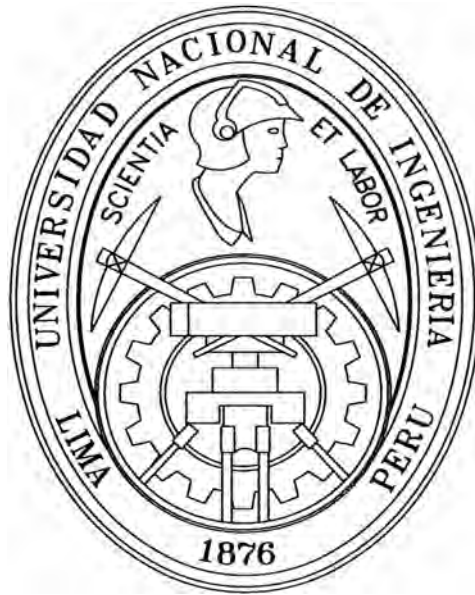


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL



**MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DUPLEX MEDIANTE
LA SUPERVISIÓN E INSPECCION EN CAMPO**

**INFORME DE INGENIERIA
PARA LA OBTENCIÓN DE TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERA QUIMICA**

**PRESENTADO POR:
KARIM JESSICA QUIÑONES ALTA**

PROMOCION 99-II

UNI, AGOSTO DEL 2006

Dedicatoria:

A mis padres: Angel y Felicita, a mis hermanas: María, Kelly, y a mi amado esposo Cristhian Chira.

Agradecimiento:

A nuestro Padre Celestial,
por su inspiración y su
gran amor.

**MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DUPLEX MEDIANTE LA
SUPERVISIÓN E INSPECCION EN CAMPO (SIC)**

RESUMEN.....	01
I. INTRODUCCIÓN.....	03
II. ACTIVIDAD PROFESIONAL	05
II.A. El órgano empresarial	05
II.A.1. Nombre y Razón Social	05
II.A.2. Marca Registrada.....	05
II.A.3. Sector al cual pertenece	05
II.A.4. Actividad Principal.....	05
II.A.5. Política de Calidad	05
II.A.6. Organigrama de la Empresa	06
II.A.7. Unidades de Producción.....	06
II.B. Relación Profesional – Empleador	09
II.B.1. Condición	09
II.B.2. Cargo	09
II.B.3. Documentos probatorios de la actividad profesional	09
II.C. Trabajo Profesional Desarrollado	09
II.C.1. Actividades desempeñadas durante la actividad	09
a) Responsable del Área	09
b) Supervisión Técnica	09
II.C.2. Tiempo de prestación de servicios en la actividad descrita	11
II.D. Técnicas profesionales necesarias para el desempeño de funciones.....	12
II.D.1. Tipos de técnicas de ingeniería necesarios.....	12
II.D.2. Administración del personal asignado.....	13
II.D.3. Relaciones Interpersonales y Multidisciplinarias.....	14

II.D.4. Técnica de Recolección y Manejo de datos	14
a) Protocolo de Inspección de Aplicación de Pintura.....	15
b) Protocolo de Control para Sistemas Duplex.....	15
c) Protocolo de Inspección de Avance de Obra	16
d) Reporte de Visitas Técnicas	16
e) Plan de Pintado	16
f) Informe Técnico	16
g) Formatos de Control y Monitoreo de Productos	16
II.D.5. Conocimientos de Seguridad, Prevención de Riesgos y Manejo Ambiental	16

III. MEJORAMIENTO DE LA DURABILIDAD DE SISTEMAS DUPLEX ... 16

III.A. Identificación de Objetivos	16
a) Responsabilidad con el medio ambiente	17
b) Optimizar costos de mantenimiento	17
c) Especificación del sistema de Pinturas de Altos Sólidos	18
d) Aseguramiento de la Calidad en Campo (ACC)	19
e) Mejoramiento Continuo de Productos Nacionales	19
III.B. Solución Planteada	20
III.B.1. Sistema de Protección de los Sistemas Duplex	20
a) Mejoramiento en los Métodos de Preparación de Superficie	20
b) Sistema de Pinturas Empleados.....	26
c) Procedimiento de Aplicación	27
d) Procedimiento de Evaluación	28
III.B.2. Supervisión e Inspección en Campo (SIC)	30
III.B.3. Capacitación y Calificación del Personal Ejecutor	32
III.B.4. Retroalimentación en el Desarrollo de Productos.....	32

III.C.Desarrollo y sustentación de los conceptos fundamentales	33
III.C.1.Naturaleza del Sustrato	33
a) Fierro Galvanizado	34
b) Tipos de Galvanizado	34
c) Mecanismo de Protección del Galvanizado	37
d) Corrosión del Zinc	37
III.C.2.Sistemas Duplex	41
III.C.3.Sistema de Pintado	42
a) Preparación de Superficie.....	43
b) Sistema de Pinturas	44
b.1.Base Anticorrosiva y/o Imprimante	45
b.2.Capa Intermedia	45
b.3.Capa de Acabado	45
c) Método de aplicación de la Pintura	46
III.C.4.Inspección de Pinturas	48
a) Inspección de la Preparación de Superficie	48
b) Medición de Condiciones Ambientales	50
c) Medidores de Espesores de Película Húmeda	54
d) Medidores de Espesores de Película Seca	58
e) Analizadores de Capas de Pinturas	61
f) Medidores de Adherencia.....	62
III.D.Evaluaciones de Campo realizadas	65
III.D.1. Medidas de Seguridad Personal en Obra	66
III.D.2. Torres de Telecomunicaciones	66
III.E. Proyecciones para la Industria	71
IV. CONCLUSIONES	73

V. BIBLIOGRAFÍA	75
VI. APÉNDICE	77
Apéndice A: Constancia de Trabajo.....	78
Apéndice B: Constancias de Ingreso emitidos por Clientes Industriales	79
Apéndice C: Inspección de Aplicación de Pintura	82
Apéndice D: Inspección De Película Seca Para Sistemas Duplex	84
Apéndice E: Inspección Del Avance de Obra	85
Apéndice F: Reporte De Visitas Técnicas.....	86
Apéndice G: Ejemplo de Plan de Pintado	87
Apéndice H: Ejemplo de Informe Técnico.....	88
Apéndice I: Hoja De Control y Monitoreo De Productos	97
Apéndice J: Ejemplo De Procedimiento De Aplicación	98
Apéndice K: Inspección Preliminar De Sistemas Duplex.....	107
Apéndice L: Inspección Técnica De Sistemas Duplex.....	109
Apéndice M: Efecto Sinérgico De Los Sistemas Duplex.....	111
Apéndice N: Norma ASTM D6386-99 “Preparación De Superficie Del Acero Galvanizado”	112
Apéndice Ñ: Adhesión de pinturas de secado al aire aplicadas sobre superficies galvanizadas	116
Apéndice O: Principales Características se Pinturas de Secado al Aire para Superficies Galvanizadas.....	117
Apéndice P: Plan de Capacitación del Personal Ejecutor	118
Apéndice Q: Categorías De Corrosividad Atmosférica Según Norma ISO 9223	119

RESUMEN

El objetivo del Informe de Ingeniería es sustentar la importancia del aseguramiento de la calidad en campo, en el proceso del control de la corrosión en superficies galvanizadas mediante la aplicación de sistemas de pinturas. Dichos procedimientos son basados en estándares internacionales y/o estándares de ingeniería establecidas por el dueño de obra. El **Aseguramiento de la Calidad en Campo (ACC)** también es llamado **Supervisión e Inspección en Campo (SIC)**, que en la actualidad constituye parte de los servicios de valor agregado que brindan las empresas fabricantes de pinturas a través de sus Áreas de Asistencia y Asesoría Técnica.

