

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“AUDITORÍA DE CALIDAD E INSPECCIÓN DE
RECUBRIMIENTOS DE PROTECCIÓN
ANTICORROSIVA EN ESTRUCTURAS METÁLICAS”
EMPRESA: AMERICAN CONSULT PERU E.I.R.L.**

TRABAJO ACADÉMICO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR

BACH. JAIME ARMANDO PAREJA BAZÁN

ASESOR

Ing. Mg. JUAN MEDINA COLLANA

CALLAO – ENERO – 2018

PERÚ

DEDICATORIA

A Dios, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. A mis padres Augusto y Felipa, por darme la vida, por educarme con valores y virtudes, por su constante apoyo y amor incondicional.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.	05
II. RESEÑA DE LA EMPRESA.	09
III. OBJETIVOS.	10
3.1. Objetivo general.	10
3.2. Objetivos específicos.	10
IV. RESUMEN.	11
V. FUNDAMENTO TEÓRICO.	12
5.1. Auditoria de calidad e inspección técnica en recubrimientos.	12
5.1.1. Documentos de auditoria de calidad e inspección en recubrimientos.	13
5.2. Proyectos de protección anticorrosiva de estructuras metálicas con recubrimientos.	14
5.2.1. Participantes.	14
5.2.2. Documentos de proyectos de recubrimientos.	15
5.3. Etapas del proceso de protección anticorrosiva con recubrimientos y sus parámetros de control.	17
5.3.1. Etapa de pre-preparación de superficie.	18
5.3.2. Etapa de preparación de superficie.	19
5.3.3. Etapa de aplicación de recubrimiento.	20
5.3.4. Etapa de inspección final de recubrimiento y liberación.	22
5.4. El control de calidad, el asesor técnico y la auditoria de calidad en recubrimientos.	24
5.4.1. El control de calidad e inspector en recubrimientos.	24
5.4.2. El asesor técnico del fabricante de recubrimientos.	25
5.4.3. El auditor de calidad e inspector de recubrimientos.	26
5.5. Corrosión.	27
5.5.1. El proceso de la corrosión.	28
5.5.2. Celda de corrosión.	30
5.5.3. Tendencias relativas de corrosión en los metales: series galvánicas.	31
5.6. Tipos comunes de corrosión.	33
5.6.1. Corrosión uniforme.	34
5.6.2. Corrosión por picadura.	34
5.6.3. Corrosión metálica disímil (galvánica).	34
5.6.4. Corrosión de celda de concentración.	35
5.6.5. Corrosión por corriente perdida.	36
5.6.6. Pérdida de aleación.	37
5.6.7. Corrosión por erosión.	37
5.6.8. Exfoliación.	38
5.7. Métodos de control de corrosión.	38

5.7.1. Control de la corrosión por el diseño.	38
5.7.2. Control de la corrosión mediante metales resistentes y aleaciones.	40
5.7.3. Control de la corrosión mediante inhibidores.	41
5.7.4. Control de la corrosión mediante la modificación del ambiente.	41
5.7.5. Control de la corrosión mediante protección catódica.	42
5.7.6. Control de la corrosión mediante recubrimientos.	44
5.8. Tipos de recubrimientos.	45
5.8.1. Recubrimientos epóxicos.	45
5.8.2. Recubrimientos inorgánicos ricos en zinc.	47
5.8.2.1. Tipos y propiedades del zinc inorgánico.	47
5.8.3. Recubrimientos orgánicos ricos en zinc.	49
5.9. Los mecanismos del control de la corrosión mediante recubrimientos.	50
5.9.1. Protección de barrera.	51
5.9.2. Protección mediante pigmentos inhibidores.	51
5.9.3. Protección galvánica (catódica).	52
5.10. Sistema de recubrimiento de protección total.	53
5.11. Propiedades deseadas en la película protectora.	53
5.11.1. Adherencia de los recubrimientos.	54
5.11.2. Permeabilidad.	54
5.11.3. Continuidad de la película protectora.	55
5.11.4. Dureza.	55
5.11.5. Flexibilidad.	56
5.11.6. Resistencia a la abrasión.	56
5.11.7. Resistencia a la intemperie.	56
5.11.8. Intemperie acelerada.	57
5.11.9. Resistencia a los impactos.	58
5.11.10. Resistencia química.	58
5.11.11. Resistencia a los agentes biológicos.	58
5.12. La selección de sistemas de recubrimientos.	59
VI. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA.	63
6.1. Metodología de la auditoria de calidad e inspección de recubrimientos.	63
6.1.1. Reunión previa del inicio de operaciones.	64
6.1.2. Inspección de la cámara de granallado y equipos.	65
6.1.2.1. Cámara de preparación de superficie (granallado).	65
6.1.2.2. Equipos de preparación de superficie (granallado).	66
6.1.2.3. El abrasivo.	68
6.1.2.4. Equipos e instrumentos para inspecciones técnicas de los recubrimientos.	69
6.1.3. Inspección de la cabina de pintado y equipos de aplicación.	72
6.1.3.1. Cabina de aplicación de pintura.	72

6.1.3.2. Equipos de aplicación de recubrimientos (pintura).	74
6.1.4. Homologación de preparadores y aplicadores de pintura.	75
6.1.5. Etapa de pre-preparación de superficie.	77
6.1.5.1. Auditoría e inspección de la limpieza mecánica de las estructuras metálicas	77
6.1.5.2. Auditoría e inspección de la limpieza con solventes de estructuras metálicas.	78
6.1.6. Etapa de preparación de superficie.	80
6.1.6.1. Perfil de rugosidad.	82
6.1.7. Etapa de aplicación de recubrimiento base.	83
6.1.8. Etapa de inspección de recubrimiento en capa base.	85
6.1.9. Etapa de aplicación de la capa refuerzo y capa de acabado.	88
6.1.9.1. Capa refuerzo (stripe coat).	88
6.1.9.2. Aplicación de la capa de acabado.	90
6.1.10. Inspección del recubrimiento en la capa de acabado.	92
6.2. Aplicación de la metodología de auditoría de calidad en recubrimientos para el proyecto: “Ampliación de la capacidad de producción de planta – Atocongo”. obra: Electrofiltro: pintado exterior de virolas de chimenea del horno 1.	96
6.2.1. Lugar de preparación de superficies y aplicación de pinturas.	96
6.2.2. Sistema de pintado especificado (superficie de alta temperatura).	97
6.2.3. Especificaciones y documentos de referencia.	98
6.2.4. Equipos e instrumentos de inspección.	99
6.2.5. Resumen de inspección de calidad del proceso de aplicación y del sistema de pintado final.	100
6.2.6. Cuadros de resumen de estructuras inspeccionadas y liberadas.	101
6.2.7. Inspección de calidad del proceso de aplicación del sistema de pintado en taller.	103
6.2.7.1. Resultados de inspección de la preparación de superficie.	103
6.2.7.2. Registro de las condiciones ambientales en la aplicación de la capa base Dimetcote 9 – verde.	106
6.2.7.3. Registro de las condiciones de aplicación de la capa base Dimetcote 9 – verde.	106
6.2.7.4. Registro de los lotes de pintura base Dimetcote 9 – verde.	107
6.2.7.5. Registros de la inspección de EPS y grafico de la capa base Dimetcote 9 – verde.	108
6.2.7.6. Registro de la inspección visual de defectos de aplicación en la capa base Dimetcote 9 – verde.	110
6.2.8. Resultados de la inspección de aplicación de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.	110
6.2.8.1. Registro de las condiciones ambientales en la aplicación de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.	110
6.2.8.2. Registro de las condiciones de aplicación de la	

capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.	111
6.2.8.3. Registro de los lotes de pintura de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.	112
6.2.8.4. Registro de la inspección de EPS y grafico de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.	113
6.2.8.5. Registro de la inspección visual de defectos de aplicación en la capa de acabado con Amercoat 3279 – aluminio.	115
6.2.9. Reporte fotografico de la auditoria de calidad en el proceso de aplicación de los recubrimientos.	116
VII. APORTES REALIZADOS A LA EMPRESA.	121
7.1. Mejoramiento de las condiciones ambientales en la cabina de pintado del taller de Haug en Lurin para la aplicación de pintura en el turno noche. obra: Electrofiltro – pintado de virolas de la chimenea del horno 01.	121
7.1.1. Monitoreo de las condiciones ambientales sin acondicionamiento de la cabina de pintado.	121
7.1.2. Acondicionamiento de la cabina de pintado.	122
7.1.3. Monitoreo de las condiciones ambientales con acondicionamiento de la cabina de pintado.	123
VIII. EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	125
IX. CONCLUSIONES.	132
X. RECOMENDACIONES.	133
XI. BIBLIOGRAFÍA.	134
XII. ANEXOS.	137
ANEXO 01: Procedimiento de aplicación de pintura para la obra: Electrofiltro – Pintado de las Virolas de la chimenea del horno 01	137
ANEXO 02: Plan de inspección para la obra: Electrofiltro – Pintado de las Virolas de la chimenea del horno 01	150
ANEXO 03: Ficha técnica de la pintura base Dimetcote 9 – verde.	153
ANEXO 04: Ficha técnica de la pintura de acabado Amercoat 3279 - Aluminio.	155

I INTRODUCCION.

En el presente informe se describe mi experiencia laboral en el campo de la Ingeniería de Protección Anticorrosiva de Estructuras Metálicas con Recubrimientos desarrollada en la empresa Consultora American Consult Perú, desde el mes de abril de 2010 al mes de junio del 2014 con el cargo de Auditor de Calidad e inspector en recubrimientos.

Partiendo de los conceptos fundamentales de la corrosión y sus tipos podremos comprender el proceso de la corrosión del acero, así como también los altos costos que ocasionan en la industria nacional si no son tratados adecuadamente, mediante métodos de control.

La corrosión puede ser controlada por diversos métodos, entre ellos el que vamos a desarrollar en este informe es la protección anticorrosiva por el método de capa barrera con recubrimientos industriales (pinturas).

Los recubrimientos industriales para que cumplan su gran objetivo de protección contra la corrosión deben cumplir ciertas propiedades, estas dependen del ambiente corrosivo, el uso de las estructuras metálicas, el tiempo de durabilidad entre otros. Las propiedades que deben cumplir son: la adherencia, permeabilidad, dureza, flexibilidad, resistencia a la abrasión, resistencia a los impactos, resistencia química y otras según se requiera en las especificaciones técnicas. De estas propiedades dependen la selección del sistema de recubrimientos para los proyectos de protección anticorrosiva.

Desafortunadamente no existen sistemas de recubrimientos (pinturas) cuyo comportamiento en el tiempo esté libre de fallas, sin embargo, sí es posible extender la durabilidad del sistema de pinturas a través de un adecuado trabajo de aseguramiento de calidad durante el pintado (QA), evitando fallas prematuras del recubrimiento en operación de las estructuras metálicas.

Las fallas en el recubrimiento pueden resultar de muchos factores, entre ellos: no seguir las Especificaciones Técnicas de la Obra, ausencia o deficiencia del Control de Calidad (QC) en el pintado por parte de los contratistas o aplicadores de pinturas, inapropiada preparación de superficie, condiciones ambientales adversas, errores en la mezcla, dilución, preparación, aplicación de las pinturas, por una inadecuada selección y recomendación del recubrimiento protector y otros factores.

En los proyectos de protección anticorrosiva de las estructuras metálicas con recubrimientos participan las siguientes empresas: el cliente o usuario final, la auditoría de calidad contratada por el cliente, el contratista fabricante de las estructuras metálicas y el proveedor de pintura.

El aseguramiento de la calidad en el proceso de aplicación de recubrimientos industriales en los proyectos de protección anticorrosiva de nueva construcción se desarrolla a través de Auditorías de calidad, brindando este servicio a las empresas Cementeras, Hidrocarburos, pesqueras, mineras, etc. que cuentan con un sistema de gestión de integridad de activos. La contratista o fabricante de las estructuras metálicas es auditado por una empresa consultora en recubrimientos (American Consult Perú) en cada etapa del proceso de aplicación de pintura en base a sus procedimientos de

aplicación de pintado y plan de inspección. El proveedor de pintura brinda el soporte técnico como apoyo al contratista (constructor metálico) en el proceso de aplicación de las pinturas. Los tres servicios tienen funciones, responsabilidades y espacios de acción en el proyecto y coexisten armónicamente a favor del gran objetivo del tratamiento de superficies: Extender la durabilidad del sistema de pintado.

Para lograr el gran objetivo de la durabilidad del sistema de pintado, la auditoría de calidad en recubrimientos audita y evalúa mediante inspecciones técnicas (medición del perfil de rugosidad, condiciones ambientales, control de espesores de pintura, etc.), cada una de las etapas del proceso de pintado: Pre-preparación de superficie, Preparación de superficie, aplicación de pintura e inspección de película de pintura, basado en el procedimiento de aplicación de pintura y los parámetros de calidad descritos en el plan de inspección, presentados por la contratista y aprobados por el cliente, dichos documentos derivan de las especificaciones técnicas del proyecto.

El desarrollo de la auditoría de calidad en recubrimiento parte de una reunión donde el cliente, la auditoría de calidad como representante del cliente, el contratista y el proveedor de pinturas revisan los documentos (procedimiento de pintado y plan de inspección de calidad) del proyecto y se ajustan los puntos de control.

Previo al inicio de operaciones de preparación de superficie y pintado, la auditoría de calidad realiza una inspección técnica de la cámara de preparación de superficie y equipos, de la cabina para la aplicación de las pinturas y equipos, verificando el buen estado de los ambientes y el buen funcionamiento de los equipos.

Los aplicadores de las pinturas deben estar debidamente homologados por el fabricante de pinturas, quienes los evalúan y califican de forma teórica y práctica, en los conocimientos y las habilidades para dicha labor.

La auditoría de Calidad en recubrimientos como aseguramiento de la calidad evalúa e inspecciona cada una de las etapas del proceso de aplicación de pintura y los parámetros de control con la autoridad técnica de aprobar o rechazar cada etapa, también evalúa las etapas del proceso identificando deficiencias y recomendando sus correcciones.

Una de las aplicaciones de la auditoría de calidad en recubrimientos de proyectos de nueva construcción de estructuras metálicas, se desarrolló en el proyecto: “Ampliación de la Capacidad de Producción de Planta – Atocongo”. Obra: Electrofiltro: Pintado Exterior de Virolas de Chimenea del Horno 1, descrito en este informe con sus resultados, evaluaciones y discusiones en cada etapa del proceso de aplicación de los recubrimientos. Asegurando que las estructuras recubiertas cumplan su gran objetivo de durabilidad en el tiempo para el cual fueron diseñadas o construidas.

II RESEÑA DE LA EMPRESA.

AMERICAN CONSULT PERÚ se crea en noviembre de 2002 como la primera empresa peruana Consultora en Ingeniería de Recubrimientos y Control de Corrosión, que brinda servicios de Asesoría, Aseguramiento de Calidad, Auditorías e Inspecciones Técnicas, Especificaciones de Pintado, Entrenamiento y Capacitación, especializada en el Control y Prevención de la corrosión mediante el uso de pinturas o recubrimientos orgánicos (Protective Coatings)

AMERICAN CONSULT PERÚ ha enfocado sus servicios a las empresas líderes de los diferentes sectores productivos y de servicios: minero, petrolero, siderúrgico, energético, agroindustrial, químico, marino, portuario, alimenticio, construcción, etc. que cuentan con un Sistema de Gestión de Integridad de Activos (AIMS) que requiere y exige operaciones eficientes de conservación de su infraestructura en proyectos de nueva construcción y de mantenimiento industrial, evitando cuantiosas pérdidas económicas causadas por la corrosión o deterioro de los materiales, extendiendo el tiempo de vida útil de sus instalaciones y rentabilizando la inversión.

Como consultora, AMERICAN CONSULT PERÚ se mantiene independiente y no está asociada al fabricante o importador, contratista o aplicador de pinturas, este atributo de independencia nos permite tomar decisiones imparciales acerca de las ventajas y desventajas de seleccionar, adquirir, aplicar, auditar e inspeccionar el recubrimiento protector, efectuar peritajes y análisis de fallas de recubrimientos en servicio.

III OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

Describir la metodología de la auditoría de calidad e inspección de recubrimientos para la protección anticorrosiva de las estructuras metálicas.

3.2 Objetivo específico.

- 1)** Explicar las acciones que se realizan a lo largo del proceso de aplicación de los recubrimientos para el aseguramiento de la calidad.
- 2)** Explicar cómo lograr extender la durabilidad del sistema de protección anticorrosiva con recubrimientos en las estructuras metálicas.

IV RESUMEN.

La corrosión en las estructuras metálicas de acero estructural es un problema frecuente en las industrias cementeras, pesqueras, mineras, hidrocarburos y demás, ocasionando deterioro del material, pérdidas económicas y poniendo en alto riesgo sus infraestructuras, esto debido a fallas prematuras del sistema de pintado, deficiencias del control de calidad del contratista, problemas de formulación de la pintura, deficiencias en la preparación de superficie, condiciones ambientales no favorables, espesores de pintura por debajo o alto a lo especificados y demás.

El deterioro del material y las pérdidas económicas ocasionado por la corrosión de las estructuras puede ser prevenido mediante un proceso de gestión de integridad de activos basado en documentos (Especificación Técnica de la Obra, Procedimiento de aplicación de pintura y plan de inspección), y desarrollados a través de Auditoria de Calidad en cada etapa del proceso de aplicación de pinturas (Etapa de Pre-preparación de superficie, Pre-preparación de superficie, aplicación de pintura e inspección del recubrimiento) asegurando que se cumplan con todos los parámetros de calidad con la finalidad de extender la durabilidad del sistema de pintura para el cual fueron diseñados.

V FUNDAMENTO TEORICO.

5.1 Auditoria de calidad e inspección técnica de recubrimientos.

La Auditoria de calidad en recubrimientos es una metodología que permite asegurar que un proceso de protección anticorrosiva de estructuras metálicas con recubrimientos (pinturas) se desarrolle de forma eficiente en cada una de sus etapas, con la finalidad que el sistema de pintura cumpla en durabilidad, el tiempo para el cual fue diseñado.

La Auditoria de calidad evalúa y analiza las etapas del proceso de pintado del contratista responsable de la ejecución de los trabajos de preparación de superficie y aplicación de los recubrimientos para verificar el cumplimiento del procedimiento de aplicación de pintura y el plan de inspección del proyecto, en caso de identificar deficiencias los observa y brindar recomendaciones técnicas para su pronta corrección o mejora del proceso.

La auditoría de calidad realiza inspecciones técnicas muestrales para evaluar de forma cuantitativa o cualitativa los parámetros de control en cada etapa del proceso de aplicación de pintura teniendo la potestad del cliente o usuario final para observar o rechazar las estructuras metálicas que no cumplan con los estándares de calidad establecidos en el proyecto.¹

El **diagrama 5.1** explica el proceso de auditoría de calidad en recubrimientos:

¹[Elaboración propia]

DIAGRAMA N° 5.1

PROCESO DE AUDITORÍA DE CALIDAD EN RECUBRIMIENTOS



Fuente: Elaboración propia.

La Auditoría de calidad en recubrimientos se desarrolla en base a documentos del proyecto que derivan de las especificaciones técnicas, a continuación, se detallan.

5.1.1 Documentos de auditoría de calidad e inspección de recubrimientos.

El Auditor de calidad es el profesional especializado en recubrimientos, contratado por el Cliente o usuario final (Dueño de las estructuras metálicas) para que en su representación Audite, evalúe e inspeccione cada etapa del proceso de aplicación de los recubrimientos, basado en los siguientes documentos principales:

- a) Especificaciones técnicas del Proyecto.

- b) Procedimiento de aplicación de recubrimiento.
- c) Plan de inspección.

La especificación técnica es el documento principal, del cual derivan el procedimiento de aplicación de recubrimientos y el plan de inspección de cada etapa del proceso de aplicación. Y los siguientes documentos complementarios:²

- a) Fichas técnicas de las pinturas.
- b) Documentos de Normas Técnicas ASTM, SSPC, NACE e ISO.

5.2 Proyectos de protección anticorrosiva de estructuras metálicas con recubrimientos.

5.2.1 Participantes.

En los proyectos de protección anticorrosiva de las estructuras metálicas con recubrimientos participan las siguientes empresas: el cliente o usuario final, la auditoría de calidad contratada por el cliente, el contratista fabricante de las estructuras metálicas y el proveedor de pintura.

El **diagrama 5.2** describe los participantes en un proyecto de protección anticorrosiva con recubrimientos.

²[Elaboración propia]

DIAGRAMA Nº 5.2

PARTICIPANTES EN PROYECTOS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Documentos de proyectos de recubrimientos.

Los proyectos de protección anticorrosiva con recubrimientos se basan en los documentos principales:

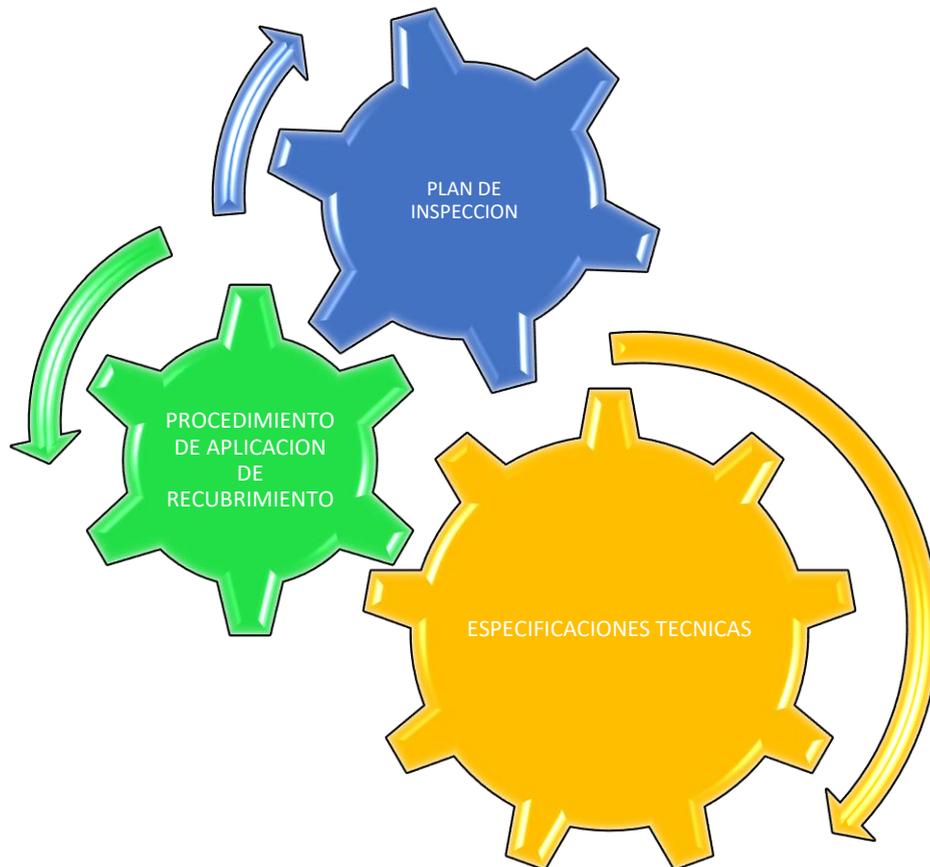
- Especificaciones técnicas del Proyecto.
- Procedimiento de aplicación de recubrimientos.
- Plan de inspección.

Y los siguientes documentos complementarios:

- Fichas técnicas de las pinturas.
- Documentos de Normas Técnicas ASTM, SSPC, NACE e ISO.

FIGURA Nº 5.1

DOCUMENTOS DE PROYECTOS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA



Fuente: Elaboración propia.

- a) Especificaciones técnicas del Proyecto.** - Es el documento principal donde se detallan los requerimientos necesarios para cada etapa del proceso de aplicación de pintura (ambiente corrosivo, nombres genéricos de las pinturas, el grado de preparación de superficie, el sistema de pintado, espesores de pintura en cada capa, etc.) de dichos documentos derivan el procedimiento de aplicación de pintura y el plan de inspección. El documento es elaborado por el cliente o el consultor en recubrimientos para las licitaciones de las obras.

- b) Procedimiento de aplicación de pintura.** - Documento donde se describe las inspecciones y ensayos en cada una de las etapas del proceso de pintado, tomando en cuenta las medidas de seguridad y medio ambiente. Lo elabora el contratista donde se compromete a seguir todos los pasos descritos en dicho documento y es aprobado por el cliente o usuario final.
- c) Plan de inspección.** - Documento donde se detalla todos los parámetros de calidad en cada etapa del proceso de pintado indicando las normas técnicas con sus respectivos valores de admisibilidad. Lo elabora el contratista donde se compromete a cumplir con todos los controles de calidad descritos en dicho documento y es aprobado por el cliente o usuario final.³
- d) Fichas técnicas de las pinturas.** - Contienen información sobre las características físicas (tiempo de secado, espesor de pintura, curado, etc.), químicas (composición química), cantidad de componentes de la pintura (resina, catalizador, aditivo), así también como el tipo de diluyente y el porcentaje recomendado para su preparación y los equipos para su aplicación.
- e) Normas Técnicas.** - Documentos internacionales de consulta que permiten estandarizar las buenas prácticas y los parámetros de calidad en cada etapa del proceso de pintado, pudiendo ser las normas ASTM, SSPC, ISO, NACE y otras.

5.3 Etapas del proceso de protección anticorrosiva con recubrimientos y sus parámetros de control.

³ [Elaboración propia]

A continuación, detallaremos las etapas del proceso de aplicación de pintura y sus parámetros de control:

5.3.1 Etapa de pre – preparación de superficie.

La etapa comprende la inspección de control de calidad de las estructuras metálicas en fierro negro (recién fabricados) con la finalidad de identificar defectos metálicos en la estructura, que podrían ocasionar fallas prematuras del sistema de pintado y realizar sus correcciones según la norma NACE RP–0178.

También comprende la inspección de contaminantes visibles (ASTM D–3276) tales como grasas, combustibles, aceites y otros que podrían ocasionar pérdida de adherencia entre el recubrimiento y el sustrato metálico. Por lo que se recomienda lavar el total de la estructura según la norma SSPC-SP1 para la eliminación de contaminantes visibles y no visibles.⁴

Los parámetros de calidad que se ejecutan en esta etapa son:

- a)** Se eliminaron contaminantes visibles (ASTM D–3276).
- b)** Se eliminaron contaminantes no visibles (SSPC–Guía 15).
- c)** Se identificaron las zonas de difícil pintado (SSPC Vol. 1).
- d)** Se eliminaron las zonas propensas a corrosión (NACE RP 0178).
- e)** Se tiene corrosión avanzada (SSPC–VIS 2).⁵

⁴ [Normas técnicas, NACE RP 0178, ASTM D 3276, SSPC SP1]

⁵ [Cementos Lima, Plan de inspección del proyecto: 2da etapa de ampliación de planta - Atocongo, 2011]

5.3.2 Etapa de preparación de superficie.

La Calidad de preparación de superficie está en función a la durabilidad del sistema de pintura de las estructuras metálicas, los grados de preparación de superficie con chorro abrasivo más frecuentes son:

- a)** Preparación de superficie con chorro abrasivo al grado metal blanco según norma SSPC--SP5, la estructura metálica debe estar libre de defectos mecánicos, libre de grasa, no debe presentar sombras y la presentación final dependerá del estado de corrosión inicial de la superficie metálica.
- b)** Preparación de superficie con chorro abrasivo al grado metal casi blanco según norma SSPC-SP10, la estructura metálica debe estar libre de defectos metálicos, libre de grasas, se aceptan sombras ligeras no mayor al 5% en un área de 3 pulgadas cuadradas.
- c)** Preparación de superficie con chorro abrasivo al grado metal comercial según norma SSPC-SP6, la estructura metálica debe estar libre de defectos metálicos, libre de grasas, se aceptan sombras ligeras no mayor al 33% en un área de 3 pulgadas cuadradas.

