístico demostró que la falla más frecuente corresponde al mecanismo por desprendimiento leve ya que de 176 equipos 72 presentaron el mismo, como puede observarse en la tabla. Lo anterior corresponde a que la falla del recubrimiento por desprendimiento leve ocupa un 41% de entre todas las observadas, por otro lado un 26 % corresponde a desprendimiento moderado el cual se evidenció en 46 componentes; lo que quiere decir que el desprendimiento es la principal causa del deterioro que poseen los recubrimientos.

Tabla N° 7: Frecuencia de los modos de fallas observados.

Fallas	Frecuencia
Desprendimiento leve	72
Desprendimiento moderado	46
Desprendimiento severo	30
Poco ampollamiento	14
Tizamiento	6
Encopamiento	2
Agrietamiento	1
Ampollamiento medio	5
Total	176



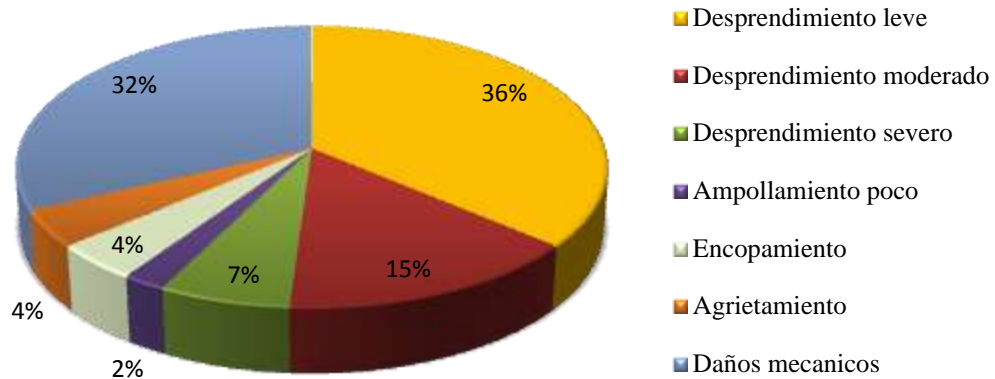
Gráfica N° 4: Representación porcentual de los modos de fallas.

Por otra parte en la inspección se encontraron equipos que poseen dos tipos de fallas en su recubrimiento como se puede observar en la siguiente tabla, predominando el desprendimiento leve en 17 equipos y los daños mecánicos en 15 de los mismos, este modo de falla corresponde a un 32% de las superficies evaluadas; como puede observarse en la gráfica N° 5.

Tabla N° 8: Frecuencia de los modos de fallas observados.

Fallas	Frecuencia
Desprendimiento leve	17
Desprendimiento moderado	7
Desprendimiento severo	3
Ampollamiento poco	1
Encopamiento	2
Agrietamiento	2
Daños mecánicos	15
Total	47

Modos de fallas

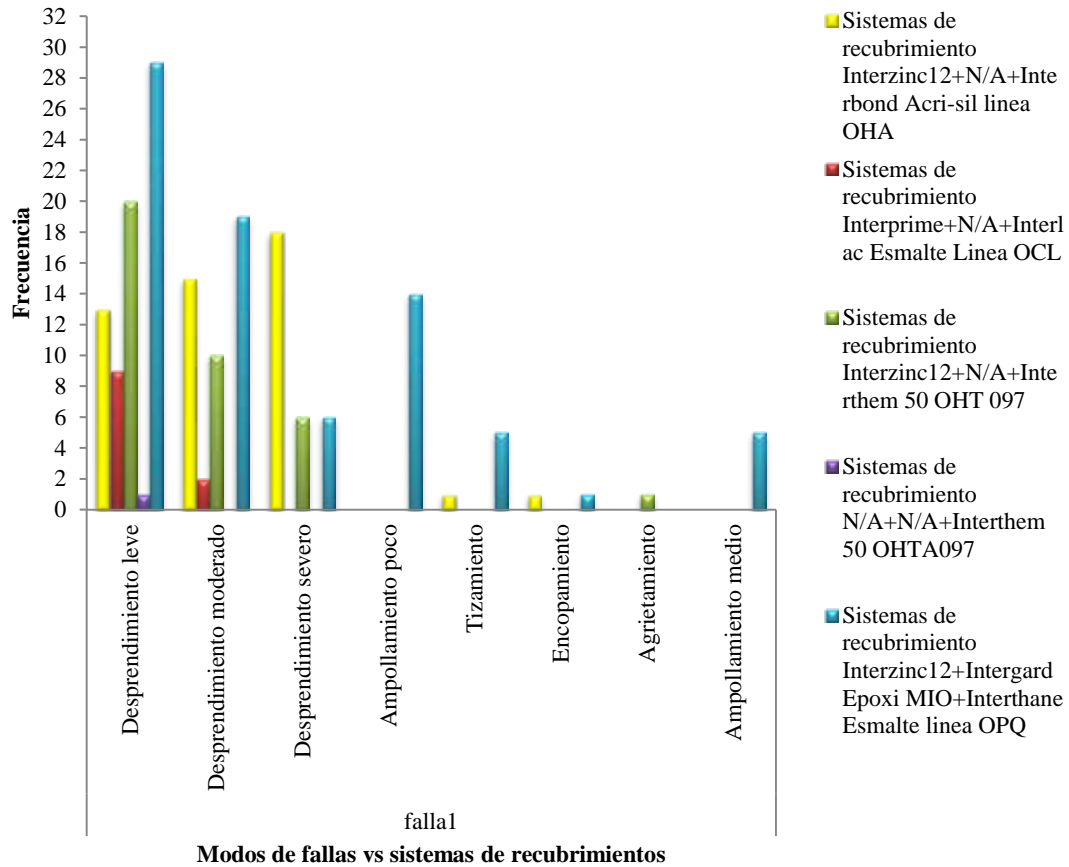


Gráfica N° 5: Representación porcentual de los modos de fallas.

4.3.3 Correlaciones de las variables

El análisis estadístico permitió obtener tablas de contingencia donde pudieron correlacionarse los datos de las variables en estudio. La gráfica siguiente muestra las frecuencias de las fallas encontradas desde el punto de vista del recubrimiento que posee la estructura o equipo; de allí puede observarse que el sistema que posee más modos de fallas corresponde al N° 5, que es el que poseen la parte estructural y algunos equipos y en su mayoría presenta desprendimiento leve. Por otro lado el recubrimiento N° 1 presenta en mayor parte fallas por desprendimiento bien sea leve, severo o moderado. De igual manera el recubrimiento N° 3 que es el que poseen los equipos que trabajan a altas temperaturas presentó en su mayoría fallas por desprendimiento y en pocas partes tizamiento y agrietamiento observándose menor frecuencia de fallas en los sistemas N° 2 y 4.

Fallas por sistema



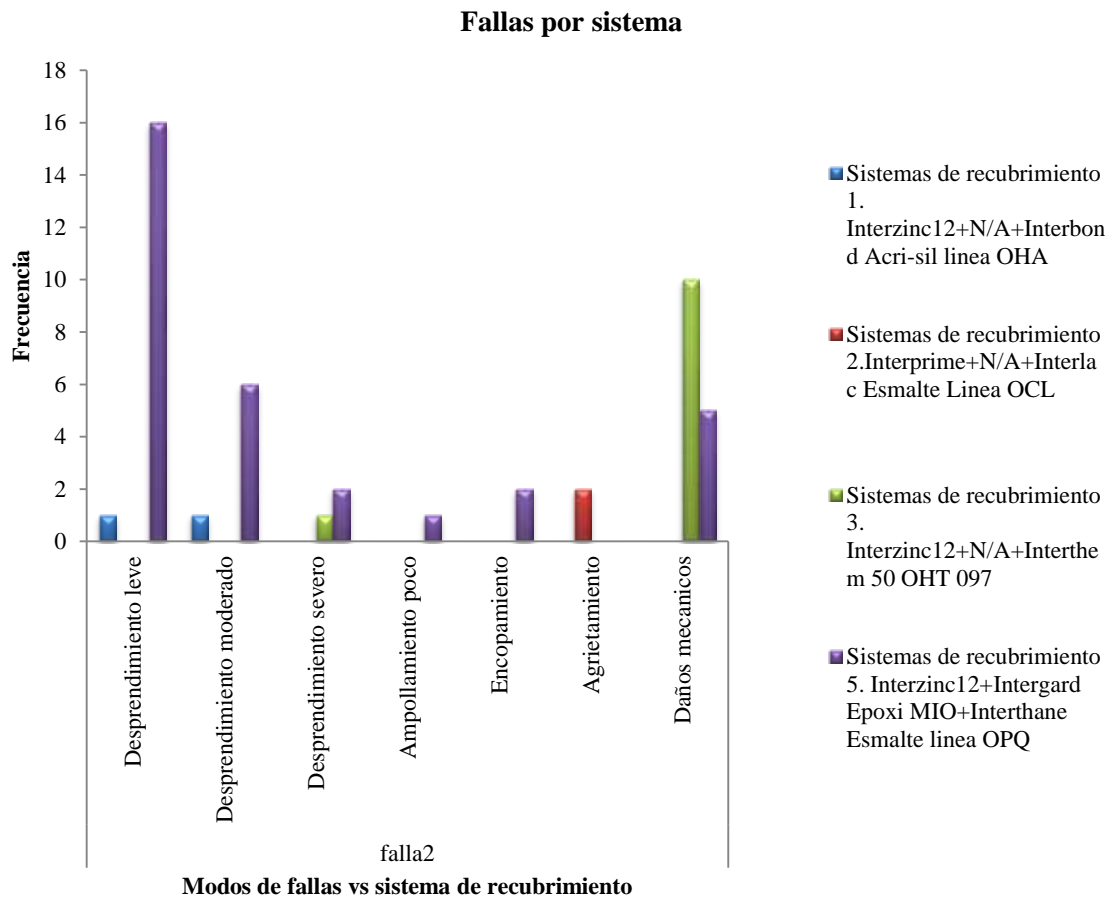
Gráfica N° 6: Modos de fallas encontradas en función de los sistemas de recubrimiento existentes.

De lo antes mencionado puede decirse entonces que el sistema que más modos de fallas presentó, es el N° 5 enfatizando como se mencionó anteriormente que es el sistema de recubrimiento más común.

En cuanto a los equipos que poseen dos mecanismos de fallas en su recubrimiento se realizó de igual forma un análisis de contingencia en este caso se pudo determinar que la mayor frecuencia de falla la posee el sistema N° 5, en su mayoría desprendimiento leve y que el mecanismo de falla por daños mecánicos lo presentó mayormente el sistema N° 3, haciendo énfasis en que esto era de esperarse debido a

que el mismo corresponde al revestimiento utilizado para los equipos que operan a altas temperaturas como lo son los reactores y esto se observó en las superficies de las bocas de visita de los mismos, destacando que esto se atribuye a que son abiertas con frecuencia durante las paradas para inspección; por lo cual sufren distintos daños mecánicos que deterioran y desprenden el recubrimiento.

Las demás fallas por daños mecánicos corresponden en su mayoría a las superficies de las bocas de visita de otros equipos a los que se les aplico en sus inicios el sistema N° 3 y de igual forma se abren durante las paradas de planta para inspección de los mismos, deteriorando su recubrimiento. Ver gráfica 7.

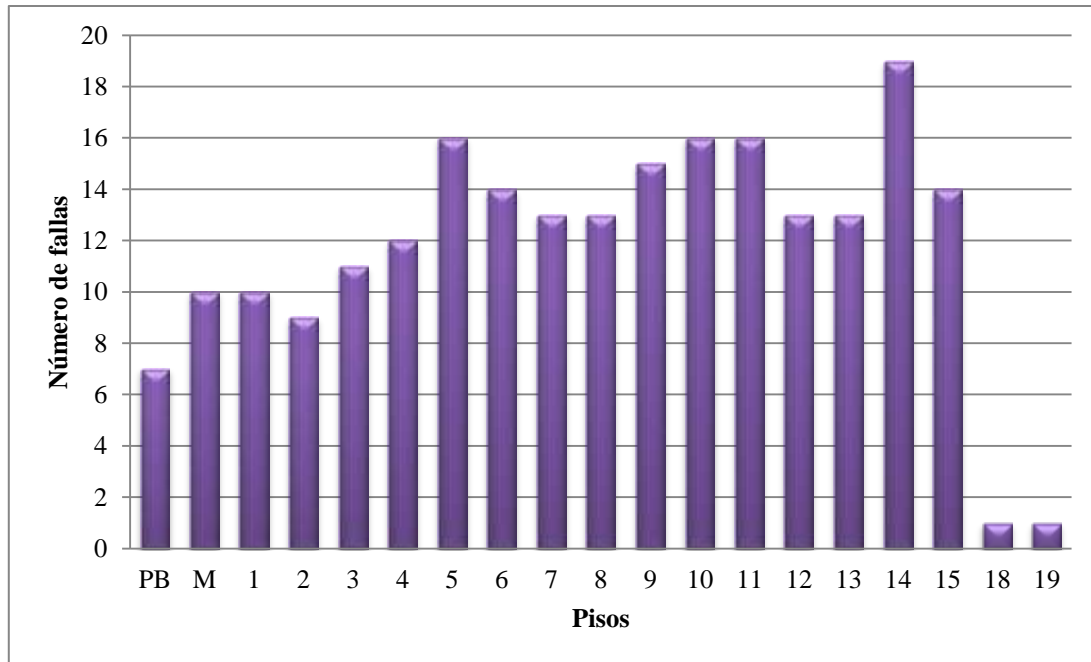


Gráfica N° 7: Modos de fallas encontradas en función de los sistemas de recubrimiento existentes.

La tabla 9 muestra el número de fallas en los recubrimientos encontrados por piso observándose mayor número de ellas en el piso 14 y de una manera significativa en los pisos 5, 10 y 11. En la gráfica N° 8 se muestra lo antes dicho, y de forma general se observa una tendencia de aumento de número de fallas hacia los pisos más altos, destacando que en los pisos 18 y 19 no se encuentran tantos equipos como en los restantes; por lo que, no se evaluaron numerosas fallas, cabe destacar que el hecho que exista mayores daños en el recubrimiento de los componentes en el piso 14 puede ser debido a la velocidad del viento en función del impacto de las partículas sobre el metal; acotando que en este piso hay constantes emisiones de polvo provenientes del área de manejo (pilas y secador).

Tabla N° 9: Frecuencia de fallas en los pisos del tren 1.

Pisos	N° de fallas en el recubrimiento
PB	7
M	10
1	10
2	9
3	11
4	12
5	16
6	14
7	13
8	13
9	15
10	16
11	16
12	13
13	13
14	19
15	14
18	1
19	1



Gráfica N° 8: Representación porcentual de las fallas encontradas por piso.

4.3.4 Medición de espesores

La medición de espesores de película seca se realizó para 111 componentes, tomando en cuenta aquellos con zonas que se encontraban libres de suciedad y permitían la toma de los mismos. Las medidas fueron realizadas en micrones (Ver apéndice B), cabe destacar que se tomaron valores de diferencia entre el espesor que establece la data según diseño y el espesor existente; acotando que los espesores establecidos en la data de diseño son los mínimos requeridos por sistema aplicado.

Se obtuvieron valores para cada sistema de cada componente observándose que el valor máximo obtenido por debajo al establecido según diseño corresponde a -69, lo que indica que el espesor no cumple con el mínimo requerido para desempeñar de mejor manera su función, esto puede evidenciarse en la inspección (apéndice) específicamente una baranda ubicada en el piso 13 que se observa pérdida del

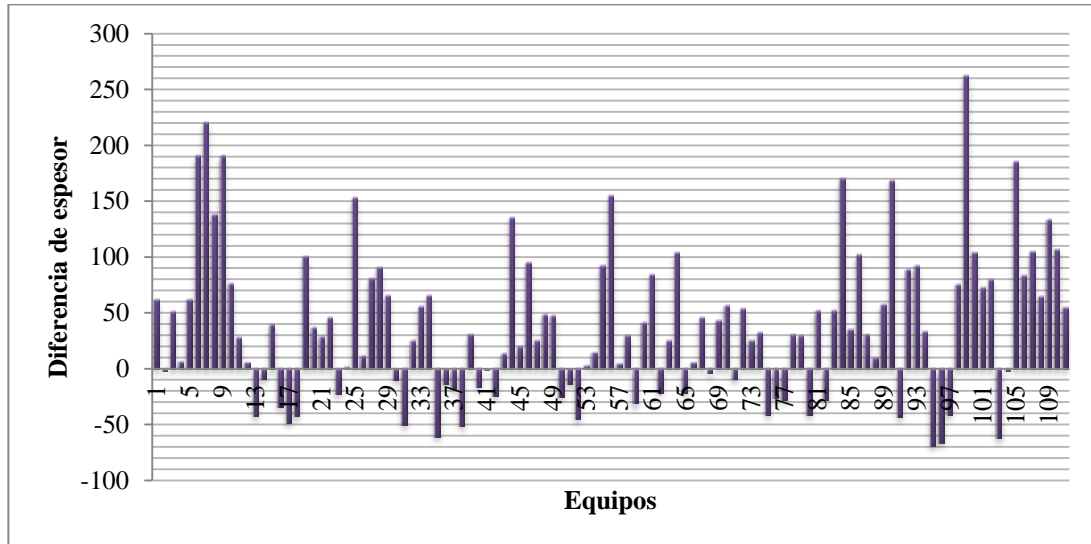


recubrimiento y una corrosión generalizada, de igual manera el valor máximo por encima obtenido es de 263 lo que es indicativo de que probablemente se aplicó el recubrimiento en capas excesivas causando un sobre espesor, esto puede verse en la inspección anexa específicamente una válvula de cierre de los ciclones (SOV) ubicada en el piso 14; donde uno de los modos de fallas observado fue encopamiento, lo cual es característico de la aplicación de capas muy gruesas con grandes espesores de recubrimientos.