Se enfoca el presente Informe al ACC de superficies galvanizadas en torres de telecomunicaciones, cuyo mantenimiento tiene la particularidad de que el 100% de los trabajos se realizan manualmente, haciendo que el desempeño del sistema dependa en buena parte de la calificación del personal y de un adecuado ACC, que entre otras funciones también esta encargada de capacitar y calificar al personal operativo.

El capítulo II da a conocer a la empresa y nuestra relación profesional con el empleador. Se describe de modo general las técnicas y temas asociadas a dichas labores y las áreas de interrelación.

El capítulo III es la parte principal de este Informe. En principio, se definen los objetivos del trabajo de ACC enfocado a optimizar el tiempo de vida útil del sistema de pinturas elegido. Se definen las mejoras en métodos de preparación de superficie acorde con el tipo de superficie metálica, las condiciones de operación, definición de sistemas de pinturas basados en los análisis de factibilidad, costo beneficio y expectativa de durabilidad. En función de lo anteriormente planteado, se definen los procedimientos de aplicación y de evaluación que se extienden al personal contratista y responsable de la obra para su cumplimiento.

Así mismo, en este capítulo se revisa los conceptos fundamentales que sustentan las soluciones planteadas. Se describe la naturaleza del sustrato, los tipos de galvanizado y su mecanismo de corrosión. Una vez definido el sustrato se describe el efecto sinérgico de los sistemas duplex comprendidos por el galvanizado y los sistemas de pintado adecuados. Adicionalmente, se detallan los equipos de inspección de pinturas, que oportunamente empleados, proveen del control cuantitativo necesario para alcanzar el buen éxito de la protección.

Sobre este esquema desarrollamos la propuesta de ACC basada en la experiencia de evaluaciones de los diferentes sistemas de protección realizados en diferentes zonas de nuestro país, así como su proyección para la industria constituye un valor agregado a las inversiones de construcción y mantenimiento en los diferentes sectores industriales, así mismo su implementación en el proceso de protección, produciría la disminución de la frecuencia de repintados y elevaría la productividad de las labores de mantenimiento industrial en general.

I. INTRODUCCIÓN

Existe la creciente necesidad del mercado de mantenimiento industrial por una adecuada supervisión e inspección en obra de su inversión, actualmente cubierta de forma parcial por profesionales de Áreas de Asistencia y Asesoría Técnica de las empresas Fabricantes de Pinturas y puntualmente por algunas empresas prestadoras de este servicio.

Cuando iniciamos actividades en Teknoquímica S.A. el servicio de supervisión y asistencia técnica era realizado por personal técnico de laboratorio de pinturas. A medida que se reorganizaba la División Industrial se revisaron los procedimientos existentes, se propusieron protocolos de control y reporte de visitas técnicas a clientes para la mejor recolección de datos procedentes de campo. Sobre esta plataforma se implementaron la emisión de informes técnicos, recomendaciones técnicas, planes de pintado y seguimiento de productos orientados a los diferentes clientes del sector industrial, marino y construcción.

El objetivo de estas actividades constituye una serie de ventajas para las partes involucradas: Del fabricante de pinturas, asegurar que los sistemas de pinturas recomendados sean aplicados adecuadamente; del contratista aplicador, asegurar que su servicio sea bien ejecutado y por lado del dueño de obra, maximizar el tiempo de vida útil del recubrimiento requerido y seleccionado de acuerdo a la calidad y la durabilidad preestablecida por el fabricante de pinturas.

En general, las evaluaciones realizadas por la Supervisión e Inspección de Obra están basadas en normas internacionales como ASTM, SSPC, ISO que definen el procedimiento de evaluación y los criterios de interpretación de resultados y los valores mínimos permisibles son establecidos en los

Estándares de Ingeniería del dueño de obra y en reuniones preliminares de trabajo. Ello permite que las partes involucradas, conozcan claramente cual es el proceso de evaluación y recepción de obras de Mantenimiento Industrial.

Finalmente resulta necesario aclarar que las labores de Supervisión e Inspección en Campo (SIC), no tienen como objetivo la fiscalización del desempeño de las empresas contratistas, sino contribuir saludable y oportunamente a elevar el nivel de calidad del servicio que ejecutan y sumar esfuerzos para el buen desempeño del sistema de protección.

II. ACTIVIDAD PROFESIONAL

II.A. El órgano empresarial

II.A.1. Nombre y Razón Social

Teknoquímica S.A.

Av. Cesar Vallejo N° 1877 – El Agustino – Lima – Perú.

II.A.2. Marca

TEKNO®

II.A.3. Sector al cual pertenece

Industria Química.

II.A.4. Actividad Principal

TEKNOQUÍMICA S.A nace en 1954, con la misión de fabricar y comercializar Productos de Limpieza, Pinturas, Resinas y Adhesivos, productos orientados al tratamiento, protección, embellecimiento, unión, limpieza y acabado de superficies de uso industrial y domésticos, para el mercado nacional y del exterior.

En la actualidad conforma parte del GRUPO TEKNO.

II.A.5. Política de Calidad

La empresa esta comprometida a: “Satisfacer a sus clientes entregando productos y servicios de acuerdo a la calidad y oportunidad ofrecidos, sustentando sus operaciones en personal calificado y comprometido con la mejora continua”

II.A.6. Organigrama de la Empresa

El organigrama de la empresa es el que se adjunta en el Diagrama N° 1.

II.A.7. Unidades de Producción

Teknoquímica S.A. cuenta con 6 plantas:

- Planta de Látex
- Planta de Pinturas base Solvente
- Planta de Pintura en Polvo
- Planta de Resinas
- Planta de Adhesivos
- Planta de Productos de Limpieza

De acuerdo al tema del presente Informe solo se detallará el diagrama de flujo del proceso de producción de la planta de pinturas base solvente, según el Diagrama N° 2.

DIAGRAMA N° 1
“Organigrama General de Empresa”