Esta etapa la más importante se desarrolla en la cámara de granallado pudiendo ser manual o automática donde ingresar las estructuras metálicas a recibir impactos de abrasivos (granalla, arena o escoria) retirando la cascarilla de laminación, restos de pintura, oxido, etc. hasta alcanzar la calidad de superficie especificadas según normas (SSPC, NACE e ISO), un parámetro importante en esta etapa es alcanzar el perfil de rugosidad deseado según norma ASTM D-4417.⁶

⁶ [Normas técnicas: SSPC SP5, SSPC -SP6, SSPC-SP10, ASTM - D4417]

Los parámetros de calidad que se ejecutan en esta etapa son:

- a) El aire comprimido está limpio (ASTM D-4285).
- b) El abrasivo está libre de finos y aceite (SSPC-AB2/AB3).
- c) El abrasivo tiene conductividad admisible (ASTM D-4940).
- d) Las condiciones ambientales son favorables (SSPC-PA1).
- e) Se alcanzó el grado de limpieza especificado (Especificación).
- f) Se alcanzó la rugosidad especificada (ASTM D-4417).
- g) Se evaluó la post limpieza (ISO 8502-3).⁷

5.3.3 Etapa de aplicación de recubrimiento.

En esta etapa un personal homologado o capacitado realiza la aplicación del recubrimiento, pudiendo ser con equipo Airless, equipo convencional, brocha o rodillo que permita depositar el recubrimiento en el sustrato metálico, para ello el control de calidad en recubrimientos debe controlar todos los parámetros de calidad descritos a continuación:⁸

- 1) Pintura almacenada correctamente (SSPC-PA1).
- 2) Pintura de antigüedad menor al año (SSPC-PA1).
- 3) Pintura del color correcto (Especificación).
- 4) Pintura y diluyentes en cantidad suficiente (SSPC-PA1).
- 5) Pintura en buen estado (SSPC-PA1/ASTM D-3276).
- 6) Aire comprimido limpio (ASTM D-4285).

⁷ [Cementos Lima, Plan de inspección del proyecto: 2da etapa de ampliación de la planta Atocongo, 2011]

⁸ [Elaboración propia]

- 7) Equipo en buen estado (SSPC-PA1/ASTM D-3276).
- 8) Envases para mezcla y aplicación limpios (SSPC-PA1/ASTM D-3276).
- 9) Se tiene agitador Jiffy (SSPC-PA1/ASTM D-3276).
- 10) Se tiene filtro de pintura (SSPC-PA1/ASTM D-3276).
- 11) El pintor conoce el plan de pintado (Procedimiento).
- 12) Se calculó el área a pintar (Procedimiento).
- 13) Se sabe cuántos galones se aplicarán (Plan de pintado).
- 14) Se calculó el espesor de película húmeda EPH (ASTM D-4414).
- 15) Se determinó la temperatura de la superficie (ASTM D-3276/E-337).
- 16) Se determinó la temperatura de rocío (ASTM D-3276/E-337).
- 17) Se determinó la humedad (ASTM D-3276/E-337).
- 18) Las condiciones ambientales son favorables (SSPC-PA1).
- 19) No se tiene excesivo viento (ASTM D-3276).
- 20) Se mezcló adecuadamente la pintura (SSPC-PA1).
- 21) Se usó agitador Jiffy (SSPC-PA1).
- 22) Se tamizo (SSPC-PA1).
- 23) Se verifico el abanico (SSPC-PA1).
- 24) Tiempo entre el granallado y la aplicación de pintura base (Especificación).
- 25) Se aplicó al EPH adecuado (SSPC-PA1).
- 26) Se respetó el tiempo de vida útil de la pintura (SSPC-PA1).
- 27) No hay defectos de aplicación (Visual).
- 28) Se limpió el equipo de aplicación (SSPC-PA1).
- 29) Se calculó el rendimiento real.
- 30) Se efectuó el "franqueo" (Stripe Coat) (SSPC-PA1).
- 31) La pintura está seca al tacto duro (ASTM D-1640).

- 32)** Se ajustó el medidor de espesores secos (SSPC PA2).
- 33)** Se tomaron espesores de película seca EPS (SSPC PA2).
- 34)** Los espesores secos son adecuados en 1° y 2° Capa (Especificación).
- 35)** Se aplicará otra capa (SSPC-PA1).
- 36)** Se efectuó el “franjeado” (Stripe Coat) (SSPC-PA1).
- 37)** Inspección de contaminantes visibles sobre la primera capa (Visual).⁹

5.3.4 Etapa de inspección final del recubrimiento y liberación.

La inspección del recubrimiento se realiza con la finalidad de verificar que la superficie metálica esté totalmente cubierta, que el espesor de película seca haya alcanzado los valores especificados e identificar defectos de aplicación que podrían ocasionar fallas prematuras y corregirlos.¹⁰

Los parámetros de control en esta etapa son los siguientes:

- a)** Se tomaron espesores de película seca del sistema final (Especificación).
- b)** Los espesores secos son adecuados (Especificación).
- c)** Inspección de defectos en la película seca de la pintura de acabado (Visual).
- d)** Se corrigieron defectos (SSPC-PA1).
- e)** La pintura ha curado (ASTM D 5402/4752).
- f)** Continuidad de la película de pintura (NACE RP 0188).
- g)** Se tiene procedimiento de retoques (SSPC-PA1).
- h)** Se tiene programa de mantenimiento preventivo (SSPC-PA5).¹¹

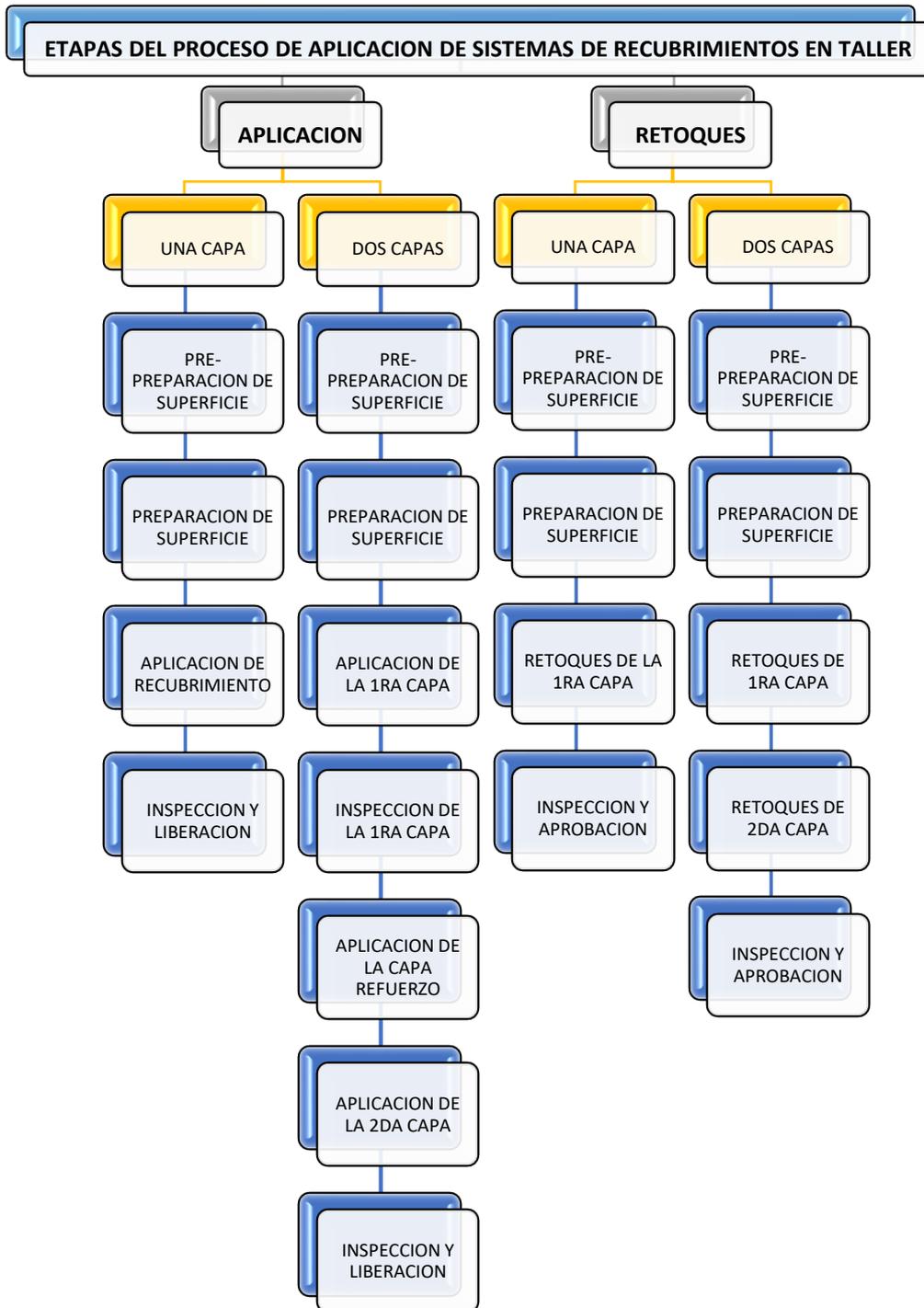
^{9,11} [Cementos Lima, Plan de inspección del proyecto: 2da etapa de la ampliación de la planta Atocongo, 2011]

¹⁰ [Elaboración propia]

En el siguiente **diagrama 5.3** se muestra el proceso de aplicación de sistema de recubrimientos de una capa y dos capas aplicado en taller:

DIAGRAMA Nº 5.3

ETAPAS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE TALLER



Fuente: Elaboración propia.

5.4 El control de calidad, el asesor técnico y la auditoría de calidad en recubrimientos.

Los tres profesionales especializados en recubrimientos realizan inspecciones técnicas, pero visto con diferente enfoque desde la labor que desempeñan o a quien representan en el proyecto, así podemos definir la competencia de cada integrante, a continuación:

5.4.1 El control de calidad e inspector en recubrimientos.

El control de calidad en recubrimientos es el profesional responsable por parte de la contratista (fabricante de las estructuras metálicas) en realizar el control de los parámetros de calidad en cada etapa del proceso de aplicación de pintura basado en el procedimiento de pintado y el plan de inspección. El control de calidad realiza el 100% de inspección de las estructuras en cada etapa del proceso de pintado y sus funciones principales son las siguientes:

- a)** Inspección de las estructuras en fierro negro (recién fabricadas).
- b)** Inspección de la preparación de superficie de las estructuras.
- c)** Inspección de la aplicación de los recubrimientos (recubrimientos, equipos, insumos, etc.).
- d)** Inspección y aprobación del sistema de pintado.
- e)** Elaboración del Dossier de Calidad.¹²

¹² [Elaboración propia]

5.4.2 El asesor técnico del fabricante de recubrimientos.

El asesor técnico en recubrimientos es el profesional responsable por parte del fabricante que tiene como función prestar el servicio de asesoría técnica como apoyo al contratista (fabricante de las estructuras metálicas) para que sus productos (los recubrimientos) sean aplicados conforme sus fichas técnicas, el procedimiento de aplicación de recubrimientos y el plan de inspección. El asesor técnico es un aliado del contratista que absuelve las consultas y dudas sobre sus productos, optimiza el proceso de aplicación, capacita a los aplicadores de recubrimientos y demás. Sus funciones principales son las siguientes:

- a)** Asesora al contratista (fabricante de estructuras metálicas) en la elaboración del procedimiento de aplicación de los recubrimientos y el plan de inspección.
- b)** Inspecciona y evalúa las instalaciones (cámara de granallado y cabinas de pintura) y equipos (equipos de preparación de superficie, equipos de aplicación de recubrimientos) de la contratista para su mejoramiento, antes de ser auditados por la Auditoría de calidad del cliente.
- c)** Capacita y homologa al personal operario de la preparación de superficie de las estructuras y a los aplicadores de recubrimientos.
- d)** Inspecciona y asesora cada etapa del procedimiento de aplicación de los recubrimientos ejecutado por la contratista.
- e)** Elabora reportes de la asesoría técnica donde detalla las recomendaciones para la mejora del proceso de aplicación de los recubrimientos.¹³

¹³ [Elaboración propia]

5.4.3 El auditor de calidad e inspector de recubrimientos.

El Auditor de Calidad es el profesional calificado que en representación del cliente o dueño de las estructuras metálicas cumple la función de aseguramiento de calidad, a través de auditorías en cada etapa del proceso de aplicación de los recubrimientos (pinturas), con la finalidad que el sistema de pintura cumpla el tiempo de durabilidad para el cual fue diseñado.

El Auditor de Calidad verifica que el control de calidad de la contratista cumpla en desarrollar el procedimiento de aplicación de recubrimientos y que los parámetros de calidad se encuentren dentro de los valores especificados en el plan de inspección, esto se realiza mediante inspecciones muestrales en cada etapa. El Auditor de Calidad analiza y evalúa las etapas del proceso de aplicación de los recubrimientos detectando deficiencias en dicho proceso y optimizándolo conforme a los documentos de la obra. El Auditor de calidad tiene la autoridad técnica de aprobar o rechazar las estructuras metálicas recubiertas que no cumplan con los parámetros de calidad descritos en el plan de inspección.

Algunas funciones principales son las siguientes:

- a)** Reunión con los participantes del proyecto (contratista, cliente, proveedor de pinturas y el Auditor de Calidad).
- b)** Revisión y aprobación del procedimiento de aplicación de los recubrimientos y el Plan de inspección.

- c) Inspeccionar, evaluar y aprobar las cámaras de preparación de superficies y cabinas de aplicación de los recubrimientos de la contratista.
- d) Auditoria del proceso de homologación de aplicadores de pintura.
- e) Auditoría e inspección muestral de lote de estructuras en fierro negro aprobadas por el control de calidad.
- f) Auditoría e inspección de la etapa de preparación de superficie de estructuras.
- g) Auditoría de aplicación de los recubrimientos (recubrimientos, equipos, personal, etc.).
- h) Auditoría, inspección y liberación del recubrimiento de las estructuras aprobadas por el control de calidad.
- i) Revisión y aprobación del Dossier de calidad.¹⁴

5.5 Corrosión.

La **corrosión** se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos. El proceso de corrosión es natural y espontáneo.¹⁵

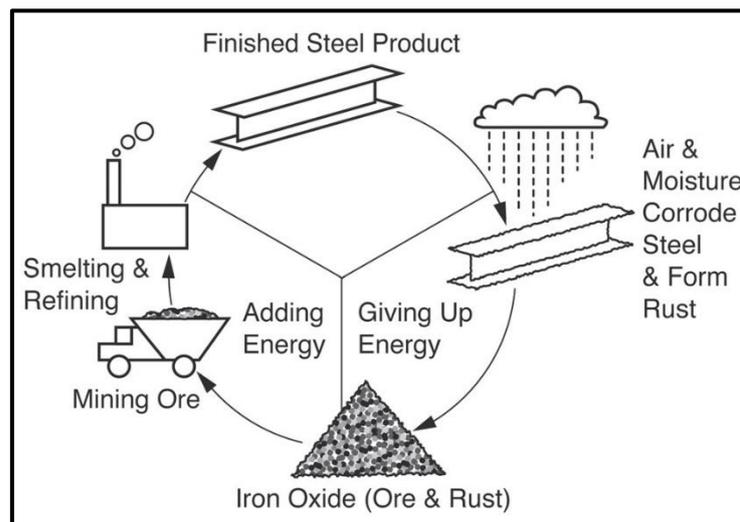
¹⁴ [Elaboración propia]

¹⁵ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

5.5.1 El proceso de corrosión.

La corrosión es la reacción química o electroquímica entre un metal y su medio ambiente que resulta en la pérdida del material y sus propiedades. La corrosión puede ser general o localizada. En la siguiente figura se representa el ciclo de la corrosión desde se extracción minera, el proceso de refinería hasta obtener el acero, su uso en la industria en general y deterioro en el tiempo por el medio ambiente, para luego ser reciclado y continuar su ciclo.

FIGURA Nº 5.2
EL CICLO DE LA CORROSIÓN



Fuente: SSPC – Corrosión de metales.

Se ha informado que la corrosión de los metales en los Estados Unidos genera costos de alrededor de 4,2% del PBI y 276 000 000 dólares anuales. Alrededor de un tercio de estos costos pueden ser evitados mediante el uso apropiado de tecnologías de control de la corrosión actualmente existentes. Los costos de la corrosión incluyen puntos tales como:

- a)** Reemplazo de estructuras y componentes deteriorados.
- b)** Mantenimiento para conservar operativas las instalaciones.
- c)** Costos del cierre de las instalaciones.
- d)** Pérdida del producto o contaminación ambiental.
- e)** Daños/lesiones por accidentes.

Los metales se corroen porque son químicamente inestables y tienden a encontrar su propia estabilidad de baja energía. Por ejemplo, el hierro obtenido de las minas es un óxido en su estado natural y estable. Debe usarse energía en hornos para reducir el óxido de hierro a hierro metálico para su uso industrial. Los productos de hierro y acero son luego lentamente oxidados con aire, para convertirlos nuevamente a su estado original estable, de baja energía.

Es necesario comprender unos cuantos conceptos fundamentales del mecanismo de la corrosión metálica. Esta ocurre en una celda electroquímica que contiene los siguientes cuatro componentes:

- a)** Ánodo
- b)** Cátodo
- c)** Metal que conecta el ánodo y el cátodo
- d)** Electrolito (medio ambiente)

El electrolito es un medio conductor externo proporciona los químicos para la reacción en el cátodo. También suministra un reservorio para los iones metálicos y otros productos de la corrosión en el ánodo.

La eliminación o el control de estos componentes pueden controlar la corrosión. Cada método de control de la corrosión descrito más adelante actúa sobre uno o varios de estos componentes.¹⁶

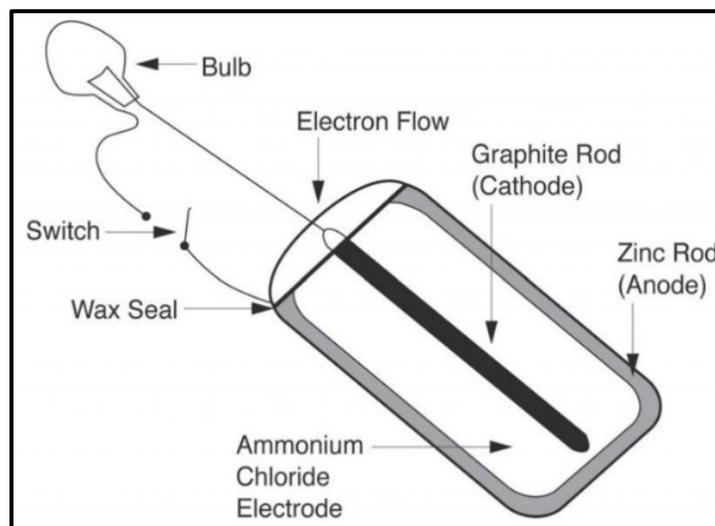
5.5.2 Celda de corrosión.

Durante la corrosión, los electrones fluyen del ánodo al cátodo a través de la vía metálica y los iones fluyen del cátodo al ánodo a través del electrolito para completar el circuito eléctrico. En la corrosión atmosférica normalmente hay suficiente humedad y sales u otros contaminantes que hacen el papel de electrolitos.

Una batería de celda seca es un ejemplo conocido de una celda de corrosión. Contiene los cuatro componentes básicos necesarios para que ocurra la corrosión.

FIGURA Nº 5.3

LA BATERÍA DE CELDA SECA



Fuente: SSPC – Corrosión de metales

¹⁶ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

La fuerza impulsora de la reacción corrosiva es la diferencia en electronegatividad entre ánodo y cátodo, y el medio ambiente, es decir, la diferencia en la tendencia que tiene el metal en cada punto para perder uno o más electrones que ingresan a la solución como un catión (un átomo metálico con carga positiva).¹⁷

5.5.3 Tendencias relativas de corrosión en los metales: series galvánicas.

Hay muchas tablas que muestran la electronegatividad de los metales (sus tendencias a entrar en solución) en un ambiente particular. El **Cuadro Nº 5.1**, en la siguiente página muestra ello en el caso del agua marina. Esto es similar a las series de fuerza de electromoción (EMF), la cual muestra los potenciales electronegativos, en orden descendente, de los metales puros expuestos a una solución de sus sales.

Si dos metales del **Cuadro Nº 5.1** entran en contacto en agua de mar, la tasa de corrosión de aquel ubicado más arriba que el otro en la tabla, se incrementará, mientras la de aquel ubicado más abajo decrecerá. De modo similar, una única pieza de metal posee composiciones químicas o propiedades físicas ligeramente distintas en sus diferentes áreas, lo que genera un esquema de ánodos y cátodos, iniciándose así la corrosión. Tal como sucede en diferentes combinaciones metálicas, a mayores potenciales electronegativos en áreas de ánodos y cátodos en la misma pieza de metal, mayor será la tasa de corrosión.

¹⁷ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

CUADRO Nº 5.1

SERIES GALVÁNICAS

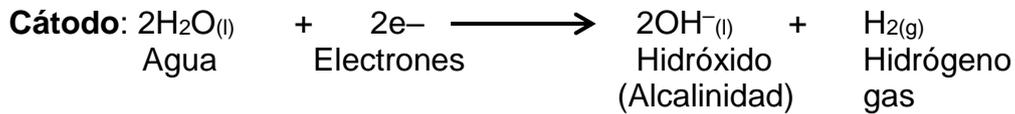
Activos	<u>Series galvánicas</u>
	Magnesio
	Zinc
	Acero galvanizado
	Aluminio 1100
	Acero blando
	Hierro forjado
	Hierro colado
	Acero cromado inoxidable 410 (activo)
	Acero inoxidable 304 (activo)
	Bronce naval
	Níquel (activo)
	Bronce amarillo
	Cobre
	Plata de soldadura
	Acero cromado inoxidable 410 (pasivo)
	Acero inoxidable 304 (pasivo)
	Grafito
Noble	Oro

Fuente: SSPC – Corrosión de metales

La pérdida de metal ocurre en el área del ánodo, donde la electricidad ingresa al electrolito, y la protección del metal ocurre en el área del cátodo. Las reacciones químicas que ocurren en el cátodo causan la formación de alcalinidad y, a veces, de hidrógeno. Este puede volver pasiva la superficie del metal y reducir la tasa general de corrosión. También pueden ocurrir reacciones que involucran oxígeno en el cátodo. A menudo, la disponibilidad de oxígeno determina la tasa de corrosión.¹⁸

¹⁸ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

La reacción arriba mencionada queda ilustrada en las siguientes ecuaciones:



O, dependiendo de condiciones localizadas:



5.6 Tipos comunes de Corrosion.

Existen muchas formas de corrosión localizada que pueden variar en gran medida. Las formas que con mayor probabilidad encontrarán quienes trabajan en la aplicación de recubrimientos son:

- a) Corrosión uniforme (ánodos y cátodos cambian posiciones)
- b) Corrosión por picadura
- c) Corrosión metálica disímil (galvánica)
- d) Corrosión por ambiente diferencial.
- e) Fuga de corriente eléctrica (de corriente continua proveniente de ferrocarriles eléctricos, etc.).
- f) Pérdida de la aleación (pérdida selectiva de metal, como la "grafitización" del hierro colado).
- g) Corrosión por erosión (la erosión mantiene activa la celda de corrosión).
- h) Exfoliación (deslaminado a lo largo de bordes granulados).¹⁹

¹⁹ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

5.6.1 Corrosión uniforme.

La corrosión uniforme es una forma de corrosión en la cual un metal es atacado a la misma tasa sobre la totalidad de su superficie. Las áreas de ánodos y cátodos en un pedazo de metal corroído suelen cambiar con el tiempo, de forma que aquellas áreas que alguna vez fueron ánodos se convierten en cátodos y viceversa. Si la profundidad del ataque en cualquier punto excede dos veces la profundidad promedio del ataque, la corrosión ya no se considera uniforme.²⁰

5.6.2 Corrosión por picadura.

La corrosión por picadura (también llamada simplemente "picadura") ocurre en un metal cuando la cantidad de corrosión en uno o más puntos es mucho mayor que la corrosión promedio. Hay varias razones de por qué el cambio de áreas anódicas y catódicas puede no ocurrir para producir una corrosión uniforme. Esto incluye la ausencia de homogeneidad en el metal (esto es, inclusiones en el metal) y la caída de las películas pasivas. La profundidad de las picaduras puede ser medida usando un calibrador.²¹

5.6.3 Corrosión metálica disímil (galvánica).

La corrosión metálica disímil, a veces llamada corrosión galvánica, ocurre cuando dos metales disímiles entran en contacto en un electrolito. En tal celda de

^{20,21} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

corrosión, cuando un metal más activo y uno menos activo son conectados eléctricamente, el más activo se corroerá a una tasa más alta que si no estuviese conectado, y el menos activo se corroerá a una tasa más baja que si no estuviese conectado. Es decir, en una celda de corrosión metálica disímil de zinc y acero en agua de mar, el zinc se corroerá primero, protegiendo así al acero. Como se ha notado previamente, a mayor diferencia de potenciales de los metales, mayor tasa de corrosión. Algunas parejas de metales con amplias diferencias de potencial pueden causar una corrosión catastrófica, aunque el problema puede ser fácilmente corregido.

La diferencia de potencial existente en piezas del mismo metal o de metales similares, puede también causar una corrosión galvánica. Dicha diferencia se puede originar de las siguientes maneras:

- a) El acero nuevo resulta anódico frente al acero viejo.
- b) El acero es anódico a las escamas de laminación de su superficie.
- c) Las superficies pulidas (por ejemplo, las estrías de las tuberías) son anódicas con respecto a las superficies no pulidas.
- d) Las áreas trabajadas en frío (por ejemplo, los codos de los tubos) son anódicos con respecto a las áreas menos tensadas.²²

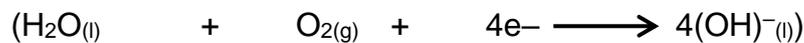
5.6.4 Corrosión de celda de concentración.

La corrosión de celda de concentración es llamada a menudo corrosión de ranura, porque las diferencias en el ambiente que conducen a este tipo de corrosión se

²² [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

localizan generalmente en o cerca de dichas ranuras. Estas ranuras podrían ser contactos metal – metal o metal – no metal.