Por lo antes mencionado se puede decir que es lógico que los recubrimientos que no cumplen con el mínimo espesor requerido presenten fallas, al igual que aquellos que sobrepasen el mismo pueden presentar fallas por sobre espesor debido a una mala aplicación. Es importante mencionar el tiempo que tienen los recubrimientos expuestos al medio ambiente lo que ocasiona desgaste del mismo en algunas superficies donde fue aplicado, por otro lado las películas de pinturas que arrojaron alto valores de espesor corresponde en su mayoría a algunos equipos que han sido pintados recientemente sin tomar las medidas correspondientes; lo que pudo evidenciarse en el área de estudio, ya que al evaluarse el recubrimiento en dichos equipos se observó una mala adherencia del mismo por lo cual podía desprenderse con facilidad dejando la superficie del componente expuesta al ambiente (ver en los apéndice A, válvulas de cierre de ciclones).

La gráfica N° 9 plantea las mediciones de espesores realizadas según los equipos a los que se les midió desde el piso 1 (cota cero) hasta el piso 19 (89800 mm) donde puede observarse que de 111 equipos evaluados 32 presentaron bajo espesor y que hay algunas medidas cercanas entre sí, viéndose entonces que la mayoría presentan espesores por encima al especificado, y que los más altos valores llegan a duplicar los especificados, lo que es indicativo en algunos casos la presencia de sobre espesores que deterioran y causan fallas en los recubrimientos. Es relevante no dejar a un lado el hecho de que las superficies de algunos equipos poseen alto grado de ensuciamiento, y aunque se trató de tomar medidas en las zonas de menos suciedad

no se descarta el hecho de que esto haya intervenido en la toma de mediciones alterando los valores.



Gráfica N° 9: Diferencia de espesores en los equipos.

4.4 Caracterización de los depósitos contaminantes y productos de corrosión a través de Microscopia Electrónica de Barrido.

El análisis de MEB permitió la realización de un estudio visual topográfico de los productos de corrosión extraídos de 4 componentes estudiados, con el mismo se determinaron de forma cuantitativa y cualitativa la presencia de algunos elementos los cuales algunos son provenientes del ambiente industrial y pudiesen interferir de forma significativa en el deterioro de las estructuras metálicas cuando estas no poseen recubrimientos en su superficie, así como elementos relacionados con los productos de corrosión propios del proceso de deterioro. A continuación se presenta una tabla que señala las muestras estudiadas, componente y piso donde se ubicaban las mismas.

Tabla N° 10: Muestras a analizar por MEB.

Muestra	Piso	Componente
1	1	Cordón de soldadura R10
2	6	Viga lado ascensor
3	10	Viga lado ascensor
4	14	Línea de salida de gas del R40

- **Muestra 1**

La muestra se encontró en forma de cascarillas de distintos espesores y fácilmente quebradiza de color marrón oscuro, con una textura áspera; observándosele un aspecto poroso y brillante.

El análisis cuantitativo realizado a la muestra 1 arrojó que parte de la superficie contiene los elementos Fe, O, Mg, Al, Si, P, Cl, Ca y Mn; evidenciándose que hay formación de óxidos de hierro y presencia de agentes contaminantes. El material base del reactor R10 está constituido según diseño por el material A515 (según la norma ASTM) y los elementos Mn, P y S son característicos de dicha aleación por lo que es lógico que los mismos se hayan encontrado en el análisis. Por otra parte la presencia del elemento Mg es posible que provenga de las emisiones de polvo de MgO utilizado como antisinterizante para el proceso FINMET ya que las tolvas de alimentación se encuentran cercanas a este reactor, conociéndose que el material antisinterizante contiene en su mayoría óxido de magnesio, pero también contiene otros constituyentes tales como Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , Mn_3O_4 y Fe_2O_3 , por lo que puede atribuirse a este hecho la presencia de estos elementos en el análisis; sin embargo no se conocen con precisión los contaminantes en el ambiente. Asimismo la presencia de Al puede deberse a residuos del recubrimiento ya que la capa de pintura externa es esmalte en base a aluminio. Ver análisis en la figura 24.

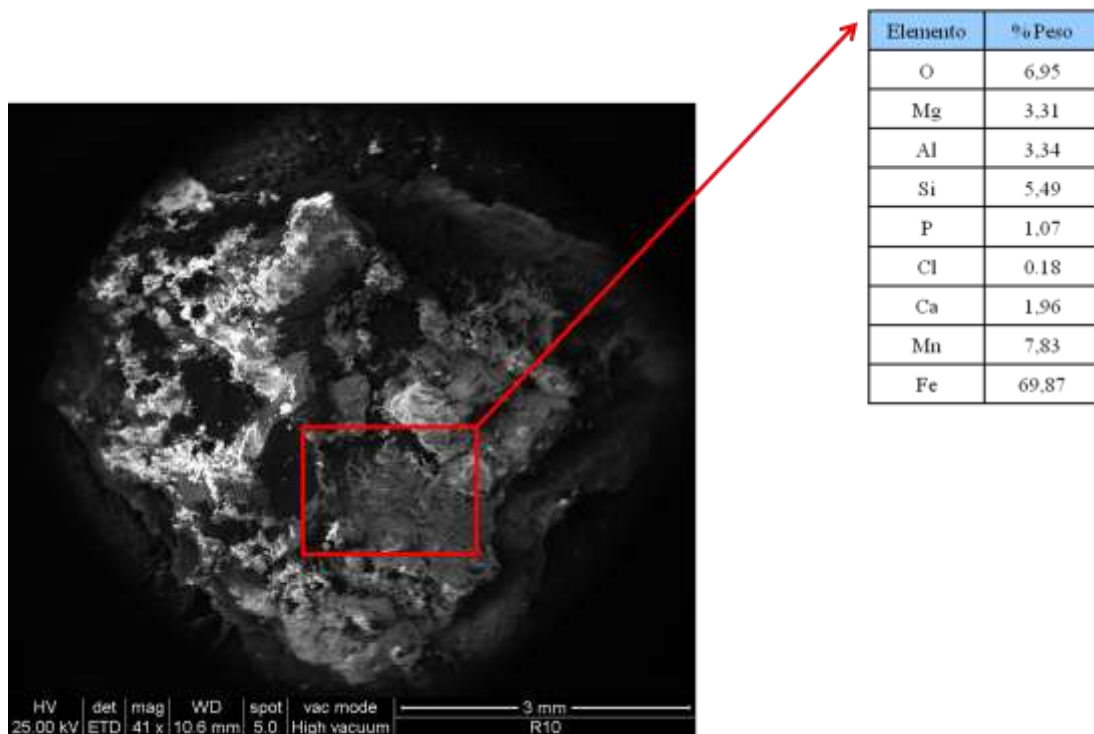


Figura N° 24: Análisis cuantitativo de los productos de corrosión R10 (piso 1).

Seguidamente se muestra un análisis cualitativo por mapeo elemental que permitió observar la distribución de los elementos arrojados en el microanálisis y así determinar la posible formación de un compuesto en especial. De forma general se observó homogeneidad de los elementos presentes en la superficie, llamando la atención la concentración de Mn en algunas zonas como se señala en la figura, de lo que no se descarta como se dijo anteriormente que el elemento pertenezca a la aleación y se encuentre en mayor proporción en estas zonas observadas. Ver mapeo en la figura 25.

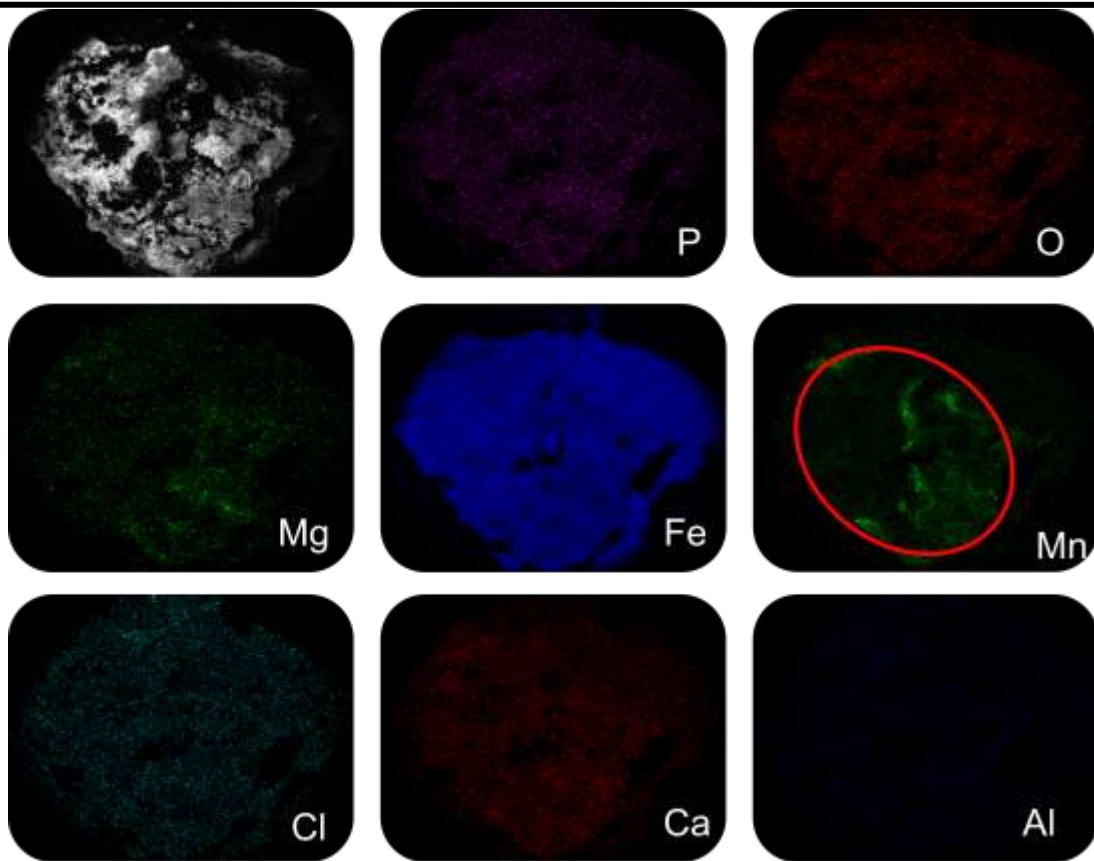


Figura N° 25: Mapeo elemental de productos de corrosión del R10.

- **Muestra 2**

La muestra se encontró en forma de cascarillas de distintos espesores y fácilmente quebradiza de color marrón oscuro, con una textura áspera; observándosele un aspecto poroso y brillante.

El análisis cuantitativo realizado a la muestra 2 dio como resultado que parte de la superficie contiene los elementos Fe, O, Al, Si, Cl, Mn, S, K y Na evidenciándose que hay formación de óxidos de hierro y agentes contaminantes; acotando que la aleación con la cual está constituida la viga lado ascensor corresponde a un acero ASTM A36 y los elementos Mn y S son característicos de dicha aleación por lo que es natural que los mismos se hayan encontrado en el análisis, de igual forma el ultimo mencionado puede provenir del sistema de desulfurización de CO₂, por sus emisiones

de H_2S . Conjuntamente la presencia del elemento Al puede deberse a la formación de óxidos de aluminio consecuencia de los procesos industriales en el ambiente circundante a la planta. Ver análisis en la figura 26.

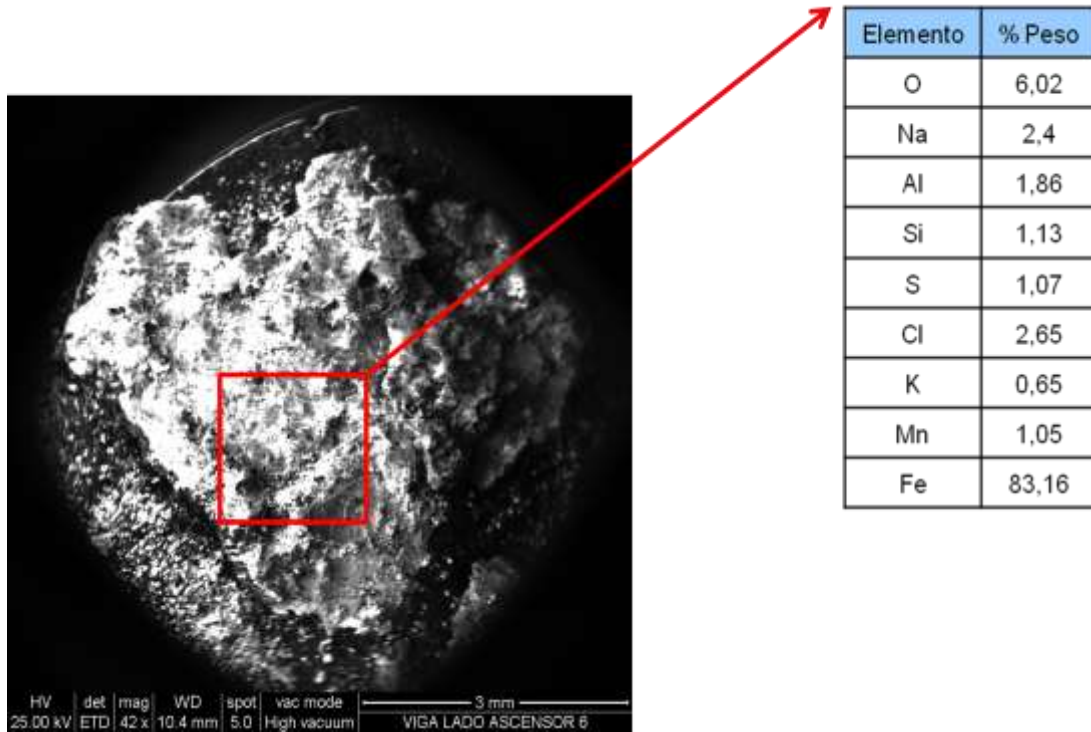


Figura N° 26: Análisis cuantitativo de los productos de corrosión Viga lado ascensor (piso 6).

Posteriormente se muestra el análisis cualitativo por mapeo elemental que permitió observar la distribución de los elementos arrojados en el microanálisis, se indica una distribución homogénea de los elementos, denotándose concentración de azufre, potasio y Al en pequeñas zonas y alta concentración de hierro en esa superficie lo que es de esperarse. Es importante mencionar la concentración de Al que se muestra en la figura no se debe a la muestra en estudio, si no al material que sostiene la muestra utilizado para el análisis; el cual es elaborado de aluminio. Ver mapeo en la figura 27.

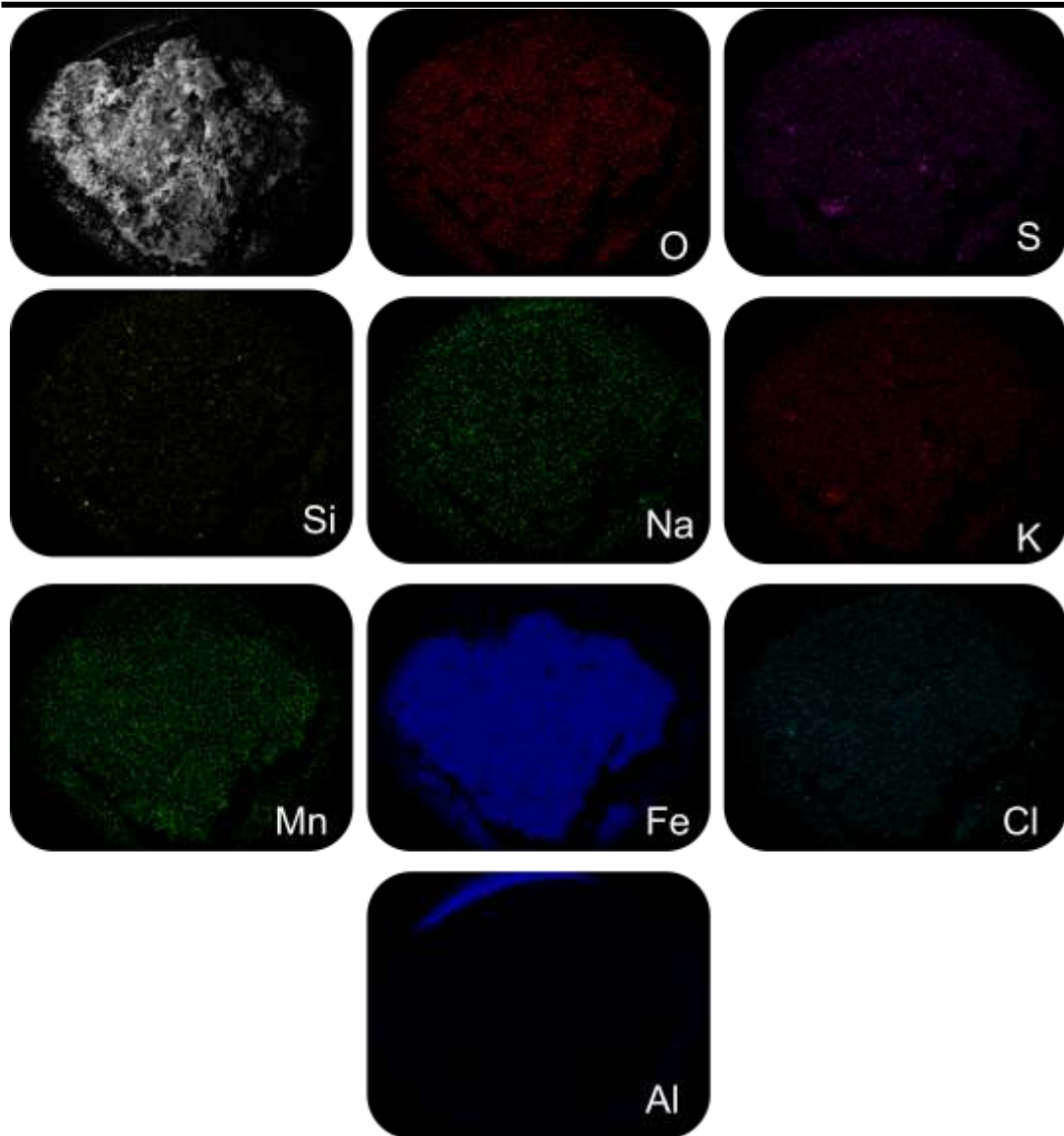


Figura N° 27: Mapeo elemental de productos de corrosión de la viga lado ascensor (piso 6).