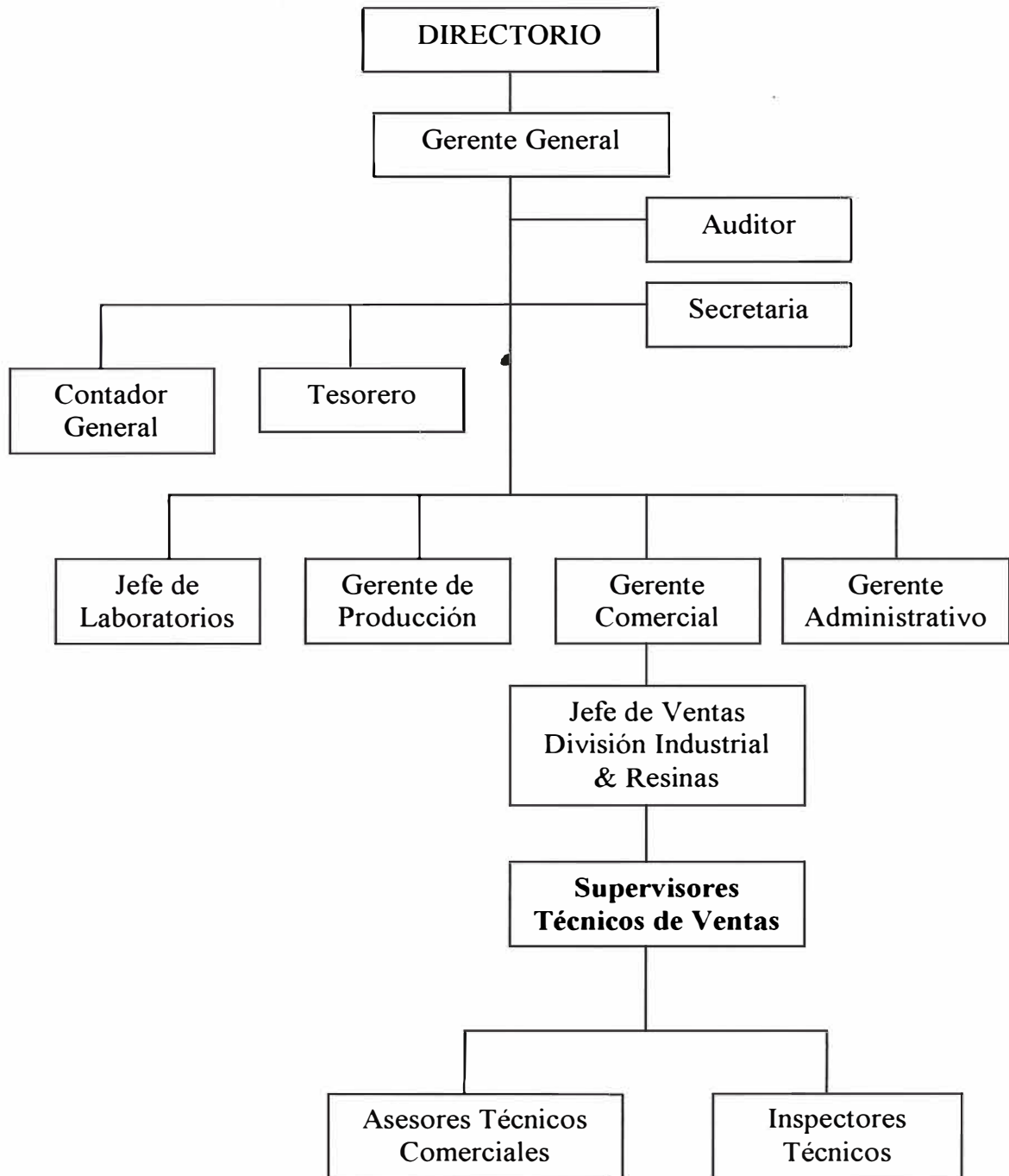
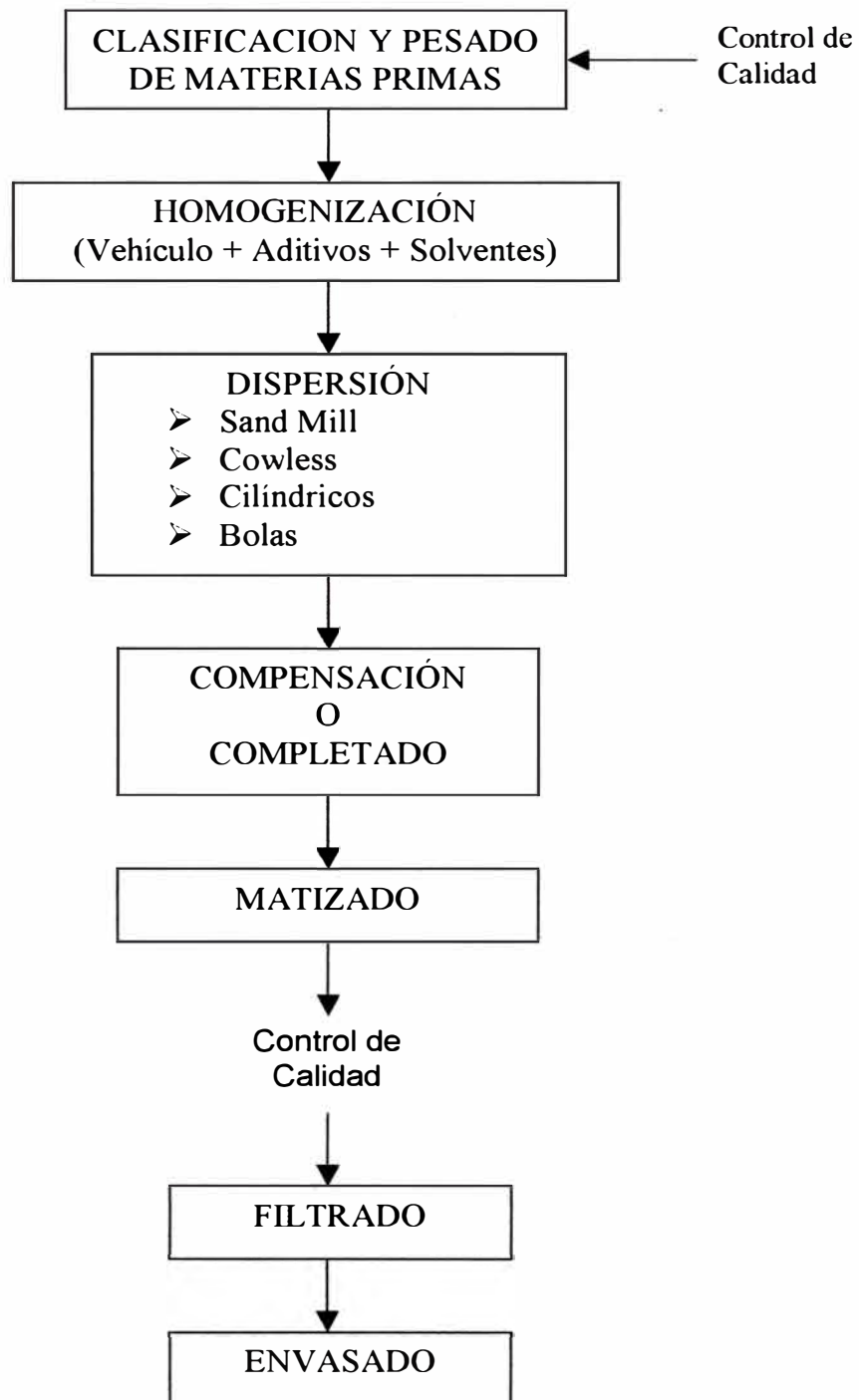


DIAGRAMA N° 2
“Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de Pinturas”



II.B. Relación Profesional – Empleador

II.B.1. Condición

Empleado

II.B.2. Cargo

Supervisor Técnico de Ventas

II.B.3. Documentos probatorios de la actividad profesional

Se adjuntan Constancias de trabajo en el Apéndice A y constancias de autorizaciones de ingreso a las zonas industriales de diversos clientes en el Apéndice B del anexo.

II.C. Trabajo Profesional Desarrollado

II.C.1. Actividades desempeñadas:

a) Responsable del Área

Alfredo Dávila Cuadros

Jefe de Ventas

División Industrial y Resinas

b) Supervisión Técnica

Las responsabilidades encomendadas son:

- Supervisión del desempeño técnico-comercial de la Fuerza de Ventas de la División Industrial.
- Elaborar las metas de venta de acuerdo a la planificación de ventas dada por el área de marketing.