La forma prevaleciente de corrosión de celda de concentración ocurre con diferentes concentraciones de oxígeno. Las áreas al interior de una ranura son relativamente deficientes en oxígeno y por ello devienen anódicas, porque el oxígeno acelera la reacción catódica; la corrosión acelerada ocurre aquí:



Tres ejemplos comunes de ranuras en componentes metálicos son soldaduras espaciadas, ángulos opuestos y las áreas debajo de las cabezas de los pernos. Las soldaduras deben ser continuas y penetrar completamente. La norma NACE RP 0178–91 proporciona buenos ejemplos de defectos de soldadura y su corrección.²³

5.6.5 Corrosión por corriente pérdida.

La corrosión ocurre en superficies metálicas cuando una corriente continua pasa de dichas superficies a un electrolito. La corrosión acelerada por corriente perdida ocurre más frecuentemente en estructuras mecánicas enterradas cerca de ferrocarriles eléctricos y grúas, aparatos de soldaduras incorrectamente emplazadas y sistemas de protección catódica adyacentes. La corrosión por fuga de corriente debe considerarse sospechosa siempre que se observe una corrosión acelerada en estructuras enterradas cerca de sistemas de corriente eléctrica.

²³ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

Dichas sospechas pueden ser verificadas mediante la medición de las diferencias de voltaje entre diferentes puntos de la estructura. Si es detectada una fuga de corriente, esta puede ser reducida así:

- a) Reduciendo el flujo de corriente en el suelo modificando su fuente.
- b) Modificando el flujo de corriente eléctrica mediante empalmes.
- c) Aplicando una protección catódica para restablecer el balance.²⁴

5.6.6 Pérdida de aleación.

La pérdida de la aleación es causada por la corrosión selectiva (pérdida) de un componente metálico de una aleación, como por ejemplo en accesorios de grifería. El material puede estar conformado por aluminio, níquel, molibdeno o zinc. Un ejemplo de pérdida de aleación es la pérdida de zinc en el latón. Otro ejemplo es la grafitización, la cual consiste en la corrosión de hierro colado cuando los componentes metálicos se convierten en productos de la corrosión dejando el grafito intacto.²⁵

5.6.7 Corrosión por erosión.

La corrosión sucede cuando un material abrasivo (que fluye dentro de una tubería) incide en una celda de corrosión existente, 'puliendo' el metal y manteniendo activa la corrosión. A menudo la arena llevada por el viento o el agua termina removiendo los productos acumulados de la corrosión al ejercer fricción sobre la superficie.²⁶

^{24,25,26} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales),2005]

5.6.8 Exfoliación.

La exfoliación es una forma avanzada de corrosión intergranular en la que el metal se deslaminada a lo largo de los bordes de sus granos. Algunos productos metálicos tales como ciertos tipos de planchas de aleación de aluminio son particularmente susceptibles a la exfoliación.²⁷

5.7 Métodos de control de la corrosión.

Hay varios métodos de control de la corrosión, cada uno con sus ventajas y limitaciones. Aunque aquí exponemos cada método por separado, es mejor usarlos juntos, cuando sea conveniente, en el marco de un programa de control total de la corrosión.²⁸

5.7.1 Control de la corrosión por el diseño.

Un buen diseño estructural puede controlar la corrosión al eliminar uno o más de los componentes que podrían generarla o al permitir una aplicación más sencilla de otros métodos de control de la corrosión. Ejemplos de un mal diseño son:

- a)** Contacto de metales disímiles
- b)** Ambientes incompatibles
- c)** Trampas de agua
- d)** Ranuras

^{27,28} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

- e) Superficies ásperas y puntiagudas (soldaduras)
- f) Acceso limitado a la zona de trabajo

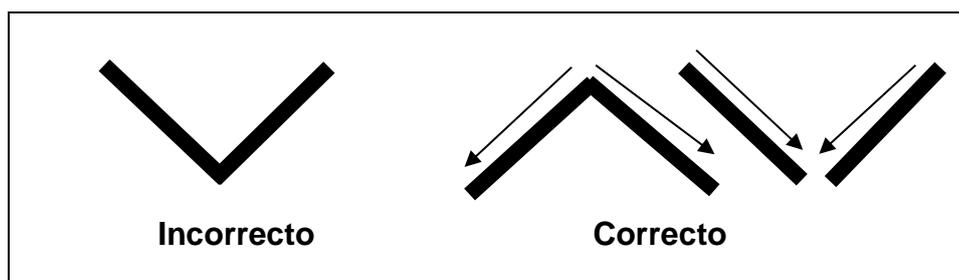
El contacto de materiales disímiles en un electrolito puede producir una rápida corrosión cuando un metal más activo y uno menos activo son conectados eléctricamente. Este tipo de corrosión sucede con frecuencia, más puede ser fácilmente evitada mediante un diseño adecuado.

Los ambientes incompatibles pueden acelerar el proceso de corrosión. Así, el aluminio no debe estar en contacto directo con el concreto porque la alcalinidad de este atacará al aluminio.

Las trampas de agua son accesorios de diseño que permiten que se acumule el agua de la lluvia o el rocío. Dado que el agua acelera en gran medida la corrosión, las estructuras deben ser diseñadas para evitar la acumulación del líquido. Los ángulos y otras formas que podrían acumular agua, deben ser orientados hacia abajo. Cuando no sea posible evitar que el diseño tienda a la acumulación de agua, debe practicarse agujeros de desagüe.

FIGURA N° 5.4

PERFILES QUE PODRÍAN ACUMULAR AGUA O DESECHOS



Fuente: SSPC – Corrosión de metales

Las ranuras deben ser evitadas en las estructuras porque son áreas donde podrían acumular humedad y por tanto electrolitos, tanto como en las trampas de agua también ya descritas. Estas ranuras son difíciles de proteger mediante el recubrimiento.

El acceso limitado a las zonas de trabajo hace difícil la aplicación de recubrimientos. Todas las áreas a ser recubiertas deben ser de fácil acceso, tanto para la limpieza como para el pintado. Las áreas de difícil acceso no sólo son difíciles de recubrir, sino que también constituyen un riesgo de seguridad debido a que muchas veces deben ser alcanzadas usando escaleras de mano u otras plataformas (lo que acrecienta el riesgo).²⁹

5.7.2 Control de la corrosión mediante metales resistentes y aleaciones.

Si el ambiente es muy severo, puede resultar mejor controlar la corrosión mediante el uso de un metal o una aleación más resistentes a la corrosión que el acero estructural. Dependiendo del ambiente al cual son expuestos, algunos metales o aleaciones son esencialmente inmunes a la corrosión, mientras que otros con un mayor potencial de electronegatividad que el acero estructural forman capas anti óxido para otorgar resistencia contra la corrosión.

Cuando estas capas protectoras se rompen en ciertas áreas, deben ser reparadas para dar protección continua. El titanio, las aleaciones de aluminio, el zinc y el acero inoxidable suministran tales capas protectoras. Las películas protectoras en acero inoxidable y en aleaciones de aluminio no son resistentes a todos los ambientes

²⁹ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

naturales. Aun los metales o aleaciones más resistentes a la corrosión son frecuentemente recubiertos para darles una protección adicional.³⁰

5.7.3 Control de la corrosión mediante inhibidores.

Los inhibidores son químicos tales como los fosfatos que se agregan en pequeñas cantidades, sean de manera continua o intermitente, a los ácidos, líquidos refrigerantes, vapores, u otros ambientes para inhibir las reacciones corrosivas. Estos pueden reducir la corrosión cuando forman una película muy fina sobre una superficie metálica, cuando producen una capa pasiva en tal superficie o al retirar componentes agresivos del ambiente. Los inhibidores mejor conocidos son aquellos empleados en refrigerantes para motores.³¹

5.7.4 Control de la corrosión mediante la modificación del ambiente.

La modificación del medio ambiente puede ayudar a controlar la corrosión e incrementa la efectividad de otros sistemas de control. La eliminación de la humedad ambiental (usando deshumedecedores) y la purificación atmosférica son dos de los mejores ejemplos. Por ejemplo, las instalaciones de aire acondicionado que mantienen la humedad en niveles bajos pueden ayudar a reducir el empañamiento y la corrosión en metales expuestos, tales como los que se encuentran en instalaciones de conmutación telefónica.

^{30,31} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

Asimismo, si la deshumidificación del aire produce una caída de 15°F y un índice de humedad no mayor de 35%, las superficies preparadas mediante chorro abrasivo pueden permanecer sin recubrir por períodos largos antes del pintado.³²

5.7.5 Control de la corrosión mediante protección catódica.

La protección catódica es un sistema para el control de la corrosión de una superficie metálica que se efectúa al hacer pasar suficiente corriente directa sobre ella para convertir todas las áreas continuas en áreas catódicas, eliminando así la posibilidad de pérdida anódica del metal. Aunque este método resulta efectivo únicamente en superficies sumergidas en agua o enterradas en el suelo, ha logrado controlar exitosamente la corrosión por muchos años en buques, estructuras marinas, tuberías y tanques subterráneos y los interiores de tanques de almacenamiento de agua.

Generalmente se utiliza recubrimientos en superficies catódicamente protegidas para reducir los requerimientos de corriente eléctrica. De esta forma, una tubería subterránea bien recubierta puede requerir solamente 0,01 miliamperios por pie cuadrado, en comparación con los 3 miliamperios por pie cuadrado en una tubería desnuda. Los recubrimientos de estructuras catódicamente protegidas deben ser resistentes al ambiente alcalino producido por el sistema.

Existen dos sistemas básicos para el suministro de la corriente eléctrica requerida en una estructura para protegerla catódicamente. El sistema de protección catódica de ánodo de sacrificio (galvánico) no requiere un suministro de energía

³² [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

externo, sino que incorpora ánodos de aleaciones especiales que generan la corriente continua necesaria, al corroerse de manera preferencial en virtud de su natural diferencia de voltaje con respecto a la estructura protegida.

Dado que los ánodos de sacrificio son consumidos al generar corriente, tienen un tiempo de vida limitado. Los metales anódicamente activos usados en la protección catódica suelen ser el magnesio, el zinc o el aluminio de alta pureza, u otro compuesto especial.

El sistema de protección catódica de *corriente impresa* utiliza corriente continua desde una fuente externa de potencia. La terminal positiva de la fuente de potencia está conectada a los ánodos, y la terminal negativa está conectada a la estructura a ser protegida.

Los ánodos estables empleados para descargar la corriente tienen largos tiempos de vida útil. El hierro colado altamente silicado, el grafito y el aluminio se encuentran entre los materiales más comúnmente utilizados para los ánodos. El hierro residual, algunas aleaciones especiales de plomo, el platino, las aleaciones platinadas, el titanio platinado y el tantalio platinado son asimismo usadas. Normalmente la corriente alterna es convertida en corriente continua por rectificadores (transformadores) para ser usada en estos sistemas. También se puede emplear baterías y celdas solares para el suministro de energía a los sistemas de protección catódica.³³

³³ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

5.7.6 Control de la corrosión mediante recubrimientos.

El control de la corrosión mediante recubrimientos y revestimientos (recubrimientos en superficies interiores) se efectúa más comúnmente mediante la formación de una capa barrera que separa el metal del electrolito.

Los recubrimientos pueden poseer ventajas sobre los otros medios de control de la corrosión previamente explicados. Estos incluyen:

- a)** Facilidad de aplicación.
- b)** Facilidad de almacenamiento y manipulación.
- c)** Rango de condiciones ambientales aceptables.
- d)** Economía.
- e)** Fácil reparación.
- f)** Selección de color, brillantez y textura.

Como los otros métodos de control de la corrosión, pueden también mostrar limitaciones que deben ser resaltadas. Estas incluyen:

- a)** Exigencias de preparación de las superficies.
- b)** Requisitos de aplicación.
- c)** Requerimientos de curado y secado.
- d)** Aspectos de salud, seguridad y ambientales.³⁴

³⁴ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

5.8 Tipos de recubrimientos.

5.8.1 Recubrimientos epóxicos.

- a) Base y Agente de Curado.** - Los recubrimientos epóxicos son los productos más comúnmente termoconfigurados a partir de dos componentes. Uno de ellos es usualmente llamado base y el otro, agente curante, aunque ambos se describen mejor como co – reactivos. (NOTA: Los agentes curantes son llamados a veces "catalizadores", pero en realidad no son verdaderos catalizadores).

Los recubrimientos epóxicos se unen bien con superficies de acero limpiadas por abrasión y al concreto limpio y son muy durables en la mayoría de los ambientes. Sus películas son duras y relativamente inflexibles; así, no pueden expandirse o contraerse mucho sin quebrarse. Expuestos a la luz solar tienden a tizarse, algunas veces perdiendo más de un mil [25,4 micrones] de espesor en un año. Frecuentemente se les aplica un acabado de poliuretano alifático para darles resistencia a la luz ultravioleta (tanto por apariencia como para evitar pérdida de material)

- b) Tipos de Epoxis.** - Los recubrimientos epoxi poliamidas son probablemente los recubrimientos tipo epoxi más usados, debido a su buena resistencia al agua y a la corrosión y su relativa tolerancia a la humedad y a superficies no completamente limpias. El componente poliamida es en realidad un producto resinoso con grupos de aminos anexados. Esto hace a las películas curadas un tanto más suaves y más resistentes y flexibles que los epoxis amino – curados, pero poseen una menor

resistencia química, en particular a los ácidos. Son empleados principalmente donde su buena resistencia al agua puede ser utilizada, como en cascos de barcos y recubrimientos de tanques para agua.

Los recubrimientos epoxi amina son productos duros, firmemente aglutinados y químicamente resistentes. Son a menudo empleados para recubrir tanques de almacenamiento químico y en otros ambientes exigentes. Una película aceitosa y amino alifática de color ámbar puede subir a la superficie del recubrimiento, especialmente si este es aplicado en un clima frío y húmedo. Este "amino rubor" debe ser retirado antes de dar acabado con un revestimiento. Los agentes aminocuradores generalmente son tóxicos y pueden causar irritación en la piel. Por ello se debe tomar medidas de seguridad durante su empleo.

Los recubrimientos epoxi amina con aducto son productos en los cuales el amino ha reaccionado parcialmente con una resina epóxi de peso molecular relativamente bajo. Esto reduce los riesgos a la salud, la tendencia al "rubor" y hace que las proporciones de mezcla sean menos importantes, dado que se usa un mayor volumen de agente curante. Las características de los productos curados son similares a las de los epoxi aminos.

Los recubrimientos epoxi novolac tienen la mejor combinación de resistencia química, a los solventes y al calor entre todos los epoxis. Estos productos de moléculas de alto peso y muy entrelazadas son, sin embargo, muy duros, densos y quebradizos. Sus requerimientos de aplicación son los más delicados de entre todos los epoxis. Pueden ser curados a temperatura ambiente o alta.

Los recubrimientos epoxi mastic son productos curados con poliamidas, aminos o ketiminas, a los que se ha añadido pigmento y relativamente poco solvente. Son aplicados en 5 mils (125µm) o más en una sola capa. Debido a sus buenas propiedades de impregnación son tolerantes a las superficies y pueden ser aplicados sobre acero no totalmente limpiado. Asimismo, son compatibles con la mayoría de los demás recubrimientos, y su rendimiento es altamente variable dependiendo de la formulación particular.³⁵

5.8.2 Recubrimientos inorgánicos ricos en zinc.

Los recubrimientos inorgánicos ricos en zinc usualmente tienen resinas de silicato que pueden ser en base al agua o en solvente. Estos recubrimientos forman una película que da protección galvánica al acero. El zinc es corroído preferencialmente en la película para proteger al hierro y al acero porque se encuentra más alto en la tabla de series galvánicas. Una alta concentración de partículas de zinc en la película suministrará la necesaria conductividad para protección galvánica.³⁶

5.8.2.1 Tipos y propiedades del zinc inorgánico.

Las principales clases de recubrimientos inorgánicos ricos en zinc son a base de agua o en solvente. El esquema es derivado de la norma SSPC Pintura 20, la cual incluye el Tipo I (inorgánico) y el Tipo II (orgánico)

^{35,36} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

Algunos recubrimientos inorgánicos de zinc basados en agua son curados después de la aplicación (post – curado) (Tipo IA de SSPC 20) por calor o un agente curador ácido. Sin embargo, la mayoría de ellos son auto – curantes. Simplemente reaccionan con el dióxido de carbono del aire (Tipo IB).

Los recubrimientos ricos en zinc con alquid – silicato en base a solvente son auto curados y dependen de la humedad del aire para completar la reacción hidrolítica (Tipo IC) Cuando el clima es cálido y seco podría ser necesario rociar agua sobre estos recubrimientos para completar el curado.

Los recubrimientos inorgánicos ricos en zinc de la mayoría de los tipos pueden ser formulados para ser aceptablemente bajos en VOCs, especialmente los productos al agua. Sus películas son quebradizas y se pueden rajarse si se les aplica muy gruesamente; así, se le aplica generalmente a un grosor de película seca de menos de 5 mils [125µm], aunque algunos productos pueden ser exitosamente aplicados en un mayor grosor.

Proporcionan protección catódica al acero, pero en la medida en que los residuos de la corrosión del zinc llenen los espacios originados por la natural porosidad de la película, empiezan a proporcionar protección de barrera. Si esta barrera se quiebra por un impacto, la protección catódica asumirá otra vez su papel protector hasta que la ruptura sea nuevamente llenada por los residuos de la corrosión del zinc.

Con el tiempo un recubrimiento inorgánico rico en zinc proporcionará una mayor protección de barrera mientras se reduce la acción galvánica a medida que se

consume el zinc. Los recubrimientos inorgánicos ricos en zinc requieren una mayor limpieza en las superficies de acero que otros tipos de recubrimientos. Deben ser aplicados por operarios capacitados con un recipiente constantemente agitado para mantener las pesadas partículas de zinc en suspensión.

Los recubrimientos inorgánicos de silicato ricos en zinc frecuentemente no se adhieren muy bien unos con otros y es más seguro repararlos usando un recubrimiento orgánico rico en zinc. Cuando se recubren capas de zinc inorgánico, pueden formarse pequeñas burbujas sobre el recubrimiento aun húmedo producidas por el escape de aire o de vapores del solvente atrapados en el aglutinante poroso. Muchos pintores intentan minimizar este problema aplicando una capa vaporizada y dejándola secar antes de aplicar un recubrimiento completo. Debido a los problemas que tienen con los revestimientos y a su buen desempeño sin ellos en una gran variedad de servicios, muchas veces es mejor no revestir los recubrimientos inorgánicos ricos en zinc.³⁷

5.8.3 Recubrimientos orgánicos ricos en zinc.

Los recubrimientos orgánicos ricos en zinc utilizan una resina orgánica en lugar de un aglutinante de silicato inorgánico. Dichos recubrimientos protegen al acero galvánicamente y con protección de barrera también. Las películas de recubrimiento orgánico ricos en zinc pueden ser de tipo termoplástico (utilizando aglutinantes de caucho clorado o de vinilo) o de tipo termoconfigurado (utilizando aglutinantes de poliuretano o epoxi). Los recubrimientos orgánicos ricos en zinc no son tan eléctricamente conductores como los inorgánicos ricos en zinc y poseen así un menor grado de protección galvánica.

³⁷ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

Las propiedades de la película de los recubrimientos orgánicos ricos en zinc son similares en varios aspectos a los recubrimientos orgánicos libres de zinc que usan la misma resina. Los recubrimientos orgánicos ricos en zinc no requieren una superficie de acero tan limpia como los recubrimientos inorgánicos de zinc y son más fáciles de recubrir. En ambos tipos genéricos, el zinc es atacado por ácidos y álcalis.³⁸

5.9 Los mecanismos del control de la Corrosion mediante recubrimientos.

Como se indicó la corrosión de los metales es una reacción electroquímica que puede ser controlada interfiriendo con uno o más de los cuatro requisitos para una celda de corrosión: ánodo, cátodo, electrolito y vía metálica.

Los recubrimientos proporcionan dicha interferencia:

- a)** Creando una barrera para separar el electrolito del metal.
- b)** Suministrando inhibidores químicos para controlar la reacción anódica (corrosión).
- c)** Proporcionando protección catódica mediante la conversión de áreas anódicas en áreas catódicas.³⁹

^{38,39} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

5.9.1 Protección de barrera.

La mayoría de los recubrimientos proporcionan a los metales protección contra la corrosión al formar una barrera entre el metal y el electrolito para separarlos eléctricamente uno del otro. La protección del concreto y de otros sustratos es asimismo proporcionada usualmente por una protección de barrera, al sellar la superficie para reducir la penetración de la humedad y las sales.

Los recubrimientos no orgánicos son completamente impermeables al electrolito. Así, los sistemas de recubrimiento deben poseer una combinación de espesor e impermeabilidad y estar libres de discontinuidades para proporcionar una barrera de protección a largo plazo. La vía que los electrolitos deben tomar a través de la película y hacia el sustrato puede ser efectivamente incrementada, incorporando un pigmento laminar, como el óxido de hierro micáceo o aluminio, en el recubrimiento. Los electrolitos deben superar estas capas para poder alcanzar el sustrato.⁴⁰

5.9.2 Protección mediante pigmentos inhibidores.

Algunos pigmentos empleados en los imprimantes controlan la corrosión al formar químicos inhibidores de la corrosión o al actuar como tales. Estos químicos se originan de pigmentos ligeramente solubles en agua. Probablemente el pigmento inhibidor mejor comprendido es el llamado plomo rojo, el cual ha sido usado muy efectivamente en recubrimientos al óleo por muchos años. Una pequeña cantidad de plomo y de aceite reaccionan para formar una sustancia saponificada con plomo, que

⁴⁰ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

actúa como un inhibidor de la corrosión muy efectivo. No se requiere una reacción química de este tipo para que los pigmentos cromados proporcionen inhibición a la corrosión; el cromato por sí mismo proporciona dicha inhibición.

Aunque los pigmentos con cromo y cromatos han sido utilizados efectivamente en imprimantes inhibidores por muchos años, hoy en día rara vez se usan debido a problemas de salud y ambientales. Por ejemplo, la marina [de los Estados Unidos] ha modificado sus especificaciones de zinc – cromato (TT–P–645), a una sustancia que emplea molibdato de zinc como elemento inhibidor.⁴¹

5.9.3 Protección galvánica (catódica).

Los recubrimientos ricos en zinc poseen una alta carga de finas partículas de zinc que proporcionan protección galvánica a la superficie del acero. Estas partículas actúan como ánodos al corroerse preferencialmente para convertir las áreas anódicas del acero en áreas catódicas. Para lograr esto de manera efectiva, la carga de zinc debe ser suficientemente alta como para que las partículas de zinc entren en contacto eléctrico unas con otras y con el acero.

Los recubrimientos inorgánicos ricos en zinc forman una película relativamente porosa que protege al acero mediante protección galvánica. A medida que el zinc es sacrificado, los productos de su corrosión llenan estos vacíos para formar una barrera protectora. Si esta protección de barrera es rasgada, dejando expuesta la superficie del acero, la protección galvánica asumirá la protección hasta que la "herida" sea "sanada" (o sea, que sea nuevamente llenada con los productos de la corrosión del zinc).⁴²

^{41,42} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

5.10 Sistema de recubrimiento de protección total.

Los sistemas de recubrimiento usualmente consisten en dos o más capas. Estas pueden proporcionar más de uno de los mecanismos de control de la corrosión arriba comentados, u otras propiedades deseadas. El imprimante o base puede contener un pigmento inhibidor, una alta carga de zinc o una barrera para inhibir la corrosión. También debe suministrar una buena adherencia al metal y una base para la correcta adherencia de recubrimientos adicionales. Estos recubrimientos adicionales aumentan la protección de barrera, y el acabado da el color, la brillantez y la textura deseados. Los acabados exteriores también proporcionan protección contra el clima (el sol y la lluvia) que degrada lentamente la barrera y la protección que esta proporciona.⁴³

5.11 Propiedades deseadas en la película protectora.

A fin de que las películas de recubrimiento otorguen una protección a largo plazo al acero y a otros metales, ellas deben poseer ciertas propiedades específicas. Estas propiedades pueden variar a partir de tipos o usos genéricos. Las propiedades deseadas incluyen:

- a)** Buena adherencia al sustrato y entre capas de recubrimientos.
- b)** Baja permeabilidad a los electrolitos.
- c)** Capa continua y libre de discontinuidades, con espesor uniforme.
- d)** Flexibilidad.
- e)** Resistencia a la abrasión.

⁴³ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

- f) Resistencia al clima.
- g) Resistencia al agua, combustibles, químicos, etc.
- h) Resistencia a la contaminación biológica.⁴⁴

5.11.1 Adherencia de los recubrimientos.

Todo recubrimiento debe tener por lo menos una mínima capacidad de adherencia a sus respectivos sustratos para proporcionar una protección de largo plazo. De otro modo, no serán capaces de resistir los estiramientos y encogimientos durante el curado (que a veces dura bastante) u otros cambios de dimensiones. Generalmente los imprimantes se usan para asegurar una buena compenetración con los sustratos. La adherencia de recubrimientos orgánicos es mayormente de naturaleza secundaria (pues tratan áreas con cargas moleculares ligeramente distintas) en lugar de una adherencia química directa. En cualquier, es necesario que la superficie esté limpia y pulida para una adecuada adherencia.

La prueba de adherencia de los recubrimientos a los sustratos puede ser llevada a cabo mediante la norma ASTM D 3359 (prueba de cinta adhesiva) o ASTM D 4541 (probador portátil de prueba de cinta adhesiva).⁴⁵

5.11.2 Permeabilidad.

Los recubrimientos orgánicos varían ampliamente en su grado de permeabilidad a los electrolitos y, por tanto, en su capacidad para proporcionar protección de barrera.

^{44,45} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

Una baja permeabilidad es especialmente importante en condiciones de servicio severas, tales como la inmersión, lo que generalmente produce ampollas y el desprendimiento del recubrimiento.⁴⁶

5.11.3 Continuidad de la película protectora.

Una propiedad altamente deseable en los recubrimientos es su capacidad para formar una película uniformemente gruesa y continua, libre de discontinuidades. Las imperfecciones en esta película permiten que los electrolitos penetren la barrera protectora. Un buen flujo y una buena nivelación de la capa aún húmeda reducirán la presencia de burbujas y las áreas excesivamente delgadas que son las que invariablemente fallan primero.⁴⁷

5.11.4 Dureza.

La dureza de un recubrimiento puede ser una cualidad muy importante, así como un criterio para considerar completo el curado. Generalmente esta prueba es llevada a cabo mediante el lápiz (ASTM D 3363). Las rayaduras causadas por la punta del lápiz más suave de una serie de lápices de diferentes grados de dureza, sobre la capa del recubrimiento, es una medida de la dureza de este último.