- **Muestra 3**

La muestra se encontró en forma de cascarillas pequeñas de distintos espesores y fácilmente quebradiza de color marrón oscuro, con una textura áspera; observándosele un aspecto poroso y brillante.

El análisis realizado a esta muestra arrojó que posee mayor cantidad de elementos en su superficie evidenciándose que hay formación de óxidos de hierro y presencia de agentes contaminantes; acotando que la aleación con la cual está constituida la viga lado ascensor al igual que la muestra 2 corresponde a un acero ASTM A36 y los elementos Mn, S, P y Si son característicos de dicha aleación por lo que es natural que los mismos se hayan encontrado en el análisis. Por otra parte el Mg es posible que provenga de las emisiones de polvo de MgO, a sabiendas que; conociéndose que el material antisinterizante contiene en su mayoría óxido de magnesio, pero también contiene otros constituyentes tales como Al_2O_3 , SiO_2 , CaO, Mn_3O_4 y Fe_2O_3 por lo que puede atribuirse a esto la presencia de estos elementos en el análisis sin embargo no se conocen los contaminantes en el ambiente entre los que podría estar presentes los elementos Na, K y Cl; al igual la presencia del elemento Al puede deberse a la formación de óxidos de aluminio consecuencia de los procesos industriales en el ambiente circundante a la planta. Ver análisis en la figura 28.

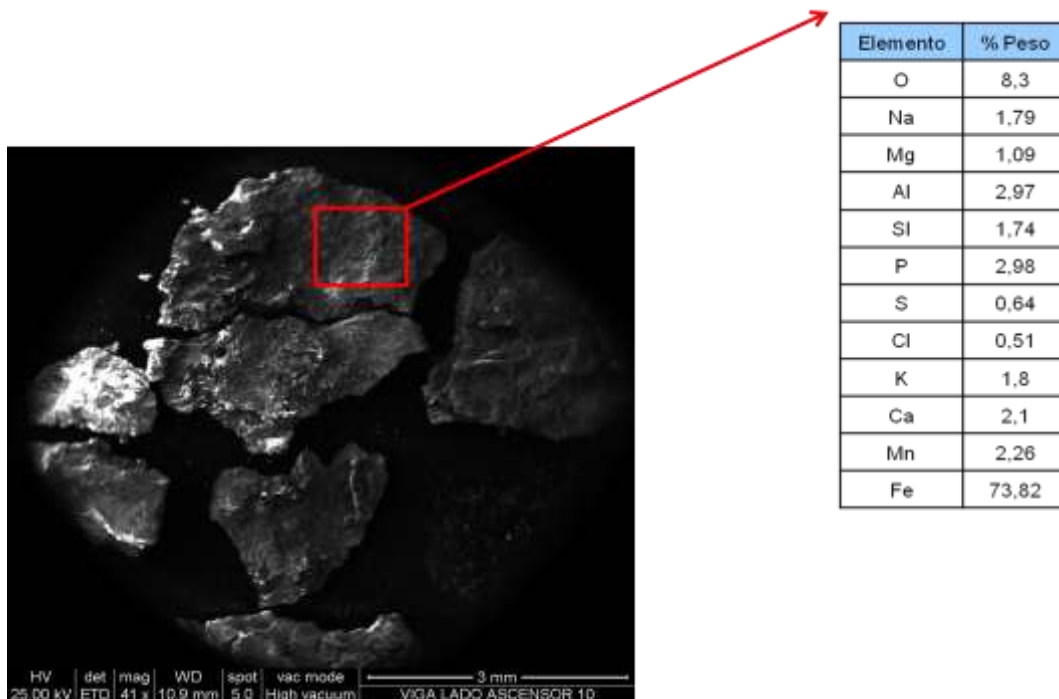


Figura N° 28: Análisis cuantitativo de los productos de corrosión viga lado ascensor (piso 10).

El análisis cualitativo por mapeo elemental permitió observar la distribución de los elementos arrojados en el microanálisis, en este se indica en general una distribución homogénea de los elementos, denotándose concentración en pequeñas zonas de silicio, aluminio, manganeso y cloro; resaltándose la del hierro en toda la muestra lo que es lógico por el alto contenido de este elemento. Ver mapeo en la figura 29.

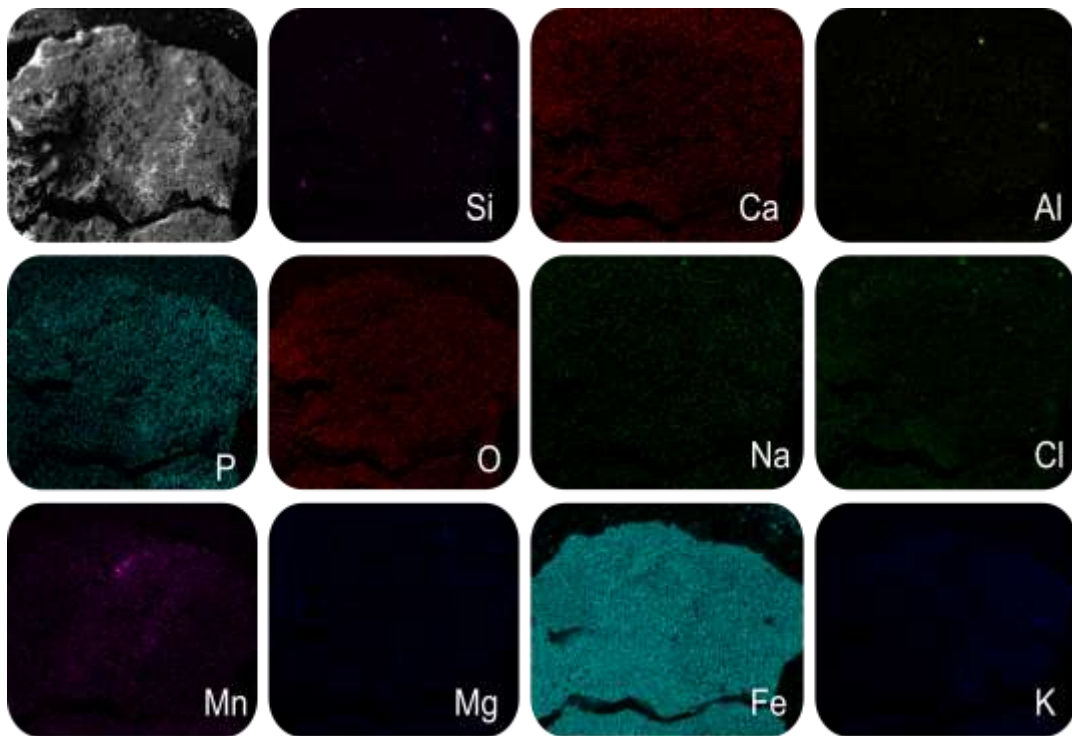


Figura N° 29: Mapeo elemental de productos de corrosión de la viga lado ascensor (piso 10).

- **Muestra 4**

La muestra se encontró en forma de cascarillas grandes de distintos espesores menos quebradizas que las anteriores observadas, de color marrón oscuro, con una textura poco áspera; observándosele un aspecto menos poroso y opaco.

El análisis realizado a esta muestra arrojó que posee el elemento Fe en su mayoría, evidenciándose que hay formación de óxidos de hierro en la misma; por otro lado se observa la presencia de Al por lo que puede haber formación de óxidos de aluminio consecuencia de los procesos industriales en el ambiente circundante a la planta. En cuanto al elemento Si, este puede atribuirse a al hecho de que el recubrimiento utilizado para protección de este equipo es base a aluminio silicona por lo que no se descarta provenga de residuos del mismo. Ver análisis en la figura 30.

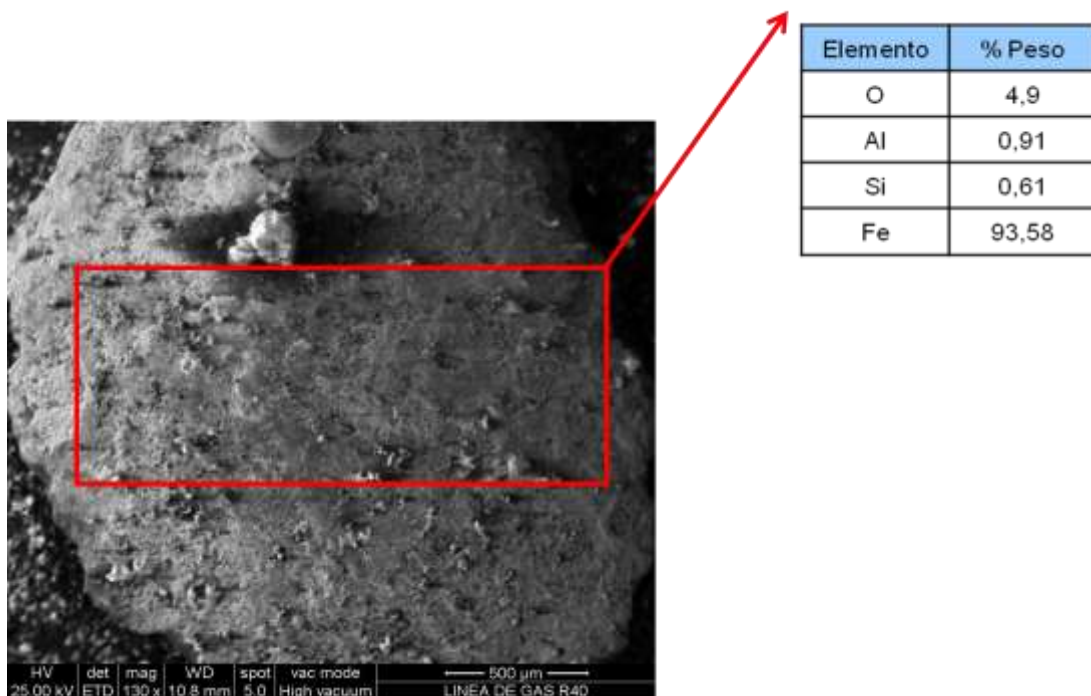


Figura N° 30: Análisis cuantitativo de los productos de corrosión de la línea de salida de gas del R40 (piso 14).

Finalmente es importante acotar que la formación de óxidos en estas estructuras no corresponde a un óxido protector; al contrario el mismo deteriora progresivamente las estructuras expuestas a la atmósfera; por lo que debe evitarse el avance de daños corrosivos. Es evidente que los equipos y estructuras aún cumplen con sus funciones y se encuentran en un estado aceptable, sin embargo se hace énfasis en la necesidad de mantenerlos protegidos mediante la aplicación de recubrimientos.

4.5 Establecer el sistema de recubrimiento orgánico adecuado para cada caso y el tipo de preparación superficial a utilizar según la norma SSPC.

Los sistemas de recubrimientos fueron seleccionados partiendo de la revisión de las fichas técnicas de los aplicados según diseño de los equipos y estructuras, y siguiendo un estudio de los recubrimientos existentes actualmente en el mercado.

Cabe destacar que en líneas generales los recubrimientos estudiados muestran fallas por desprendimiento, como se explicó anteriormente; lo cual es una falla típica de los esmaltes que se origina en la aplicación de capas muy gruesas, excesiva humedad relativa ambiental, uso de solvente inadecuado, altas temperaturas, etc. Sin embargo pudo determinarse que los recubrimientos aplicados en los inicios poseen buenas propiedades por lo que las fallas observadas pueden atribuirse principalmente al tiempo en que los mismos se encuentran expuestos al ambiente industrial.

4.5.1 Propuesta de los sistemas de recubrimiento

Al estudiarse las fichas técnicas de los recubrimientos existentes actualmente en el mercado se pudo determinar que varios de ellos han mejorados sus características y propiedades físicas, y aunado a esto han surgido nuevos productos que ha llegado a sustituir algunos existentes. Es por lo antes dicho que durante la selección se tomaron en cuenta este tipo de recubrimientos, según la casa de pintura que ofrezca sus productos con las mejores propiedades.

Sabiendo que el sistema de recubrimiento N° 5 fue el más común, evaluados los 176 componentes y tomando en cuenta que este se encuentra aplicado a las vigas y techo; los cuales fueron los componentes que se le observaron fallas más pronunciadas, asociado a que pudo evidenciarse visiblemente que eran afectados por humedad y por agentes corrosivos ácidos; este fue mejorado seleccionando

recubrimientos que poseen elevada protección contra la corrosión y agentes antes mencionados.

Por otro lado pudo constatar que el recubrimiento aplicado a equipos que operan a altas temperaturas posee extraordinarias propiedades y resistencia a dichas temperaturas, por lo que se seleccionaron los tipos de pinturas aplicados según diseño tomando en cuenta las marcas existentes actualmente en el mercado.

En cuanto a las líneas de servicio se mejoró el sistema de recubrimiento tomando en cuenta que algunas de ellas se encuentran adyacentes a los equipos que trabajan a elevadas temperaturas por lo que el tipo de pintura debe resistir de cierto modo las mismas.

A continuación se muestra una tabla con los sistemas seleccionados según el tipo de pintura que se desea aplicar y sustituyendo la tabla n° 11 que plantea los recubrimientos aplicados según diseño.

Tabla N° 11: Sistemas de recubrimientos propuestos.

Sistema	Primer	Intermedio	Final
1	Fondo inorgánico rico en zinc (alto contenido de zinc)	N/A	Esmalte acrílico silicona 260 °C
2	Fondo alquidico universal	N/A	Aluminio alquidico
3	Fondo inorgánico rico en zinc (alto contenido de zinc)	N/A	Aluminio Silicona modificado 540 °C
4	Fondo inorgánico rico en zinc (alto contenido de zinc)	N/A	Aluminio Silicona 300 °C
5	Fondo Epoxi poliamida	N/A	Esmalte epoxi poliamida

Cabe destacar que en los sistemas no se seleccionaron pinturas que actúen de intermedio, debido a que; este proporciona la adherencia que debe haber entre el recubrimiento final y el primer, y estos casos no fue necesario ya que dadas las propiedades de las pinturas seleccionadas estas poseen alta adherencia sin necesidad

de capas intermedias. En este orden de ideas se hace énfasis en que; de los mencionados sistemas, las pinturas que constituyen el N° 1, 2, 3 y 4 fueron explicadas anteriormente; y en vista de mejorar el sistema de recubrimiento N° 5 se propone un fondo y un esmalte de acabado epoxi poliamida ya que posee excelentes propiedades como pueden describirse a continuación.

4.5.1.1 Fondo epoxi poliamida

Es un fondo anticorrosivo de alto espesor curado con poliamida formulado con pigmentos libres de metales pesados. Recomendado para superficies de hierro acero en interiores y exteriores como parte del sistema para ser recubierto con los acabados recomendados. Es un fondo de alto desempeño, que provee elevada protección contra la corrosión y agentes químicos y ambientales típicos de las adversas condiciones de servicio del mantenimiento industrial. Facilita su aplicación al proporcionar alto espesor de película en cada mano, proporcionando una excelente adhesión del sistema sobre hierro y acero.

4.5.1.2 Esmalte epoxi poliamida

Recubrimiento epóxico de alto espesor, de dos componentes, curado con poliamida. Constituye el acabado final de un sistema de alto desempeño, de larga durabilidad excepcionalmente resistente a la corrosión y a la humedad, ampliamente utilizado en el mantenimiento industrial. Provee un acabado protector de mayor durabilidad que los mejores esmaltes convencionales.

Se utiliza en ambientes corrosivos severos y muy severos, sobre superficies de hierro, acero, galvanizado, concreto, mampostería, madera. Encuentra sus principales aplicaciones en plantas químicas, instalaciones petroleras, cervecerías, procesadoras de alimentos, muelles y embarcaciones y en general para todo tipo de estructuras, equipos y maquinarias que requieren ser pintadas o repintadas con propósitos de protección.

Es resistente al agua y a los agentes químicos como ácidos, álcalis y solventes. A las temperaturas secas moderadas de hasta 121 °C así como también al lavado con agua caliente y condiciones de abrasión e impacto.

Establecidos los sistemas, la revisión de las fichas técnicas de distintas empresas proveedoras permitió realizar comparaciones de las pinturas existentes actualmente en el mercado; por lo que se seleccionaron tres en específico por tipo de pintura, como se muestra a continuación en las tablas. Mencionando que el anexo E se muestran los tipos de recubrimientos a aplicar por componente.

Tabla N° 12: Propuesta 1.

Sistema	Primer	Intermedio	Final
1	Sigmazinc 158	No aplica	Sigmaherm 350 (importado < costo)
2	Sirgamrine 24	No aplica	Sigmarine 48
3	Sigmazinc 158	No aplica	Sigmaherm 540
4	Sigmazinc 158	No aplica	Sigmaherm 450
5	Sigmacover 280	No aplica	Sigmacover 456

Tabla N° 13: Propuesta 2.