- Brindar oportunamente asesoramiento técnico a clientes en las etapas de pre-venta y post-venta, en las siguientes líneas de productos:
 - Sistemas de Recubrimientos para Mantenimiento Industrial.
 - Sistemas de Recubrimientos para Mantenimiento Marino.
 - Sistemas de Poliésteres reforzados con Fibra de Vidrio aplicados en la industria minera.
 - Sistemas de Lacas y Barnices para Maderas y Derivados.
 - Sistemas Arquitectónicos Convencionales y Decorativos basados en emulsiones de Látex, Esmaltes Sintéticos y Óleo resinosos.
 - Sistemas para Mantenimiento Automotriz.
 - Adhesivos de Contacto y Acuosos.
- Capacitación de clientes internos: fuerza de ventas, personal de atención al cliente y administrativos.
- Capacitación de clientes externos: sector industrial (refinerías, mineras, centrales hidroeléctricas, complejos metalúrgicos, oleoductos, muelles, metal mecánica y otros), comercial (distribuidoras, mayoristas, minoristas ferreteros y público usuario en general) mediante charlas y/o talleres de aplicación de productos.
- Capacitación y entrenamiento periódico de inspectores y asesores comerciales a cargo.
- Diseñar, exponer y evaluar sistemas de pintado acordes con las necesidades del cliente.
- Realizar visitas técnicas preliminares a solicitud de clientes para inspeccionar, analizar y diagnosticar sistemas de recubrimientos orgánicos para protección anticorrosiva de diferentes superficies.
- Recomendar y/o absolver consultas y/o reclamos de clientes.

- Diseño, Inspección y/o Supervisión de preparación de diferentes superficies y aplicación de diversos Sistemas de Recubrimientos tales como:
 - Alquídicos
 - Alqui-melamínicos u horneables
 - Epóxicos
 - Poliuretánicos
 - Poliésteres
 - Vinílicos
 - Ricos en Zinc
 - Pintura en PolvoY demás recubrimientos para uso Industrial, Marino, Arquitectónico y Decorativo, aplicados en ambientes variados.
- Diseño, Inspección y/o Supervisión de Preparación de Superficies y Aplicación de Composites (Polímeros reforzados) mediante diversos Sistemas de Recubrimientos (Poliésteres (PRFV), Esteres Vinílicos y Epóxicos) para uso específico en Industrias Mineras, Marinas, Automotrices y Decorativas.
- Participación en la reestructuración del contenido técnico de los elementos información de productos (Especificaciones Técnicas, Afiches, Catálogos e Instructivos para el usuario).
- Confección de expedientes para postulación en licitaciones, concursos públicos, adjudicaciones directas, menores cuantías y procesos de selección en entidades estatales (Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado) o privadas.

II.C.2. Tiempo de prestación de servicios en la actividad descrita

Tiempo: 5 años y 8 meses.

Desde Noviembre 2000 hasta la actualidad.

II.D. Técnicas profesionales necesarias para el desempeño de funciones

II.D.1. Tipos de técnicas de ingeniería necesarias

- **Corrosión**
Es una ciencia fundamental para el conocimiento de los procesos degradativos, mecanismos de protección, métodos de control y protección de la corrosión.
- **Industria de proceso químicos**
Cada industria presenta escenarios diferentes los cuales hay que comprender de forma básica y considerar sus efectos y consecuencias dentro del diseño de sistemas de protección.
- **Electroquímica**
Nos permite conocer otros tipos de recubrimientos metálicos a través de procesos de electrodeposición, sus características y sus bondades frente a los recubrimientos orgánicos.
- **Química Orgánica I y II**
El conocimiento de los diferentes estructuras y grupos orgánicos, su caracterización, sus propiedades físicas y químicas, nos permiten interpretar curvas de identificación procedentes del análisis de espectroscopia IR realizados a vehículos (resinas) de las pinturas, adhesivos y solventes. Normalmente realizados para la identificación de muestras extrañas.
- **Físico Química I y II**
La comprensión a cabalidad de propiedades como la viscosidad y la tensión superficial de las pinturas, la tensión de vapores de los solventes, el tamaño de partícula de pigmentos en la formulación de pinturas, tamaño de partícula de material abrasivo para la limpieza de metales por chorro abrasivo, finalmente el control de pH de diferentes materiales tales como el concreto, adhesivos y pinturas base agua.

- **Análisis Químico Instrumental**
Nos permite entender los diferentes métodos espectroscópicos (infrarrojo, luz visible, ultravioleta, etc.) y su aplicación en la determinación de la naturaleza de una muestra de pintura, resina o solvente.
- **Costos y Presupuestos**
Nos ayudan a sustentar el costo beneficio de los diferentes sistemas de protección, así como desarrollar la estructura de costos y manejar el presupuesto del proyecto.
- **Planeamiento y Control de Proyectos**
En los proyectos “llave en mano”, donde se ejecutan tanto las labores de pintado como el suministro de productos. Se debe de planificar, controlar y administrar el presupuesto del proyecto.
- **Dibujo Técnico**
Para interpretar adecuadamente planos de infraestructuras o proyectos en general donde se requieran definir áreas de protección o realizar metrajes de rutina.
- **Seguridad Industrial y Ambiental**
Dichos conocimientos nos permiten estructurar procedimientos de trabajo seguro y planes de manejo ambiental, cuando se ejecutan proyectos “llave en mano”.

II.D.2. Administración de personal asignado

La administración del recurso humano asignado es una de los roles que requieren conocimientos de liderazgo, estrategias de planificación, métodos de motivación, métodos de comunicación y relaciones humanas en general. A ello se complementa el desarrollo de las habilidades de planear, organizar, comunicar, presidir reuniones, supervisar, adaptarse, escuchar con eficiencia y administrar bien el tiempo.

El personal a cargo lo constituyen un grupo de trabajo de 13 personas denominados asesores técnicos comerciales que conforman la fuerza de ventas de la División Industrial y Resinas. Durante el tiempo que se han compartido labores una de las metas principales fue mejorar su nivel técnico, para ello, se desarrollaron programas de entrenamiento anuales. Además, ellos reportan diariamente, coordinan y comunican a los supervisores sus actividades, solicitudes de productos nuevos, evaluaciones y demostración de productos, validación de recomendaciones técnicas, atención de reclamos y demás necesidades de los clientes para su atención oportuna y personalizada .

II.D.3. Relaciones Interpersonales y Multidisciplinarias

En la labor técnica y comercial es necesario tener un dominio de lo recomendado y estar en condiciones de exponer, sustentar y confrontar posiciones frente a diferentes niveles profesionales.

Dicha interacción se da desde el operario que debe conocer el como y el porque de su trabajo, pasando por los jefes de grupo, capataces, supervisores de campo, residentes de obra, auditores de seguridad, medio ambiente y calidad, hasta jefes, superintendentes y/o gerentes de áreas de mantenimiento, ingeniería, normalización y/o procesos de planta.

II.D.4. Técnica de Recolección y Manejo de Datos

Para hacer más eficiente el levantamiento de la información técnica en el Área de Asesoría y Asistencia Técnica se diseñan y manejan formatos para optimizar la recolección de datos relevantes, reportar una visita técnica y sus resultados, informar observaciones,

evaluaciones, resultados, conclusiones y reportar comportamientos del desempeño de un producto, etc.

A continuación se presentan los siguientes formatos:

- a) **Protocolo de Inspección de Aplicación de Pintura**
Empleado antes, durante y después de la aplicación de pinturas, para las verificaciones de rendimiento de recubrimientos industriales, y demostración de su comportamiento principalmente en superficies metálicas. Ver apéndice C.
- b) **Protocolo de Control para Sistemas Duplex**
Empleado después de la aplicación de pinturas para las verificaciones de espesor de película seca intermedia o total y adherencia de recubrimientos industriales sobre superficies galvanizadas. Ver apéndice D.
- c) **Protocolo de Inspección del Avance de Obra**
Empleado para reportar diariamente durante una semana condiciones generales de aplicación de pintura, monitorear las pérdidas y la eficiencia del avance en grandes superficies metálicas (Tanques, tuberías, etc). Ver apéndice E
- d) **Reporte de Visitas Técnicas**
Empleado para reportar visitas técnicas de rutina donde además se recoge opinión del servicio de asistencia técnica. Ver Apéndice F.
- e) **Plan de Pintado**
Empleado para proponer sistemas de protección, indicándose condiciones técnicas y económicas. Un ejemplo es el mostrado en el Apéndice G.
- f) **Informe Técnico**

Se elabora después de realizar una serie de evaluaciones técnicas para comunicar al detalle de supervisión y inspección técnica en una obra o proyecto. Un ejemplo es el mostrado en el Apéndice H.

g) Formato de Control y Monitoreo de Productos

Empleados para reportar el comportamiento histórico de un producto en las aplicaciones con los clientes. Ver apéndice I.