Para películas más gruesas (750 μ m [30 mils]), caucho y plásticos, las pruebas de dureza Barcol (ASTM D 2583) y Durometer (ASTM D 2240) pueden ser utilizadas. Estas miden la profundidad de penetración de una sonda.⁴⁸

^{46,47,48} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales),2005]

5.11.5 Flexibilidad.

La flexibilidad del recubrimiento puede ser determinada doblando un panel ya revestido sobre una superficie cilíndrica o cónica (ASTM D 522 o FTMS 6221). Es deseable que el recubrimiento sea flexible, de modo que pueda expandirse y contraerse fácilmente junto con el sustrato. Un recubrimiento final rígido puede rajarse o partirse al expandirse junto con una base flexible. Las capas duras tienden a ser rígidas, así que es importante buscar un equilibrio entre flexibilidad y dureza si se desea un recubrimiento durable.⁴⁹

5.11.6 Resistencia a la abrasión.

En muchas condiciones de servicio, la resistencia a la abrasión es importante. Los recubrimientos de zinc inorgánico están entre los recubrimientos industriales más resistentes a la abrasión. El abrasivo Taber (ASTM D 4060) y la prueba de lijado (ASTM D 968) son dos métodos de medición de la resistencia a la abrasión.⁵⁰

5.11.7 Resistencia a la intemperie.

Todos los recubrimientos orgánicos están sujetos al deterioro producido por la radiación solar ultravioleta, la cual rompe los lazos químicos en los adhesivos orgánicos. La humedad (lluvia) acelera asimismo el deterioro del recubrimiento. Los recubrimientos exteriores tales como los epóxicos, que poseen poca resistencia a la radiación ultravioleta, deben ser recubiertos adicionalmente con un revestimiento que proporcione dicha resistencia (por ejemplo, poliuretano o acrílico).⁵¹

^{49,50,51} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales),2005]

5.11.8 Intemperie acelerada.

Se ha desarrollado una variedad de dispositivos para la exposición simulada de paneles recubiertos, a diferentes ambientes naturales, pero con una mayor intensidad para acelerar simuladamente la incidencia de los elementos sobre los recubrimientos y así obtener datos con mayor rapidez. Desafortunadamente los datos obtenidos mediante estos dispositivos no se suelen correlacionar bien con los datos provenientes del proceso natural, más lento. Estos dispositivos generalmente buscan determinar los efectos de la luz, el calor y la humedad sobre los recubrimientos.

Los distintos dispositivos de aceleración climatológica incluyen:

- a)** Los climatómetros (ASTM G 23 y G 26) sirven para simular condiciones climáticas exteriores con ciclos de luz, calor y humedad.
- b)** Las cámaras de niebla salina (ASTM D 117) arrojan un cálido rocío de una solución atomizada neutral o ligeramente ácida (5% de cloruro de sodio). Este método no es recomendado por la SSPC.
- c)** Las pruebas cíclicas incluyen el humedecimiento periódico (con la solución Harrison u otra solución especial) y secado. La Práctica Estándar ASTM D 5894 para la Exposición de Metal Pintado a Niebla Salina Cíclica y Radiación UV (Exposiciones Alternadas en Gabinete de Nebulización/Secado y Gabinete UV/Condensación), cubre los principios básicos y las prácticas operativas para la exposición cíclica corrosión/UV de pinturas sobre metal, empleando periodos alternados de exposición en dos gabinetes distintos: un

gabinete de ciclo niebla salina/sequedad y un gabinete fluorescencia UV/condensación. Esta es la prueba más utilizada generalmente para evaluar el rendimiento de los recubrimientos en un ambiente de prueba acelerada.

- d) Los gabinetes de humedad (ASTM D 2247) exponen paneles revestidos al calor, a una humedad del 100% o a una condensación cálida.⁵²

5.11.9 Resistencia a los impactos.

La resistencia de un recubrimiento a los impactos es una medida tanto de su flexibilidad como de su adherencia. La prueba ASTM D 2794 es generalmente utilizada para determinar la resistencia a los impactos. Consiste en soltar un peso dado desde distintas alturas hasta que el recubrimiento se facture o se desprenda, lo que es medido en centímetros por kilogramo [pulgadas por libra].⁵³

5.11.10 Resistencia química.

Las superficies interiores que almacenan agua, combustibles o químicos deben ser recubiertas con un revestimiento resistente a dichos productos almacenados.⁵⁴

5.11.11 Resistencia a los agentes biológicos.

Las superficies recubiertas para regiones tropicales y subtropicales deben poseer un agente anti enmohecimiento incorporado para protegerlas del deterioro biológico. Los agentes aprobados por la Agencia de Protección Ambiental y que han

^{52,53,54} [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales),2005]

pasado las pruebas de resistencia biológica de la Sociedad Norteamericana de Pruebas y Materiales (ASTM) son los que debe usarse. Los compuestos de mercurio, muy usados en el pasado, no están permitidos.

Los recubrimientos anti biológicos son aplicados a las partes sumergidas de los barcos y otras estructuras marinas flotantes para controlar su colonización por organismos marinos. Durante la Segunda Guerra Mundial, un recubrimiento anti biológico marino en base a óxido vinil – cuprífero (MIL–P–15931) fue ampliamente usado en barcos de guerra. Hoy, su uso está restringido a áreas de flujo lento (por ejemplo, tanques de lastre y espigones marinos).

Los recubrimientos anti biológicos más frecuentemente empleados hoy en día en los buques de guerra y en la industria, son recubrimientos ablativos (auto lustrantes) que contienen óxido de cobre. Mientras el barco navega, el recubrimiento es lentamente desgastado para soltar el óxido de cobre. Este y otros tipos de recubrimientos ablativos están descritos en MIL–P–24647.⁵⁵

5.12 La selección de sistemas de recubrimientos.

Los sistemas de recubrimiento protectores pueden proteger con efectividad de la corrosión a los sustratos de acero en todos los ambientes en los que la tasa de corrosión sea menor a 1250 μm [50 mils] por año. En los ambientes donde ocurran tasas más altas, los materiales resistentes a la corrosión son una mejor alternativa. Ningún recubrimiento se desempeñará bien en todas las situaciones. En esta sección

⁵⁵ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

se discuten las fuentes para establecer los criterios de selección de los recubrimientos adecuados para diferentes aplicaciones. Dichas fuentes son de especial ayuda en la adecuada selección de nuevos materiales, tales como recubrimientos tolerantes a las superficies y siloxanos, donde los materiales comercialmente disponibles no tengan una historia de largo plazo.

Al seleccionar un sistema de recubrimiento, la primera consideración es qué propiedades del sistema se desean para cada servicio específico:

- a)** Exposición al clima en exteriores (tizamiento; retención del color y del brillo).
- b)** Resistencia química, a los combustibles y a los solventes.
- c)** Resistencia a la abrasión, al calor o al moho.
- d)** Apariencia (color, brillo y textura).
- e)** Tiempo de secado.
- f)** Facilidad de aplicación y de mantenimiento.

Luego, debe tenerse presente los posibles requerimientos y limitaciones en las siguientes áreas:

- a)** Severidad de la exposición ambiental (12 zonas SSPC).
- b)** Necesidad de preparación de la superficie.
- c)** Facilidad de acceso de los operarios.
- d)** Tiempos de secado (especialmente cuando el tiempo disponible para el pintado sea limitado).
- e)** Necesidad de operarios capacitados.

- f)** Necesidad de equipo especial.
- g)** Andamiajes.
- h)** Requisitos de seguridad y ambientales.

La severidad del medio ambiente es siempre un factor principal en el proceso de selección de un recubrimiento. El Manual de Pintado de Estructuras de Acero: Sistemas y Especificaciones, de la SSPC, Volumen 2, define doce diferentes zonas medioambientales y las respectivas recomendaciones de pintado para cada una de ellas.

Otros factores locales, tales como los niveles de cloruros transportados por el aire, grado de contaminación de las superficies y radiación solar deben asimismo tenerse en cuenta. Ejemplos de procesos de selección de sistemas de recubrimientos protectores se pueden hallar en el curso C2 "Especificación y Gestión de Proyectos de Recubrimientos Protectores" de la SSPC.

Los costos del ciclo de vida de los productos también han sido siempre una de las consideraciones más importantes en la selección de sistemas de recubrimientos. Hoy en día se debe incluir en estos costos los gastos de remoción, almacenaje y deshecho de recubrimientos gastados que pueden ser considerados desperdicios peligrosos. Esto significa casi siempre que el sistema con el tiempo de vida más largo es la mejor opción. En el Capítulo 8, volumen 1 del Manual de Buenas Prácticas en el Pintado de Estructuras de Acero de la SSPC se presenta una interesante discusión acerca de los costos de pintado en 2002.

Los sistemas para la reparación in situ deben ser el mismo tipo genérico de mecanismo de curado que los recubrimientos a ser tratados, a fin de evitar productos incompatibles. Una excepción a esta regla, explicada anteriormente, es que, dado que los recubrimientos inorgánicos de zinc no se adhieren muy bien entre sí, es más seguro repararlos con recubrimientos orgánicos ricos en zinc.

Si las disposiciones ambientales no permiten el uso de un recubrimiento aplicado con anterioridad, deberá usarse un producto compatible. Un método seguro, para determinar la compatibilidad es revestir una pequeña área de prueba del recubrimiento existente con la pintura escogida. El área deberá ser revisada después de unos días en busca de filtraciones de la capa anterior, arrugas, pérdida de adherencia u otros defectos.

Felizmente existen varias fuentes de información que toman en cuenta estos factores al proporcionar recomendaciones para una diversidad de condiciones. Estas fuentes incluyen:

- a)** Publicaciones de otras organizaciones técnicas.
- b)** Documentos gubernamentales.
- c)** Consultores.
- d)** Fabricantes de recubrimientos.
- e)** Pruebas de materiales.⁵⁶

⁵⁶ [SSPC (The Society for Protective Coating), Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras industriales), 2005]

VI. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA.

6.1. Metodología de la auditoría de calidad e inspección de recubrimientos.

La metodología de la Auditoría de calidad permite asegurar la calidad en el proceso de la protección anticorrosiva con recubrimientos de las estructuras metálicas, cuyas responsabilidades principales de auditoría e inspección en recubrimientos son las siguientes:

- a)** Reunión previa al inicio de operaciones.
- b)** Inspección de la cámara de preparación de superficie (granallado) y equipos.
- c)** Inspección de la cabina de pintado y equipos de aplicación.
- d)** Homologación de preparadores y aplicadores de pintura.
- e)** Etapa de Pre-preparación de superficie.
- f)** Etapa de Preparación de superficie.
- g)** Etapa de Aplicación de recubrimiento.
- h)** Etapa de inspección, aprobación y liberación de estructuras.

La Auditoría de calidad e inspección de recubrimiento que desarrollaremos se realizara según el siguiente sistema de pintura:

- a)** Preparación de superficie al grado metal blanco según norma SSPC–SP5.
Perfil de Rugosidad entre 1,5 a 2,5 mils.
- b)** Capa base, pintura orgánica rica en Zinc de tres componentes (resina, catalizador y polvo de zinc) con 85% de sólidos en seco a 4,0 mils de espesor de película seca.

- c) Capa refuerzo con pintura epóxica de dos componentes (resina y catalizador) del tipo Epoxi poliamida o Poliamidoamina con 80% de sólidos en volumen.
- d) Capa de acabado, pintura de poliamida con hojuelas de vidrio de tres componentes (resina, catalizador y hojuelas de vidrio) con 80% de sólidos en volumen a 8,0 mils de espesor de película seca.
- e) Sistema de pintura completo 12,0 mils, esto quiere decir la suma de la pintura base a 4,0 mils más la capa de acabado a 8,0 mils.

En el **Cuadro N° 6.1** se representa el sistema de pintura especificado.

CUADRO N° 6.1
SISTEMA DE PINTURA ESPECIFICADO

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE			
Limpieza al Metal Blanco, según norma SSPC – SP5 Perfil de Rugosidad: entre 1,5 a 2,5 mils			
SISTEMA DE PINTURA			
Capa	Pinturas	EPS	Producto
1 ^{ra}	SSPC – Paint Specification N° 20, tipo II, nivel 1. Antic. Zinc Rich Epoxi, > 85% zinc en película seca	4,0 mils	Jet Zinc Organic 850
Refuerzo	De dos componentes, tipo Epoxi Poliamida o Poliamidoamina, mínimo 80% s.v.	---	Jet Mastic 800
2 ^{da}	De tres componentes, tipo Epoxi Poliamida o Poliamidoamina, min 80% s.v., reforzada con hojuelas de vidrio (Glass Flake), mínimo 800 g por Galón de pintura.	8,0 mils	Jet Mastic 800 GFK
Espesor Total Promedio de Película Seca del Sistema Completo de Pintura: 12,0 mils.			

Fuente: Empresa American Consult Perú.

6.1.1. Reunión previa del inicio de operaciones.

La reunión se realiza en coordinación con la contratista (responsable de las fabricaciones y pintado de las estructuras metálicas), el proveedor o fabricante de

pinturas, el cliente o usuario final y la Auditoria de calidad, con el fin de exponer cada una de las etapa del proceso de protección anticorrosiva de las estructuras metálicas, detallados en el procedimiento de aplicación de pintura y el plan de inspección, absolver las consultas de la contratista sobre dichas etapas y estandarizar los criterios de aceptación o rechazos de las estructuras metálicas pintadas.

6.1.2. Inspección de la cámara de granallado y equipos.

6.1.2.1. Cámara de preparación de superficie (granallado).

La inspección de la cámara de granallado consiste en verificar si el ambiente y los equipos de granallado cuentan con el equipamiento y material necesario para poder realizar dicha operación de manera eficiente.

Del ambiente de granallado, la Auditoria está enfocado en los siguientes puntos:

- a) Dimensiones de la cámara de granallado.** - Esta área debe ser superior a las estructuras que van a realizar el tratamiento de limpieza superficial y tener capacidad para el proyecto que se va realizar. Por lo general no superan los 100 m² y la altura es de 6,0 m.

- b) Material de la cámara de granallado.** - Los laterales, el piso y el techo deben ser sólidos (paredes con jebes resistentes al impacto de granalla o placas de acero) y resistentes al impacto del abrasivo (granalla, escoria, arena, etc.) y de preferencia el techo debe contar con un material que permita ingresar la luz solar y ser impermeables a las lloviznas.

- c) Contar con un extractor de polvo que permita mejorar la visualidad del operario en el momento de granallar.
- d) Debe presentar buena iluminación natural de preferencia y luz artificial con reflectores recomendando 500 lumen/m².
- e) Sistema de recuperación de abrasivo, puede ser automatizado o manual.

FIGURA N° 6.1

CÁMARA DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE (GRANALLADO)



Fuente: Elaboración propia – Taller de Azoler.

6.1.2.2. Equipos de preparación de superficie (granallado).

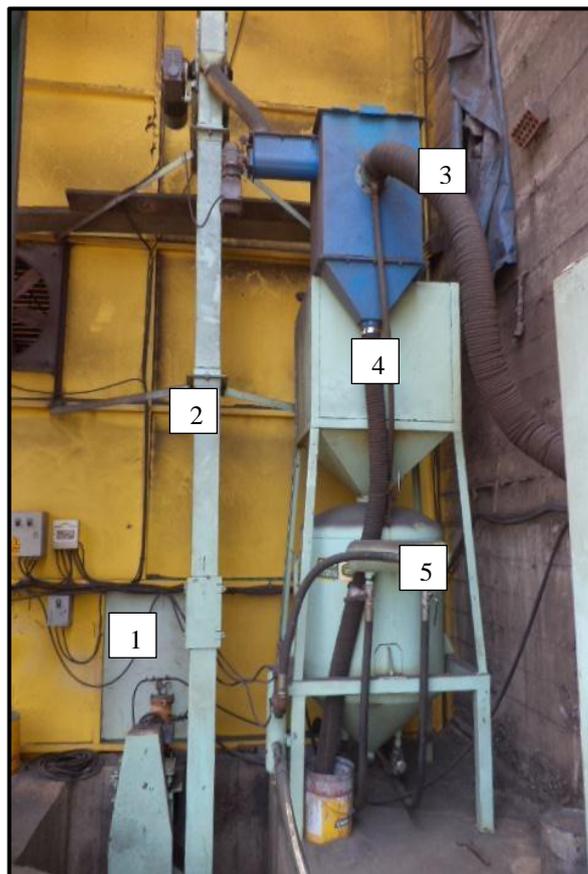
Los equipos de preparación de superficie (granallado) operan en conjunto con la finalidad de realizar la aplicación de chorro abrasivo a las estructuras metálicas en la cámara de granallado. La inspección consiste en verificar que los equipos estén

operativos y el sistema sea eficiente. Los equipos auditados e inspeccionados son los siguientes:

- a) **Equipo de granallado con sistema de recuperación de abrasivo.** - El abrasivo (granalla) es recuperado mediante un tornillo sin fin en el interior de la cámara y es transportado por el elevador Noria hasta la Tolva de separación de finos y partículas mayores para luego ser almacenadas en la Tolva de alimentación y ser usadas nuevamente.

FIGURA Nº 6.2

ELEMENTOS DEL EQUIPO DE GRANALLADO: TORNILLO SIN FIN (1), ELEVADOR NORIA (2) TOLVA DE SEPARACIÓN DE FINOS (3) Y PARTÍCULAS DE MAYOR TAMAÑO (4) TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE GRANALLA (5)



Fuente: Elaboración propia – Taller de Azoler

- b) Compresor.** - Es una máquina de fluido que extrae el aire del ambiente y lo almacena en un tanque pulmón entre los más comunes se tiene el tipo con tornillo, embolo y otros. El compresor puede ser eléctrico o mecánico.
- c) Tanque pulmón.** - Almacena el aire comprimido que usualmente puede contener humedad y aceite por las altas presiones dentro del tanque, por lo que es necesario contar con un filtro de humedad y aceites a la salida.
- d) Secador de aire.** - El aire del compresor conteniendo humedad es secado en este equipo antes de entrar en contacto con el abrasivo que se encuentra en la tolva de alimentación del equipo de granallado.

FIGURA Nº 6.3

COMPRESOR DE AIRE (1), TANQUE PULMÓN (2), SECADOR DE AIRE (3) Y TANQUE PULMÓN DE ALMACENAMIENTO DE AIRE SECO (4)



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.3. El abrasivo.

El abrasivo puede ser de diversos tipos y tamaños entre los más comunes tenemos granalla de acero (angular y esférico), escoria de cobre, arena, etc. según lo

especificado por el cliente y para ser aprobados por la auditoria de calidad antes de iniciar las operaciones de granallado deben cumplir ciertas pruebas tales como.

- Determinación de grasas según norma ASTM D-7393, el abrasivo se aprueba solo si está exento de grasas.
- Determinación de la conductividad en el abrasivo según norma ASTM D-4940, la máxima conductividad en el abrasivo se describe en el plan de inspección del proyecto.
- Análisis granulométrico del abrasivo, donde se recomienda que los finos no superen el 5%.

FIGURA N° 6.4

GRANALLA DE ACERO ANGULAR G-50



Fuente: Elaboración propia.

6.1.2.4. Equipos e instrumentos para inspecciones técnicas de los recubrimientos.

Los equipos de inspección técnicas pueden ser analógicos o digitales y deberán de contar con su respectivo certificado de calibración por una empresa de metrología.

Los equipos e instrumentos básicos para la inspección técnica son los siguientes:

- a) Medidor de Perfil de rugosidad (micrómetro con cinta replica o digital).
- b) Medidor de condiciones ambientales: Temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco, humedad relativa (Psicrometro, Higrómetro).
- c) Medidor de temperatura de superficie (termómetro de contacto, pirómetro).
- d) Medidor de espesor de película seca.
- e) Medidor de espesor de película húmeda (tipo muestra).

FIGURA N° 6.5

**EQUIPO DE INSPECCION DIGITAL: MEDIDOR DE PELICULA SECA (1)
EQUIPOS DE INSPECCION ANALOGICA: MICROMETRO CON CINTA REPLICA (2), TERMOMETRO DE CONTACTO (3) Y PSICROMETRO (4)**



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.6

EQUIPO DE INSPECCION DIGITAL: HIGROMETRO (1), MEDIDOR DE PERFIL DE RUGOSIDAD (2) Y MEDIDOR DE PELICULA SECA (1)



Fuente: Elaboración propia.

Recomendaciones para el uso de los equipos e instrumentos de medición:

- El equipo de medición de espesor de película seca deberá ser calibrado con sus galgas antes de iniciar la medición de los espesores por cada capa de pintura.
- Para la medición de las condiciones ambientales con el Psicrometro tipo honda se recomienda que al momento de girarlo este se encuentre en dirección favorable al viento y el giro debe ser a velocidad constante. Realizar tres mediciones hasta estandarizar los resultados.
- Para la medición de la rugosidad con la cinta replica se recomienda que la cinta al ser fijada en la superficie rugosa esta estará lista para medirla cuando alcance un color gris después de ser frotada.

6.1.3. Inspección de la cabina de pintado y equipos de aplicación.

6.1.3.1. Cabina de aplicación de pintura.

La inspección de Auditoría de calidad de las cabinas de pintura consiste en determinar si el ambiente de aplicación de pintura cuenta con el equipamiento y material necesarios para realizar dicha operación.

- a) Dimensiones de la cabina de pintura.** - El área debe tener la capacidad para poder pintar la cantidad de estructuras o metros cuadrados de estructuras consideradas para el avance del proyecto, también debe de considerarse el número de capas de pintura a aplicar, puesto que de esto dependerá la estadia de las estructuras en el interior de la cabina de pintura.
- b) Materiales de la cabina de pintura.** - La infraestructura principal puede ser de concreto o columnas metálicas y los laterales cubierto con cobertores de lonas, calaminas metálicas, etc. El piso debe ser firme, pudiendo ser de concreto y el suelo deberá estar rociado con grava o confitillo en cantidad suficiente a fin de evitar polución. El techo debe ser hermético evitando goteos de las lloviznas pudiendo ser de calaminas metálicas, plásticas, lonas plastificadas y otros.
- c)** Se recomienda contar con un extractor de solventes de las pinturas a fin de tener una buena ventilación en el ambiente de pintado.
- d)** Debe presentar buena iluminación natural de preferencia y luz artificial con reflectores recomendando 500 lumen/m².

FIGURA Nº 6.7

CABINA DE PINTURA, VISTA EXTERIOR – TALLER AZOLER



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.8

CABINA DE PINTURA, VISTA INTERNA – TALLER AZOLER



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.2. Equipos de aplicación de recubrimientos (pintura).

Los equipos de aplicación de recubrimientos deben de estar en buenas condiciones de operación y contar con las características requeridas por la ficha técnica de los recubrimientos a aplicar tales como: presión de aplicación y número de boquilla de la pistola.

Por ejemplo, para aplicar pinturas orgánicas ricas en zinc de alto porcentaje en solidos se requiere equipo de aplicación tipo Airless con un mínimo de 3000 Psi, la boquilla dependerá del tipo de estructuras a pintar pudiendo ser para vigas la boquilla N° 219. Los equipos pueden ser Airless neumático, Airless eléctrico y tipo olla (Devilbiss) las marcas más comunes son Graco, Hasco, Larius, Titán, etc.

FIGURA N° 6.9

EQUIPO AIRLESS LARIUS 45:1



FIGURA N° 6.10

EQUIPO AIRLESS GRACO 70:1



Fuente: Elaboración propia.

6.1.4. Homologación de preparadores y aplicadores de pintura.

La homologación de preparadores y aplicadores de los recubrimientos consiste en evaluar al operario sobre el conocimiento de las características de los recubrimientos, conocimiento del equipo de aplicación y técnica de aplicación. La homologación de preparadores y aplicadores de los recubrimientos es evaluada por el asesor técnico del fabricante o proveedor quien certifica que los aprobados están en capacidad de preparar y aplicar sus recubrimientos. Este proceso es supervisado por la Auditoría de calidad.

Evaluación sobre el conocimiento de la pintura a aplicar:

- a)** Tipo de pintura.
- b)** Componentes de las pinturas.
- c)** Proporción en la preparación de pintura de 02 o más componentes.
- d)** Preparación de la pintura
- e)** Porcentaje de Dilución.
- f)** Porcentaje de sólidos en las pinturas.
- g)** Espesor de pintura a aplicar en película húmeda y seca.
- h)** Tiempo de secado al tacto y tiempo de secado al tacto duro.
- i)** Condiciones ambientales favorables para aplicar pintura.
- j)** Fichas de seguridad MSDS de las pinturas.
- k)** Tiempo de repintado mínimo, tiempo de repintado máximo y demás características descritos en la ficha técnica de cada pintura.

FIGURA 6.11

EVALUACIÓN DE PREPARADORES DE LOS RECUBRIMIENTOS



Fuente: Elaboración propia

Evaluación sobre el uso del equipo y la técnica de aplicación:

- a)** Conocimiento sobre la operación del equipo de aplicación que puede ser tipo Airless, tipo eléctrico y otros, que cumplan con los requerimientos del recubrimiento a aplicar.
- b)** Selección de las boquillas de aplicación de pintura por el tipo de recubrimiento y tipo de estructura a aplicar.
- c)** Técnica de aplicación para alcanzar los espesores de película húmeda recomendado en función a la dilución por cada tipo de recubrimiento.
- d)** Alcanzar los espesores de película seca especificada y disminución de defectos de aplicación del recubrimiento.

FIGURA Nº 6.12

EVALUACIÓN DE APLICADORES DE RECUBRIMIENTOS



Fuente: Elaboración propia.

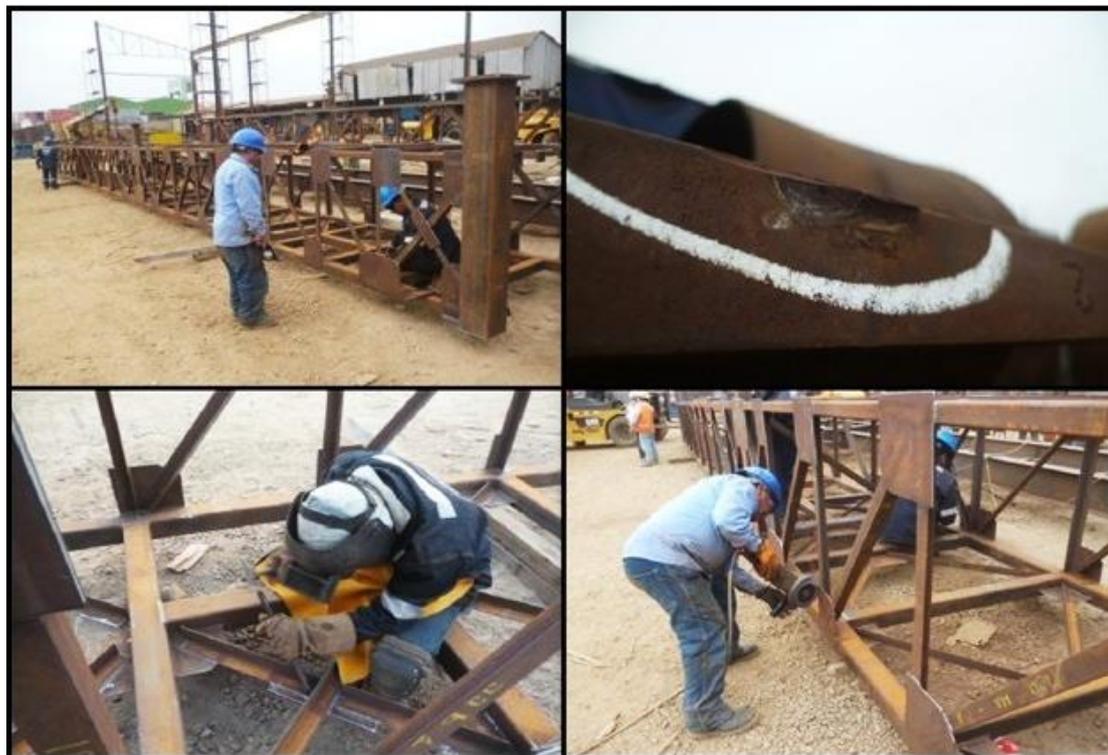
6.1.5. Etapa de pre – preparación de superficie.