Sistema	Primer	Intermedio	Final
1	Zinc clad etil silicato	No aplica	
2	Fondo Kem kromic	No aplica	Kem industrial brillante
3	Zinc clad etil silicato	No aplica	Sumaterm 550 HS
4	Zinc clad etil silicato	No aplica	Aluminio silicona
5	Sher tile primer	No aplica	Epoxyde HS

Tabla N° 14: Propuesta 3

Sistema	Primer	Intermedio	Final
1	Zinc inorgánico B72AV601	No aplica	Línea B59
2	B50NV001	No aplica	Línea B53
3	Zinc inorgánico B72AV601	No aplica	C71SV001
4	Zinc inorgánico B72AV601	No aplica	C71SV002
5	Zinc inorgánico B72AV601	No aplica	Lineo B72

4.5.2 Preparación superficial a aplicar para cada caso.

Respectivamente la preparación superficial fue seleccionada tomando en cuenta la recomendación de los proveedores de los recubrimientos, los cuales especifican en las fichas técnicas la más adecuada dependiendo del tipo de pintura con el fin de otorgarle una mayor durabilidad. Asociado a esto se tomó en cuenta el componente de manera que la preparación superficial no dañe le alguna forma la integridad del equipo o estructura.

4.5.2.1 Líneas de gas inerte y gas de proceso que poseen el sistema de recubrimiento N° 1.

Antes de aplicar el fondo inorgánico rico en Zinc se recomienda realizar una limpieza con chorro de abrasivo grado cercano a blanco según la norma **SSPC-SP-10** para eliminar todo el óxido, pintura y materiales extraños, también aplica la preparación superficial con chorro de abrasivo grado metal blanco según la norma **SSPC-SP-5** para mayor durabilidad del recubrimiento; sin embargo requiere aplicar el fondo inmediatamente o lo antes posible, ya que el ambiente ataca rápidamente la superficie preparada.

4.5.2.2 Líneas de aire instrumento, gas de recicló y agua a alta presión que poseen el sistema de recubrimiento N° 2.

Para una máxima durabilidad antes de aplicar el fondo alquídico universal las superficies deben prepararse con chorro de arena al grado gris comercial, según especificaciones **SSPC-SP-6** para eliminar todo el óxido, pintura y materiales extraños. Este método permite que en la superficie quede pintura adherida en buen estado siempre y cuando no rebase la tercera parte de la superficie, ya que esto no interviene en la integridad del recubrimiento nuevo a aplicar.

4.5.2.3 Reactores y equipos que operan a las altas temperaturas que poseen el sistema de recubrimiento N° 3.

Al igual que para el sistema N° 1 Antes de aplicar el fondo inorgánico rico en Zinc se recomienda realizar una limpieza con chorro de abrasivo grado cercano a blanco según la norma **SSPC-SP-10** para eliminar todo el óxido, pintura y materiales extraños, también aplica la preparación superficial con chorro de abrasivo grado metal blanco según la norma **SSPC-SP-5** para mayor durabilidad del recubrimiento; sin embargo requiere aplicar el fondo inmediatamente o lo antes posible, ya que el ambiente ataca rápidamente la superficie preparada.

4.5.2.4 Purgas de venteo que poseen en sistema de recubrimiento N° 4.

De manera general se recomienda realizar una limpieza con chorro de abrasivo grado cercano a blanco según la norma **SSPC-SP-10** para eliminar todo el óxido, pintura y materiales extraños en las líneas. Sin embargo debido al daño observado en las válvulas de purgas y acotando que para aplicar el esmalte en base a aluminio silicona la superficie debe estar libre de pinturas viejas, suelta o desconchada y sin óxido; se recomiendan preparaciones superficiales según especificaciones **SSPC-**

SP1, SP2 y SP3 ya que mediante estos métodos son removidos la mayoría de los contaminantes como: grasa, aceite, polvo y sales solubles en el agente limpiador; así como, residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes

4.5.2.5 Parte estructural, Vigas, barandas, pasamanos, techo y equipos que poseen el sistema de recubrimiento N° 5.

Antes de aplicar el fondo inorgánico rico en zinc para una máxima durabilidad deben prepararse las superficies con chorro de arena al grado gris comercial, según especificaciones **SSPC-SP-6** para eliminar todo el óxido, pintura y materiales extraños, también aplica la preparación superficial con chorro de abrasivo grado metal blanco según la norma **SSPC-SP-5** para mayor durabilidad del recubrimiento; sin embargo requiere aplicar el fondo inmediatamente o lo antes posible, ya que el ambiente ataca rápidamente la superficie preparada.

CONCLUSIONES

1. Según diseño se demostró que la preparación superficial de las estructuras y equipos se realizó mediante una limpieza a través de chorros abrasivos grado cercano a blanco según la norma SSPC- SP10, y en lo que respecta a los sistemas de recubrimiento, en general se aplicaron cinco esquemas multicapas (primer, intermedio y acabado) de la empresa PINTURAS INTERNACIONAL C.A.
2. La inspección visual de los 176 componentes evaluados arrojó nueve modos de falla del recubrimiento y distintos grados de oxidación, siendo los más predominantes el 7-G con un 25 % y el 5-G con un 21%; y en cuanto a la severidad desde el punto de vista de falla de recubrimiento y del grado de oxidación es mayor en los componentes expuestos a altas temperaturas como el caso de los equipos ubicados en el piso 1 (cota 6200 mm).
3. El análisis estadístico arrojó que 79 componentes poseen el sistema de recubrimiento N° 5 lo que corresponde a un 45% de los ítems evaluados y que el modo de falla más común es el desprendimiento leve, observado en 72 componentes correspondiendo a un 41%; por su parte la correlación de las variables demostró que el sistema N° 5 fue el que más presentó fallas, principalmente del tipo desprendiendo leve así como el sistema N° 3 por daños mecánicos. Adicionalmente en el piso numero 14 (cota 55400 mm) se encuentran el mayor número de fallas encontradas en los recubrimientos.
4. El valor de espesor máximo obtenido por debajo al establecido según diseño corresponde a -69, lo que indica que el espesor no cumple con el mínimo requerido, y el valor máximo por encima obtenido es de 263 lo que es indicativo de que probablemente se aplicó el recubrimiento en capas excesivas

causando un sobre espesor que ocasiona fallas en los sistemas de recubrimiento.

5. El análisis químico cuantitativo de elementos por EDX de los depósitos adheridos en las superficies sin recubrimiento, indican la presencia de óxidos en su mayoría de hierro; así como elementos propios de la aleación de cada componentes y otros que se presume sean contaminantes presentes en el medio ambiente.
6. Se establecieron cinco sistemas de recubrimientos que constan de ocho tipos de pinturas; proponiendo las de tres reconocidas marcas que existen actualmente en el mercado así como los seis tipos de preparación superficial requeridos, dependiendo del equipo y tipo de pintura a aplicar.

RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones experimentales de los recubrimientos recomendados a nivel industrial, a fin de determinar el sistema de pintura más conveniente para la planta.
2. Evaluar la integridad de los recubrimientos en el resto de las áreas operativas, utilizando la metodología implementada en la presente investigación.
3. Calcular la extensión de áreas a recubrir, con el fin de evaluar los costos asociados a la preparación superficial y aplicación de sistemas de recubrimiento.
4. Ejecutar estudios ambientales que permitan conocer los contaminantes a los que se encuentran sometidas las superficies expuestas al medio ambiente, en los distintos niveles y locaciones de la planta.
5. Desarrollar estudio económico para definir la factibilidad de recuperación de los recubrimientos de los sistemas estudiados, basados en el sistema de pintura de mejor desempeño.
6. Al momento de aplicar los sistemas se recomienda seguir las pautas que se establecen en las fichas técnicas; aunado a un control de calidad donde se supervise se sigan y cumplan dichas pautas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (1999). *El proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela. Editorial EPISTEME, C.A.

ASTM D-610, “Standard test method for evaluating degree of rusting on painted steel surfaces”.

ASTM D-714, “Standard test method for evaluating degree of blistering of paints”

Celi, J. (2008). “Evaluación de las características protectoras de sistemas Duplex de acero galvanizado-recubrimiento orgánico, expuestos a medios agresivos, aplicando la técnica de impedancia electroquímica”.

COVENIN 253:1999. “Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos”.

Domínguez, Y. (2007). “El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa”.

Fernández, E. (2008). “Evaluación de las condiciones estructurales del sistema de revestimientos en el área de gas inerte de Orinoco Iron por efecto de la corrosión atmosférica”.

Gil, L. (2002). “Fundamentos de corrosión y protección de los metales” Pág. 7-8.

Morantes, Nuñez y Yanes. (2007) “Corrosión en aceros al carbono”.

NACE INTERNATIONAL, “Joint Surface Preparation Standard”.

Larez, Gil y Jiménez (2006). “Diagnostico de la corrosión en las estructuras de la planta de fabricación de briquetas de Orinoco Iron”

Orinoco Iron S.C.S, (2005). *Informe de operación y control*.

Orinoco Iron S.C.S, (2006). *DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO FINMET*.

Ruiz, D. (2010). “Determinación del recubrimiento orgánico anticorrosivo, para la disminuir los daños por corrosión en las estructuras metálicas con poca preparación superficial presentes en áreas adyacentes a las Torres de enfriamiento en la Refinería de Puerto la Cruz, mediante ensayos en situ y técnicas electroquímicas”.




Sánchez, M. (2008). “Revestimientos industriales”.




Techadata sheet, (1982). “Paint failures-causes and remedies”.




Torres, J. (2008). “Diseño de un sistema de control de corrosión en tratador de crudo de la estación CEIBITA principal de PDVSA producción gas anaco”.




UPEL (2003). “Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales” Pág. 14.




APENDICE A. Inspección visual detallada del recubrimiento presente en estructuras y equipos del tren 1 de reactores


Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 2 Cota: 9200mm	Sistema de pulmón de aire instrumento TAG: 0.0.862.40.UT		En general se observa deposición de mineral y MgO. Desprendimiento del recubrimiento en forma leve y deterioro en algunas zonas expuestas a la atmosfera. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento leve
Piso 2 Cota: 9200mm	Purgas de soplado de gas inerte 50 bar TAG: 1.1.078.IG.50.12.V		Deposición de mineral y MgO. Las superficies que no tienen material depositado se observa desgaste de material metálico de la estructura, ya que han perdido la totalidad del recubrimiento. las líneas no cumplen con el código RAL establecido ni con la norma COVENIN 253:1999. Las purgas no poseen recubrimiento según diseño Grado de oxidación: 2-G	Desprendimiento severo
Piso 2 Cota: 9200mm	Válvula NP 194 (contra reactores R10)		Deposición de mineral y MgO. Las superficies que no tienen material depositado se observa desgaste de material metálico de la estructura, ya que han perdido la totalidad del recubrimiento. las líneas no cumplen con el código RAL establecido ni con la norma COVENIN 253:1999. Las purgas no poseen recubrimiento según diseño Grado de oxidación: 2-G	Desprendimiento severo




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 2 Cota: 9200mm</p>	<p>Boca de visita de 84” del reactor R10 TAG: 1.1.223.10</p>		<p>Corrosión en los acoples (tuerca-tornillo) ya que estos no poseen recubrimiento y corrosión en los puntos de soldadura evidenciándose desgaste físico. Cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación de esta una vez expuesta al desprenderse el recubrimiento por otro lado esta parte del equipo se abre durante cada parada. Cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación en acoples: 3-H Grado de oxidación en la superficie: 4-G</p>	<p>Desprendimiento moderado</p>
<p>Piso 2 Cota: 9200mm</p>	<p>Techo</p>		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y Tizamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras. Y No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación en acoples: 5-G</p>	<p>Tizamiento y desprendimiento leve</p>
<p>Piso 3 Cota: 14000mm</p>	<p>Bases del R10 TAG: 1.1.223.10</p>		<p>En líneas generales el recubrimiento en esta zona se encuentra en buen estado. Solo se observo daños corrosivos en los vértices de las bases detectándose cierta humedad. Acotando que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación de la misma. Cumple con el código RAL establecido según diseño Grado de oxidación: 3-P</p>	<p>Desprendimiento leve</p>

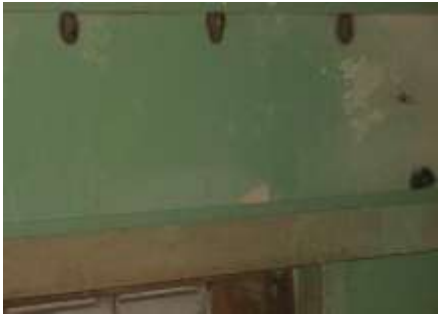


Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 3 Cota: 14000mm</p>	<p>Upper lock hopper de MgO. TAG: 1.1.224.23.MP</p>		<p>Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas por lo que el desprendimiento del recubrimiento es a causa de dicho daños mecánicos. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-G</p>	<p>Desprendimiento moderado por daños mecánicos</p>
<p>Piso 3 Cota: 14000mm</p>	<p>Lower lock hopper de MgO TAG: 1.1.224.25.MP</p>		<p>Alto grado de suciedad en el equipo, en algunas zonas pudo verse cierta humedad que trajo consigo deposición de materiales. En líneas generales se observó leve desprendimiento en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 5-P</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 3 Cota: 14000mm</p>	<p>Techo</p>		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y Tizamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-P</p>	<p>Tizamiento y desprendimiento leve</p>




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 3 Cota: 14000mm	Recicle gas cooler TAG: 1.1.221.10.ME		<p>Se encuentra cierta suciedad con desprendimiento del recubrimiento solo en pocas y pequeñas zonas. En líneas generales el recubrimiento se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL de diseño</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Desprendimiento leve
Piso 3 Cota: 14000mm	Barandas y pasamanos		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 4 Cota: 20200mm	Vigas de la estructura (lado ascensor)		<p>Formación de ampollas en algunas zonas debido posiblemente a humedad atrapada y tiempo en exposición y otras con desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de las mismas. Fuerte daño corrosivo en zonas expuestas</p> <p>No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento moderado

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 4 Cota: 20200mm	Línea de agua a alta presión TAG: 1.1.19.PH.25.05.V		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente. En líneas generales se encuentra en buen estado. Se pudo observar que el RAL del recubrimiento cumple con el establecido según diseño y a su vez cumple con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 4 Cota: 20200mm	Boca de visita 24" del reactor R20 TAG: 1.1.223.20		<p>Desprendimiento del recubrimiento en las zonas adyacentes a la boca de visita. Se observa corrosión uniforme cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación en zonas expuestas al medio ambiente. Cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación en acoples: 3-H Grado de oxidación: 1-P</p>	Desprendimiento leve
Piso 4 Cota: 20200mm	Línea de purgas 50 bar NP-196		<p>Desgaste de material metálico de la superficie de las purgas, ya que no poseen recubrimiento según diseño y por ende están expuestas al medio ambiente. Las líneas no cumplen con el código RAL establecido ni con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 2-G</p>	Desprendimiento severo




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 4 Cota: 20200mm	Storage bin de MgO TAG: 1.1.224.21.MP		<p>Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, y estas zonas expuestas presentan corrosión uniforme. Las fallas observadas en el recubrimiento generalmente son por daños mecánicos en el equipo. No se conoce el código RAL de diseño Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento moderado por daños mecánicos
Piso 4 Cota: 20200mm	Piso		<p>Alto grado de suciedad por deposición de mineral. Capa que en algunas zonas que se desprende con facilidad, y cierta humedad en otras. El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado.</p>	N/A
Piso 5 Cota: 23800mm	Vigas de la estructura		<p>En líneas generales desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición. Superficie muy sucia. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-P</p>	Ampollamiento poco y desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 5 Cota: 23800mm</p>	<p>Barandas y pasamanos</p>		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 3-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 5 Cota: 23800mm</p>	<p>Línea de gas inerte 50 bar 285</p>		<p>Desgaste de material metálico de la superficie de las purgas, ya que no poseen recubrimiento según diseño y por ende están expuestas al medio ambiente. En cuanto a las líneas en algunas zonas se observa tizamiento del recubrimiento. Las líneas no cumplen con el código RAL establecido ni con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación: 4-G</p>	<p>Tizamiento y desprendimiento moderado</p>
<p>Piso 5 Cota: 23800mm</p>	<p>Reactor R20 boca de visita 84” TAG: 1.1.223.10</p>		<p>Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas y que se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples (tuerca-tornillo) Cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G</p>	<p>Desprendimiento leve y daños mecánicos</p>




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 5 Cota: 23800mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y Tizamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Tizamiento y desprendimiento leve
Piso 5 Cota: 23800mm	Línea de agua a alta presión TAG: 1.1.017.PH.25.05.V		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente. En líneas generales se encuentra en buen estado. Se pudo observar que el RAL del recubrimiento cumple con el establecido según diseño y a su vez cumple con la norma COVENIN 253:1999. Se observa alto grado de suciedad</p> <p>.Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 5 Cota: 23800mm	Pulmón de gas inerte		<p>Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de mineral de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 5 Cota: 23800mm	Línea de salida de gas del R10		Presencia de golpes, impactos y abolladuras en algunas partes del componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas. Cabe destacar que es una superficie expuesta a elevadas temperaturas. Cumple con el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-P	Desprendimiento leve y daños mecánicos
Piso 5 Cota: 23800mm	Válvulas cierre de los ciclones del R10		La falla se presenta por desprendimiento en algunas partes y la pintura con forma de surcos o rugosidades, que puede ser a causa de capas muy gruesas con grandes espesores de recubrimientos. Recubrimiento poco adherente y se observan varias capas de pintura aplicadas encima del recubrimiento según diseño. Grado de oxidación: 4-G	Desprendimiento moderado y Encopamiento
Piso 6 Cota: 26600mm	Línea de entrada del gas al R30		Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie que se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples (tuerca-tornillo) Cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G	Desprendimiento leve por daños mecánicos