II.D.5. Conocimientos de Seguridad, Prevención de Riesgos y Manejo Ambiental

La cultura de seguridad es indispensable internalizarla en el desempeño diario de las evaluaciones e inspecciones técnicas. Los conocimientos de Primeros Auxilios, Prevención de Riesgos, Pruebas Contra incendios, Manejo de Implementos Básicos de Seguridad son necesarios para el buen desarrollo de las labores.

El manejo ambiental de los desechos procedentes de labores de aplicación deben ser considerados e instruidos constantemente por el inspector o supervisor técnico para el buen desempeño de las labores de campo.

III. MEJORAMIENTO DE LA DURABILIDAD DE SISTEMAS DUPLEX

III.A. Identificación de Objetivos

Los objetivos se trazaron en función a la experiencia observada en los sistemas duplex, comparativamente son sistemas más caros pero si se logran mejorar algunos aspectos, su sinergia intrínseca de sus componentes harían más rentable la inversión en ellos.

Por ello que se trazaron los siguientes objetivos para impulsar su mejoramiento.

a) Responsabilidad con el medio ambiente

La evolución y asimilación de tecnología en formulaciones de recubrimientos de altos sólidos ha permitido lograr la migración de sistemas convencionales de bajos sólidos o alto VOC (Volatil Organic Compound) a sistemas de altos sólidos o bajos VOC, procurando la protección del medio ambiente mediante la reducción de emisiones de VOC.

Las propuestas de limpieza empleando soluciones acuosas en reemplazo del uso de solventes en el caso de desengrasado de superficies galvanizadas también aportan a la preservación del ambiente.

b) Optimizar costos de mantenimiento

Los costos por corrosión son por demás conocidos, es por ello que el optimizar los costos en el mantenimiento de estructuras, es una razón ponderable y contundente frente al proceso corrosivo natural pero controlable.

Como referencia podemos citar un estudio de la U.S. Federal Highway Administration (FHWA) del 2002. A través de 2 años de estudio de los costos asociados a la corrosión metálica en la industria de U.S.A., éstos ascienden a US\$ 137.9 Billones, de los cuales el 34.7% de ellos corresponden a las industrias de suministro de electricidad, telecomunicaciones, gas y agua.

Tomando este referente, el cambio de sistema se orientó, no solo a disminuir los costos de mantenimiento, sino a ayudar en optimizar la administración del presupuesto asignado para este fin, obteniéndose un mayor

tiempo de vida útil posible de las instalaciones con el mismo presupuesto, que se traduce en:

- Disminución de costos y tiempos de aplicación debido a la sustitución de 2 capas de pintura en lugar de 3, obteniendo un mayor espesor por capa.
- Mayor durabilidad esperada frente a los antiguos sistemas.

c) Especificación del Sistema de Pinturas de Altos Sólidos

La especificación del sistema de pinturas de altos sólidos fue un procedimiento que se alcanzo para viabilizar la propuesta.

- Cada fabricante o distribuidor oficial de pinturas propone el sistema de pinturas considerando previamente las especificaciones de desempeño establecido por el dueño de obra, es decir la definición del nivel aceptable y razonable del desempeño del sistema.
- Los sistemas de pintado propuestos por los diferentes fabricantes son aplicados en campo o en laboratorio mediante el uso de probetas, y posteriormente se sometieron a la evaluación por una entidad imparcial, calificada y reconocida en el campo del control de la corrosión.
- Dichos sistemas homologados por el dueño de obra son plasmados en estándares emitidos por su Área de Ingeniería o Normalización, los cuales también establecen los parámetros de evaluación en campo y de recepción de obra.

Anualmente se revisa el estándar para evaluar lo ejecutado, implementar, corregir y mejorar lo establecido. Esta practica, coloca en iguales condiciones de competencia a los proveedores que aprueben dichas evaluaciones.

d) Aseguramiento de la Calidad en Campo

Las superficies galvanizadas presentan la particularidad de que los trabajos de preparación de superficie se realizan manualmente, esto hace que el desempeño del sistema dependa en buena parte de la calificación del personal, y de una adecuada Supervisión e Inspección de Campo (SIC). Por ello, hemos orientado esfuerzos a la calificación del personal mediante el dictado de Cursos de Capacitación Teórico-Practico complementados con Charlas de Inducción del personal en Campo.

De acuerdo a lo acordado entre las partes se proporciona apoyo técnico a los ejecutores en las diferentes etapas del trabajo, mediante evaluaciones preliminares del sistema antiguo y en base a ello se propone el procedimiento de trabajo. Para la recepción de las obras se emiten protocolos de control del sistema de protección, el cual sirve como referente al dueño de obra para su aceptación.

Las evaluaciones son aleatorias y representativas del área aplicada, este proceso evaluativo es una prueba de que los sistemas de pinturas recomendados son aplicados adecuadamente, el contratista de aplicación asegura que su servicio sea bien ejecutado y por otro lado el dueño de obra maximiza el tiempo de vida útil del recubrimiento adquirido y seleccionado de acuerdo a la calidad y la durabilidad requerida y preestablecida por el fabricante de pinturas.

e) Mejoramiento continuo de Productos Nacionales

Sus controles de calidad a través de la supervisión e inspecciones en campo, permiten cerrar el ciclo de retroalimentación interno, vital para el mejoramiento continuo de los productos desarrollados, para ello se trabaja en coordinación con nuestro Laboratorio de Pinturas.

La información recabada de las zonas de referencia o testigos son un excelente método para el control de desempeño de sistemas de pintado.

III.B. Solución Planteada

III.B.1. Sistema de Protección de los Sistemas Duplex

a) Mejoramiento en los Métodos de Preparación de Superficie

La experiencia acumulada de inspecciones en diferentes zonas climáticas de nuestro país nos permite sugerir los siguientes mejoramientos en cuanto a los métodos de preparación de la superficie galvanizada de mantenimiento.

Es imperativo que las superficies limpias deban ser cubiertas dentro de 01 hora en zonas cercanas al litoral y dentro de las 03 horas en zonas de baja humedad relativa.

Para galvanizado nuevo:

La superficie presenta brillo metálico, grasa, aceites, salpicaduras del baño, etc (Ver Figura 1). Por tanto el desengrasado es el paso frecuente y es normalmente realizado en taller con detergente industrial, soluciones alcalinas, thinner a granel o vapor de agua.

En la práctica, en talleres o en obra, el uso de solventes para desengrasar, como la bencina o xilol ayudan perfectamente en dicha limpieza, sin embargo sus características orgánicas y de alta volatilidad los limitan en uso para piezas pequeñas y en sistemas cerrados con reciclaje de solventes, con protección respiratoria para el personal y ventilación del lugar de ejecución. Por ser un método que genera la emisión de VOC su uso debe ser restringido.