6.1.5.1. Auditoría e inspección de la limpieza mecánica de las estructuras metálicas.

Se audita e inspecciona la limpieza mecánica de las estructuras metálicas en fierro negro (NACE RP 0178), estas deberán estar libres de defectos metálicos que puedan ocasionar fallas prematuras tales como: pegotes, restos de soldadura, rebabas, filos cortantes, bordes agudos y demás. De identificarse algún defecto metalmecánico estas deberán de ser eliminados con herramientas manuales (lijas, escobillas) según norma SSPC–SP2 y herramientas de poder (turbinetas, Polyfan) según norma SSPC–SP3, para el caso de los filos cortantes y bordes agudos deberán ser redondeados con el fin de generar una superficie continua para la aplicación de la pintura.

FIGURA Nº 6.13

LIMPIEZA MECÁNICA DE UNA CELOSÍA



Fuente: Elaboración propia.

6.1.5.2. Auditoría e inspección de la limpieza con solventes de estructuras metálicas.

Se audita e inspecciona la limpieza de las superficies de las estructuras metálicas en fierro negro (estructuras aprobadas por el cliente en el proceso de fabricación) estas deben de estar libres de contaminantes visibles tales como: grasas, aceites, combustibles y otros y contaminantes no visibles como las sales. De identificarse algún contaminante visible estas deberán ser lavadas según norma (SSPC-SP1) hasta eliminar dicho contaminante, se recomienda que las estructuras

sean lavadas con un detergente líquido, biodegradable, con pH neutro y que se disuelva con facilidad en agua, el lavado puede ser manual o con agua a presión.

Los contaminaste no visibles deberán de controlarse por debajo de los valores máximos admisibles descritos en el plan de inspección, para determinar la concentración de iones cloruros se usa el método de extracción de sales Swabbing y determinación de cloruros con la cinta Quantab y para determinación de sales totales se usa el Parche Bresle (según SSPC–guía 15).

FIGURA Nº 6.14

IDENTIFICACIÓN DE MANCHAS DE ACEITES EN EL INTERIOR DE UN TANQUE



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.15

LAVADO DE UNA SECCIÓN DE SILO CON AGUA A PRESIÓN



Fuente: Elaboración propia

6.1.6. Etapa de preparación de superficie.

Se audita e inspecciona el grado de preparación de superficie de las estructuras metálicas para nuestra especificación la preparación de superficie debe alcanzar la calidad del metal blanco según la norma SSPC – SP5, la superficie debe estar libre de: contaminantes visibles, restos de soldadura, pegotes, filos cortantes, rebabas, etc. y tener un tono de color gris claro uniforme en toda la superficie, pudiendo variar de acuerdo al estado inicial de corrosión de la estructura metálica.

Las estructuras aprobadas según las normas técnicas continuarán con el proceso de aplicación de pintura, los que no cumplan serán repasadas con chorro abrasivo hasta alcanzar la calidad de superficie especificada.

FIGURA N° 6.16

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE AL METAL BLANCO (SSPC-SP5) DE UNA CELOSÍA –VISTA EXTERIOR



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.17

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE AL METAL BLANCO (SSPC-SP5) DE UNA CELOSÍA – VISTA INTERIOR



Fuente: Elaboración propia.

6.1.6.1. Perfil de rugosidad.

EL Perfil de rugosidad, el valor deberá encontrarse dentro de los valores especificados, por ejemplo, para la aplicación de pintura orgánica rica en zinc el perfil de rugosidad recomendado es 1,5 mils a 2,5 mils. Para alcanzar dicho perfil de rugosidad se recomienda realizar pruebas en estructuras similares al proyecto hasta alcanzar los valores especificados. La toma de muestra del perfil de rugosidad se realiza con equipos digitales o equipos manuales con cinta replica y se mide con el micrómetro. Para alcanzar el valor de perfil de rugosidad especificado se recomienda:

- Mantener una distancia de impacto del chorro abrasivo aprox. de 80 cm.
- El ángulo de incidencia de chorro abrasivo no debe ser superior los 45°.
- Mantener una presión de chorro abrasivo de 90 Psi.

FIGURA N° 6.18

**TOMA DE MUESTRA DE RUGOSIDAD
CON LA CINTA REPLICA**



FIGURA N° 6.19

MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD



Fuente: Elaboración propia.

6.1.7. Etapa de aplicación de recubrimiento base.

Se audita e inspecciona todos los parámetros de calidad que intervienen en la aplicación de pintura base rica en zinc Jet Zinc Organic 850 que consta de tres componentes (resina, catalizador y polvo de zinc), a continuación se describe:

- a)** Verificar que la pintura se encuentre en un ambiente adecuado sobre piso, techo y que las condiciones ambientales de almacenamiento sean óptimas.
- b)** El preparador y aplicador de pintura deberá estar debidamente homologado y contar con sus equipos de protección personal (casco, respirador, lentes, zapatos puntas de acero).
- c)** El equipo de aplicación de pintura deberá de estar en buen estado de operación, boquillas seleccionadas de acuerdo a las estructuras a pintar y cumplir con los requisitos exigidos en la ficha técnica de la pintura a aplicar.
- d)** Determinar el área de pintado e identificar zonas propensas a la corrosión.
- e)** Determinar la cantidad de pintura a usar considerando los porcentajes de pérdidas por cada tipo de estructura.
- f)** Verificar que las proporciones de los componentes de la pintura sean las correctas, el porcentaje de dilución según ficha técnica y los lotes de pintura se encuentren dentro del tiempo de garantía del producto.
- g)** Verificar que la pintura sea preparada en un recipiente limpio y agitado, para ello se recomienda usar un agitador Jiffy.
- h)** Verificar que la pintura sea filtrada con malla de nylon a fin de retener sólidos que puedan ocasionar atascamiento en la pistola.

- i) Medir las condiciones ambientales, estas deberán ser favorables ($HR > 85\%$ y $T_{\text{roció}} - T_{\text{superficie}} > 3^{\circ}\text{C}$) en el proceso de pintado y hasta por lo menos 02 horas después de ser aplicadas. Para la medición de la humedad relativa se usa el Psicrómetro, higrómetro, etc. y para medir la temperatura superficial de la estructura se usa el termómetro de contacto, pirómetro, etc.
- j) Verificar que el aire presurizado que se va a usar para la limpieza de restos de granalla y polvo presenten en las estructuras esté libre de humedad o grasas. Esta prueba de campo se realiza dirigiendo la manguera conteniendo aire comprimido hacia una hoja en blanco, donde se verifica si el aire contiene humedad al arrugarse el papel. Si el papel no sufre modificación alguna, el aire es aprobado y se continua con la limpieza.
- k) Medir la cantidad de presencia de polvo en las estructuras granalladas, estará deberá ser menor a la clase dos (ISO 8502–3), según patrón visual.

Una vez aprobado todos los parámetros de calidad, se inicia la aplicación de la pintura base, midiendo de forma constante el espesor de película húmeda.

FIGURA Nº 6.20

ALMACÉN DE RECUBRIMIENTOS



FIGURA Nº 6.21

PREPARACIÓN DEL RECUBRIMIENTO



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.22

AGITACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.23

FILTRACIÓN



FIGURA Nº 6.24

APLICACIÓN DE PINTURA A UN ENREJADO



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.25

MECICIÓN DE PELÍCULA HÚMEDA



6.1.8. Etapa de inspección de recubrimiento en capa base.

Se audita e inspecciona el recubrimiento base de las estructuras metálicas, en nuestro caso es la pintura orgánica rica en zinc Jet Zinc Organic 850, que por

especificación técnica del sistema de pintura el espesor mínimo aceptado es de 3.5 mils y máximo 5,0 mils por spot con un promedio de 4,0 mils de espesor de película seca. Se verifica que el recubrimiento base esté libre de defectos de aplicación de pintura tales como: piel de naranja, pulverizado, sobre pulverizado, zonas donde la pintura no cubrió “palomeo”, bajos o altos espesores de pintura, agujeros de alfileres, desprendimiento de pintura, etc.

El control de calidad de la contratista realiza la inspección de las estructuras al 100 % conforme al procedimiento de aplicación de pintura con la finalidad de que los espesores de pintura se encuentren dentro del rango especificado, identificar los defectos de aplicación, corregirlos y dar su aprobación inicial.

La inspección final y aprobación del recubrimiento base de las estructuras están a cargo de la Auditoría de calidad quien inspecciona un porcentaje del total de las estructuras a fin de verificar que dichas estructuras estén libres de defectos de aplicación que puedan ocasionar fallas prematuras y que los espesores de pintura se encuentren dentro del rango especificados. Si de encontrarse defectos de aplicación poco frecuentes son corregidos en el momento y el total de las estructuras quedan aprobadas para continuar con la siguiente etapa. Si los defectos de aplicación son frecuentes dichas estructuras no son aprobadas y se solicita al control de calidad realizar una segunda inspección del total de las estructuras hasta terminar de corregirlas.

En la siguiente figura representamos la inspección del control de espesor de película seca por la Auditoría de Calidad, el valor deberá estar en el rango especificado,

para nuestro caso de pintura base rica en zinc el espesor está en rango de 3,5 a 5,0 mils.

FIGURA N° 6.26

MEDICION DEL ESPESOR DE PINTURA BASE RICA EN ZINC EN UN PANEL DE COLECTOR DE POLVO



Fuente: Elaboración propia.

Defectos de aplicación identificados en la capa base rica en zinc:

FIGURA N° 6.27

FORMACION DE PIEL DE NARANJA



FIGURA N° 6.28

EPS MENORES A (3,5 A 5,0) mils



Fuente: Elaboración propia.

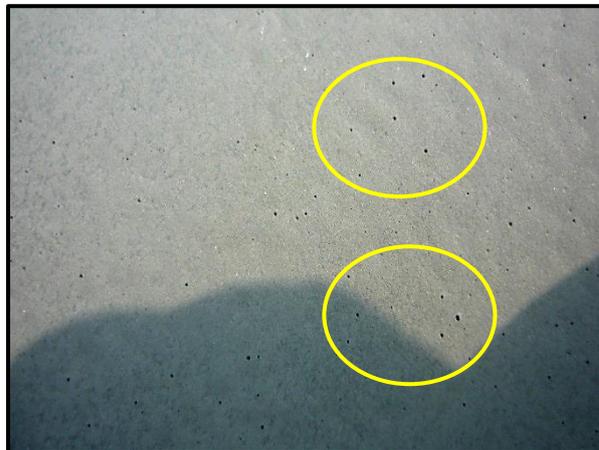
FIGURA N° 6.29

**ZONA DONDE LA PINTURA NO CUBRIO
(PALOMEO)**



FIGURA N° 6.30

AGUJEROS DE ALFILER



Fuente: Elaboración propia.

6.1.9. Etapa de aplicación de la capa refuerzo y capa de acabado.

6.1.9.1. Capa refuerzo (Stripe Coat).

La aplicación de la capa refuerzo se realiza con la finalidad de proteger las zonas propensas a la corrosión prematura tales como: bordes, cordones de soldadura, zonas de difícil acceso, etc. de las estructuras, hasta obtener una película uniforme y cubriendo el total del área aplicada.

La capa refuerzo conforme a nuestro sistema de pintura es elaborado a base de resinas Epoxi poliamida y el nombre comercial es Jet Mastic 800 que consta de dos componentes (resina y catalizador), se auditoria e inspecciona los siguientes parámetros de calidad:

- a) El preparador y aplicador de pintura deberá estar homologado por el proveedor de pinturas y contar con sus equipos de protección personal (casco, respirador, lentes, zapatos puntas de acero.
- b) Las condiciones ambientales (ASTM D3276/E337), deberán ser favorables si la $HR > 85\%$ y la diferencia de la $T_{\text{roció}} - T_{\text{superficie}} > 3^{\circ}\text{C}$.
- c) La pintura para la aplicación de la capa de refuerzo consta de dos componentes (resina y catalizador) estos componentes deben estar preparados en un recipiente limpio y con las proporciones descritas en la ficha técnica de la pintura.
- d) La aplicación de la capa refuerzo o franjeo se realiza con brocha hasta 2 pulgadas a cada lado de los bordes y cordones de soldaduras de las estructuras, esta capa protectora presentara una película uniforme cubriendo el total de la zona franjeada.

FIGURA N° 6.31

APLICACIÓN DE LA CAPA REFUERZO



FIGURA N° 6.32

INSPECCIÓN DE LA CAPA REFUERZO



Fuente: Elaboración propia.

6.1.9.2. Aplicación de la capa de acabado.

La capa de acabado conforme a nuestro sistema de pintura es a base de resina Epoxi poliamida con aditivo Glass Flake y de nombre comercial Jet Mastic 800GFK, consta de tres componentes (resina, catalizador y aditivo GFK), se audita e inspecciona los siguientes parámetros de calidad:

- a)** El preparador y aplicador de pintura deberá estar debidamente homologado y contar con sus equipos de protección personal (casco, respirador, lentes, zapatos con puntas de acero y otros que amerite).
- b)** El equipo de aplicación de pintura deberá de estar en buen estado de operación, boquillas seleccionadas de acuerdo a las estructuras a pintar y cumplir con los requisitos exigidos en la ficha técnica de la pintura a aplicar.
- c)** Determinar el área de pintado y determinar la cantidad de pintura a usar considerando los porcentajes de pérdidas por cada tipo de estructura.
- d)** Verificar que las proporciones de los componentes de la pintura de acabado (resina, catalizador y hojuelas de vidrio) sean las correctas, el porcentaje de dilución según ficha técnica y los lotes de pintura se encuentren dentro del tiempo de garantía del producto.
- e)** Verificar que la pintura sea preparada en un recipiente limpio y agitado, para ello se recomienda usar un agitador Jiffy.
- f)** Verificar que la pintura (resina y catalizador) sea filtrada con malla de nylon antes de agregar las hojuelas de vidrio.
- g)** Medir las condiciones ambientales, estas deberán ser favorables ($HR > 85\%$ y $T_{\text{rocio}} - T_{\text{superficie}} > 3^{\circ}\text{C}$) en el proceso de pintado y hasta por lo menos dos

horas después de ser aplicadas. Para la medición de la humedad relativa se usa el Psicrómetro, higrómetro, etc. y para medir la temperatura superficial de la estructura se usa el medidor de Temperatura de superficie esta puede ser de contacto tipo reloj o con medidor laser (pirómetro).

Una vez aprobados todos los parámetros de calidad, se inicia la aplicación de la pintura de acabado con Hojuelas de vidrio, midiendo el espesor de película húmeda en forma constante con el instrumento tipo muesca a 12,0 mils aun porcentaje de dilución del 20% según ficha técnica.

FIGURA N° 6.33

COMPONENTES DEL RECUBRIMIENTO DE ACABADO (RESINA, CATALIZADOR Y GFK)



FIGURA N° 6.34

PREPARACION DE RECUBRIMIENTO DE ACABADO



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.35

MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 6.36

MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE CON PIROMETRO



FIGURA N° 6.37

APLICACIÓN DE LA CAPA DE ACABADO



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.38

MEDICIÓN DE LA PELÍCULA HUMEDA



6.1.10. Inspección del recubrimiento en la capa de acabado.

Etapa final del proceso de protección superficial con recubrimiento, se audita e inspecciona el recubrimiento en capa acabado de las estructuras metálicas, en nuestro

caso es la pintura Epoxi Poliamida con Hojuelas de vidrio Jet Mastic 800GFK, que por especificación técnica el espesor mínimo aceptado es de 12,0 mils y máximo 20,0 mils por spot del sistema de pintura. Se verifica que el recubrimiento de acabado esté libre de defectos de aplicación de pintura tales como: Piel de naranja, Pulverizado, sobre pulverizado, zonas donde la pintura no cubrió “palomeo”, bajos o altos espesores de pintura, pinholes, etc.

El control de calidad de la contratista realiza la inspección de las estructuras al 100% conforme al procedimiento de aplicación de pintura con la finalidad de que los espesores de pintura se encuentren dentro del rango especificado, identificar los defectos de aplicación, corregirlos y dar su aprobación.

La inspección final y liberación del recubrimiento en capa acabado con Jet Mastic 800GFK de las estructuras están a cargo de la Auditoría de calidad quien inspecciona un porcentaje del total de las estructuras aprobadas por el control de calidad a fin de verificar que dichas estructuras estén libres de defectos de aplicación que puedan ocasionar fallas prematuras y que los espesores de pintura se encuentren dentro del rango especificados.

De encontrarse defectos de aplicación poco frecuentes son corregidos en el momento y el total de las estructuras quedan aprobadas y liberadas. Si los defectos de aplicación son frecuentes dichas estructuras no son aprobadas y se solicita al control de calidad realizar una segunda inspección del total de las estructuras y su reparación.

En la siguiente figura se representa a un auditor de calidad realizando una de las inspecciones de control del sistema de recubrimiento, la medición de espesor.

FIGURA N° 6.39

INSPECCIÓN DEL CONTROL DE ESPESORES DE LA CAPA DE ACABADO



Fuente: Elaboración propia.

Defectos de aplicación identificados en el acabado con Jet Mastic 800 GFK:

FIGURA N° 6.40

FORMACIÓN DE PIEL DE NARANJA



FIGURA N° 6.41

AGUJERO DE TENSIÓN SIN CUBRIR



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.42

ZONAS SIN CUBRIR (PALOMEO)



FIGURA N° 6.43

CORDÓN DE SOLDADURA SIN CUBRIR

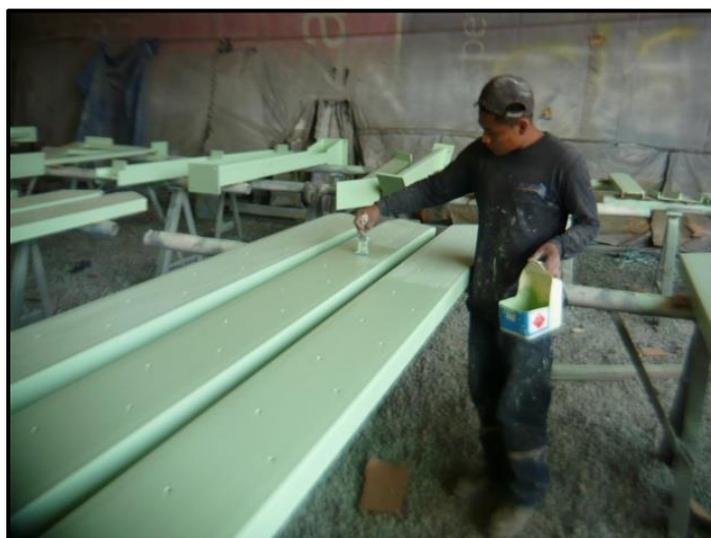


Fuente: Elaboración propia.

Para los resanes superficiales solo en la capa de acabado deberá se restituirse el espesor especificado cumpliendo con los parámetros de calidad. Si los resanes implica también la capa base se restituirá el sistema de pintura completo.

FIGURA N° 6.44

REPARACIONES DE DEFECTOS DE APLICACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Aplicación de la metodología de auditoria de calidad en recubrimientos para el proyecto: “Ampliación de la capacidad de producción de planta – Atocongo”. obra: Electrofiltro - pintado exterior de virolas de chimenea del horno 1.

El presente informe de campo registra la labor de la Auditoria de Calidad e Inspección Técnica desarrolladas a través de la empresa American Consult Perú en el proceso de protección superficial con recubrimiento de la obra: "Electrofiltro: Pintado exterior de Virolas de Chimenea del Horno1", en el periodo de fabricación del 13 de febrero al 13 de marzo del 2011.

La Empresa contratista Metal Mecánica HAUG S.A., responsable de la Fabricación y Montaje Mecánico de Estructuras, Equipos y demás, correspondientes a la obra en mención, es responsable también de la Preparación de Superficie y Aplicación de los Recubrimientos para la Protección Anticorrosiva de las Estructuras Metálicas.

6.2.1. Lugar de la preparación de superficie y aplicación de las pinturas.

La preparación de superficie y la aplicación de las pinturas de las estructuras metálicas, tanto de la capa base como de la capa de acabado, fue realizada en el Taller de la Empresa HAUG S.A., ubicada en Lurín a la altura del Km 32 de la antigua Panamericana Sur. La cámara de granallado y la cabina de pintura fueron inspeccionadas, evaluadas y aprobadas antes de iniciar las operaciones de granallado y pintado.

a) Descripción de las Estructuras.

- Virola N° 1 del tramo N° 1 de la Chimenea del Horno 01.

b) Estado de Oxidación inicial del Acero.

El estado inicial de la superficie según el patrón visual de la SSPC-VIS 1 (The Society for Protective Coatings), mostro los siguientes resultados:

- Grado de Oxidación “A” con cascarilla de laminación intacta: 20% del total de la estructura.
- Grado de Oxidación “B” con ligero desprendimiento de la cascarilla de laminación corrosión leve: 30% del total de los elementos.
- Grado de Oxidación “C” con cascarilla de laminación eliminada, no existen picaduras: 40% de los elementos.
- Grado de Oxidación “D” con cascarilla de laminación eliminada, existen picaduras: 10% de los elementos.

6.2.2. Sistema de pintura especificado (superficie de alta temperatura).

El sistema de pintura aplicado se encuentra establecido en las Especificaciones Técnicas de la obra “Electrofiltro: Pintado exterior de Virolas de Chimenea del Horno1 – Procedimiento en Taller”

CUADRO N° 6.2

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y SISTEMA DE PINTURA

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE			
Limpieza al metal blanco con chorro de abrasivos según norma SSPC – SP5. Perfil de Rugosidad: 1,5 – 2,0 mils.			
SISTEMA DE PINTURA			
Capa	Pinturas	Espesor Seco (mils)	Producto Aprobado
1 ^{ra}	SSPC – Paint Specification N°20, tipo II, nivel 1 Antic. Zinc Rich Epoxy, > 85% zinc en película seca	3,0	Dimetcote 9
Mist Coat	De un componente, tipo Silicona modificada, con un mínimo de 55% s.v., resistente a altas temperaturas (hasta 538°C).	-----	Amercoat 3279
2 ^{da}	De un componente, tipo Silicona modificada, con un mínimo de 55% s.v., resistente a altas temperaturas (hasta 538°C).	2,0	Amercoat 3279
Espesor Total Eficaz de la Película Seca del Sistema Completo de Pintura: 5,0 mils, mínimo.			

Fuente: Especificación Técnica.

6.2.3. Especificaciones y documentos de referencia.

Son las siguientes:

- a) Anexo 3.3 Protección de Superficies y Garantías Rev.1.- Especificaciones Generales para la Preparación de Superficies, Aplicación de Recubrimientos y Garantías de las Bases de la Licitación Privada N° 2107–BL–005: PRIMERA ETAPA – AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE ATOCONGO – ELECTROFILTRO.
- b) “Procedimiento de Aplicación de Pinturas en Taller” de la contratista HAUG S.A.

- c) "Plan de Inspección" presentado por la contratista HAUG S.A., donde se establecen las Normas Técnicas de referencia para las evaluaciones, los puntos de control y los parámetros de aceptación o rechazo en cada una de las etapas del Tratamiento anticorrosivo de la superficie.
- d) Propuesta Técnica de los Servicios de Auditorías de Calidad e Inspección de American Consult Perú para la protección superficial con recubrimientos del mencionado proyecto.
- e) Información Técnica de los productos: Dimetcote 9, y AMERCOAT 3279 – ALUMINIO, con sus respectivas Hoja de Seguridad (MSDS)
- f) Normas Técnicas de Referencia: ASTM, SSPC, NACE o ISO.

6.2.4. Equipos e instrumentos de inspección.

Son las siguientes:

- a) Medidor Digital de Espesor de Película Seca: El cometer 456
- b) Patrón estándar de calibración El cometer 990: Método de los dos puntos en plancha rugosa.
- c) Instrumento para medición de condiciones medio ambientales Sling Psychrometer.
- d) Micrómetro (Medidor) de perfil de rugosidad con cinta de réplica, escala de 1,5 a 4,5 mils.
- e) Medidor de espesor de película húmeda: KTA Instruments.
- f) Detector de Pinholes o Partes descubiertas, El cometer 270, de Triple voltaje: 9; 67,5 y 90 V (sólo para detectar fallas)

- g) Termómetro de Superficie.
- h) Espejo retrovisor para visión en zonas de difícil acceso.
- i) Magnificador Iluminado de 50 X
- j) Magnificador 8 X y linterna.
- k) Cámara fotográfica digital Kodak C533.
- l) Patrón Visual de Fallas, Dpto. The Navy USA, Naval Civil Engineering Laboratory.

6.2.5. Resumen de inspección de calidad del proceso de aplicación y el sistema de pintado final (alta temperatura).

El resumen de las inspecciones de calidad para las estructuras con sistema de pintura para alta temperatura son:

- a) **Elementos Inspeccionados en la Preparación de Superficie y Pintado con Capa Base.** - Referido a la Auditoria de Calidad e Inspección del proceso de preparación de superficie (incluye Lavado de las estructuras y Limpieza con Chorro Abrasivo) y durante la aplicación de la Capa Base Dimetcote 9 verde.
- b) **Elementos Inspeccionados con la Capa Base.** - Referido a la Auditoria de Calidad e Inspección de la película seca de elementos imprimados con capa base Dimetcote 9 verde a 3,0 mils de espesor de película seca, del exterior de las estructuras metálicas.

c) Elementos Inspeccionados durante el Pintado de la Capa de Acabado. -

Referido a la Auditoria de Calidad e Inspección de elementos en proceso de aplicación con Amercoat 3279 a 4,0 mils de espesor en película húmeda.

d) Elementos Inspeccionados con la Capa de Acabado. - Referido a la Auditoria

de Calidad e Inspección de la película seca de los elementos con la capa de acabado, como min. 5,0 mils y máx. 7,0 mils de espesor en película seca. Según Procedimiento de Aplicación de Pintura en Taller.

6.2.6. Cuadros de resumen de estructuras inspeccionadas y liberadas.

a) Sistema de Pintura de Alta Performance para Alta Temperatura.

CUADRO Nº 6.3

RESUMEN DE ELEMENTOS INSPECCIONADOS

Fecha	Elementos Inspeccionados en el arenado y en la Aplicación de Capa Base	Elementos Inspeccionados con Capa Base	Elementos Inspeccionados durante la Aplicación de Capa Acabado	Elementos Inspeccionados con Capa de Acabado
05 de marzo 2011	Inspección Visual del arenado de la Virola 1 perteneciente al tramo Nº 1 de la chimenea.			
06 de marzo 2011	Inspección del arenado y aplicación de capa base a: Virola 1 Tramo Nº 1 de la Chimenea. Medición del perfil de rugosidad	Inspección del recubrimiento y control de espesores en capa base a: Virola 1 Tramo Nº1 de la Chimenea.		