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 6 Cota: 26600mm</p>	<p>Bajante 001 y 002 del R30 al R40 TAG: 1.1.13.001 y 1.1.13.002</p>		<p>Se observan deterioro en el recubrimiento por daños mecánicos causados al equipo. Los daños corrosivos se intensifican en el cordón de soldadura. Sin embargo se observo un recubrimiento muy adherente. Cumple con el RAL especificado según su diseño. Grado de oxidación: 6-H</p>	<p>Desprendimiento leve por daños mecánicos</p>
<p>Piso 6 Cota: 26600mm</p>	<p>Línea de Purgas de soplado NP 347</p>		<p>Desgaste de material metálico de la superficie de las purgas, ya que; no poseen recubrimiento según diseño y por ende están expuestas al medio ambiente. Las líneas han perdido la totalidad de su recubrimiento por lo que no cumplen con el código RAL establecido ni con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación en purgas: 3-H</p>	<p>Desprendimiento severo</p>
<p>Piso 6 Cota: 26600mm</p>	<p>Base de cierre fase diluida del R20 TAG: 1.1.223.20</p>		<p>En líneas generales el recubrimiento en esta zona se encuentra en buen estado. Solo se observo daños corrosivos en los vértices de las bases detectándose alta humedad. Acotando que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación de la misma. Cumple con el código RAL establecido según diseño Grado de oxidación: 2-P</p>	<p>Desprendimiento moderado</p>




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 6 Cota: 26600mm	Vigas de la estructura		<p>Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. Cabe mencionar que en las bases son superficies expuestas a medios acuosos. No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 3-P</p>	Desprendimiento moderado
Piso 6 Cota: 26600mm	Recicle gas cooler TAG: 1.1.221.10.ME		<p>Se encuentra cierta suciedad con desprendimiento del recubrimiento solo en pocas y pequeñas zonas. Por otro lado se observan marcas que indican un arrastre de agua donde se adhiere el mineral En líneas generales el recubrimiento se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL de diseño</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 6 Cota: 26600mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y Tizamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Tizamiento y desprendimiento leve

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 6 Cota: 26600mm</p>	<p>Bajante de desechos</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente, visible humedad en la superficie inferior en contacto con el piso de la estructura. En líneas generales se encuentra en buen estado. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 6 Cota: 26600mm</p>	<p>Línea de agua de alta presión TAG: 1.1.015.PH.25.05.V</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente. En líneas generales se encuentra en buen estado. Se pudo observar que el RAL del recubrimiento cumple con el establecido según diseño y a su vez cumple con la norma COVENIN 253:1999. Se observa alto grado de suciedad. Grado de oxidación: 7-G</p>	<p>Desprendimiento leve y agrietamiento</p>
<p>Piso 6 Cota: 26600mm</p>	<p>Barandas y pasamanos</p>		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-G</p>	<p>Desprendimiento moderado</p>


Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 7 Cota: 34800mm	Vigas de la estructura		<p>Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera.</p> <p>No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 3-P</p>	Ampollamiento medio y Desprendimiento severo
Piso 7 Cota: 34800mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y Tizamiento en la superficie del techo. Se evidencia una significativa corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 2-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 7 Cota: 34800mm	Recicle gas cooler TAG: 1.1.221.10.ME.		<p>Equipo que posee su recubrimiento en buen estado, solo se observaron leves desprendimientos del mismo en zonas pequeñas. Lo que sí pudo evidenciarse fue alto grado de suciedad en él componente. En líneas no se observaron grandes fallas en el revestimiento.</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 7 Cota: 34800mm</p>	<p>Reactor R30 TAG:1.1.223.30</p>		<p>Desprendimiento leve del recubrimiento observándose corrosión uniforme, cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación en zonas expuestas al medio ambiente. En líneas generales en buen estado y cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación: 7-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 7 Cota: 34800mm</p>	<p>Piso</p>		<p>Alto grado de suciedad por deposición de mineral. Capa que en algunas zonas se desprende con facilidad, y cierta humedad en otras. El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado.</p>	<p>N/A</p>
<p>Piso 7 Cota: 34800mm</p>	<p>Sistema de pulmón de aire instrumento TAG: 0.0.862.40.UT</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento en forma leve y deterioro en algunas zonas expuestas a la atmosfera. Alto grado de suciedad en el equipo sin embargo en las zonas limpias pudo observarse que el recubrimiento aun está en buen estado. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 6-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 7 Cota: 34800mm	Purgas de reserva contra reactores NP- 345		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño, observándose significativos daños corrosivos sobre su superficie acentuándose en las uniones por soldadura, destacando que son superficies expuestas a altas temperaturas, sin embargo las líneas si poseen recubrimiento pero con severos desprendimientos, acotando que las mismas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación: 2-G	Desprendimiento severo
Piso 7 Cota: 34800mm	Boca del reactor zona de fase diluida R30		Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas y que se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples .Cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G	Desprendimiento moderado y Daños mecánicos
Piso 7 Cota: 34800mm	Cabezal de purgas de reserva gas inerte NP-304		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento en ciertas zonas lo que las expone al medio ambiente. Se encuentran adyacentes al R30 cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento moderado




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 7 Cota: 34800mm	Línea de gas inerte y válvula 296		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente. Se encuentran adyacentes al R30, estas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 7 Cota: 34800mm	Línea de gas inerte 1.1.18.023		<p>Las líneas presentan desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente. En líneas generales en buen estado, estas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 7 Cota: 34800mm	Barandas		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 8 Cota: 37600mm</p>	<p>Vigas de la estructura (lado ascensor)</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 3-P</p>	<p>Ampollamiento medio y Desprendimiento severo</p>
<p>Piso 8 Cota: 37600mm</p>	<p>Barandas</p>		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-P</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 8 Cota: 37600mm</p>	<p>Línea milking TAG: 1.1.023.PH.200.05.V</p>		<p>Se observan deterioro en el recubrimiento por daños mecánicos causados al equipo. Los daños corrosivos se intensifican en el cordón de soldadura. Sin embargo se observo un recubrimiento muy adherente. Cumple con el RAL especificado según su diseño. Grado de oxidación: 4-H</p>	<p>Desprendimiento moderado y daños mecanicos</p>




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 8 Cota: 37600mm	Cabezal de PPG		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 8 Cota: 37600mm	Purgas de reserva Rs-308		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño, observándose significativos daños corrosivos sobre su superficie acentuándose en las uniones por soldadura, destacando que son superficies expuestas a altas temperaturas, por lo que están propensas a formación de puntos calientes en algunas zonas de estas, durante su servicio.</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H</p>	N/A
Piso 8 Cota: 37600mm	Reactor R30 TAG: 1.1.223.30		<p>Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas y que se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples (tuerca-tornillo) Cumple con el código RAL de diseño.</p> <p>Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G</p>	Desprendimiento leve y Daños mecánicos




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 8 Cota: 37600mm	Techo		Desprendimiento leve de en la superficie del techo. Se evidencia una considerable corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-P	Desprendimiento leve
Piso 8 Cota: 37600mm	Purgas de reserva Rs-310		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño, observándose significativos daños corrosivos sobre su superficie acentuándose en las uniones por soldadura, destacando que son superficies expuestas a altas temperaturas, sin embargo las líneas si poseen recubrimiento pero con severos desprendimientos, acotando que las mismas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento severo
Piso 8 Cota: 37600mm	Línea del cabezal de purgas gas inerte 336		Las líneas presentan desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente. En líneas generales en buen estado, estas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 8 Cota: 37600mm</p>	<p>Bajante de desechos</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente, visible humedad en la superficie inferior en contacto con el piso de la estructura. En líneas generales se encuentra en buen estado. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 8 Cota: 37600mm</p>	<p>Cinta transportadora de mineral</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la cinta, que se exponen al medio ambiente, específicamente se observa oxidación en zonas puntuales. En líneas generales se encuentra en buen estado. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 9 Cota: 42400mm</p>	<p>Vigas de la estructura (lado ascensor)</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 3-P</p>	<p>Ampollamiento medio y Desprendimiento moderado</p>




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 9 Cota: 42400mm</p>	<p>Barandas y pasamanos</p>		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 9 Cota: 42400mm</p>	<p>Purgas KC1144001A</p>		<p>Perdida de l recubrimiento en algunas zonas, el cual se desprende con facilidad. Se encuentran adyacente al reactor por lo tanto es evidente la presencia de altas temperaturas a las que se encuentra expuesta la línea. Corrosión uniforme en las válvulas. Las líneas cumplen con el color RAL de diseño y con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 4-G</p>	<p>Desprendimiento moderado</p>
<p>Piso 9 Cota: 42400mm</p>	<p>Bajante de desechos sólidos</p>		<p>Las líneas presentan desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente. En líneas generales en buen estado, estas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>


Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 9 Cota: 42400mm</p>	<p>Base del reactor R30 en la zona intermedia. TAG: 1.1.223.30</p>		<p>En líneas generales el recubrimiento en esta zona se encuentra en buen estado. Solo se observaron grandes daños corrosivos en los vértices de las bases, detectándose cierta humedad. Es importante tomar en cuenta que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación de la misma. Cumple con el código RAL establecido según diseño Grado de oxidación: 2-P</p>	<p>Desprendimiento moderado</p>
<p>Piso 9 Cota: 42400mm</p>	<p>Purgas gas inerte NP-425</p>		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan leves desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 9 Cota: 42400mm</p>	<p>Válvulas de cierre de Ciclones del R30</p>		<p>La falla se presenta por desprendimiento en algunas partes y la pintura con forma de surcos o rugosidades, que puede ser a causa de capas muy gruesas con grandes espesores de recubrimientos. Recubrimiento poco adherente y se observan varias capas de pintura aplicadas encima del recubrimiento según diseño. Grado de oxidación en superficies expuestas: 4-G</p>	<p>Desprendimiento moderado y Encopamiento</p>


Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 9 Cota: 42400mm	Pulmón de gas inerte para servicio		Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento leve
Piso 9 Cota: 42400mm	Pulmón de aire para servicio		Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de mineral de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento leve
Piso 9 Cota: 42400mm	Válvulas de acarreo de mineral		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan leve desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 9 Cota: 42400mm	Componente válvula KC1114001A		Perdida del recubrimiento en algunas zonas del componente, observándose este muy adherente a la superficie. Sin embargo cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas, y que en algunas partes se le evidenció presencia de humedad. Cumple con el código RAL de diseño Grado de oxidación: 5-G	Desprendimiento moderado
Piso 9 Cota: 42400mm	Boca de entrada del gas al R40 TAG: 1.1.223.40		Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie que se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples (tuerca-tornillo) Cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G	Desprendimiento leve y daños mecánicos
Piso 9 Cota: 42400mm	Piso		Alto grado de suciedad por deposición de mineral. Capa que en algunas zonas que se desprende con facilidad, se observo bastante humedad. El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado.	N/A




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
<p>Piso 10 Cota: 48000mm</p>	<p>Línea de agua alta presión hacia el R40 TAG: 1.1.011.PH.25.05.V</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente. A nivel general las fallas se presentaron en los acoples y bridas que componen la líneas habiendo partes de esta donde el recubrimiento se encuentra en buen estado. Se pudo observar que el RAL del recubrimiento cumple con el establecido según diseño y a su vez cumple con la norma COVENIN 253:1999. Grado de oxidación: 5-G</p>	<p>Desprendimiento moderado</p>
<p>Piso 10 Cota: 48000mm</p>	<p>Vigas de la estructura</p>		<p>Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 5-P</p>	<p>Ampollamiento poco y Desprendimiento leve</p>
<p>Piso 10 Cota: 48000mm</p>	<p>Barandas y pasamanos</p>		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-G</p>	<p>Desprendimiento leve</p>

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 10 Cota: 48000mm	Cabezal de purgas inerte 50 bar NP 325		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan leves desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 10 Cota: 48000mm	Cabezal de purgas hacia el R30 línea 428		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan leves desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 10 Cota: 48000mm	Reactor 30 en la zona media TAG: 1.1.223.30		<p>Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas y que se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples (tuerca-tornillo) Cumple con el código RAL de diseño.</p> <p>Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G</p>	Desprendimiento leve y Daños mecánicos




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 10 Cota: 48000mm	KB hacia el R30		<p>Las válvulas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan leves desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 10 Cota: 48000mm	Línea y Purgas NP 398		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 10 Cota: 48000mm	Línea y purgas RS 301		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño, observándose significativos daños corrosivos sobre su superficie acentuándose en las uniones por soldadura, destacando que son superficies expuestas a altas temperaturas, sin embargo las líneas si poseen recubrimiento pero con moderados desprendimientos, acotando que las mismas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento moderado




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 10 Cota: 48000mm	Línea y Purgas NP 366		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 10 Cota: 48000mm	Bajante de desechos		<p>Desprendimiento del recubrimiento en algunas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente, visible humedad en la superficie inferior en contacto con el piso de la estructura. En líneas generales el mayor deterioro del recubrimiento es en esta zona inferior, del resto se encuentra en buen estado. No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 10 Cota: 48000mm	Base del R40 TAG: 1.1.223.40		<p>Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Superficie expuestas a altas temperaturas. Acumulación de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales esta parte del equipo se encuentra en buen estado. Cumple con RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento moderado




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 10 Cota: 48000mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y ampollamiento medio en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Ampollamiento medio y Desprendimiento leve
Piso 10 Cota: 48000mm	Piso		<p>Alto grado de suciedad por deposición de mineral. Capa que en algunas zonas que se desprende con facilidad, y cierta humedad en otras. El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado.</p>	N/A
Piso 11 Cota: 51400mm	Línea de PPG		<p>Las líneas presentan leve desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, la pintura en algunas zonas se observó con forma de surcos o rugosidades, que puede ser a causa de capas muy gruesas con grandes espesores de recubrimientos sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación: 4-G</p>	Encopamiento y Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 11 Cota: 51400mm	Barandas y pasamanos		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 11 Cota: 51400mm	Línea de gas inerte y purgas NP- 437A		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan leves desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 11 Cota: 51400mm	Línea de alimentación de mineral		<p>Desprendimiento leve del recubrimiento observándose corrosión uniforme, cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas lo que favorece la oxidación en zonas expuestas al medio ambiente. En líneas generales en buen estado y cumple con el código RAL de diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 11 Cota: 51400mm	Vigas de la estructura (lado ascensor)		<p>Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. Es importante acotar que esta superficie con frecuencia se encuentra en contacto con medios ácidos.</p> <p>No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Ampollamiento poco y Desprendimiento moderado
Piso 11 Cota: 51400mm	Boca de visita 84" del R40 TAG: 1.1.223.40		<p>Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie expuesta a altas temperaturas y que se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples (tuerca-tornillo) Cumple con el código RAL de diseño.</p> <p>Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G</p>	Desprendimiento leve y Daños mecánicos
Piso 11 Cota: 51400mm	Cabezales de purgas línea 403		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 2-G</p>	Desprendimiento moderado




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 11 Cota: 51400mm	Estructura de la plataforma		Moderado desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Esta parte de la estructura se encuentra cercana al R40. Acotando la visible humedad existente en dicha estructura. Acumulación de minerales en ciertas zonas. Grado de oxidación: 5-G	Desprendimiento moderado
Piso 11 Cota: 51400mm	Techo		Desprendimiento leve de recubrimiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-P	Desprendimiento leve
Piso 11 Cota: 51400mm	Purgas de reserva RS-414 y NP-480		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño, observándose significativos daños corrosivos sobre su superficie acentuándose en las uniones por soldadura, destacando que son superficies expuestas a altas temperaturas, sin embargo las líneas si poseen recubrimiento pero con severos desprendimientos, acotando que las mismas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento severo




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 11 Cota: 51400mm	Línea de salida del gas reductor del R30 TAG: 1.1.223.30		<p>Desprendimiento leve del recubrimiento observándose corrosión uniforme, cabe destacar que es una superficie expuesta a considerables temperaturas lo que favorece la oxidación en zonas expuestas al medio ambiente, pero pudo observarse la buena adherencia del recubrimiento. En líneas generales en buen estado y cumple con el código RAL de diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 11 Cota: 51400mm	Pulmón de gas inerte para servicio		<p>Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de mineral de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 11 Cota: 51400mm	Pulmón de aire para servicio		<p>Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de mineral de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 11 Cota: 51400mm	Piso		Alto grado de suciedad por deposición de mineral. Capa que en algunas zonas que se desprende con facilidad, y cierta humedad en otras. El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado.	N/A
Piso 12 Cota: 56200mm	Base del reactor R40 TAG: 1.1.223.40		En líneas generales el recubrimiento en esta zona se encuentra en buen estado. Solo se observaron pequeños daños corrosivos en los vértices de las bases detectándose una humedad significativa. Cumple con el código RAL establecido según diseño Grado de oxidación: 5-P	Desprendimiento leve
Piso 12 Cota: 56200mm	Acoples que sostienen la estructura		Los acoples no poseen recubrimiento según diseño por lo que se observa una corrosión uniforme, acotando la visible humedad que se evidenció lo que acelera los procesos corrosivos. En líneas generales los daños se observan en los acoples, mientras que la estructura sí posee su recubrimiento en buen estado Grado de oxidación: 7-H	Desprendimiento severo




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 12 Cota: 56200mm	Vigas principales que sostienen la estructura		<p>Perdida del recubrimiento en algunas zonas puntuales sin embargo se observó buena adherencia del mismo. Por otro lado se observo presencia de ampollamiento en otras zonas que no son tan representativas con respecto al resto de las vigas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 4-P</p>	Ampollamiento poco y Desprendimiento leve
Piso 12 Cota: 56200mm	Purgas de gas inerte 50 bar NP 449		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 12 Cota: 56200mm	Cabezal de gas inerte lado A y B (50 Bar).		<p>Las acoples no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento moderado