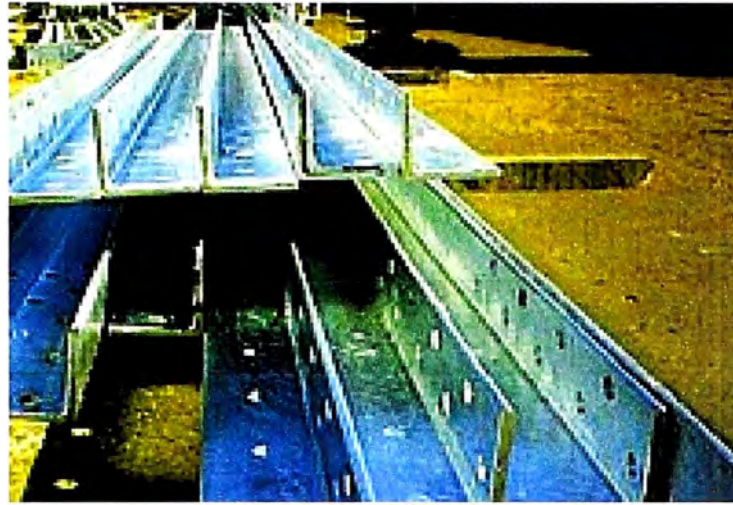


Figura N° 1.- Galvanizado Nuevo

Esta práctica está siendo lentamente sustituida por productos desengrasantes que no requieren enjuague y cuyo complemento es una limpieza con trapo seco previa al pintado. El producto consta de una mezcla de solución acuosa débilmente ácida de ácido fosfórico (PH mayor a 4), de mejor poder tensoactivo que un detergente sulfónico, y un adecuado balance de solventes de moderada velocidad de evaporación que evitan su enjuague y el cual muchas veces es insuficiente para eliminar los residuos detergentes de naturaleza sulfónica.

Galvanizado Envejecido:

De acuerdo al estado en que se encuentre la superficie galvanizada (Ver Figuras del N° 2 al N° 4) se seleccionarán los métodos de limpieza.

La preparación se debe orientar a partir de una visita técnica preliminar en presencia de las partes involucradas, para evaluar las condiciones en las que se ejecutara el trabajo, el estado de conservación del galvanizado y la pintura que lo protege si es que este es el caso, se deberán recoger los datos, de acuerdo al formato indicado en el Apéndice K.



Figura N° 2
Leve



Figura N° 3
Moderado



Figura N° 4
Alto

En la práctica, en obra, tenemos experiencia en el desengrasado y limpieza de superficies galvanizadas con un producto que denominaremos “X”

Normalmente las superficies galvanizadas desnudas o pintadas en torres presentan una serie de contaminantes tales como:

★ **Contaminantes Insolubles o Físicos**

Sales o productos de corrosión insolubles (óxidos, hidróxidos, carbonatos de zinc), polvo, excremento, suciedad, aceite, grasas, plumas, entre otros.

★ **Contaminantes Solubles o Químicos**

Sales químicas solubles (iones cloruro, ferrosos, sulfatos), que puedan afectar la pintura por reacción química con la superficie galvanizada o produciendo la formación de depósitos de sales en la superficie o causando fallas de adhesión entre capas.

Limpieza de contaminantes solubles:

Estos contaminantes son por lo general sales principalmente de cloruro y sulfatos básicos de zinc, que pueden estar presentes en la herrumbre y en los restos de pintura envejecida y que no son fácilmente removidos por los procedimientos de limpieza manual con rasquetas, lijas o cepillos de alambre.

Su presencia en el sistema puede producir ampollamiento y oxidación prematura, por lo que los procedimientos para detectar su concentración en la superficie y definir el método de limpieza es de suma importancia para el éxito de la protección.

No se ha encontrado en la literatura, un estudio que indique los niveles permisibles de dichas sales para sistemas duplex, debido a que esto depende de muchos factores, tales como el tipo de pintura, espesor del sistema, condición inicial de la superficie y condiciones en servicio.

Sin embargo, existe un estudio de exposición atmosférica, Morcillo y col. , los cuales evaluaron el efecto de la presencia de cloruros y sulfatos en la vida útil de planchas de acero limpio y granallado al metal al blanco, que fueron rociadas con diferentes niveles de concentración de cloruros y sulfatos solubles, para después recubrirlas con diferentes sistemas de pinturas y expuestas a 3 tipos de atmósferas (rural, urbana y marina). Los resultados que hallaron dichos investigadores fueron que a niveles superiores de 60 – 300 mg de cloruro /m² y 630 – 1580 mg de Sulfatos /m², presentes en la interfase acero pintura pueden ser suficientes para disminuir significativamente la vida de la mayoría de los sistemas empleados.

Por otro lado, la norma SSPC–SP–12 o NACE N° 5 para la limpieza de superficies mediante lavado con agua a alta o ultra alta presión establece los

siguientes grados de limpieza superficial con relación a su contenido en cloruros y sulfatos solubles mostrados en el Cuadro N° 1, que se muestra a continuación.

Cuadro N° 1

Condición	Descripción de la superficie
SC-1	La superficie debe estar libre de contaminantes como cloruros solubles en agua, sales solubles de hierro y sulfatos.
SC-2	La superficie debería tener menos de 70 mg/m ² de cloruros solubles, menos de 100 mg/m ² de ion ferroso soluble y menos de 170 mg/m ² de sulfatos, detectados por métodos de campo y laboratorio confiables.
SC-3	La superficie debería tener menos de 500 mg/m ² de cloruros y sulfatos detectados por métodos de campo y laboratorio confiables.

La norma SSPC-SP-12 o NACE N° 5 muestra una relación de los métodos de detección y de análisis en campo y laboratorio comúnmente usados para la determinación de la presencia de sales solubles sobre superficies a ser pintadas.

Por lo tanto, los niveles máximos permisibles de sales solubles apoyándose en la información indicada deben ser acordados entre las partes.

Tal como se puede observar en el Cuadro N° 2, son etapas no excluyentes de limpieza, en el se proponen puntualmente etapas de lavado complementadas con limpiezas manual o mecánicas dependiendo del estado del galvanizado. Esto se debe a que la limpieza manual mecánica no suele remover las sales solubles contenidas en los productos de corrosión por lo que cualquier método que involucre la participación de agua, disolverá

dichas sales y facilitara su eliminación. Por otro lado, la limpieza manual o mecánica es añadida ya que muchas de las torres de mantenimiento presentan residuos de pintura suelta que requieren de este método para su retiro.

De mas esta aclarar, que puede presentarse el caso por ejemplo, en zonas rurales que no se requiera el desengrasado por que no existe presencia de elementos aceitosos o grasos, que ameriten la ejecución de esta etapa, será de mutuo acuerdo con a supervisión el obviar esta etapa.

Cuadro N° 2

Zona	Estado	Grado Corrosivo	L	LS	D	DD	M	MM	ES	S	TP
Costero	Pintado	Moderado		X		X	X			X	1
	Pintado	Alto		X**		X		X	X	X	1
Industrial	Pintado	Alto		X		X		X	X	X	1
	Pintado	Moderado		X		X		X		X	1
Urbano	Pintado	Leve		X	X					X	2
	Pintado	Moderado		X		X		X		X	2
	Expuesto	Moderado		X		X	X	*		X	2
Rural	Pintado	Leve	X		X		X			X	3
	Pintado	Moderado	X		X		X			X	3

Leyenda:

L: Lavado solo con agua potable limpia

LS: Lavado severo con agua potable no menor a 2 ciclos.

D: Desengrasado con producto X que no requiera enjuague

DD: Desengrasado y desoxidado con producto X que no requiera enjuague.

M: Limpieza manual.

MM: Limpieza manual mecánica.

ES: Estudio de sustitución de piezas por grado de corrosión.

S: Secado con trapo previo a la limpieza, y sustitución periódica del mismo de acuerdo al avance.