07 de marzo 2011			Inspección de aplicación de pintura en capa de acabado a la Virola 1 del Tramo N° 1 de la Chimenea.	
08 de marzo 2011			Inspección de reparaciones de recubrimiento en capa de acabado a la Virola 1 Tramo N° 1 de la Chimenea	
09 de marzo 2011				Inspección del recubrimiento en capa acabado y control de espesores a la Virola 1 Tramo N° 1 de la Chimenea

Fuente: Elaboración Propia.

CUADRO N° 6.4

RESUMEN DE ESTRUCTURAS LIBERADAS

FECHA	ELEMENTOS	CONSIDERACIONES FINALES
09 de marzo 2011	Virola 1 Tramo N° 1 de la Chimenea	La Virola N° 01 fue liberada cumpliendo los estándares de calidad según el procedimiento de aplicación de pintura y el plan de calidad.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.7. Inspección de calidad del proceso de aplicación del sistema de pintado en taller.

6.2.7.1. Resultados de la inspección de la preparación de superficie.

CUADRO Nº 6.5

INSPECCIÓN DE LA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE (RESULTADOS)

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	OBSERVACIONES / CORRECCIONES
INSPECCIÓN VISUAL PRE – GRANALLADO		
Contaminantes Visibles (ASTM D3276)	Presencia de grasas en zonas puntuales de la Virola N° 01 en forma de manchas oscuras.	La estructura se lavó con detergente industrial biodegradable Deterjet 20 (diluido 1:20 en agua) en su totalidad.
Defectos de Fabricación (NACE RP 0178)	Se identificó filos cortantes en los bordes del cilindro de la Virola de la chimenea. Se verifico que la Virola esté libre de restos de soldaduras o pegotes.	Estos bordes irán soldados por lo que no fue necesario eliminar el filo.
Estado de Oxidación (SSPC–VIS2)	Grado de Oxidación Tipo "B" un 20% con presencia desprendimiento de cascarilla de laminación y del Tipo "C" un 80% sin cascarilla de laminación no presenta picaduras, conforme a SSPC – VIS 2	Ninguna.
INSPECCIÓN DEL ABRASIVO (SSPC – AB2 / AB3)		
Abrasivo	Arena de Rio.	Abrasivo de un solo uso, debido al impacto con la estructura se hace polvo.

Sistema de Arenado.	El sistema de arenado Manual está compuesto por una Tolva de Alimentación, tanque pulmón y compresora.	El abrasivo (arena) es alimentada a una tolva manualmente, el cual en la parte inferior a través de mangueras entra en contacto con la línea de aire proveniente del tanque pulmón, arrastrando el abrasivo para impactar en la estructura.										
Determinación de Aceite (SSPC Abrasive Specification AB2, Limpieza de Abrasivos Metálicos Ferrosos Recicladados)	Ausencia de Aceites / Grasa	Se realizó la prueba cualitativa de detección de grasas y / o aceites en la arena, cuyo resultado fue "AUSENCIA DE GRASA".										
Granulometría por el "Método estándar para determinación de finos y gruesos" (ASTM C-136-1)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº de Malla</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Malla 40</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Malla 60</td> <td>80.0%</td> </tr> <tr> <td>Malla 80</td> <td>15.0%</td> </tr> <tr> <td>Ciego.....</td> <td>5.0%</td> </tr> </tbody> </table>	Nº de Malla	Porcentaje	Malla 40	0.0%	Malla 60	80.0%	Malla 80	15.0%	Ciego.....	5.0%	El mayor porcentaje de partículas de arena está retenido entre la malla 40 y malla 60 con un 80%.
Nº de Malla	Porcentaje											
Malla 40	0.0%											
Malla 60	80.0%											
Malla 80	15.0%											
Ciego.....	5.0%											
Determinación de Conductividad del Abrasivo (ASTM D4940/SSPC-AB2)	Mínimo 243 μ siemens/cm Máximo 250 μ siemens/cm	Dichos valores se encuentran por debajo del máximo permitido de 1000 μ siemens/cm										
INSPECCIÓN DEL AIRE												
Contaminación (ASTM D 4285)	Aire limpio (Exento de humedad o grasas)	Se realizó la prueba para determinar contaminantes en el aire para la preparación de superficie, dirigiendo la línea de aire presurizado hacia una hoja de papel.										
Presión (Manómetro)	Compresor 90 Psi	Presión a la Salida del compresor.										
CONDICIONES AMBIENTALES (ASTM E337)												
Variables Medidas: Temperatura Bulbo Húmedo Temperatura Bulbo Seco	Variaciones en el periodo de producción: 21,0°C – 22,0°C 25,0°C – 26,0°C	La preparación de superficie se realizó dentro de las condiciones ambientales favorables y éstas varían a lo largo del día.										

Temperatura de Superficie	26,0°C – 30,0°C	
Temperatura de Rocío	19,0°C – 20,0°C	
Humedad Relativa	64,0% – 77,0%	
T. Sup. – T. Rocío (Δ)	07,0°C – 11,0°C de diferencia.	
INSPECCIÓN DEL GRANALLADO (SSPC VIS 1)		
Limpieza de Superficie	La Virola alcanzo la preparación de superficie al grado metal blanco según normas SSPC – SP5	Se identificaron zonas en la superficie exterior de la Virola 1 donde no había alcanzaron el grado de limpieza especificado. Dichas zonas fueron repasadas con chorro abrasivo de arenado puntual hasta alcanzar el metal blanco.
Perfil de Rugosidad (ASTM 4417)	Valores Obtenidos: 2,0 – 2,5 (Cinta réplica)	Se obtuvo 2,2 mils del promedio de tres medidas, se trabajará con este perfil y gradualmente se irá disminuyendo.
Tiempo de Exposición	Máximo 30 minutos antes de ser recubierto con la pintura base Rica en zinc.	Se extendió el tiempo de pintado hasta 60 minutos por la magnitud de la estructura Virola N° 1 de 200m ² aprox. La Auditoria de calidad verifico que la Virola se mantenga en la calidad se superficie especificada al momento de iniciar el pintado.
Post – Limpieza (ISO 8502 – 3)	Se eliminó polvo con aire a presión, antes de la aplicación de la pintura en capa base.	Los restos de arena y polvo son eliminados con aire presurizado. Se identificó presencia de polvo menor a la clase 2. Conforme.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7.2. Registro de las condiciones ambientales en la aplicación de la capa base Dimetcote 9 – verde.

CUADRO N° 6.6

REGISTRO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN CAPA BASE

Fecha	Temperatura				% Humedad Relativa	T° Sup. – T° Rocío
	Bulbo Húmedo	Bulbo Seco	Superficie	Rocío		
06 marzo 2011	22,0	26,0	30,0	20,0	71,0	10,0
	22,0	26,0	28,0	20,0	71,0	8,0
	21,0	25,0	26,0	19,0	70,0	7,0

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7.3. Registro de las condiciones de aplicación de la capa base Dimetcote 9 – verde.

CUADRO N° 6.7

CONDICIONES DE APLICACION DE LA CAPA BASE

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	OBSERVACIONES / CORRECCIONES
Equipo de Aplicación (ASTM D 3276)	Equipo Airless Neumático Marca Graco 45: 1 con Boquilla N° 225	Equipo recomendado para la aplicación de la capa base rica en zinc. La boquilla N° 225 es seleccionado por las grandes dimensiones de la Virola N° 01 de la Chimenea.
Presión de Aplicación (ASTM D 3276)	70 psi de presión a la entrada del equipo Airless Graco.	Se proyecta una presión de salida de 3150 Psi.
Porcentaje de Dilución	12,5% con Amercoat 101ZN (Equipo Airless Graco)	Se diluyo en el porcentaje recomendado según la ficha técnica de la pintura. No se registró descolgamiento de pintura.
Filtración de pintura preparada (ASTM D 3276)	Sí	La pintura preparada (resina y catalizador) es filtrada con malla

		de Nylon.
Agitación y mezcla de la pintura (ASTM D 3276)	Sí	Se utiliza una hélice adaptado a un taladro para agitar los componentes (resina y catalizador) de la pintura preparada en un recipiente limpio.
Tiempo de Inducción (Hoja Técnica del Dimetcote 9)	Ninguno	La hoja técnica no considera el tiempo de inducción.
Espesor de Película Húmeda (SSPC – PA 1)	No se midió el EPH	No se midió la película húmeda, por su rápido secado.
Pre – Preparación de Superficie (Verificación de ausencia de contaminantes – polvo adherido)	Limpieza con aire a presión.	Se eliminan impurezas y polvo residual de la Limpieza con Chorro Abrasivo (arena).

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7.4. Registro de los lotes de pintura base Dimetcote 9–verde.

CUADRO Nº 6.8

LOTES DE LA PINTURA DIMETCOTE 9 - VERDE

Fechas	Dimetcote 9 – Verde	
	Componente Liquido	Polvo de Zinc
06 marzo 2011	17377.0111	17688.0111

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7.5. Registros de la inspección de EPS y gráfico de la capa base Dimetcote 9 – verde.

CUADRO N° 6.9

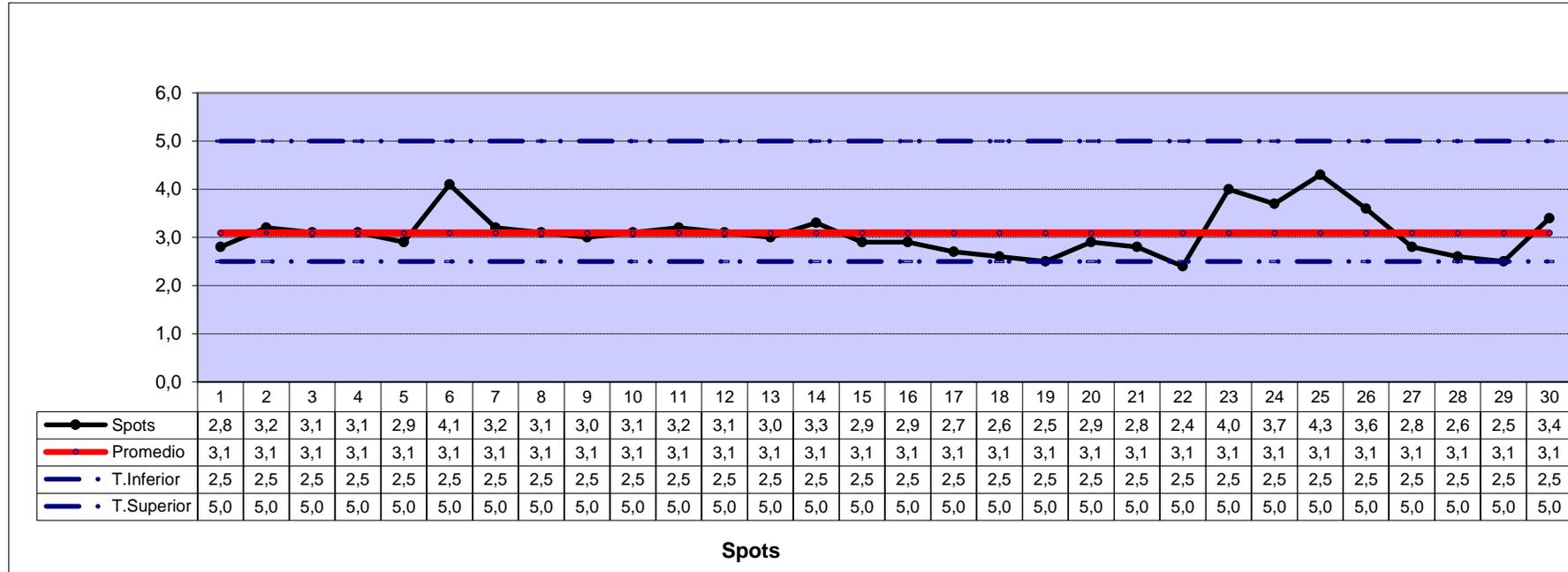
REGISTRO DE ESPESORES DE PELICULA SECA DE LA CAPA BASE

ELEMENTO	VIOLA 01: TRAMO N°1 DE LA CHIMENEA										
PINTADOS / INSPECCIONADOS	01 // 01 - 06/03/2011										
CÓDIGO	N°01										
ZONAS INSPECCIONADAS	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	PROMEDIO
AREA TOTAL DE LAS ESTRUCTURAS	2,8	3,1	3,2	3,1	3,0	2,9	2,5	2,4	4,3	2,6	3,11
	3,2	2,9	3,1	3,2	3,3	2,7	2,9	4,0	3,6	2,5	
	3,1	4,1	3,0	3,1	2,9	2,6	2,8	3,7	2,8	3,4	
OBSERVACIONES / COMENTARIOS	EPS dentro del rango especificado.										

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO N° 6.1

GRAFICO DE ESPESORES EN CAPA BASE – VIOLA N° 01 DEL TRAMO 1 DE LA CHIMENEA – 06/03/2011



Del gráfico de espesores de pintura en Capa Base, se obtiene un valor mínimo de spot de 2,4 mils y un valor máximo de spot de 4,3 mils. El promedio obtenido es 3,1 mils (línea roja), valor aceptado por encontrarse dentro del rango especificado.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7.6. Registro de la inspección visual de defectos de aplicación en la capa base Dimetcote 9 – verde.

CUADRO N° 6.10

INSPECCIÓN VISUAL DE DEFECTOS DE APLICACIÓN EN CAPA BASE

ESTRUCTURA	IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS	OBSERVACIONES / COMENTARIOS
Virola 1 Tramo N° 1 de la Chimenea	Zonas con bajos espesores de película seca.	Las zonas con bajos espesores de pintura fueron repintadas inmediatamente acabado la aplicación general de pintura base.
	Zonas con presencia de over spray.	Las zonas con presencia de over spray sobre la capa base fueron eliminadas con un suave lijado.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.8. Resultados de la inspección de aplicación de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.

6.2.8.1. Registro de las condiciones ambientales en la aplicación de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.

CUADRO N° 6.11

REGISTRO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LA CAPA DE ACABADO

Fecha	Temperatura				% Humedad Relativa	T° Sup. – T° Rocío
	Bulbo Húmedo	Bulbo Seco	Superficie	Rocío		
07 marzo 2011	22,0	26,0	30,0	20,0	71,0%	10,0
	22,0	26,0	28,0	20,0	71,0%	8,0
	20,0	23,0	26,0	19,0	76,0%	7,0
08 marzo 2011	22,0	26,0	26,0	20,0	71,0%	6,0
	20,0	24,0	25,0	18,0	70,0%	7,0

Fuente: Elaboración propia.

6.2.8.2. Registro de las condiciones de aplicación de la capa de acabado

Amercoat 3279 – aluminio.

Previa a la aplicación de la Capa Final de AMERCOAT 3279 – ALUMINIO, se realizó un Mist Coat a toda la superficie de la estructura, de acuerdo a las especificaciones técnicas del Pintado del Exterior de la Chimenea del Horno 01.

CUADRO N° 6.12

CONDICIONES DE APLICACION DE LA CAPA DE ACABADO

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	OBSERVACIONES / CORRECCIONES
Equipo de Aplicación (ASTM D 3276)	Equipo Airless Neumático Marca Graco 45:1 con Boquilla N° 225	Equipo recomendado para la aplicación de la capa de acabado. La boquilla N° 225 es seleccionado de acuerdo a las dimensiones de la Virola.
Presión de Aplicación (ASTM D 3276)	El equipo de aplicación registra una presión de entrada de 70 Psi.	La presión de salida supera los 3000 Psi, dicha presión es conforme para la aplicación del producto según su ficha técnica.
Porcentaje de Dilución	12,5% con Amercoat 65	Se diluyo a un 10% para evitar chorreaduras de pintura.
Filtración de pintura preparada (ASTM D 3276)	No	La pintura diluida de un solo componente no se filtra puesto que contiene pigmentos de aluminio que pueden quedar retenidos en la malla de Nylon
Agitación y mezcla de la pintura (ASTM D 3276)	Sí	Se utiliza una hélice adaptado a un taladro para agitar el único componente y evitar que los sólidos se depositen en el fondo del recipiente.
Tiempo de Inducción (Hoja Técnica del Amercoat 3279)	Ninguno	La hoja técnica no considera el tiempo de inducción.
Espesor de Película Húmeda (SSPC – PA 1)	4 mils	Se utiliza galletas de acero para medir el EPH recomendado en la ficha técnica de la pintura.

Condiciones Ambientales (ASTM E337)		
Temperatura Bulbo Húmedo	20,0°C – 22,0°C	Varían en el transcurso del día
Temperatura Bulbo Seco	23,0°C – 26,0°C	
Temperatura de Superficie	25,0°C – 30,0°C	
Temperatura de Rocío	18,0°C – 20,0°C	
Humedad Relativa	70,0% – 76,0 %	
T. Sup. – T. Rocío (Δ)	06,0°C – 10,0°C.	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.8.3. Registro de los lotes de pintura de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.

La pintura de acabado es de un solo componente.

CUADRO 6.13

LOTES DE LA PINTURA AMERCOAT 3279 -ALUMINIO

Fechas	Amercoat 3279 - Aluminio
	Resina
08 marzo 2011	17649.0111
09 marzo 2011	17649.0111

Fuente: Elaboración propia.

6.2.8.4. Registro de la inspección de EPS y gráfico de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.

CUADRO N° 6.14

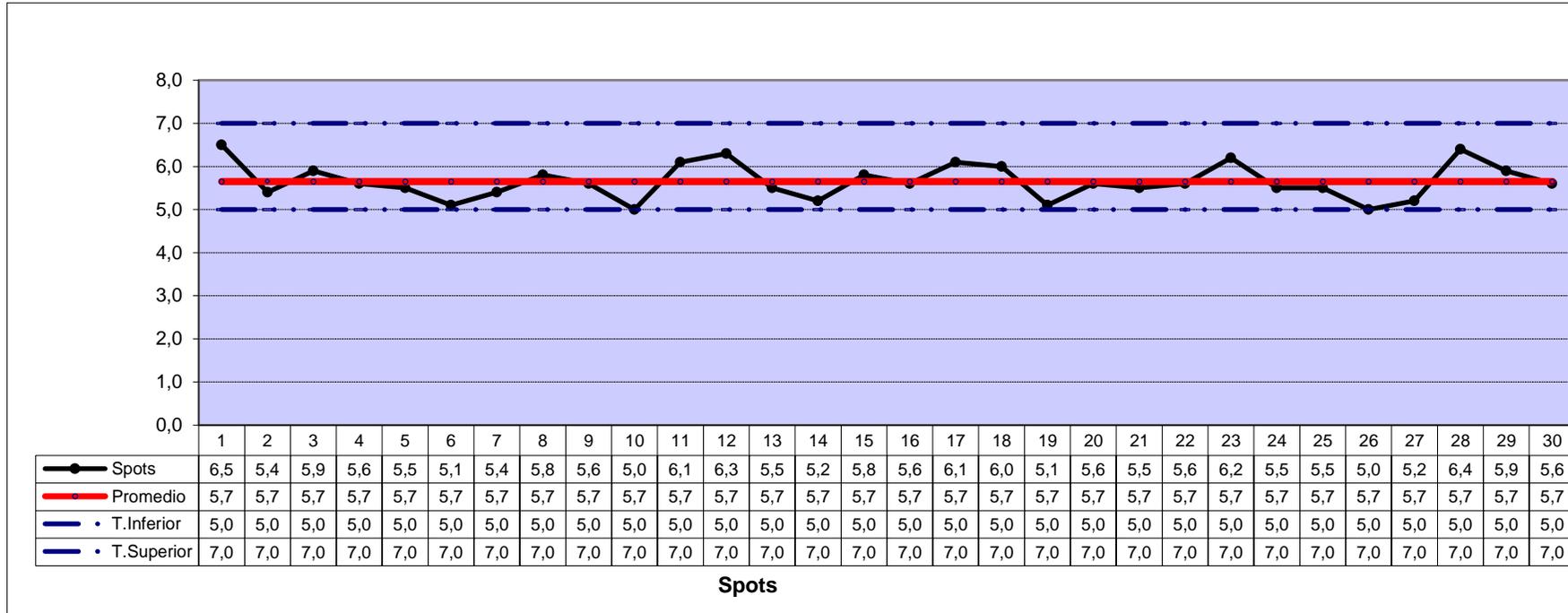
REGISTRO DE ESPESORES DE PELICULA SECA DE LA CAPA DE ACABADO

ELEMENTO	VIROLA 01: TRAMO N°1 DE LA CHIMENEA										
PINTADOS / INSPECCIONADOS	01 // 01 – 09/03/2011										
CÓDIGO	N° 01										
ZONAS INSPECCIONADAS	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	SPOT	PROMEDIO
AREA TOTAL DE LA ESTRUCTURA	6,5	5,6	5,4	5,0	5,5	5,6	5,1	5,6	5,5	6,4	5,65
	5,4	5,5	5,8	6,1	5,2	6,1	5,6	6,2	5,0	5,9	
	5,9	5,1	5,6	6,3	5,8	6,0	5,5	5,5	5,2	5,6	
OBSERVACIONES / COMENTARIOS	EPS dentro del rango especificado.										

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO N° 6.2

GRAFICO DE ESPESORES EN LA CAPA DE ACABADO – VIROLA N° 01 DEL TRAMO 1 DE LA CHIMENEA – 06/03/2011



Del gráfico de espesores de pintura en Capa Acabado (sistema completo), se obtiene un valor mínimo de spot de 5,0 mils y un valor máximo de spot de 6,4 mils. El promedio obtenido es 5,7 mils (línea roja), valor aceptado por encontrarse dentro del rango especificado.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.8.5. Registro de la inspección visual de defectos de aplicación en la capa de acabado con Amercoat 3279 – aluminio.

CUADRO N° 6.15

INSPECCIÓN VISUAL DE DEFECTOS DE APLICACIÓN EN CAPA ACABADO

ESTRUCTURAS	IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS	OBSERVACIONES / COMENTARIOS
Virola 1 Tramo N° 1 de la Chimenea	Puntos de apoyo donde la pintura de acabado no cubrió.	Los puntos de apoyo fueron lijados y se aplicó los resanes de la capa de acabado con equipo Airless.
	Zonas con bajos espesores de pintura.	Las zonas con bajos espesores de pintura fueron aumentadas, aplicando pintura con equipo Airless.
	Zonas con presencia de pulverizado en un área del 30% de la Virola N° 01	En dichas zonas se removió todo el sprayado seco con lijas y se aplicó una nueva capa de pintura de acabado hasta los espesores especificados.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.9. Reporte fotográfico de la auditoría de calidad en el proceso de aplicación de los recubrimientos.

FIGURA Nº 6.45

ETAPA DE PRE – PREPARACIÓN DE SUPERFICIE – 05.03.2011



Inspección del estado de los elementos en Fierro Negro de Virolas de la Chimenea. Presentaban corrosión en grado B en un 20% con desprendimiento de la cascarilla de laminación y corrosión grado C en un 80% con total desprendimiento de la cascarilla de laminación. (SSPC – VIS2).

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.46

ETAPA DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE – 06.03.2011



Inspección de la limpieza con chorro abrasivo (arena) del tramo 1 de la Chimenea, alcanzo el grado de limpieza especificado al grado metal blanco según norma SSPC-SP5

Cabina para la aplicación de pintura base y acabado de las Virolas de la chimenea.

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.47

ETAPA DE APLICACIÓN DE LA CAPA BASE – 06.03.2011



Medición del perfil de rugosidad, se registró un valor de promedio de 2.2 mils. Admisible.

Inspección de la preparación de la pintura base Dimetcote 9.

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.48

ETAPA DE APLICACIÓN DE LA CAPA BASE – 06.03.2011



Inspección de aplicación de pintura base Dimetcote 9 (Zinc inorgánico), debido al secado rápido de la pintura no se midió el espesor de película húmeda.

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.49

ETAPA DE INSPECCION DE LA CAPA BASE – 06.03.2011

	
Identificación de bajos espesores de pintura en capa base Dimetcote 9, el control de espesores después de secado al tacto duro.	Después de realizar los resanes en capa base, se registraron espesores de pintura dentro de los valores especificados. Conforme.

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.50

ETAPA DE APLICACIÓN DE LA CAPA DE ACABADO - 07.03.2011

	
Agitación del único componente de la pintura de acabado Amercoat 3279 – Aluminio.	Inspección de aplicación de pintura acabado Amercoat 3279 – Aluminio a la Virola N°01.

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.51

ETAPA DE INSPECCION DE LA CAPA DE ACABADO – 08.03.2011



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 6.52

INSPECCION DE REPARACIONES DE LA CAPA ACABADO – 08.03.2011



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.53

ETAPA DE INSPECCION FINAL DE LA CAPA DE ACABADO - 09.03.2011

	
<p>Inspección del recubrimiento, control de espesores y liberación de la Virola N° 01 de la Chimenea.</p>	<p>Control de espesores de pintura, los espesores de pintura se encontraron dentro del rango especificado. Conforme</p>

Fuente: Elaboración propia.

VII. APORTES REALIZADOS A LA EMPRESA.

7.1. Mejoramiento de las condiciones ambientales en la cabina de pintado del taller de HAUG en Lurin para la aplicación de pintura en el turno noche. obra: Electrofiltro – pintado de virolas de la chimenea del horno 1.

La aplicación de las pinturas en las Virolas de la Chimenea del Horno 01 por ser de gran tamaño con áreas entre los 120 a 200 m² requería mayores tiempos en su aplicación. La aplicación de las pinturas en las estructuras se ejecuta solo si las condiciones ambientales son favorables ($HR < 85\%$ y la $T^{\circ}\text{superficie} - T^{\circ}\text{rocio} > 3^{\circ}\text{C}$) y esta condición se cumplía hasta las 17:00 o 18:00 Horas aprox. en el interior de la cabina de pintado del taller de HAUG ubicado en Lurin cercano al mar, por lo se requería modificar las condiciones ambientales a favorables en el horario del turno noche hasta las 20:00 horas aprox. y completar el proceso de aplicación de pintura a las Virolas.

7.1.1. Monitoreo de las condiciones ambientales sin acondicionamiento de la cabina de pintado.

El acondicionamiento de la cabina de pintado se planteó en base a identificar el punto de quiebre, en qué horas del día las condiciones ambientales son favorables y hasta que hora ya no son favorables, por lo que fue necesario realizar las mediciones de las condiciones ambientales en la cabina de pintura y como resultado se creó el siguiente cuadro:

CUADRO N° 7.1

MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA IDENTIFICAR EL PUNTO DE QUIEBRE DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

HORA	TEMPERATURA				HUMEDAD RELATIVA (%)	T°Sup.- T° Roc
	BULBO HUMEDO.	BULBO SECO	SUPERFICIE	ROCIO		
16:00	18.5	22.0	22.0	17.0	72.0	5.0
16:30	18.5	21.5	22.0	17.5	75.5	4.5
17:00	18.0	21.0	21.0	17.0	75.0	4.0
17:30	18.5	21.0	20.0	17.0	79.0	3.0
18:00	19.0	21.0	20.0	18.0	83.0	2.0
18:30	19.0	21.0	20.0	18.0	83.0	2.0
19:00	19.0	20.5	19.0	18.5	87.0	1.5

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro podremos determinar que el punto de quiebre de las condiciones ambientales es a las 17:30, después de esa hora ya no se cumple las condiciones ambientales favorables por lo que se requiere acondicionar la cabina de pintado para modificar las condiciones ambientales de no favorables a favorables, poder ampliar las horas de pintado y completar el proceso de pintado de las Virolas de la Chimenea.