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 12 Cota: 56200mm	Bajante de alimentación (lado A) del mineral hacia el R40		Desprendimiento leve del recubrimiento observándose corrosión uniforme, cabe destacar que es una superficie expuesta a considerables temperaturas lo que favorece la oxidación en zonas expuestas al medio ambiente. En líneas generales en buen estado y cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento moderado
Piso 12 Cota: 56200mm	Línea de purgas de gas inerte NP 453		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan leve desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento leve
Piso 12 Cota: 56200mm	Parte de la estructura		Pérdida total del recubrimiento, ya que no se evidenció el mismo en toda la extensión de esta estructura. La cual según diseño debería poseer sistema de recubrimiento. Por lo que toda su superficie expuesta al medio ambiente presentó evidentes daños corrosivos de forma uniforme. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 2-H	Desprendimiento severo




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 12 Cota: 56200mm	Estructura del Bucket elevator. TAG: 1.0.212.B.10.DE		<p>Equipo que posee su recubrimiento en buen estado, solo se observaron leves desprendimientos del mismo en zonas pequeñas. Lo que sí pudo evidenciarse fue alto grado de suciedad en él componente. En líneas no se observaron grandes fallas en el revestimiento.</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 12 Cota: 56200mm	Barandas		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. En líneas generales barandas en buen estado. No se conoce el RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 12 Cota: 56200mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y poco ampollamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Desprendimiento leve y ampollamiento poco




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 13 Cota: 62600mm	Tornillo alimentador del lower lock hooper TAG: 1.1.213.B.30.MP		<p>Presencia de golpes, impactos y abolladuras en el componente que afectaron el recubrimiento observándose la ausencia del mismo en ciertas zonas, cabe destacar que es una superficie se abre con frecuencia durante todas las paradas. Corrosión uniforme en las zonas expuestas y en los acoples (tuerca-tornillo) Cumple con el código RAL de diseño.</p> <p>Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G</p>	Desprendimiento moderado y Daños mecánicos
Piso 13 Cota: 62600mm	Vigas que sostienen la estructura		<p>Pérdida total del recubrimiento en la unión soldada, ya que no se evidenció presencia del mismo. Por lo que toda su superficie expuesta al medio ambiente presentó evidentes daños corrosivos de forma uniforme. La extensión de la viga posee recubrimiento pero en mal estado presentando desprendimientos severos. No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 2-H</p>	Desprendimiento severo
Piso 13 Cota: 62600mm	Vigas lado ascensor		<p>Perdida del recubrimiento en algunas zonas puntuales sin embargo se observó buena adherencia del mismo. Por otro lado se observo presencia de ampollamiento en otras zonas que no son tan representativas con respecto al resto de las vigas. No se conoce el RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 6-P</p>	Ampollamiento medio y desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 13 Cota: 62600mm	KB de los ciclones hacia el R40 (PPG)		<p>Las acoples no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 13 Cota: 62600mm	Cabezal de purgas NP 448		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 13 Cota: 62600mm	Barandas de la estructuras		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 13 Cota: 62600mm	Línea de gas que viene del R40		Recubrimiento muy adherente a la superficie, por lo que se observó desprendimiento leve en algunas zonas pequeñas. Alto grado de ensuciamiento en esta parte del equipo. Cumple con el RAL especificado según diseño. Grado de oxidación: 9-G	Desprendimiento leve
Piso 13 Cota: 62600mm	Cabezal de purgas PPG		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento moderado
Piso 13 Cota: 62600mm	Línea NP hacia el R40 NP 433		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento moderado




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 13 Cota: 62600mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y ampollamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Ampollamiento poco y Desprendimiento leve
Piso 14 Cota: 55400mm	Barandas de la estructuras		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. En este piso se observaron con mayor suciedad. No se conoce el RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 14 Cota: 55400mm	Línea salida gas R40		<p>Recubrimiento muy adherente a la superficie, por lo que se observó desprendimiento leve en algunas zonas pequeñas. Alto grado de ensuciamiento en esta parte del equipo. Cumple con el RAL especificado según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 9-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 14 Cota: 55400mm	Bases de la línea sólida de gas R10		En general se observa muy sucio y en algunas partes desprendimiento de productos de corrosión que causan degradación del material, por lo que en estas partes hay desprendimiento del recubrimiento. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 3-P	Desprendimiento moderado
Piso 14 Cota: 55400mm	Vigas principales de la estructura		Se observa ampollamiento y desprendimiento del recubrimiento por lo tanto en algunas partes sin recubrir se evidencia oxidación, por encontrarse expuesto directamente al medio ambiente. No se conoce RAL según diseño. Grado de oxidación: 5-G	Ampollamiento poco y Desprendimiento moderado
Piso 14 Cota: 55400mm	Válvula de cierre de los ciclones (SOV)		La falla se presenta por desprendimiento en algunas partes y la pintura con forma de surcos o rugosidades, que puede ser a causa de capas muy gruesas con grandes espesores de recubrimientos. Recubrimiento poco adherente y se observan varias capas de pintura aplicadas encima del recubrimiento según diseño. Grado de oxidación: 7-G	Encopamiento y Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 14 Cota: 55400mm	Manifor gas inerte para servicio		<p>Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de mineral de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño Grado de oxidación: 7-P</p>	Desprendimiento leve
Piso 14 Cota: 55400mm	Viga de soporte estructural		<p>Perdida del recubrimiento en algunas zonas puntuales, pero el mismo se observó con buena adherencia. Los acoples no presentan recubrimiento según diseño sin embargo se les observó una pintura de coloración roja protegiéndolos de la oxidación atmosférica. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 6-P</p>	Desprendimiento leve
Piso 14 Cota: 55400mm	Bajante de desechos		<p>Equipo que se observó en pésimas condiciones ya que hay pérdida del material con el cual es constituido. Acotando que por allí se descarga el mineral de desechos y a veces está caliente, y no se sabe si el componente es original. Se observa mucha corrosión y se encuentra roto. En cuanto a recubrimiento solo se evidencia su presencia en algunas partes y cumple con el RAL según diseño. Grado de oxidación: 1-H</p>	Desprendimiento severo

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 14 Cota: 55400mm	Pulmón de gas inerte		Ligero desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de mineral de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño Grado de oxidación: 7-P	Desprendimiento leve
Piso 14 Cota: 55400mm	Boca de visita del lower lock Hopper TAG: 1.1.213.B.30.MP		Se observa desprendimiento del recubrimiento por golpes, impactos, abolladuras; y es importante acotar la visible humedad lo que ocasiona un acelerado proceso de deterioro. En líneas generales el deterioro es por daños mecánicos. No se conoce el código RAL según diseño Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G	Desprendimiento moderado y Daños mecánicos
Piso 14 Cota: 55400mm	Cuerpo del lower lock hopper TAG: 1.1.213.B.30.MP		Equipo que posee su recubrimiento en buen estado, solo se observaron leves desprendimientos y rastros de la grasa que utilizan para medir espesores lo que atrae polvo y a su vez humedad acelerando el deterioro. Por otro lado se observan marcas que indican un arrastre de agua donde se adhiere el mineral. No se conoce el código RAL según diseño Grado de oxidación: 8-G	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 14 Cota: 55400mm	Techo de la estructura		Desprendimiento leve de recubrimiento y ampollamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y un grado de humedad considerable en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-G	Ampollamiento poco y Desprendimiento leve
Piso 14 Cota: 55400mm	Vigas de la estructura (lado ascensor)		Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 3-G	Ampollamiento y Desprendimiento moderado
Piso 14 Cota: 55400mm	Cabezal de purga de gas inerte hacia en lower lock Hopper IG 504		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento moderado

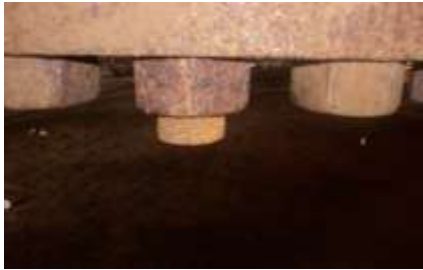


Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 14 Cota: 55400mm	Piso		<p>En general se observa alto grado de suciedad, viéndose claramente una capa de mineral que se deposita en la superficie. Los depósitos pueden deberse a la emisiones de polvo provenientes del área de manejo (pilas y secador). El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado</p>	N/A
Piso 14 Cota: 55400mm	Bases de los lower lock hopper a nivel de la boca intermedia.		<p>Se observa que posee recubrimiento pero con alto grado de ensuciamiento y considerable humedad en la superficie lo que acelera los procesos corrosivos. Oxidación en las zonas libres de recubrimiento. No se conoce RAL según diseño. Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento moderado
Piso 15 Cota: 72000mm	Boca de visita UPPER A y B TAG: 1.1.213.A.30.MP 1.1.213.B.30.MP		<p>Se observa muy sucio y presencia de líneas que se forma n cuando hay caída de agua con mineral y queda adherido a la superficie. La tapa evidencia la ocurrencia de daños mecánicos por golpes e impactos que desprenden el recubrimiento. No se conoce RAL según diseño. Grado de oxidación en acoples: 5-H Grado de oxidación en la superficie: 5-G</p>	Desprendimiento moderado y Daños mecánicos




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 15 Cota: 72000mm	Sistema que sostiene las estructura de los Upper TAG: 1.1.213.A.30.MP		De manera general en esta parte se observó mayor daño corrosivo con respecto a la estructura de los UPPER ya que se evidencia claramente desgaste físico, corrosión por acoplamiento galvánico y erosión; aparte del material que se deposita en la estructura. No se conoce RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-G Grado de oxidación en acoples: 1-H	Desprendimiento moderado
Piso 15 Cota: 72000mm	Tambor lock hopper tank TAG: 1.1.213.90.MP		Moderado desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas. Acumulación de mineral de contaminantes en zonas de la superficie. En líneas generales el equipo se encuentra en buen estado. No se conoce el código RAL según diseño Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento moderado
Piso 15 Cota: 72000mm	Línea de 50 bar hacia el LHT		Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan moderado desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente, sin embargo cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 7-G	Desprendimiento severo




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 15 Cota: 72000mm	Vigas de soporte de la estructura		<p>Fuerte daño corrosivo por estancamiento de aguas, con mineral y partículas metálicas que se adhieren en esa superficie. Se observa un desgaste y desprendimiento de material y corrosión galvánica en los acoples tuerca-tornillo. En cuanto al recubrimiento se observa desprendimiento severo del mismo. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 4-G</p>	Desprendimiento severo
Piso 15 Cota: 72000mm	Piso		<p>Alto grado de suciedad por deposición de mineral. Capa que en algunas zonas que se desprende con facilidad, y cierta humedad en otras. El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado.</p>	N/A
Piso 15 Cota: 72000mm	Techo de la estructura		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y ampollamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-P</p>	Ampollamiento poco y Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 17 Cota: 84200mm	Vigas		<p>Desprendimiento del recubrimiento proveniente de la formación de ampollas, posiblemente debido a humedad atrapada y el tiempo de exposición, lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. Los daños se intensifican en las bases y acoples. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-G</p>	Ampollamiento poco y Desprendimiento moderado
Piso 17 Cota: 84200mm	Barandas		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, el alto grado de ensuciamiento no permitió evaluarlo exhaustivamente, pero pudo observarse esto en ciertas zonas. No se conoce el RAL según diseño Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 17 Cota: 84200mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento y ampollamiento en la superficie del techo. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y un considerable grado de humedad en algunas zonas. Y No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 4-G</p>	Ampollamiento poco y Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Piso 18 Cota: 87000mm	Válvulas de venteo de los upper A y B		<p>Se observó humedad en el componente lo que ocasiona que se adhiera fácilmente el mineral. Se observa suciedad con deposición de mineral. Desprendimiento ligero del recubrimiento. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Piso 19 Cota: 89800mm	Flautas dedusting TAG: 1.1.197.A.001.		<p>Se observó humedad en el componente lo que ocasiona que se adhiera fácilmente el mineral. Se observa suciedad con deposición de mineral. Desprendimiento ligero del recubrimiento. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve
Planta baja Cota: 0	Línea de entrada del gas al R10		<p>Desprendimiento leve del recubrimiento observándose corrosión uniforme, cabe destacar que es una superficie expuesta a elevadas temperaturas lo que favorece la oxidación en zonas expuestas al medio ambiente, pero pudo observarse la buena adherencia del recubrimiento. Alto grado de ensuciamiento. Cumple con el código RAL de diseño. Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve




Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Planta baja Cota: 0	Boca de limpieza del main riser TAG: 1.1.225.10.PP.		<p>Considerable desprendimiento del recubrimiento por lo que hay zonas donde la corrosión es significativa. Cabe destacar que es uno de los componentes que se encuentra a mayores temperaturas cercano al R10 acelerando los procesos corrosivos. Cumple con el RAL según lo establecido en el diseño.</p> <p>Grado de oxidación en acoples: 1-H Grado de oxidación en la superficie: 3-G</p>	Desprendimiento moderado
Planta baja Cota: 0	Válvulas de apertura y cierra de la línea de vapor.		<p>Considerable desprendimiento del recubrimiento por lo que hay zonas donde la corrosión es significativa. Cabe destacar que es uno de los componentes que se encuentra a mayores temperaturas cercano al R10 acelerando los procesos corrosivos. Cumple con el RAL según lo establecido en el diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 1-H</p>	Desprendimiento severo
Planta baja Cota: 0	Línea de agua a alta presión TAG: 1.1.021.PH.25.05.V		<p>Desprendimiento del recubrimiento en pocas zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente. En líneas generales se encuentra en buen estado. Se pudo observar que el RAL del recubrimiento cumple con el establecido según diseño y a su vez cumple con la norma COVENIN 253:1999. Se observa alto grado de suciedad.</p> <p>Grado de oxidación: 7-G</p>	Desprendimiento leve

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Planta baja Cota: 0	Bajante de drenaje viene del drump drump TAG: 1.1.226.10.MP		Desprendimiento del recubrimiento en zonas de la línea, que se exponen al medio ambiente. Alto grado de ensuciamiento. Se pudo observar que el RAL del recubrimiento cumple con el establecido según diseño Grado de oxidación: 5-G	Desprendimiento severo
Planta baja Cota: 0	Pulmón de aire instrumento TAG: 0.0.862.40.UT		Desprendimiento del recubrimiento en forma leve y deterioro en algunas zonas expuestas a la atmosfera. Alto grado de suciedad en el equipo sin embargo en las zonas limpias pudo observarse que el recubrimiento aun está en buen estado. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 7-G	Desprendimiento leve
Planta baja Cota: 0	Bases de la estructura		Desprendimiento moderado del recubrimiento en la superficie. Se encuentra cercano al reactor R10. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y un considerable grado de humedad en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 5-G	Desprendimiento moderado

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Planta baja Cota: 0	Viga inclinada hacia el lado del R10		<p>Desprendimiento moderado del recubrimiento en la superficie. Se encuentra cercano al reactor R10. Se evidencia corrosión en los puntos de soldaduras y un considerable grado de humedad en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño. Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento severo
Mezzanina Cota: 3400mm	Línea de gas inerte 1.1.152		<p>Las líneas presentan desprendimiento del recubrimiento en ciertas zonas, lo que las expone al medio ambiente. En líneas generales en buen estado, estas cumplen con el código RAL según diseño al igual que con la norma COVENIN 253:1999 Grado de oxidación: 5-G</p>	Desprendimiento leve
Mezzanina Cota: 3400mm	Main riser TAG: 1.1.225.10.PP		<p>Considerable desprendimiento del recubrimiento por lo que hay zonas donde la corrosión es significativa. Cabe destacar que es uno de los componentes que se encuentra a mayores temperaturas cercano al R10 acelerando los procesos corrosivos. Cumple con el RAL según lo establecido en el diseño Grado de oxidación: 1-H</p>	Desprendimiento severo

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Mezzanina Cota: 3400mm	Válvulas de gas inerte 1.1.122		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan un desprendimiento severo del recubrimiento casi toda su extensión en, lo que las expone al medio ambiente, causando fuertes daños corrosivos, no cumplen con el código RAL según diseño al igual y no cumple con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 3-G</p>	Desprendimiento severo
Mezzanina Cota: 3400mm	Línea milking TAG: 1.1.023.PH.200.05.V		<p>Considerable desprendimiento del recubrimiento por lo que hay zonas donde la corrosión es significativa. Cabe destacar que es uno de los componentes que se encuentra a mayores temperaturas cercano al R10 acelerando los procesos corrosivos. Cumple con el RAL según lo establecido en el diseño</p> <p>Grado de oxidación: 1-H</p>	Desprendimiento severo
Mezzanina Cota: 3400mm	Válvula de PPG para el spare (línea 120)		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan un desprendimiento severo del recubrimiento casi toda su extensión en, lo que las expone al medio ambiente, causando fuertes daños corrosivos, no cumplen con el código RAL según diseño al igual y no cumple con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 3-G</p>	Desprendimiento severo

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Mezzanina Cota: 3400mm	Válvula de PPG para el main línea 161		<p>Las purgas no poseen recubrimiento según diseño por lo que presentan alta corrosión uniforme, las líneas presentan un desprendimiento severo del recubrimiento casi toda su extensión en, lo que las expone al medio ambiente, causando fuertes daños corrosivos, no cumplen con el código RAL según diseño al igual y no cumple con la norma COVENIN 253:1999</p> <p>Grado de oxidación en purgas: 1-H Grado de oxidación en las líneas: 3-G</p>	Desprendimiento severo
Mezzanina Cota: 3400mm	Spare riser TAG: 1.1.225.10.PP		<p>Considerable desprendimiento del recubrimiento por lo que hay zonas donde la corrosión es significativa. Cabe destacar que es uno de los componentes que se encuentra a mayores temperaturas cercano al R10 acelerando los procesos corrosivos. Cumple con el RAL según lo establecido en el diseño</p> <p>Grado de oxidación: 1-H</p>	Desprendimiento severo
Mezzanina Cota: 3400mm	Barandas y pasamanos		<p>En las barandas se observa desprendimiento del recubrimiento y oxidación en esas zonas expuestas, y cierto grado de ensuciamiento. En los pasamanos el recubrimiento que no se ha desprendido se observa un poco desgastado en algunas zonas. No se conoce el RAL según diseño</p> <p>Grado de oxidación: 3-G</p>	Desprendimiento moderado

Ubicación	Equipo	Foto	Descripción	Tipo de falla
Mezzanina Cota: 3400mm	Techo		<p>Desprendimiento leve de recubrimiento en la superficie del techo. Se evidencia una considerable corrosión en los puntos de soldaduras y cierto grado de humedad en algunas zonas. Y no se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 4-P</p>	Desprendimiento moderado
Mezzanina Cota: 3400mm	Piso		<p>Alto grado de suciedad por deposición de mineral. Capa que en algunas zonas que se desprende con facilidad, y cierta humedad en otras. El piso no posee ningún tipo de recubrimiento pero cabe destacar que en líneas generales se encuentra en buen estado.</p>	N/A
Mezzanina Cota: 3400mm	Vigas de la Estructura		<p>Desprendimiento del recubrimiento lo que causa un considerable daño corrosivo en la superficie expuesta a la atmosfera. Cabe destacar que estas vigas se encuentran adyacente al R10 el cual opera a altas temperaturas</p> <p>No se conoce el RAL según diseño.</p> <p>Grado de oxidación: 2-G</p>	Desprendimiento moderado

APENDICE B

Medición de espesores del recubrimiento de estructuras y equipos del tren 1 de reactores.