TP: Tiempo (horas) máximo de exposición previo al pintado.

* Opcional si las condiciones operativas lo permiten.

**Actualmente existen un método adicional que remueve pintura antigua mal adherida mediante chorro de agua a muy alta presión (UHP), el cual es factible realizarlo en zonas de fácil acceso, disponibilidad del recurso hídrico, bomba, sistema de drenaje y equipo de hidrolavado UHP. Este método de preparación de superficie, supone previamente un sopleteo con aire y luego un chorro de agua a alta presión (presiones mayores a 1450 psi y menores a 5800 psi) de tal manera que no dañe la capa de galvanizado. Este método esta siendo empleado tímidamente en algunos proyectos en nuestro país, pero es importante considerarlo como una buena alternativa de limpieza, principalmente en zonas cercanas al litoral donde el nivel de limpieza manual es limitado y requiere de una descontaminación eficaz.

b) Sistema de Pinturas Empleados

Actualmente los sistemas duplex empleados por el sector industrial de telecomunicaciones son los siguientes según el Cuadro N° 3.

Existen otras marcas que se encuentran homologadas en las empresas mencionadas pero la experiencia y evaluaciones reportadas en este Informe se basan en los sistemas indicados en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3

Operador	Tipo de Sistema	Sistemas de Pinturas Marca TEKNO	Estado
Telefónica del Perú S.A.A.	Epoxi Amida	1° capa: Zincromato Epoxi a 2 mils secos 2° capa: Esmalte Epoxi a 1.5 mils secos 3° capa: Esmalte Epoxi a 1.5 mils secos EPS Total: 5,0 mils	No Vigente
	Epoxi HS Amina	1° capa: Epoxi Autoimprimante 8082 a 4 mils secos 2° capa: Epoxi Autoimprimante 8082 a 4 mils secos EPS Total: 8,0 mils	Vigente
Nextel del Perú S.A.	Epoxi HS Amina-Poliuretano	1° capa: Epoxi Autoimprimante 8082 a 6 mils secos 2° capa: Esmalte Poliuretano HWR a 2 mils secos EPS Total: 8,0 mils	Vigente
Claro del Perú S.A.	Epoxi Amina HS	1° capa: Epoxi Autoimprimante 8082 a 6 mils secos EPS Total: 6,0 mils	Vigente

c) Procedimiento de Aplicación

Para asegurar la protección requerida, deberán indicarse las condiciones del ambiente de trabajo al responsable de la ejecución para asegurar que se entiendan y evitar que no se cumplan por desconocimiento.

Las empresas contratistas designadas para aplicación deben ser capaces de llevar a cabo el procedimiento de trabajo de una manera correcta y segura, según se detalla en el apéndice J.

Las limitaciones durante el Mantenimiento de Torres galvanizadas se encuentran:

- ★ Maniobrabilidad limitada, si no se dispone del sistema de seguridad necesario para el trabajo en altura, se desviará la atención del operador a preservar su seguridad personal en lugar de realizar una limpieza o pintado adecuado.
- ★ La limpieza preliminar se inicia con un lavado con agua completo y no una humectación con trapo industrial. Sin embargo se hizo de uso común dicha práctica por economizar recursos o no contemplarlos en los presupuestos del trabajo la empresa contratista.
- ★ La gran mayoría de torres son autosoportadas, las cuales presentan perfiles angulares y pernerías cuyo pintado es de sumo cuidado en el cubrimiento homogéneo y continuo de bordes, dobleces y pernos.

d) Procedimiento de Evaluación

El personal ejecutor o contratista debe comunicar al dueño de obra cuando el trabajo a su juicio ya está concluido según los requerimientos del mismo y a su vez la pintura de capa final haya cumplido con el tiempo de curado total, que de acuerdo a las condiciones ambientales fluctuará entre 7 a 12 días.

Confirmadas estas condiciones, el dueño de obra participa al fabricante de pinturas suministrador del recubrimiento, el día de la evaluación.

La evaluación es ejecutada en conjunto y con presencia del personal supervisor de la operadora y el personal representante de la empresa contratista. Al término de las evaluaciones, se propone el uso del protocolo mostrado en el Apéndice L como una mejora del Apéndice D, en el cual se detalla la información básica de la estructura, sistema de pintado evaluado,

instrumentos empleados para la evaluación y bajo que normas internacionales se realizan las pruebas cualitativas y cuantitativas del sistema a evaluar.

Las mejoras que se sugieren comienzan por establecer el número de evaluaciones representativas, que se sugieren sean realizados considerando el número de piezas, número de niveles o módulos de la torre o monopolo y el factor de seguridad para la accesibilidad a la zona a evaluar entre otros (Ver Cuadros N° 4 y N° 5).

Cuadro N° 4

Niveles de Torre	N° Lecturas
1	3
2	3
3	5
4	5
5	7
6	7
8 a mas	9

Cuadro N° 5

Tipo de Pieza	Ratio de Representación (N° Piezas : N° Lecturas)
Perfiles angulares	100:1
Montantes	4:1
Placas de soporte	20:1

Obsérvese que en caso del número de lecturas por el número de niveles de la torre, los números son impares puesto que de haber dos resultados contrarios, una tercera evaluación puede ser dirimente. Similar situación se puede presentar en el caso que tengamos 2 evaluaciones de resultado 2 A y otras 2 evaluaciones con resultado 4 A una quinta evaluación podría inclinar la balanza hacia alguno de los dos resultados.

Esta pauta es de uso común en la práctica en campo, por lo que debe tomarse como una sugerencia.

Es posible que durante la evaluación se puedan realizar más evaluaciones que las sugeridas en el cuadro anterior, pero ello debe ser consensuado y considerando que en el caso de las evaluaciones de adherencias estas son pruebas destructivas que deben realizarse con moderación.

III.B.2. Supervisión e Inspección en Campo (SIC)

Esta actividad constituyen actualmente parte de los servicios de valor agregado que brindan las empresas fabricantes de pinturas a través de sus Áreas de Asistencia y Asesoría Técnica. Cabe destacar que en su mayoría las labores de inspección en campo no son permanentes sino periódicas conforme al acuerdo establecido entre las partes, en casos muy particulares será el mismo dueño de obra el que convoque la una empresa evaluadora para dichas labores de supervisión.

Mucho se ha discutido la participación de las empresas proveedoras de pinturas en la evaluación de la aplicación de sus propios productos, ya que siendo partes del sistema protector, sus recomendaciones pueden lindar con los cuidados excesivos en la aplicación o encontrar su contraparte en una empresa contratista no calificada o con actitud poco comprometida para el buen término del trabajo.

El adecuado balance ético y profesional es el punto de apoyo de todo inspector en cada evaluación. Esta conciencia profesional es alentada en ambientes laborales donde confluyen valores similares, característicos de empresas orientadas a la calidad y que son consecuentes con ella.

Las labores de responsabilidad del SIC son:

- Propiciar las reuniones preliminares para establecer el contexto del trabajo.
- Supervisar el cumplimiento de la especificación, en las zonas evaluadas documentando el trabajo de evaluación.
- Reportar las condiciones ambientales de aplicación aleatorias, verificar el nivel de la preparación de superficie, la aplicación del recubrimiento, el espesor del sistema de pinturas y el curado del mismo.
- Aportar con información que considere relevante para la calidad y el avance de la obra.
- Conocer de los requerimientos básicos de seguridad en obra.

Actualmente existen programas de nivel internacional para la calificación de inspectores en recubrimientos que vienen siendo impartidas por entidades de reconocido prestigio internacional como:

- ★ Coating Inspector Program - NACE
- ★ Coating's Inspection - SSPC

Esto hace que cada vez el nivel técnico de esta especialidad sea regulado y certificado para beneficio del sector industrial.