7.1.2. Acondicionamiento de la cabina de pintado.

El acondicionamiento de la cabina de pintado consistió en lo siguiente:

- a) Se reparó las lonas de la cabina de pintura que se encontraban en mal estado (rotas o presentaban aberturas) para que esté lo más hermético posible.
- b) Para el área de 260 m² de la cabina de pintura con una altura de 6.0m se implementó 06 calentadores eléctricos con resistencias de cerámica y un

ventilador en la parte posterior de cada calentador para expandir el calor en la cabina de pintura. Los calentadores estaban distribuidos de la siguiente forma: (04 calentadores) uno en cada esquina y (02 calentadores) uno en cada lateral.

7.1.3. Monitoreo de las condiciones ambientales con acondicionamiento de la cabina de pintado.

Una vez acondicionada la cabina de pintura se realizó una segunda medición de las condiciones ambientales para verificar hasta que hora se pudo modificar las condiciones ambientales en favorables (los calentadores se prendieron a las 17:00 horas), lo datos se registra en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 7.2

MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA VERIFICAR LA MODIFICACION FAVORABLE

HORA	TEMPERATURA				HUMEDAD RELATIVA (%)	T°Sup.- T° Roc
	BULBO HUMEDO.	BULBO SECO	SUPERFICIE	ROCIO		
16:00	18.5	22.0	22.5	17.0	72.0	5.5
16:30	18.5	22.0	21.0	17.0	72.0	5.0
17:00	18.0	21.0	21.0	17.0	75.0	4.0
17:30	18.0	21.0	21.0	17.0	75.0	4.0
18:00	19.0	23.0	22.0	17.0	69.0	5.0
18:30	19.0	23.0	22.0	17.0	69.0	5.0
19:00	19.0	22.5	22.0	17.5	72.5	4.5
19:30	18.5	22.5	21.5	17.0	72.0	4.5
20:00	18.5	22.5	21.5	17.0	72.0	4.5
20:30	18.0	21.0	21.0	17.0	75.0	4.0
21:00	18.0	21.0	21.0	17.0	75.0	4.0

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 7.2 podemos determinar que hasta las 21:00 Horas se registraron condiciones ambientales favorable con la implementación de calentadores y mejoramiento de hermeticidad de la cabina de pintura, logrando prolongar hasta 4 horas el tiempo de pintado en condiciones ambientales favorables en el turno noche, horas suficientes para poder completar el proceso de pintado de las Virolas de la Chimenea y aumentar la productividad en general de la aplicación de pintura del taller.

Beneficios aportados con el mejoramiento de las condiciones ambientales favorables:

- a) Aumentar las horas de productividad en la etapa de pintado (4horas) hasta las 21:00 horas, durante el turno noche.
- b) Proceso de curado de las pinturas aplicadas en condiciones ambientales favorables.
- c) Aceleración del proceso del curado de las pinturas aplicadas.
- d) Evitar la condensación de la humedad del ambiente en la superficie de las estructuras metálicas y pintadas.

VIII EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La evaluación y discusión de los resultados se desarrolló por etapas del proceso de aplicación de los recubrimientos tomando como referencia la aplicación de la Metodología de Auditoría de Calidad en Recubrimientos para el proyecto: “Ampliación de la Capacidad de Producción de Planta – Atocongo”. Obra: Electrofiltro: Pintado Exterior de Virolas de Chimenea del Horno 1.

a) Etapa de pre-preparación de superficie.

CUADRO Nº 8.1

EVALUACION Y DISCUSION DE RESULTADOS DE LA ETAPA DE PRE- PREPARACION DE SUPERFICIE

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	EVALUACION Y DISCUSION
Contaminantes Visibles (ASTM D3276)	Se identificó de forma cualitativa presencia de grasa en la Virola.	La presencia de grasa en las estructuras evita que la pintura se adhiera en superficie ocasionando desprendimiento por lo que es necesario su remoción mediante un lavado.
Defectos de Fabricación (NACE RP 0178)	No presento defectos de fabricación como: filos cortantes, pegotes, escoria.	Los defectos metálicos tales como pegotes, restos de soldadura, filos cortantes, rebabas, ocasionan fallas prematuras por lo que son corregidos con herramientas manuales y de poder.

b) Etapa de preparación de superficie.

CUADRO Nº 8.2

EVALUACION Y DISCUSION DE RESULTADOS DE LA ETAPA DE PREPARACION DE SUPERFICIE

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	EVALUACION Y DISCUSION
INSPECCIÓN DEL ABRASIVO (SSPC – AB2 / AB3)		
Abrasivo	Arena de Rio.	Se usó como abrasivo la arena de rio para obtener un bajo perfil rugosidad en este caso de 1,5 a 2,0 mils.
Determinación de Conductividad del Abrasivo (ASTM D4940/SSPC–AB2)	La arena de rio tiene una conductividad aceptada: Mínimo 243 μ siemens/cm Máximo 250 μ siemens/cm	Los valores son aceptados por ser menor al mayor máximo de 1000 μ siemens/cm. El exceder el valor máximo permisible el abrasivo de arena contaminaría la superficie metálica con sales.
INSPECCIÓN DEL AIRE		
Evaluación del aire (ASTM D 4285)	Aire limpio (Exento de humedad o grasas)	La humedad o aceite en el aire contaminan la superficie preparada por lo que se verifico que el aire se encuentre limpio. En caso se identificar dichos contaminantes deberá purgarse el compresor, verificar los filtros si requieren mantenimiento cambio y realizar una nueva prueba hasta que el aire este exento de los contaminantes.
Determinación de Aceite (SSPC Abrasive Specification AB2, Limpieza de Abrasivos Metálicos Ferrosos Reciclados)	Ausencia de Aceites / Grasa	El aceites o grasas presentes en el abrasivo contaminan la superficie preparada por lo que en la evaluación no se aceptan dichos contaminantes. En caso se identifica aceites o grasas en el abrasivo esta deberá ser cambiada.
CONDICIONES AMBIENTALES (ASTM E337)		
Condiciones Ambientales (ASTM E337)	Humedad Relativa <85% y la Tsup-Troc>3°C. Condiciones ambientales	Durante la preparación de superficie las condiciones ambientales también son

	favorables para la preparación de superficie.	favorables, puesto que son necesarias para su inmediato pintado.
INSPECCIÓN DEL GRANALLADO (SSPC VIS 1)		
Limpieza de Superficie al grado metal blanco (SSPC-SP5)	La Virola alcanzo la preparación de superficie al grado metal blanco según normas SSPC – SP5	Para alcanzar la calidad del metal blanco, la Virola de 200m ² se repasó hasta tres veces con chorro de arena. La durabilidad del sistema de pintura está en función a la calidad de preparación de superficie, una calidad de preparación menor al metal blanco la durabilidad será también menor.
Perfil de Rugosidad (ASTM 4417)	Valores Obtenidos: 2,0 – 2,5 (Cinta réplica). En promedio 2,2 mils	El promedio de rugosidad de 2,2 mils supero el rango de 1,5 a 2,0 mils. Más aun no es de riesgo para el sistema de pintura puesto que la pintura base de 3,0 mils cubre este perfil. En ningún caso el perfil de rugosidad debe ser igual o mayor al espesor de pintura base, puesto q existe el riesgo de forma oxido por puntos.
Tiempo de Exposición	Máximo 30 minutos antes de ser recubierto con la pintura base Rica en zinc.	Estudios han demostrado que después de 30 minutos de alcanzado el metal blanco, la superficie preparada empieza a formar la primera capa de óxido, por lo que el pintado se inició dentro este tiempo.
Post – Limpieza (ISO 8502 – 3)	Presencia de polvo menor a la clase 02. Conforme.	Una cantidad de polvo superior a la clase 02 influirá en la perdida de adherencia de la pintura. El aire presurizado usado para esta operación de limpieza de polvo y restos de granalla también debe estar libre de humedad y aceites para evitar contaminar la superficie.

c) Etapa de aplicación de la capa base Dimetcote 9 -verde.

CUADRO N° 8.3

EVALUACION Y DISCUSION DE RESULTADOS DE LA ETAPA DE APLICACIÓN DE LA PINTURA BASE DIMETCOTE 9 - VERDE

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	EVALUACION Y DISCUSION
Condiciones Ambientales (ASTM E337)	Humedad Relativa <90% y la Tsup-Troc>3°C. Condiciones ambientales favorables conforme la ficha técnica del producto Dimetcote 9 -verde.	Si la temperatura de superficie iguala a la temperatura de rocío, permitirá la formación de condensación de agua en la superficie, esto ocasionará fallas de la pintura base como la perdida de adherencia. Por lo que solo se podrá aplicar la pintura base si las condiciones ambientales son favorables.
Equipo de Aplicación (ASTM D 3276)	Equipo Airless Neumático Marca Graco 45:1 con Boquilla N° 225.	El equipo de aplicación cumple con los requisitos de la ficha técnica de la pintura.
Presión de Aplicación del Equipo (ASTM D 3276)	Airless Graco 45:1 a 70 Psi a la entrada. 3150 Psi a la salida.	La presión de 3150 Psi, cumple con lo requerido por ficha técnica de la pintura. Esto permite que la pintura sea esprayada de forma uniforme y constante.
Porcentaje de Dilución	12,5 % con Amercoat 101ZN (Equipo Airless Graco). Es la cantidad máxima recomendado en la ficha técnica del producto.	Una cantidad excesiva de la dilución ocasiona defectos de aplicación como descolgamiento y la falta de dilución ocasiona defectos de aplicación como piel de naranja, over spray, etc.
Filtración de pintura preparada (ASTM D 3276)	Se filtró con malla de nylon.	La filtración de la pintura preparada permite retener solidos o grumos, contribuyendo al flujo constante durante la aplicación.
Agitación y mezcla de la pintura (ASTM D 3276)	Se agito con un agitador tipo Jiffy.	La agitación fue constante hasta obtener una mezcla uniforme e incluso durante la aplicación, puesto el polvo de zinc por ser más pesado se deposita con facilidad en

		el fondo del recipiente
Espesor de Película Húmeda (SSPC – PA 1)	No se midió el EPH.	El rápido secado al tacto de la pintura zinc inorgánico Dimetcote 9 de 5 a 7 minutos no permitió que se mida el espesor de película húmeda

d) Etapa de inspección de la capa base Dimetcote 9 - verde

CUADRO Nº 8.4

EVALUACION Y DISCUSION DE RESULTADOS DE LA ETAPA DE INSPECCION DE LA PINTURA BASE DIMETCOTE 9 - VERDE

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	EVALUACION Y DISCUSION
Defectos de aplicación	<p>Zonas con bajos espesores de película seca (spots menores a 2,4 mils).</p> <p>Zonas con presencia de over spray o sobre rociado.</p>	<p>Se indica como bajo espesor al spot que no alcance el rango especificado para la capa base de 2,4 a 3,6 aplicando la SSPC-PA2. Estos bajos espesores no alcanzan cubrir los picos del perfil de rugosidad ocasionando la falla de oxidación por puntos. Las zonas con sobre rociado reducen la capacidad de adherencia de la pintura de acabado sobre la base, por lo que son eliminados con un suave lijado.</p>
Corrección de defectos de aplicación (SSPC-PA1)	Fueron corregidos.	Los defectos de aplicación fueron corregidos reduciendo de forma considerable las probabilidades de falla del sistema de pintura
Espesor de Película Seca (SSPC-PA2)	<p>Espesor mín. 2,4 mils</p> <p>Espesor máx. 4,3 mils</p> <p>Espesor Prom. 3,11 mils</p>	<p>Los espesores de pintura se encontraron dentro del rango especificado. Un espesor de película superior a lo recomendó en la ficha técnica ocasiona defectos de aplicación como: craqueo de la pintura base.</p>

e) Etapa de aplicación de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.

CUADRO N° 8.5

EVALUACION Y DISCUSION DE RESULTADOS DE LA ETAPA DE APLICACIÓN DE LA PINTURA DE ACABADO AMERCOAT 3279 - ALUMINIO

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	EVALUACION Y DISCUSION
Condiciones Ambientales (ASTM E337)	Humedad Relativa <85% y la Tsup-Troc>3°C` conforme la ficha técnica del producto Amercoat 3279.	En estas condiciones ambientales se previene que la humedad del ambiente se condense en la superficie de la estructura antes de aplicar la capa de acabado.
Equipo de Aplicación (ASTM D 3276)	Equipo Airless Neumático Marca Graco 45:1 con Boquilla N° 225.	El equipo de aplicación cumple con los requisitos de la ficha técnica de la pintura.
Presión de Aplicación (ASTM D 3276)	El equipo de aplicación registra una presión de entrada de 70 Psi.	La presión de 3150 Psi, cumple con lo requerido por ficha técnica del producto. Esto permitió que la pintura sea esprayada de forma uniforme y constante.
Porcentaje de Dilución	10% con Amercoat 65.	Se realizaron pruebas en taller verificando que al 10% de dilución la pintura de acabado no presento descolgamiento.
Filtración de pintura preparada (ASTM D 3276)	No.	Debido a que la pintura de acabado Amercoat 3279 contiene pigmentos de aluminio no se filtró para evitar que los pigmentos queden atrapados en la malla de nylon.
Agitación y mezcla de la pintura (ASTM D 3276)	Se agito con un agitador tipo Jiffy.	La agitación se mantuvo constante e incluso en la aplicación para mantener homogéneo la pintura, puesto que los pigmentos de aluminio son más pesados y se depositan con facilidad en el fondo del recipiente.
Espesor de Película Húmeda (SSPC-PA 1)	4 mils	El espesor de película húmeda (EPH) se calculó en función al porcentaje de sólidos de la pintura Amercoat 3279, para un

		espesor de película seca requerida de 2 mils se midió a 4 mils el EPH.
--	--	--

f) Etapa de inspección de la capa de acabado Amercoat 3279 – aluminio.

CUADRO N° 8.6

EVALUACION Y DISCUSION DE RESULTADOS DE LA ETAPA DE INSPECCION DE LA PINTURA DE ACABADO AMERCOAT 3279 - ALUMINIO

PARÁMETROS DE CONTROL	RESULTADOS	EVALUACION Y DISCUSION
Defectos de aplicación	Puntos de apoyo donde la pintura de acabado no cubrió. Zonas con bajos espesores de pintura. Zonas con presencia de pulverizado en un área del 30% de la Virola N° 1	Los puntos de apoyo son zonas frecuentes donde la pintura no llegó a cubrir y fueron corregidos al final del proceso de pintado. Los bajos espesores en la capa de acabado reducen la protección de capa barrera por lo que se corrigieron aplicando otra capa. En la zona pulverizada la pintura no formó película protectora y fueron removidos con un suave lijado sin dañar la capa base y se aplicó una nueva capa
Corrección de defectos de aplicación (SSPC-PA1)	Fueron corregidos.	Los defectos de aplicación fueron corregidos reduciendo de forma considerable las probabilidades de falla del sistema de pintura
Espesor de Película Seca (SSPC-PA2)	Espesor mín. 5,0 mils Espesor máx. 6,4 mils Espesor Prom. 5,7 mils	En la capa de acabado se mide el espesor del sistema de pintura, los valores se encontraron dentro del rango especificado. El espesor de película de la capa de acabado superior al recomendado en la ficha técnica ocasiona defectos de aplicación de cuarteamiento.

IX CONCLUSIONES.

- 1)** En el presente informe se describe la metodología de la auditoria de calidad en recubrimientos, conforme al procedimiento de aplicación, el plan de inspección e inspecciones técnicas en cada etapa del proceso de protección anticorrosiva de las estructuras metálicas con recubrimientos.

- 2)** Las acciones que permiten el aseguramiento de la calidad en el proceso de aplicación de los recubrimientos son:
 - Auditorias de calidad.
 - Inspecciones técnicas.
 - Evaluación de los parámetros de control.

- 3)** Para lograr extender la durabilidad del sistema de pintado, la auditoria de calidad en recubrimientos, audita y evalúa mediante inspecciones técnicas, cada una de las etapas del proceso de pintado, basado en el procedimiento de aplicación y los parámetros de calidad descritos en el plan de inspección,

- 4)** El aseguramiento de Calidad a través de las Auditorias de Calidad desarrolladas por la empresa consultora en recubrimientos American Consult Perú, aplica ingeniería de protección anticorrosiva al servicio del país y la industria en general, contribuyendo en mantener la integridad de sus activos (estructuras metálicas) recubiertos en calidad como en durabilidad, ahorrando enormes costos por mantenimientos, fallas de recubrimiento o deterioro de las estructuras metálicas.

X RECOMENDACIONES.

- 1)** La preparación de superficie representa el mayor porcentaje en el éxito de durabilidad de los recubrimientos, por lo que la contratista debe de implementar todo el material, equipos, instrumentos, ambientes para que la operación de preparación de superficie sea eficiente.
- 2)** El control de calidad de la contratista debe tener la suficiente experiencia y conocimiento para desarrollar el procedimiento de aplicación de pintura y puntos del plan de inspección para satisfacción del cliente.
- 3)** La contratista debe cumplir de forma eficiente con todos los parámetros de calidad en cada etapa del proceso de aplicación de pintura a fin de evitar pérdidas de tiempo en observaciones o reprocesos de las estructuras metálicas.
- 4)** Para la medición de sales en las estructuras preparadas con chorro abrasivo se recomienda el uso del parche Bresle debido a que este método no solo extrae sales de cloruros, sino que analiza todas las sales solubles.
- 5)** Los defectos de fabricación en las estructuras metálicas tales como: bordes agudos, filos cortantes o rebabas debe ser eliminados redondeando dichas zonas (2mm de arco aprox.), puesto que los recubrimientos no alcanzan a cubrir la superficie en dichos defectos convirtiéndose en focos de corrosión prematura.
- 6)** Las cabinas de pintado del contratista deben contar con el espacio, acondicionamiento y equipamiento suficiente para que el proceso de aplicación de pintura sea fluido y cumplir con la entrega programada de las estructuras metálicas recubiertas a la obra del proyecto.

XI BIBLIOGRAFIA.

- 1) SSPC (Society for Protective Coatings) “Fundamentos de Recubrimientos protectores para Estructuras Industriales” Versión 13A1. 2005
- 2) Especificación Técnicas del Proyecto “Primera Etapa – Ampliación de la Capacidad de Producción de la Planta de Atocongo de Cementos Lima – Electrofiltro”. Febrero 2011.
- 3) Procedimiento de Aplicación y Plan de Inspección del Proyecto. “Primera Etapa – Ampliación de la Capacidad de Producción de la Planta de Atocongo de Cementos Lima – Electrofiltro”. Febrero 2011.
- 4) Informe de Auditoria de Calidad para proyectos de nueva construcción de la Consultoría American Consult Perú:
 - Informe del proyecto: “Ampliación de la Capacidad de Producción de Planta – Atocongo” - Primera Etapa. Obra: Electrofiltro – Pintado de Virolas de Chimenea del Horno 01”. Marzo 2011
- 5) Norma Técnicas NACE (National Association of Corrosion Engineers).
 - NACE RP 0178, Prácticas de diseño, fabricación y acabado de superficie para tanques y buques que se alinearán para servicio de inmersión.
- 6) Normas Técnicas SSPC (The Society for Protective Coatings).
 - SSPC – SP1, Limpieza con solvente.
 - SSPC – SP2, Limpieza con herramientas manuales.
 - SSPC – SP3, Limpieza con herramientas motrices.
 - SSPC – SP5, Limpieza con chorro de abrasivos grado al metal blanco.
 - SSPC -SP11, Limpieza al metal desnudo con herramientas de poder.
 - SSPC – PA1, Pintado de acero para taller, campo y mantenimiento.
 - SSPC – Guía 15, Extracción y análisis de sales solubles en sustratos de acero (iones cloruros).
 - SSPC Vol. 1, Manual de pinturas.
 - SSPC – VIS 1, Guía y fotografías de referencia para superficies de acero preparadas mediante limpieza abrasiva en seco.
 - SSPC – VIS 2, Evaluación del grado de oxidación en superficies de acero pintado.
 - SSPC-AB2/AB3, Especificación para abrasivos metálicos ferrosos nuevos y reciclados.

- SSPC-PA2, Medición del Espesor de Película Seca de Pinturas con Calibres Magnéticos.

7) Normas Técnicas ISO (International Organization for Standardization).

- Se evaluó la post limpieza (ISO 8502-3), Valoración de polvo sobre superficies de acero preparadas para pintar (método de cinta sensible a la presión).
- ISO 12944 – 5, Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores.

8) Normas técnicas ASTM (American Society for Testing and Materials).

- ASTM D-3276, Guía estándar para inspectores de pintura (sustratos metálicos).
- ASTM D-4285, Prueba de sequedad “Presencia de contaminantes en aire alimentado.
- ASTM D-4940, Método de prueba estándar para el análisis conductimétrico de la contaminación iónica soluble en agua de los abrasivos de limpieza por chorro abrasivo.
- ASTM D-4417, Método estándar para la medición en campo del perfil de rugosidad.
- ASTM D-4285, Método de prueba estándar para identificar aceite o agua en el aire comprimido.
- ASTM D-4414, Práctica estándar para la medición de espesor de película húmeda por Notch Gages
- ASTM E-337-02, Método Standard para la medición de humedad con un psicrómetro.
- ASTM D-1640, Método de ensayo estándar para secado, curado o formación de película de revestimientos orgánicos.

9) Fichas Técnicas de los recubrimientos industriales de la empresa de pinturas CPPQ (Compañía Peruana de Productos Químicos), los nombres comerciales de los productos son los siguientes:

- Jet Zinc Organic 850.
- Jet Mastic 800.
- Jet mastic 800 GFK.
- Dimetcote 9.
- Amercoat 3279.

10) Taller donde se realizaron las operaciones de Preparación de Superficie y Aplicación de Recubrimientos:

- Taller de HAUG SA en Lurin -Lima.

XII ANEXOS.

ANEXO 01

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE PINTURA PARA LA OBRA: ELECTROFILTRO – PINTADO DE LAS VIROLAS DE LA CHIMENEA DEL HORNO 1

ALCANCES

El presente procedimiento detalla los trabajos a realizarse **en taller**, de preparación de superficie y aplicación de pinturas en el Exterior de Chimenea de Desfogue y Ventilador de Electrofiltro que forma parte de la 1era Etapa Ampliación de Capacidad de Planta-Electrofiltro-Cementos Lima – Planta Atocongo.

El presente documento incluye los procedimientos para realizar **retoques en taller**.

El sistema de pinturas incluye los siguientes productos:

Dimetcote 9 – AMERON

Imprimante inorgánico con alto contenido de polvo de Zinc.

Amercoat 3279 – AMERON

Silicona modificada resistente a altas temperaturas.

Este procedimiento detalla las etapas de los trabajos de preparación de superficie, aplicación de las pinturas, así como el **plan de pintado** y podrá ser sujeto a cambios.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Normas

SSPC-PA1	Pintado de acero para taller, campo y mantenimiento.
SSPC-SP5	Limpieza con chorro de abrasivos grado al metal blanco.
SSPC-SP1	Limpieza con solvente
SSPC-SP2	Limpieza con herramientas manuales.
SSPC-SP3	Limpieza con herramientas motrices.
SSPC-SP11	Limpieza al metal desnudo con equipos de poder
ASTM D 4285	Prueba de sequedad “Presencia de contaminantes en aire alimentado”
SSPC-Guía 15	Extracción y análisis de sales solubles en sustratos de acero (iones cloruros)
ASTM D4417	Método estándar para la medición en campo del perfil de rugosidad.
ASTM E337 – 02	Método Standard para la medición de humedad con un psicrómetro.
SSPC-AB2/AB3	Especificación para abrasivos metálicos nuevos y reciclados

Hojas Técnicas

Dimetcote 9	Imprimante inorgánico con alto contenido de polvo de Zinc.
Amercoat 3279	Silicona Modificada resistente a altas temperaturas
Deterjet 20	Detergente industrial biodegradable.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Aspectos previos

- Esta etapa terminará cuando se alcance una superficie metálica libre de contaminantes visibles (grasa, aceite, combustible), contaminantes no visibles (sales) y la superficie preparada deberá alcanzar una limpieza similar a la especificada como Limpieza al metal blanco con chorro de abrasivos según norma SSPC-SP5. El tipo de limpieza especificado no tolera en la superficie la presencia de impurezas, retirando todo material extraño del acero (óxido, pintura antigua, escama de laminación).
- El perfil de anclaje recomendado es de 1.5 a 2.0 mils de rugosidad. Un incremento en la rugosidad aumenta el área de contacto, incrementando el consumo de pintura de la capa base.
- Para el caso de **granallado por aire comprimido** se debe emplear un mix operativo adecuado que permita obtener el perfil de rugosidad requerido líneas arriba.
- Para el caso de **granallado con equipos de turbina** en los que se emplea granalla esférica, se debe considerar el empleo de no menos de un 5% de granalla angular a fin de mejorar la capacidad de anclaje de la superficie.
- El aire comprimido a usar debe encontrarse libre de contaminantes (agua y aceite), evaluado bajo la norma ASTM D 4285.
- El abrasivo usado debe de ser compatible con los requerimientos de la norma SSPC-AB2 o AB3, debiendo la conductividad ser inferior a 1000 microsiemens/cm.
- El contratista deberá de presentar el certificado de calidad del abrasivo.

- La concentración de cloruros sobre la superficie preparada debe ser menor a 30 ppm para servicio de inmersión y 50 ppm para servicio de no inmersión. La medición de cloruros se realiza mediante el método de extracción de sales Swabbing y prueba de cloruros Quantab.
- Se recomienda usar herramientas manuales o de poder que permitan alcanzar el grado de limpieza descritos en la norma SSPC –SP2/SP3. Estas herramientas pueden ser amoladoras discos non-woven, amoladoras con discos de esmeril, escobillas de copa.
- También se usará detergente industrial biodegradable, hidrolavadora de 3000 psi y trapo humedecido en agua potable.
- La duración de esta etapa dependerá de la cantidad de equipos y disponibilidad.

Ejecución

1ra etapa - Remoción de contaminantes.

- En caso de encontrarse grasa o combustible impregnado, estos se deben remover con espátula y trapo antes del lavado.
- La superficie con presencia de contaminantes debe lavarse con detergente industrial bio-degradable similar al Deterjet 20 diluido en agua (1 Deterjet: 20 agua).
- Durante esta etapa también se eliminarán restos de soldadura como rebabas, cantos vivos, filos cortantes y laminaciones de plancha mediante limpieza manual – mecánica. Así mismo se realizará una limpieza mecánica de las uniones soldadas.