Piso	Equipo	E. actual (μ)	E. min inicial (μ)	D. Espesores
1	Línea de agua a alta presión	256	118	138
1	Barandas	366	175	191
1	R10 (Boca de visita 24")	202	125	77
1	Valvulas contra reactores np 149/ 153	140	112	28
1	Línea de valvulas 101	118	112	6
1	Línea de valvulas PPG 130	70	112	-42
2	Purgas de gas inerte (línea 107)	103	112	-9
2	Sistema de pulmón de aire instrumento	158	118	40
2	Pugas de soplado de gas inerte 50 bar 107	78	112	-34
2	Vavulas np 194 (contra R10)	64	112	-48
2	R10 con np 184	70	112	-42
2	Boca de visita R10	226	126	101
3	Vigas de la estructura lado ascensor	212	175	37
3	KC 001 Y 002 del R20 al R10	154	125	29
3	R10	171	125	46
3	Lower lock hopper de MgO	153	175	-22
3	Recycler gas kuler	177	175	2
3	Barandas	328	175	153
4	Vigas de la estructura (lado ascensor)	187	175	12
4	Barandas	256	175	81
4	Pasamanos	266	175	91
4	Reactor R20 (Boca de visita 24")	191	125	66
4	Sistema de purgas 50 bar al R20 NP 230	115	125	-10
4	Purgas de reserva contra-reactores np 165	62	112	-50
4	Storage de MgO	200	175	25
5	Vigas de la estructura	187	175	56
5	Barandas	241	175	66
5	Cabezal de purgas 50 bar. Línea 285	51	112	-61
5	Reactor R20 boca de visita 84"	112	125	-13
5	Línea de agua a alta presión.	100	118	-18
6	Línea de salida de gas del R10	74	125	-51
6	Válvulas cierre de los ciclones	206	175	31
6	Línea de entrada del gas al R30	109	125	-16

Piso	Equipo	E. actual (μ)	E. min inicial (μ)	D. Espesores
6	Bajante 001 y 002 del R30 al R40	124	125	-1
6	Purgas de soplado	94	118	-24
6	Boca de visita 84" del R20	139	125	14
6	Vigas de la estructura	311	175	136
6	Linea de agua de alta presion	138	118	20
6	Barandas	270	175	95
7	Vigas de la estructura.	200	175	25
7	Reactor R30 boca de visita 24"	174	125	49
7	Sistema de pulmón de aire instrumento	166	118	48
7	Purgas de reserva contra reactores	87	112	-25
7	Reactor R20 fase diluida	112	125	-13
7	Cabezal de purgas (linea 296)	67	112	-45
7	Linea de gas inerte 1.1.18.023	115	112	3
7	Barandas	190	175	15
8	Vigas de la estructura (lado ascensor)	268	175	93
8	Barandas	330	175	155
8	Purgas de reserva Rs-308	117	112	5
8	Reactor R30	155	125	30
8	Purgas de reserva Rs-310	81	112	-31
8	Cabezal de purgas gas inerte	154	112	42
9	Vigas de la estructura (lado ascensor)	260	175	85
9	Purgas KC1144001A	104	125	-21
9	Base del reactor R30 en la zona intermedia	150	125	25
9	Purgas hacia reactores	216	112	104
9	Componente valvula KC1114001A	104	125	-21
9	Boca de entrada del gas al R40	131	125	6
10	Vigas de la estructura	221	175	46
10	Barandas y pasamanos	171	175	-4
10	Cabezal de purgas hacia el R30 linea 428	155	112	43
10	Reactor 30 en la zona media	182	125	57
10	KB hacia el R30	103	112	-9
10	Purgas np 398	166	112	54
10	purgas Rs 301	137	112	25
10	Purgas np 366	145	112	33
10	Base del R40	84	125	-41
11	Barandas de la estructura	149	175	-26

Piso	Equipo	E. actual (μ)	E. min inicial (μ)	D. Espesores
11	Línea de gas inerte	84	112	-28
11	Línea de alimentación de mineral	156	125	31
11	Vigas de la estructura (lado ascensor)	205	175	30
11	Boca de visita 84" del R40	84	125	-41
11	Cabezales de purgas línea 403	164	112	52
11	Purgas de reserva Rs-414 y np-480	84	112	-28
11	Línea de salida del gas reductor del R3o	164	112	52
11	Pulmón de gas inerte	283	112	171
11	Pulmón de aire	153	118	35
12	Base del reactor R40	227	125	102
12	Vigas principales que sostienen la estructura	206	175	31
12	Purgas de gas inerte 50 bar hacia el lado oeste	122	112	10
12	Cabezal de gas inerte lado A y B (50 Bar).	170	112	58
12	Barandas de la estructura	294	125	169
13	Tornillo alimentador del lower	132	175	-43
13	Vigas que sostienen la estructura	264	175	89
13	Vigas lado ascensor	268	175	93
13	Cabezal de purgas NP 448	146	112	34
13	Barandas de la estructuras	106	175	-69
14	Barandas de la estructuras	109	175	-66
14	Línea salida gas R40	84	125	-41
14	Vigas principales de la estructura	251	175	76
14	Válvula de cierre de los ciclones (SOV)	438	175	263
14	Manifor gas inerte	216	112	104
14	Viga de soporte estructural	248	175	73
14	Pulmón de gas inerte	192	112	80
14	Boca de visita del lower lock hopper	113	175	-62
14	Cuerpo del lower lock hopper	173	175	-2
14	Vigas de la estructura (lado ascensor)	361	175	186
14	Cabezal de purga de gas inerte hacia en lower lock hopper	196	112	84
15	Línea de 50 bar hacia el LHT	217	112	105
15	Vigas de soporte de la estructura	240	175	65
17	Vigas	309	175	134
17	Barandas	282	175	107
19	Flautas dedusting	230	175	55

Piso	Equipo	E. actual (μ)	E. min inicial (μ)	D. Espesores
PB	Boca de limpieza del main riser	187	125	62
PB	Bases de la estructura	173	175	-2
M	Spare riser	176	125	51
M	Línea de gas inerte	119	112	7
M	Main riser	187	125	62
M	Vigas de la Estructura	366	175	191
M	Barandas	396	175	221

Carta de colores Ral

RAL 1000		RAL 4007		RAL 7008	
RAL 1001		RAL 4008		RAL 7009	
RAL 1002		RAL 4009		RAL 7010	
RAL 1003		RAL 5000		RAL 7011	
RAL 1004		RAL 5001		RAL 7012	
RAL 1005		RAL 5002		RAL 7013	
RAL 1006		RAL 5003		RAL 7015	
RAL 1007		RAL 5004		RAL 7016	
RAL 1011		RAL 5005		RAL 7021	
RAL 1012		RAL 5007		RAL 7022	
RAL 1013		RAL 5008		RAL 7023	
RAL 1014		RAL 5009		RAL 7024	
RAL 1015		RAL 5010		RAL 7026	
RAL 1016		RAL 5011		RAL 7030	
RAL 1017		RAL 5012		RAL 7031	
RAL 1018		RAL 5013		RAL 7032	
RAL 1019		RAL 5014		RAL 7033	
RAL 1020		RAL 5015		RAL 7034	
RAL 1021		RAL 5017		RAL 7035	
RAL 1023		RAL 5018		RAL 7036	
RAL 1024		RAL 5019		RAL 7037	
RAL 1027		RAL 5020		RAL 7038	
RAL 1028		RAL 5021		RAL 7039	
RAL 1032		RAL 5022		RAL 7040	
RAL 1033		RAL 5024		RAL 7042	
RAL 1034		RAL 6000		RAL 7043	
RAL 2000		RAL 6001		RAL 7044	
RAL 2001		RAL 6002		RAL 7045	
RAL 2002		RAL 6003		RAL 7046	
RAL 2003		RAL 6004		RAL 7047	
RAL 2004		RAL 6005		RAL 8000	
RAL 2008		RAL 6006		RAL 8001	
RAL 2009		RAL 6007		RAL 8002	

RAL 2010		RAL 6008		RAL 8003	
RAL 2011		RAL 6009		RAL 8004	
RAL 2012		RAL 6010		RAL 8007	
RAL 3000		RAL 6011		RAL 8008	
RAL 3001		RAL 6012		RAL 8011	
RAL 3002		RAL 6013		RAL 8012	
RAL 3003		RAL 6014		RAL 8014	
RAL 3004		RAL 6015		RAL 8015	
RAL 3005		RAL 6016		RAL 8016	
RAL 3007		RAL 6017		RAL 8017	
RAL 3009		RAL 6018		RAL 8019	
RAL 3011		RAL 6019		RAL 8022	
RAL 3012		RAL 6020		RAL 8023	
RAL 3013		RAL 6021		RAL 8024	
RAL 3014		RAL 6022		RAL 8025	
RAL 3015		RAL 6024		RAL 8028	
RAL 3016		RAL 6025		RAL 9001	
RAL 3017		RAL 6026		RAL 9002	
RAL 3018		RAL 6027		RAL 9003	
RAL 3020		RAL 6028		RAL 9004	
RAL 3022		RAL 6029		RAL 9005	
RAL 3027		RAL 6032		RAL 9006	
RAL 3031		RAL 7000		RAL 9007	
RAL 4001		RAL 7001		RAL 9010	
RAL 4002		RAL 7002		RAL 9011	
RAL 4003		RAL 7003		RAL 9016	
RAL 4004		RAL 7004		RAL 9017	
RAL 4005		RAL 7005		RAL 9018	
RAL 4006		RAL 7006			

ANEXO B

Preparación Superficial, sistema de pintura y tipos de recubrimientos aplicados al tren 1 de reactores según diseño.

Tabla N° 1. Líneas de servicios.

N°	Piping Spec Class	Fluido	Servicio	Max. Temp Linde Paint. Spec (°C)	Preparación de Superficie	Nombre Comercial y Características Generales de las Pinturas								
						Primer	Espesor (m)	# Capas	Intermediate	Final	Espesor (m)	# Capas	Color	Code
1	1	PW	Agua potable	80	0-100	Interprime OCPA038	40	2	N/A	Interlac Esmalte Línea OCL	38	1	Yellow Green	RAL 6018
6	2	IG	Gas inerte	0 - 150	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	N/A	Interbond Acri-Sil Línea OHA	37	1	Rape Yellow	RAL 1021
8		VG	Gas de venteo										Rape Yellow	RAL 1021
11	3	PC	Agua limpis de emriamiento	0 - 150	SSPC-SP10	Interprime OCPA038	40	2	N/A	Interlac Esmalte Línea OCL	38	1	Yellow Green	RAL 6018
14		PL	Agua de proceso a baja presion										Yellow Green	RAL 6018
15		PR	Agua de proceso										Yellow Green	RAL 6018
21	4	NG	Gas natural	0 - 150	SSPC-SP10	Interprime OCPA038	40	2	N/A	Interlac Esmalte Línea OCL	38	1	Rape Yellow	RAL 1021
27	5	PH	Agua de proceso a alta presion	0 - 150	SSPC-SP10	Interprime OCPA038	40	2	N/A	Interlac Esmalte Línea OCL	38	1	Yellow Green	RAL 6018
28	6	CA	Aire comprimido	0 - 150	SSPC-SP10	Interprime OCPA038	40	2	N/A	Interlac Esmalte Línea OCL	38	1	AZUL	RAL
29		IA	Aire instrumento										AZUL	RAL
31	7	RC	Gas de recicló	0 - 150	SSPC-SP10	Interprime OCPA038	40	2	N/A	Interlac Esmalte Línea OCL	38	1	Rape Yellow	RAL 1021
44	12	PP	Gas de proceso	150 - 400	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	N/A	Interbond Acri-Sil Línea OHA	37	1	Rape Yellow	RAL 1021
55	13	CW	Tambor de circulacion de vapor	150-400	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	N/A	Interbond Acri-Sil Línea OHA	37	1	White Aluminium	RAL 9006
57	14	RC	Gas de recicló	150 - 400	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	N/A	Intertherm 50 OHTA097	25	2	White Aluminium	RAL 9006

Tabla N° 2. Equipos y estructura.

N°	Sistema	Equipos	Temp. (°C)	Preparación de Superficie	Nombre Comercial y Características Generales de las Pinturas									
					Primer	Espesor (m)	# Capas	Intermedate	Espesor (m)	# Capas	Final	Espesor (m)	# Capas	Color
1	A	Esturcturas de Edificios, plataformas y marcos	Max 130	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	Intergard Epoxi MIO	50	1	Interthane Esmalte Linea OPQ	50	1	De acuerdo con código de colores
		Escaleras y pasa manos												
		Silos, tolvas, envases y tanques												
		Toda clase de equios												
		Equipos móviles y deslizantes												
		Gruas, transportadores y chutes												
		Equipos de carga y manejo												
2	B	Esturcturas de Edificios, plataformas y marcos	131 a 450	SSPC-SP10	Interzinc 12	75	1	NA	NA	NA	Interthem 50 OHTA097	25	2	RAL 9006
		Escaleras y pasa manos												
		Silos, tolvas, envases y tanques												
		Toda clase de equios												
		Equipos móviles y deslizantes												
		Gruas, transportadores y chutes												
		Equipos de carga y manejo												

ANEXO C

Ficha técnica de pintura de la empresa PINTURAS INTERNACIONAL C.A.

Intergard MIO

Gris Claro

OEFR036/OEFA



DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Revestimiento epoxi de dos componentes, que contiene Oxido de Hierro Micáceo.

Proporciona excelente protección anticorrosiva y presenta una alta resistencia a la abrasión.

PROPIEDADES FÍSICAS

Tipo de vehículo:	Epoxi Poliamida ó Amina		
Pigmentación:	Oxido de Hierro Micáceo		
Número de componentes:	Dos		
Proporción de mezcla:	4 partes por volumen de la base OEFRO36 1 parte por volumen del Agente Curante OEFA888 ó OEFA999		
Presentación:	Galón/Cuarto.		
Vida útil después del mezclado:	A 25 °C: 7 hrs ; A 35 °C: 4 hrs.		
Punto de inflamación :	Mayor a 23 °C		
Contenido de sólidos por volumen:	50 % ± 2%		
Espesor de película recomendada:	Seca: 50 mcs (2.0 mils), Húmedo: 100 mcs (4 mils)		
Rendimiento teórico calculado del volumen de sólidos:	9.8 m ² / Lt - 37.0 m ² / Gl		
Tiempo de Secamiento:	Al Tacto	Duro	Tiempo de Repintado
			Mínimo Máximo
25 °C (77 °F)	30 Min.	16 Horas	16 Horas Indefinido
35 °C (95 °F)	20 Min.	10 Horas	10 Horas Indefinido
Color:	Gris		
Acabado:	Semi -Brillante		
Condiciones de almacenamiento:	Lugar fresco, seco y bien ventilado		
Vida útil en el envase:	30 meses la Base, 12 meses el agente curante; re-evaluables después de este tiempo.		

COMPORTAMIENTO Y LIMITACIONES

- Para un comportamiento óptimo la temperatura de curado debe ser superior a 10 °C (50°F). Este producto no cura adecuadamente a temperaturas inferiores a los 5°C (41°F).
- Tiempo máximo de servicio en seco = 120 °C (248 °F).
- VOC: 416.24g/L.



PREPARACION DE SUPERFICIE

Efectúe limpieza con Solvente según Especificaciones SSPC-SP-1. Lije los cortes agudos, cordones y salpicaduras de las soldaduras.

Limpie con Chorro Abrasivo hasta Metal Casi Blanco según Especificaciones SSPC-SP-10. La superficie debe estar limpia seca y libre de cualquier contaminante antes de su aplicación.

APLICACION

Método de aplicación:	Atomización Sin Aire. Brocha o Rodillo para áreas pequeñas.
Adelgazador:	No se recomienda. Si es necesario use Solvente para Epoxi OGTA220 (5% máximo en volumen)

ATOMIZACIÓN CONVENCIONAL

* Pistola:	No se recomienda
Pico de fluido:	
Boquilla de aire:	
Presión de atomización:	
Presión en el envase de aplicación:	
* O equipo equivalente:	

ATOMIZACIÓN SIN AIRE

Pico:	450 - 575 mcs (18 - 23 mils)
Presión de salida del fluido:	176 - 246 kg / cm ² (2500 - 3500 psi)
Limpieza de equipos e implementos:	Use Solvente para Epoxi OGTA220

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Utilice los equipos de protección personal (guantes, lentes de seguridad y mascarilla para vapores químicos).
- Provea adecuada ventilación, no fume en las áreas de aplicación y mantenga la pintura alejada de chispas y llamas.
- Al contacto con la piel, lavar con agua y jabón. Si llega a los ojos, lave con abundante agua y obtenga atención médica. Si hay inhalación de vapores, traslade la persona a un sitio ventilado. En caso de ingestión, busque atención médica inmediata.