- Además, se observará el estado del acero (defectos de construcción, socavación) para realizar las observaciones pertinentes.

2da Etapa -Preparación de la Superficie.

- Mediante el empleo de equipos de limpieza con chorro de abrasivos a presión (con un mix operativo de granalla de acero angular) eliminar todo elemento extraño a la superficie metálica hasta obtener una superficie preparada con **grado metal blanco según la norma SSPC-SP5**. La superficie preparada no debe tener residuo de material extraño (óxido, escama de laminación, pintura) y se debe tener una rugosidad de 1.5 a 2.0 mils (38 a 63 μm).
- Durante esta etapa también se eliminarán restos de soldadura, restos de montaje y filos cortantes.
- Usando herramientas de poder se corregirán defectos superficiales como rebabas o laminaciones antes del proceso de pintado, estas rectificaciones no deben generar zonas pulidas, caso contrario se deberá restituir la rugosidad en estas zonas usando chorro abrasivo.

3ra etapa – Remoción de restos de preparación de superficie.

- Mediante el empleo de aire comprimido (seco y limpio) y ayudados con escobillones de cerdas duras limpios y aspiradoras industriales de ser necesario, se debe remover todo residuo de abrasivo y polvo remanente de la preparación de superficie. Se deberá verificar que el nivel de polvo luego de limpiada la superficie sea menor a 2 según norma ISO 8502-3.

- Una vez alcanzada la preparación de superficie requerida deberá de aplicarse la capa base antes de los 30 minutos de culminada la limpieza.

4ta etapa – Limpieza entre capas del sistema de pinturas.

- Mediante el empleo de aire comprimido (seco y limpio) o trapo industrial que no deje pelusa se limpiara la superficie previa a la aplicación de la siguiente capa de pintura.
- De encontrarse la superficie contaminada con aceite, grasa o haberse expuesto a ambiente marino, la superficie pintada deberá lavarse con agua y detergente industrial biodegradable para la remoción de los contaminantes y sales solubles, de manera similar a lo descrito en la 1ra. Etapa de limpieza.

PINTADO Y CURADO

Aspectos previos.

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

Sistema de pinturas especificado:

Capa	Producto	Color	EPS (mils)
1ra.	Dimetcote 9	Verde Standard	3.0
Mist Coat	Amercoat 3279	Aluminio	---
2da.	Amercoat 3279	Aluminio	2.0
Espesor total			5.0

- Para la aplicación de los resanes, cordonero y para el pintado de las zonas de difícil acceso se usarán brochas de nylon.
- Para la preparación de la pintura se seguirán las recomendaciones indicadas en las hojas técnicas de los productos.
- Para la aplicación de las pinturas se debe usar equipos airless con las siguientes características:
 - Equipo que genere una presión en la boquilla como mínimo de 3000 Psi.
 - Mangueras limpias.
 - Boquillas nuevas, con diámetro según lo indicado en el siguiente cuadro:

Producto	Φ Boquilla (")
Dimetcote 9	0.021 – 0.023
Amercoat 3279	0.017 – 0.019

- El ancho de abanico deberá ser seleccionado de acuerdo al elemento a pintar.

Condiciones recomendadas para la aplicación.

- El piso de trabajo debe ser firme para evitar problemas de polución que afecten la aplicación, secado y posterior curado del recubrimiento.
- Los elementos a recubrir deberán de apoyarse sobre caballetes a mínimo 80 cm del piso y con mínima área de contacto.
- La superficie a aplicar no deberá tener más de 30 minutos de haber sido granallada.
- Las condiciones de aplicación son favorables cuando la temperatura de la superficie se encuentra 3 °C sobre la temperatura del punto de rocío y la humedad relativa es inferior a 85%.

- Para lograr el secado y curado de las pinturas adecuadamente, es importante una adecuada ventilación en la zona de pintado para lograr evacuar los vapores orgánicos, esto se logra en ambientes cerrados usando ventiladores y extractores industriales.
- La luz artificial para trabajos de pintura debe tener una luminosidad mínima de 50 lumen/pie² (530 lumen / m²) proporcionada por luz blanca.
- Para la manipulación de elementos pintados el contratista deberá realizar un procedimiento de manipulación de estructuras considerando todos los cuidados para minimizar daño.

Del personal encargado de la realización de los trabajos.

- Todo el personal encargado de la realización de los trabajos deberá presentar la experiencia suficiente para realizar los trabajos. Su experiencia será inicialmente verificada mediante el proceso de homologación, y será corroborada durante el desarrollo de los trabajos.
- El contratista debe contar con los equipos de medición de condiciones ambientales y medición de espesores de película seca como mínimo para realizar un adecuado control a los trabajos que realiza.

De la seguridad, salud y medio ambiente.

- La pintura se debe almacenar sobre parihuelas de madera, bajo techo, en el rango de temperaturas indicadas en la hoja técnica y con suficiente ventilación.

- De utilizarse andamiaje, se recomienda que sea verificado por un Ingeniero de Seguridad, debido a que será de uso del personal aplicador y encargado de la supervisión.
- Para el manipuleo de la pintura se deben usar guantes de neopreno así como máscaras para vapores orgánicos. Además considere los Equipos de Protección Personal que se requieren según el trabajo específico a ejecutar, considere también las recomendaciones dadas en la Hoja de Seguridad MSDS de los productos a aplicar.
- La zona sobre la que se realizará la preparación de la pintura deberá ser cubierta con plástico para evitar derrames en el suelo.
- Para facilitar la disposición final de los envases utilizados, se recomienda retirar todo el contenido de la pintura durante la preparación de la misma.

Ejecución

1ra etapa – Aplicación de la 1ra capa de Dimetcote 9 a 3.0 mils.

- A un máximo de 30 minutos de haber preparado una superficie por granallado al grado metal blanco según SSPC-SP5, y si las condiciones ambientales son favorables, aplique a equipo airless una capa uniforme del imprimante inorgánico rico en zinc **Dimetcote 9 a 3.0 mils seco (75 µm)**, (diluido al 12% con Amercoat 101ZN).
- Verificar que no existan zonas sin cubrir ni defectos de aplicación.
- A los 20 minutos de secado, considerando que la ventilación sea la adecuada realice la medición de los espesores de película seca según la norma SSPC-PA2, el espesor seco debe de ser **3.0 mils (75 µm) promedio** y como mínimo

de **2.4 mils (60 μm) por spot**. El espesor máximo no deberá exceder los **5.0 mils (125 μm) por spot** y no debe apreciarse craqueamiento en la película de pintura. Si no se alcanza el espesor especificado aplique una capa adicional previo limpieza con trapo seco ó humedecido con agua dulce antes de las 24 horas.

2da etapa – Aplicación de la capa neblina o “Mist Coat”.

- A un mínimo de 24 horas de secado de la primera capa, cuando la superficie se encuentre adecuadamente imprimada, limpia (libre de suciedad, polvo, sales, aceite, combustible) y si las condiciones ambientales son favorables aplique con equipo una capa delgada (neblina) de la silicona modificada Amercoat 3279 (diluido al 20% con Amercoat 65) en toda la superficie a pintar.

3ra etapa – Capa general del acabado Amercoat 3279 a 2.0 mils.

- Inmediatamente después de aplicada la capa neblina, si los requisitos de limpieza y las condiciones ambientales son favorables, aplique a equipo (según corresponda) la segunda capa general de la silicona modificada **Amercoat 3279 a 2.0 mils secos (50 μm)**, (4 mils en húmedo diluido al 20% con Amercoat 65).
- Verificar que no existan zonas sin cubrir ni defectos de aplicación.

4ta etapa – Medición final de espesores y curado.

- La contratista, luego de 6 horas (21 °C) debe medir los espesores de película seca, el espesor total eficaz promedio en cada spot de la película seca del sistema completo de pintura **debe ser 5.0 mils (100 µm) como promedio y como mínimo** de 4.0 por spot. El espesor máximo no debe sobrepasar los 7 mils por spot porque existe riesgo de pérdida de adhesión, todo elemento en esta condición debe reprocesarse.
- Si no se alcanza el espesor, aplique dentro de las 48 horas siguientes como máximo una capa adicional del Amercoat 3279 hasta lograr el espesor especificado.
- De efectuada la rectificación con brocha se originará pequeña variación de tonalidad en las zonas retocadas así como huellas debido a la brocha y de efectuarse con equipo de rociado, se deberá tener el máximo de cuidado para evitar sobre-rociado en zonas aledañas.
- Sólo después de 7 días a una temperatura de 21°C, la pintura alcanzará el curado total y todas sus propiedades físicas químicas y podrá ser sometida a servicio.

5ta etapa – Manipulación, Traslado y Almacenamiento de estructuras.

- Después del tiempo de secado del Amercoat 3279 de 6 horas a 21°C, las estructuras pueden ser trasladadas siguiendo el procedimiento de manipulación elaborado por el contratista.
- Los elementos pintados y aprobados por la supervisión de Cementos Lima podrán ser apilados sobre tacos de madera. Luego deben ser cubiertos con plástico para evitar su contaminación con suciedad o sales.

RETOQUES EN TALLER

- Los retoques se efectuarán con el objetivo de reparar la capa de imprimante Dimetcote 9 deteriorada durante la eliminación de los restos de construcción como pegotes, salpicadura de soldadura, laminaciones, modificaciones, defectos de aplicación y otros.
- Se recomienda usar equipos de poder tipo Bristle Blaster para la preparación de superficie solo si las zonas a retocar son menores al 5% del área total y el metal expuesto no supere dos pulgadas cuadradas de área. Si el área es mayor se recomienda limpieza con chorro abrasivo localizado de la zona dañada.
- Todo retoque en taller de la capa base se efectuará antes de la aplicación de la 2da. Capa del sistema de pinturas.

1ra Etapa - Retoques en capa Base – Dimetcote 9 – Verde.

- Lave la superficie con detergente industrial bio-degradable similar al Deterjet 20 diluido en agua para la remoción de los contaminantes (suciedad, grasa, sales, etc.)
- Preparar la superficie con equipo de poder del tipo Bristle Blaster hasta alcanzar la calidad de superficie al metal blanco SSPC-SP5 y perfil de rugosidad entre los 1,5 a 2,0 mils.
- Delimitar el área a reparar con cinta adhesiva, protegiendo las áreas continuas.

- Verificar que las condiciones ambientales sean favorables y aplicar la capa base de resane Dimetcote 9 con una brocha para áreas puntuales y para áreas mayores se recomienda el uso de equipo airless.
- Verificar que no existan zonas sin cubrir ni defectos de aplicación.
- Medir los espesores de película seca a 2,0 mils en promedio.

2da Etapa – Retoque con acabado Amercoat 3279 – Aluminio.

- Lave la superficie con detergente industrial bio-degradable similar al Deterjet 20 diluido en agua para la remoción de los contaminantes (suciedad, grasa, sales, etc.)
- Mediante una lija No 120 elimine las huellas de brocha o desniveles del retoque de Amercoat 68 HS. Limpie con trapo seco y coloque la cinta adhesiva generando un cuadrado que incluya la zona a retocar.
- Si las condiciones ambientales son favorables, aplique la capa de acabado del sistema considerando los tiempos de repintado indicados en la hoja técnica.
- Aplicar la capa de acabado al 10% de dilución y una película húmeda de 4 mils
- Verificar que no existan zonas sin cubrir ni defectos de aplicación.
- A las 6 horas de secado de la capa final, mida los espesores de película seca del sistema de pintura, debiendo encontrarse dentro de lo especificado 5,0 mils.

Fuente: Documentos de calidad de pintado de la contratista HAUG para la obra: Electrofiltro – Pintado de Virolas de Chimenea. Cementos Lima.

ANEXO 02

PLAN DE INSPECCION PARA LA OBRA: ELECTROFILTRO – PINTADO DE LAS VIROLAS DE LA CHIMENEA DEL HORNO 1

Previos	Sí	No	Norma de Referencia	Admisibilidad
Se revisó la Especificación				NA
Se revisó el Procedimiento de aplicación				NA
Se revisó el Plan de pintado				NA
Se efectuó una Reunión Previa				NA

Pre – Preparación de Superficie	Sí	No	Norma de Referencia	Admisibilidad
Se eliminaron contaminantes visibles			ASTM D3276	0%
Se eliminaron contaminantes no visibles			SSPC – Guía 15	< 50 ppm [Cl]
Se identificaron las zonas de difícil pintado			SSPC Vol. 1	0%
Se eliminaron las zonas propensas a corrosión			NACE RP 0178	0%
Se tiene corrosión avanzada			SSPC – VIS2	NA

Preparación de Superficie	Sí	No	Norma de Referencia	Admisibilidad
El aire comprimido está limpio			ASTM D4285	0% aceite y humedad
El abrasivo está libre de finos y aceite			SSPC – AB2 / AB3	0%
El abrasivo tiene conductividad admisible			SSPC – AB2 / AB3 / ASTM D4940	< 1000 μ siemens
Se determinó la temperatura de la superficie			ASTM D3276/E337	5 – 49°C
Se determinó la temperatura de rocío			ASTM D3276/E337	$T_{sup} - T_{rocio} > 3^{\circ}C$
Se determinó la humedad			ASTM D3276/E337	HR < 85%
Las condiciones ambientales son favorables			SSPC-PA1	Hoja Técnica
Se alcanzó el grado de limpieza especificado			SSPC-SP5	0% contaminantes
Se alcanzó la rugosidad especificada			ASTM D4417	1.5 – 2.5 mils
Se evaluó la post limpieza			ISO 8502-3	> Clase 1

Aplicación	Sí	No	Norma de Referencia	Admisibilidad
Pintura almacenada correctamente			SSPC-PA1	4 – 38°C
Pintura de antigüedad menor al año			SSPC-PA1	< 12 meses
Pintura del color correcto			Especificación	Cartilla CPPQ / RAL
Pintura y diluyentes en cantidad suficiente			SSPC – PA1	Ver Hoja Técnica
Pintura en buen estado			SSPC-PA1/ASTM D3276	Fluida sin sedimentos
Aire comprimido limpio			ASTM D4285	0% aceite y humedad
Equipo en buen estado			SSPC-PA1/ASTM D3276	Acabado Uniforme
Envases para mezcla y aplicación limpios			SSPC-PA1/ASTM D3276	NA
Se tiene agitador Jiffy			SSPC-PA1/ASTM D3276	NA
Se tiene filtro de pintura			Hoja Técnica	NA
El pintor conoce el plan de pintado			Procedimiento	NA
Se calculó el área a pintar			Procedimiento	NA
Se sabe cuántos galones se aplicarán			Plan de Pintado	NA
Se calculó el espesor de película húmeda EPH			ASTM D4414	NA
Se determinó la temperatura de la superficie			ASTM D3276/E337	5 – 49°C
Se determinó la temperatura de rocío			ASTM D3276/E337	$T_{sup} - T_{rocio} > 3^{\circ}C$
Se determinó la humedad			ASTM D3276/E337	HR < 85%
Las condiciones ambientales son favorables			SSPC-PA1	
No se tiene excesivo viento			ASTM D3276	< 15 Km/hr
Se mezcló adecuadamente la pintura			SSPC –PA1	NA
Se uso agitador Jiffy			SSPC –PA1	NA
Se tamizo			SSPC –PA1	NA
Se verifico el abanico			SSPC –PA1	NA
Tiempo entre el granallado y la aplicación de pintura base			Especificaciones de la obra	< 30 min.
Se aplicó al EPH adecuado			SSPC –PA1	NA
Se respetó el tiempo de vida útil de la pintura			SSPC –PA1	Hoja Técnica
No hay defectos de aplicación			Visuales	Especificación
Se limpió el equipo de aplicación			SSPC-PA1	Hoja Técnica
Se calculó el rendimiento real			----	NA
La pintura está seca al tacto duro			ASTM D1640	Hoja Técnica
Se ajustó el medidor de espesores			SSPC-PA2	Sup. Rugosa

secos				
Se tomaron espesores de película seca			SSPC-PA2	Procedimiento
Los espesores secos son adecuados			Especificación de la obra	1ra capa: 3 mils promedio 2da capa: 2 mils promedio
Se aplicará otra capa			SSPC-PA1	Procedimiento
Se efectuó el “franjeado” (Stripe Coat)			SSPC-PA1	Especificación
Inspección de contaminantes visibles sobre la primera capa			Visuales	Ausencia total

Evaluación final	Sí	No	Norma de Referencia	Admisibilidad
Se tomaron espesores de película seca EPS del sistema final			Especificación de la obra/Procedimiento	5 mils – promedio admisible según fabricante de pintura
Los espesores secos son adecuados			Especificación de la obra/Procedimiento	Especificación de la obra
Inspección de defectos en la película seca de la pintura de acabado			Visual	Ausencia absoluta de defectos
Se corrigieron defectos			SSPC-PA1	Especificación
La pintura ha curado			ASTM D 5402/4752	Sin remoción
Continuidad de la película de pintura			NACE RP 0188	Ausencia total de poros
Se traslada adecuadamente			Procedimiento	Libre de daños
Se almacena adecuadamente			Procedimiento	Libre de daños
Se instala adecuadamente			Procedimiento	Libre de daños
Se tiene procedimiento de retoques			SSPC-PA1	Especificación
Se tiene programa de mantenimiento preventivo			SSPC-PA5	No Aplica

NA: No Aplica

Fuente: Documentos de calidad de pintado de la contratista HAUG para la obra:

Electrofiltro – Pintado de Virolas de la Chimenea del Horno 01. Cementos Lima.

ANEXO 03

FICHA TECNICA DE LA PINTURA BASE DIMETCOTE 9 - VERDE

DIMETCOTE 9

Imprimante a base de zinc inorgánico

AMERCOAT®

DESCRIPCIÓN, VENTAJAS Y USOS

- El mejor imprimante contra la corrosión. Llamado también "galvanizado en frío" porque evita la corrosión del acero mediante protección galvánica.
- En una sola capa brinda desempeño sobresaliente en diferentes condiciones atmosféricas.
- Alto contenido de polvo de zinc que asegura una prolongada protección y bajos costos de mantenimiento.
- Alta resistencia a la abrasión.
- Aplicado con airless o equipo convencional no produce over spray, inclusive en climas calientes.
- Gran aplicabilidad incluyendo filos y esquinas.
- Mínima área de quemada durante trabajos de soldadura, reduciendo áreas de retoque.
- Con una sola capa, sin acabado, soporta soluciones salinas, derivados de petróleo, solventes, aceite animal y aceite vegetal.
- Cumple especificación SSPC-Paint 20 para pinturas ricas en zinc.
- Satisface la norma ASHTO y la especificación AISC para juntas empernadas en puentes.
- Cumple con Norma NORSOK M501 (sistema 1) y servicio en ISO 12944 - C5M.
- Donde se quiera reducir la frecuencia de mantenimiento.
- En una sola capa, para pintado de estructuras metálicas sometidas a ambientes rurales o marinos. Y con un acabado epóxico si se tiene ambientes industriales de alta corrosividad.
- Plataformas marinas, estructuras, tuberías, exteriores de tanques, puentes, pilotes, diques y en general toda estructura de acero donde se requiera mantenimiento mínimo.

DATOS FÍSICOS

Acabado	Mate	% de zinc en película seca	86%
Color	Verde	Espesor película seca	2 - 5 mils (50 - 125 micrones)
Componentes	Dos	Rendimiento teórico	36.9 m ² /gal. a 2.5 mils seco
Relación de mezcla (En volumen)	0.77 de líquido 0.23 de polvo	Disolvente	Amercoat 101ZN
Curado	Evaporación de solventes y reacción con la humedad atmosférica.	Tiempo de vida útil	24 horas a 21 °C
Sólidos en volumen	62% ± 3%	Resistencia a la temperatura	En seco 400 °C

El rendimiento real depende de las condiciones de aplicación y del estado de la superficie.

A temperaturas mayores a 180 °C el color del Dimetcote 9 puede variar.

Para mayores detalles de resistencia física y química consultar con el Departamento Técnico de CPPQ.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- **Acero nuevo**
Arenado comercial según norma SSPC-SP6.
- **Acero antiguo**
Arenado cercano al metal blanco según norma SSPC-SP10.

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

El perfil de rugosidad recomendado es de 1 a 3 mils (25 a 75 micrones). Valores mayores son aceptables, pero requieren que se incremente el espesor de película seca para equiparar la protección.

MÉTODO DE APLICACIÓN

- **Equipo airless**
Similar a Graco Bulldog 33:1 boquilla 0,021" a 0,023" con filtro malla 30.
- **Equipo convencional a presión**
Similar a Devilbiss MBC-Zinc boquilla 64D con regulador de presión, filtros de aceite y humedad. Además requiere agitación constante.

Fabricado por CPPQ S.A. bajo licencia de 

Rev. Agosto 2010
Pág. 1 de 2

TIEMPOS SECADO 21 °C (ASTM D1640)

Al tacto	5 - 10 minutos
Al tacto duro	10 - 20 minutos
Repintado mínimo	24 horas
Repintado máximo	
Consigo mismo	24 horas
Acabado mínimo	Ilimitado

CONDICIONES DE APLICACIÓN

Temperatura	Mínima	Máxima
De la superficie	-18 °C	54 °C
Del ambiente	-18 °C	49 °C
Humedad Relativa	50%	90%

La temperatura de la superficie debe ser 3 °C mayor que el punto de rocío.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

1. Verifique que se disponga de todos los componentes, además del disolvente recomendado.
2. Homogenice la pintura agitando el componente líquido. Use un agitador tipo Jiffy neumático.
3. Vierta el líquido en un envase limpio, agite y agregue el polvo lentamente mezclando totalmente los dos componentes.
4. Para facilitar la aplicación agregue un máximo de 1/4 de galón del disolvente Amercoat 101ZN por galón de pintura preparada y agite la mezcla otra vez.
5. Filtre la mezcla con una malla 30 y aplique adecuadamente.
6. Aplique la pintura preparada antes de sobrepasar su tiempo de vida útil. Se aplicará una capa uniforme de pasadas paralelas traslapadas en 50%.
7. De no alcanzarse el espesor recomendado, aplique una capa adicional antes de las 24 horas.
8. Aplique el acabado dentro del "tiempo de repintado" recomendado.

IMPRIMANTES RECOMENDADOS

- No requiere imprimante.

ACABADOS RECOMENDADOS

- Para pintar acabados, realizar un "mist coat" o "thin coat". Sólo así se reducirá la formación de pinholes y ampollas.
- Se pueden usar los siguientes productos: Amercoat 385, Amerlock 400, acabados epóxicos similares AMERCOAT.

DATOS DE ALMACENAMIENTO

▪ Peso por galón		9.1 ± 0.2 Kg
	Líquido	3.0 Kg
	Polvo	6.1 Kg
▪ Punto de inflamación		
	Líquido	17 °C

Se garantiza buena estabilidad en almacenamiento hasta por 6 meses si se almacena bajo techo a temperaturas entre 4 °C a 38 °C.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Lea la hoja de seguridad de cada componente antes del empleo.
- El uso o manipuleo inapropiado de este producto puede ser nocivo para la salud o causar explosión.
- No use este producto sin antes tomar todas las precauciones de seguridad. Estas deben incluir: adecuada ventilación, iluminación a prueba de explosión, vestimentas adecuadas, guantes, máscaras para vapores orgánicos o con alimentación de aire sobre todo en espacios limitados como interiores de tanque u otros.
- Si usted necesita mayores detalles, consultar con el Departamento Técnico de CPPQ S.A.

ANEXO 04

FICHA TECNICA DE LA PINTURA DE ACABADO AMERCOAT 3279-ALUMINIO

AMERCOAT 3279

Silicona modificada

AMERCOAT®

DESCRIPCIÓN, VENTAJAS Y USOS

- Recubrimiento auto imprimante.
- Resiste hasta 538 ° C.
- Como pintura de mantenimiento para servicio de alta temperatura como chimeneas, hornos escapes de motores, silenciadores, equipos de operación intermitente y otras aplicaciones con rangos de temperatura de 538 ° C.
- Recubrimiento resistente a la intemperie con buena retención de color y apariencia.

DATOS FÍSICOS

Acabado	Semi Brillante	Espesor película seca	1 - 2 mils (25 - 50 micrones)
Color	Aluminio	Número de capas	Uno
Componentes	Uno	Rendimiento teórico	54.6 m ² /galón a 1.5 mils seco
Curado	Evaporación de solventes y conversión química	Disolvente	Amercoat 65
Sólidos en volumen	55% ± 3%	Resistencia a la temperatura	En seco 538 °C

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

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- **Acero preparado**
Arenado cercano a metal blanco según norma SSPC-SP10.

MÉTODO DE APLICACIÓN

- **Equipo airless.**
Similar a Graco Bulldog 30:1 o mayor, boquilla 0,017" a 0,019" con filtro malla 30.
- **Equipo convencional a presión.**
Similar a Devilbiss JGA-502 boquilla 704E con regulador de presión, filtros de aceite y humedad.
- **Brocha y rodillo.**
Resistentes a disolventes epóxicos.

TIEMPOS DE SECADO 21 °C (ASTM D1640)

Manipuleo	6 horas
Repintado mínimo	2 horas
Repintado máximo	48 horas
Tiempo antes de servicio	
Alta temperatura	10 horas
Abrasión	24 horas

CONDICIONES DE APLICACIÓN

Temperatura	Mínima	Máxima
De la superficie	0 °C	49 °C
Del ambiente	0 °C	49 °C
Humedad Relativa		85%
La temperatura de la superficie debe ser 3 °C mayor que el punto de rocío.		

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

1. Verifique que se disponga de la pintura y del disolvente recomendado.
2. Homogenice la pintura. Use un agitador neumático.
3. Usualmente no requiere dilución. En caso se requiera para facilidad de aplicación, agregue un máximo de 1/16 de galón del disolvente Amercoat 65 por galón de pintura y agite la mezcla otra vez.

4. Aplique la pintura en pasadas uniformes.
5. Cuando aplique con brocha o rodillo, se necesitarán dos capas o más para alcanzar el espesor de película seca recomendado.

IMPRIMANTES RECOMENDADOS

- No requiere.

ACABADOS RECOMENDADOS

- No requiere.

DATOS DE ALMACENAMIENTO

- Peso por galón 4.0 ± 0.3 Kg
- Punto de inflamación 33°C

Se garantiza buena estabilidad en almacenamiento hasta por 12 meses si se almacena bajo techo a temperaturas entre 4 °C a 38 °C.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Lea la hoja de seguridad de la pintura antes del empleo.
- El uso o manipuleo inapropiado de este producto puede ser nocivo para la salud o causar explosión.
- No use este producto sin antes tomar todas las precauciones de seguridad. Estas deben incluir: adecuada ventilación, iluminación a prueba de explosión, vestimentas adecuadas, guantes, máscaras para vapores orgánicos o con alimentación de aire sobre todo en espacios limitados como interiores de tanque u otros.
- Si usted necesita mayores detalles, consultar con el Departamento Técnico de CPPQ S.A.

Fuente: CPPQ (Compañía Peruana de Productos Químicos).