VOLUMEN DE SÓLIDOS

El contenido de sólidos por volumen indicados en esta especificación, es el volumen de sólidos real de la pintura. Este es el porcentaje obtenido de dividir el Espesor de Película Seca. (E.P.S.) entre el Espesor de Película Húmeda (E.P.H.) aplicados sobre la superficie y proporciona el rendimiento teórico que se espera de la pintura.

RENDIMIENTO TEÓRICO CALCULADO

Es el rendimiento en m² /galón expresado sin estimar el porcentaje de pérdida de aplicación

la información contenida en estas especificaciones, está basada en nuestros propios conocimientos y experiencias; sin embargo, no representa ningún tipo de garantía en cuanto a su incorrecta aplicación, cuya responsabilidad es exclusivamente del usuario. Por ello sugerimos efectuar una previa evaluación de acuerdo al uso o destino de la pintura.

ANEXO D

Fichas técnicas de las empresas existentes actualmente en el mercado

D.1. Ficha técnica de la empresa SIGMA COATINGS

SIGMADUR GLOSS

7528

December 2000

DESCRIPTION	two component aliphatic polyurethane finish
PRINCIPAL CHARACTERISTICS	<ul style="list-style-type: none"> - recoatable polyurethane finish - excellent colour and gloss retention - excellent resistance to atmospheric exposure conditions - non-chalking, non-yellowing - tough and abrasion resistant - good resistance to mineral and vegetable oils, paraffins, milc chemicals and aliphatic petroleum products - cures at temperatures down to -5 °C
COLOUR AND GLOSS	white and black, colours available on request - gloss
BASIC DATA AT 20 °C	(for mixed product)
Mass density	approx. 1.4g/cm ³
Solids content	approx. 56% by volume
VOC (supplied)	max. 390 g/l
Recommended dry film thickness	50 - 60 µm depending on system
Theoretical spreading rate	11.2 m ² /l ^r for 50 µm*
Touch dry after	approx. 1 hour
Overcoating interval	min. 12 hours* max. unlimited
Full cure after	7 days
Shelf life (cool, dry place)	at least 12 months
Flashpoint	base and hardener 28 °C
RECOMMENDED SUBSTRATE CONDITIONS	<ul style="list-style-type: none"> - previous coat; epoxy or polyurethane, dry and free from any contamination and sufficiently roughened if necessary - a substrate temperature of -5 °C is acceptable during application and curing provided the substrate is free from water and ice - substrate temperature must be at least 3 °C above the dew point during application and curing - maximum humidity during application and curing is 85%

D.2. Ficha técnica de la empresa SHERWIN WILLIAMS



SHERWIN-WILLIAMS®
Mantenimiento Industrial

EPOXIDE HS

Epoxy Water Tanks
Comp. A : 80227
Comp. B : 89227

INFORMACION SOBRE EL PRODUCTO																					
DESCRIPCION DE PRODUCTO	USOS RECOMENDADOS																				
<p>EPOXIDE HS es un acabado epoxy-poliamida formulado con bajo tenor de compuestos orgánicos volátiles (Low VOC) apta para el pintado interno de tanques de agua potable. Funciona como primer y acabado. También puede ser utilizado como revestimiento interno. Cumple con la Norma AWWA D 102-97. Tiene excelente resistencia química y a la corrosión.</p>	<p>Recomendado para la protección anticorrosiva de acero al carbono arenado o granallado :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Como revestimiento interno de tanques de agua potable o no . • Como revestimiento interno de tanques de agua salada. • Aceptable para el uso con sistemas de protección catódica • Puede ser aplicado sobre concreto sellado con barniz sellador epoxy. • Certificado NSF 61. 																				
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO																					
<p>Acabado: Semibrillante Color: Blanco y Azul Sólidos por peso: 85 ± 2 % Sólidos por volumen: 70 ± 2 % Método ASTM D 2697, Nota 4 (7 días de secado al aire).</p> <p>Espesor seco recomendado: 100 a 200 micrones</p> <p>Rendimiento teórico p/ litro: 7 m² a 100 micrones</p> <p>VOC (Método EPA 124) : 236 g/l</p> <p>Pe: 1,57 +/- 0.04 gr/cm³</p> <p>Resistencia a la temperatura: 120°C Continuo <i>A temperaturas mayores a 60°C puede existir alteración de color en algunos colores.</i></p> <p>Vida útil de la mezcla: 8 horas a 25°C <i>A mayores temperaturas se reduce la vida útil.</i></p> <p>Vida útil en stock: Componente A = 24 meses Componente B = 24 meses</p> <p>Condiciones de almacenamiento: Conservar la pintura con el envase cerrado, en un recinto seco y ventilado, con temperatura no mayor de 40°C.</p>	<p>Proporción de mezcla: Conjunto de 1 galón. Componente A: 2.88 lt Componente B: 0.72 lt</p> <p>Tiempo de secado:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>10°C</th> <th>25°C</th> <th>32°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Manipulación</td> <td>8 hrs</td> <td>4 hrs</td> <td>2 hrs</td> </tr> <tr> <td>Curado Final</td> <td>14 días</td> <td>7 días</td> <td>7 días</td> </tr> <tr> <td>Repintado mínimo</td> <td>36 hrs</td> <td>16 hrs</td> <td>12 hrs</td> </tr> <tr> <td>Repintado máximo</td> <td>30 días</td> <td>30 días</td> <td>30 días</td> </tr> </tbody> </table> <p>Diluyente recomendado: Diluyente N°951</p> <p>Proporción de dilución: 10 a 15 % en volumen Los tiempos de secado están basados en condiciones normales de aplicación, temperatura, espesor de película y dilución. Cuando algunos de estos factores sufre algún cambio, se deben tomar medidas específicas. Cuando es necesario aplicar una segunda mano, o bien aplicar la capa siguiente del esquema de pintado, observar los tiempos de secado indicado.</p> <p>Resistencia a la intemperie: Como cualquier pintura epoxy, el EPOXIDE HS, sufre calcinación al ser expuesto a la radiación ultravioleta del sol.</p>		10°C	25°C	32°C	Manipulación	8 hrs	4 hrs	2 hrs	Curado Final	14 días	7 días	7 días	Repintado mínimo	36 hrs	16 hrs	12 hrs	Repintado máximo	30 días	30 días	30 días
	10°C	25°C	32°C																		
Manipulación	8 hrs	4 hrs	2 hrs																		
Curado Final	14 días	7 días	7 días																		
Repintado mínimo	36 hrs	16 hrs	12 hrs																		
Repintado máximo	30 días	30 días	30 días																		

D.2. Ficha técnica de la empresa venezolana de pinturas


MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



F-0195-04 R2

Fondo Epoxi Poliámida Rojo B72RV070

Endurecedor B72VV070



DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Fondo epoxi anticorrosivo de alto espesor (Hi-Build) curado con poliámida formulado con pigmentos anticorrosivos libres de metales pesados. Recomendado para protección de superficies de hierro o acero en interiores o exteriores como parte del sistema para ser recubierto con los acabados recomendados. Es un fondo de alto desempeño, que provee elevada protección contra la corrosión y los agentes químicos y ambientales típicos de las adversas condiciones de servicio del mantenimiento industrial. Facilita su aplicación al proporcionar alto espesor de película en cada mano, proporcionando una excelente adhesión del sistema sobre hierro y acero.

PROPIEDADES FÍSICAS

<ul style="list-style-type: none"> -Sistema evaluado -Resistencia a la Abrasión -Resistencia de Cámara Salina -Dureza a Lápiz -Resistencia a la Temperatura seca -Resistencia a la Cámara de Humedad 	<p>Acero - E.P.S. 4 Mils - SSPC, SP5 132 mg (ASTM D4060) Bueno (ASTM B117, 1.000 horas) B (ASTM D3363) 121 °C (250 °F) No falla. (ASTM D2247, 100 °F, 1.500 horas)</p>
--	--

GUÍA DE RESISTENCIA

RESISTENCIA A VAPORES, SALPIQUES Y DERRAMES. NO INMERSIÓN (ASTM D3912)

<ul style="list-style-type: none"> -Alcalis -Éter Glicol, alcoholes, formaldehidos -Hidrocarburos Alifáticos, gasolina, kerosene -Hidrocarburos Aromáticos -Agua fresca / Agua Salada -Aceites lubricantes, aceites animales y vegetales -Soluciones de Ácidos Orgánicos y minerales 	<p>E M E M E M E</p>
---	--

CARACTERÍSTICAS

<p>Color / Acabado</p> <p>Tipo de Vehículo</p> <p>Proporción de Mezcla</p> <p>Periodo de Inducción</p> <p>Vida Útil de la Mezcla (Pot Life) a 25 °C</p> <p>Sólidos por Volumen</p> <p>Sistema de Curado</p> <p>Tiempo de Secamiento a 25 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al tacto - Libre de huella <p>Tiempo de Repintado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mínimo - Máximo 	<p>Rojo Óxido / Semi - Mate.</p> <p>Epoxi Poliámida.</p> <p>1 a 1.</p> <p>30 minutos.</p> <p>8 horas.</p> <p>52 ± 2%</p> <p>Polimerización.</p> <p>1 hora.</p> <p>5 horas.</p> <p>6 horas.</p> <p>30 días. Consultar con el Dpto. de Servicio Técnico de C.A. De Venezolana de Pinturas.</p>
---	--

Actualizado a Mayo 2.006

ANEXO E

Preparación Superficial, sistema de pintura y tipos de recubrimientos propuestos.

Tabla N° 3. Líneas de servicios.

N°	Piping Spec Class	Fluido	Servicio	Max. Temp Linde Paint. Spec (°C)	Preparación de Superficie	Nombre Comercial y Características Generales de las Pinturas							
						Primer	Espesor (μ)	# Capas	Final	Espesor (μ)	# Capas	Color	Code
1	1	PW	Agua potable	80	SSPC-SP6	Fondo alquidico universal	60-75	1	Aluminio alquidico	30	1	Yellow Green	RAL 6018
6	2	IG	Gas inerte	0 - 150	SSPC-SP10 / SP5	Fondo inorgánico rico en zinc (alto contenido de zinc)	35-75	1	Esmalte acrílico sílicona 260 °C	35	1	Rape Yellow	RAL 1021
8		VG	Gas de venteo									Rape Yellow	RAL 1021
11	3	PC	Agua limpia de	0 - 150	SSPC-SP6	Fondo alquidico universal	60-75	2	Aluminio alquidico	30	1	Yellow Green	RAL 6018
14		PL	Agua de proceso a baja									Yellow Green	RAL 6018
15		PR	Agua de proceso									Yellow Green	RAL 6018
21	4	NG	Gas natural	0 - 150	SSPC-SP6	Fondo alquidico universal	60-75	2	Aluminio alquidico	30	1	Rape Yellow	RAL 1021
27	5	PH	Agua de proceso a alta	0 - 150	SSPC-SP6	Fondo alquidico universal	60-75	2	Aluminio alquidico	30	1	Yellow Green	RAL 6018
28	6	CA	Aire comprimido	0 - 150	SSPC-SP6	Fondo alquidico universal	60-75	2	Aluminio alquidico	30	1	AZUL	RAL
29		IA	Aire instrumento									AZUL	RAL
31	7	RC	Gas de reciclo	0 - 150	SSPC-SP6	Fondo alquidico universal	60-75	2	Aluminio alquidico	30	1	Rape Yellow	RAL 1021
44	12	PP	Gas de proceso	150 - 400	SSPC-SP10 / SP5	Fondo inorgánico rico en zinc (alto contenido de zinc)	35-75	1	Esmalte acrílico sílicona 260 °C	35	1	Rape Yellow	RAL 1021
55	13	CW	Tambor de circulación de vapor	150-400	SSPC-SP10	Fondo inorgánico rico en zinc (alto contenido de zinc)	35-75	1	Esmalte acrílico sílicona 260 °C	35	1	White Aluminium	RAL 9006

Tabla N° 4. Equipos y estructura.

N°	Sistema	Equipos	Temp. (°C)	Preparación de Superfi	Nombre Comercial y Características Generales de las Pinturas							
					Primer	Espesor (m)	# Capas	# Capas	Final	Espesor (m)	# Capas	Color
1	A	Esturcturas de	Max 130	SSPC-SP6 /SP5	Fondo Epoxi poliamida	60-75	1	1	Esmalte epoxi poliamida	75-150	1	De acuerdo con código de colores
		Escaleras y pasa										
		Silos, tolvas,										
		Toda clase de										
		Equipos móviles y										
Gruas,												
Equipos de carga y												
2	B	Esturcturas de	131 a 450	SSPC-SP10 / SP5	Fondo inorganico rico en zinc (alto contenido de zinc)	75	1	NA	Aluminio silicona modificado 540°C	25	2	RAL 9006
		Escaleras y pasa										
		Silos, tolvas,										
		Toda clase de										
		Equipos móviles y										
Gruas,												
Equipos de carga y												

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso quien siempre estuvo a mi lado acompañándome en cada paso, por darme sabiduría, entendimiento y fortaleza para afrontar mí día a día y por nunca hacerme perder ni la fe ni la esperanza, incluso en medio de la tormenta... Esto es para ti padre mío.

A mi Virgencita del Valle por que sentí que pudo cubrirme siempre con su manto y darme las fuerzas de luchar ante las dificultades.

A mi abuelita Aminta por que con su amor y cariño siempre tuvo una palabra de aliento para mi, y con su dedicación nunca permitió que me sintiera sola ante nada; junto a ella a mi tía Rosa quien se comportó como una segunda madre para mí por que lucharon conmigo y estuvieron en los momentos en que mas las necesité... Esto es para ustedes.

A mis padres Maria Eugenia y Jesús Rafael por su apoyo a lo largo de estos años por sus palabras de aliento siempre que las necesité y cuando no también, y porque siempre confiaron en mí... Mi lucha es de ustedes también.

A todos mis tíos en especial a Euro, Cesar, Cleira y Celisbey por ser mí día a día, por siempre estar presente y apoyarme en todo momento; por sus palabras de aliento y hasta por los regaños cuando realmente fueron necesarios.

A mis hermanas Maria José, Marieli, Mariana y Maria Victoria por hacerme reír hasta incluso llorar y por apoyarme y estar allí siempre, juntos a ellas y de una manera especial a todos mis angelitos bellos (mis sobrinos y ahijados) porque son su ternura y ocurrencia supieron siempre robarme las mejores sonrisas y llenar mis días de alegría y felicidad.

Esto es para ustedes!!!

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi Virgencita por acompañarme todos los días y por sostenerme en aquellos momentos que pensé que podía caer, siempre estuvieron y están conmigo.

A mi familia por ser mi fuente de inspiración y mi sustento día tras día, por apoyarme siempre y darme las palabras de aliento que me sirvieron para siempre seguir adelante.

A la Universidad Nacional Experimental “Antonio José de Sucre” por permitirme desarrollar mi carrera a lo largo de estos años y ser mi segundo hogar, también por todo el apoyo prestado para la realización de esta investigación; en especial al personal que labora en el Centro de corrosión y biomateriales.

A la empresa Orinoco Iron S.C.S, por permitirme desarrollar mi trabajo de grado en ella, a la gerencia de producción y muy especialmente a la superintendencia de parada y arranque y todo el personal que labora en ella.

A la señora Milena Pérez y al señor José Gregorio Vargas por hacer realidad esta etapa de mi carrera, no habría palabras para agradecer lo que hicieron por mí, gracias a ustedes esto fue posible. Gracias por su apoyo.

De una manera especial a la Ing. Milagros Morantes mi tutora industrial, por haber sido un gran apoyo para mi e incondicional en todo momento. Gracias por su dedicación, por su paciencia y sobre todo por ser un gran ejemplo a seguir.

También especialmente a la Ing. Luisa Boet mi tutora académica, gracias por todo el apoyo incondicional que me dio, por siempre tener un tiempo para mí, por su paciencia, por brindarme sus conocimientos y enseñarme muchas cosas. Gracias profe por todo.

A mis compañeros Yaritza Rojas e Igor Rodriguez, por todo el apoyo brindado durante la realización de este proyecto. Siempre se los voy a agradecer.

A las Ing. Maria Valeria Torrealba y Gusmar Navas por el apoyo otorgado en una fase de este trabajo. Gracias.

A todas las personas que laboran en la gerencia en especial a Liliana y Eudys; y los señores Enoe, Villarroel, Franklin, Pedro, Gianpiero, Tilso, Ivan y Néstor por brindarme el mejor de los tratos durante este tiempo.

A mis hermanos y amigos incondicionales Anisleidys González y Rubén Turmero por su apoyo día tras día, por escucharme en todo momento, por apoyarme siempre en especial durante la realización de este trabajo. Anis gracias por tu ternura, tu cariño y por tus palabras bonitas; Rubén gracias por tu aprecio, por tus chistes y por la manera tan sutil de decirme las cosas.

A quienes han sido tan especiales para mí y estuvieron en todo momento; Cesar Morales, Maria Gabriela Bello, Maria Alejandra Gutiérrez, Arly Pinto y Jesús López. Gracias por siempre estar de cualquier manera.

De manera especial a todos mis compañeros y amigos de la universidad por regalarme su amistad, apoyo y comprensión, sin ustedes nada hubiese sido igual, gracias a ustedes mi camino a sido más fácil de transitar.

GRACIAS A TODOS!!!