III.B.3. Capacitación y Calificación del Personal Ejecutor

Para ello se coordina con el operador y el contratista responsable el inicio de actividades de mantenimiento anual.

El contratista envía listado del personal operativo y de supervisión designado para la capacitación. Los cuales son clasificados en dos grupos para su entrenamiento en sesiones teórico-prácticas de 6 horas totales para operarios y 10 horas totales para personal de mando medio (supervisores e ingenieros).

Terminada las capacitaciones se evalúan a los participantes para su calificación y reporte a sus jefaturas.

Este año se ha implementado con uno de los operadores de telecomunicaciones que los permisos de trabajo solo se emitirán al personal capacitado y calificado por las diferentes empresas proveedoras de pinturas.

III.B.4. Retroalimentación en el Desarrollo de Productos

Teknoquímica S.A. es una de las pocas industrias de recubrimientos que a pesar de no contar el respaldo de marca internacional de pinturas para el mantenimiento industrial, apuesta por el desarrollo de productos competitivos para este sector, con alentadora tendencia al crecimiento. Esto le ha permitido mantenerse vigente y a la altura del nivel tecnológico que exige el mercado.

El comportamiento de los productos son monitoreados y reportados a Laboratorio de Pinturas a través de hojas de control tal como se muestra en el Apéndice I, en estos formatos se reportan las diferentes aplicaciones en

obra realizados con el producto monitoreado, a determinadas condiciones como se ha comportado el producto, nos permite sugerir mejoras al producto y a la satisfacción de la necesidad para lo que ha sido diseñado.

Esta tarea se sugiere complementarla con la determinación de zonas testigo o de referencia dentro de área total de la estructura pintada, las cuales servirán para:

- Corroborar que el comportamiento del producto está de acuerdo a su diseño.
- Determinar el estándar mínimo de trabajo.
- Establecer el desempeño real del sistema protector.

La preparación de esta zona debe ser inspeccionada desde su designación (debe ser una zona operativa e incluir uniones y/o bordes) hasta el trabajo de pintado. Una vez curada debe demarcarse visible y permanente para evitar su destrucción o alteración accidental.

Las zonas testigo constituyen una herramienta práctica y eficaz para evaluar el sistema de recubrimientos y el sistema de pintado en general en un medio ambiente definido. Además, provee de información de resultados de vida en servicio que siempre son más relevantes que los obtenidos en laboratorio a través de los métodos acelerados.

III.C. Desarrollo y sustentación de los conceptos fundamentales

III.C.1. Naturaleza del sustrato

El hierro debido a su inestabilidad tiende a oxidarse con facilidad y debe ser protegido mediante recubrimientos del tipo:

- Metálicos: Zincados, Aluminizado, Cromados, Niquelados, etc.
- Orgánicos: Pinturas, resinas reforzadas, etc.

a) Fierro Galvanizado

Es el fierro recubierto y protegido con una capa de zinc metálico sobre su superficie.

b) Tipos de Galvanizado

Existen dos términos muy difundidos:

➤ Galvanizado en Caliente

El término “galvanizado” está más difundido y reservado para el recubrimiento por inmersión en caliente o “Hot Dip”.

La galvanización es un proceso mediante el cual se limpia el acero libre de todo mil scale u otras impurezas y se sumerge el acero en un baño de zinc fundido obteniéndose un recubrimiento de aleación Zn – Fe sobre la superficie del acero.

En la Figura N° 5, se muestra una micrografía de la sección transversal de un típico recubrimiento de zinc mediante galvanizado “Hot Dip” y sus capas aleadas. La temperatura del baño es superior a la temperatura de fusión del zinc (419.4°C) y oscila entre 440 a 450 °C, sin embargo actualmente hay baños a temperaturas superiores a los 530°C.

La capa de galvanizado esta compuesta por:

Capa Eta (η).- Capa compacta de 100% Zn.

Capa Zeta (ζ).- Capa de aleación Zn-Fe rígida de 5,8 a 6,8% de Fe.

Capa Delta (δ).- Capa de aleación Zn-Fe doble de estructura hexagonal de 7 a 12% de Fe.

Capa Gamma (γ).- Capa de aleación Zn-Fe adherente y delgada de espesor molecular que contiene de 21 a 28% de Fe.

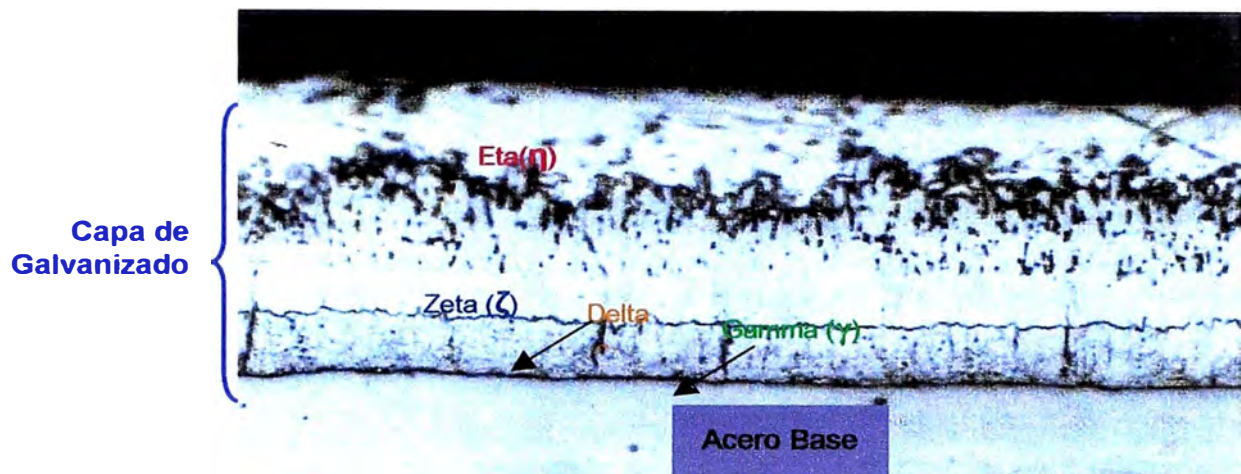


Figura N° 5.- Micrografía de la sección transversal de un galvanizado “Hot Dip” mostrando sus capas aleadas

La unión íntima metalúrgica formada por el proceso de galvanización asegura que no pueda haber corrosión por debajo de la capa.

Los espesores obtenidos de galvanizado está limitado hacia arriba en lo que respecta al espesor de las capas (Ver Cuadro N° 6), porque a espesores elevados, la capa frágil de zinc duro influye sobre la adherencia del núcleo de acero. Además, a espesores de plancha de fierro muy delgadas las piezas pueden alterarse en sus dimensiones originales. Sin embargo, es la operación más difundida y con las instalaciones adecuadas es posible obtener una adecuada adherencia entre capas.

Cuadro N° 6

Especificación del Espesor y Masa de Recubrimientos de Zinc			
Acero Espesor del Material	Zinc Espesor Prom. (um)	Zinc Masa Prom. (gr/m2)	Desviación Permisible (%)
Menor de 1 mm	50	360	Hasta 10%
[1 mm – 4 mm >	60	430	
[4 mm – 6 mm >	70	500	
[6 mm - ∞ >	85	610	
Acero y Fundición Maleable – Fe Fundido	70	500	Hasta 10%
Piezas Pequeñas	50	360	Hasta 10%

➤ **Galvanizado Electrolítico o Electrozincado**

El galvanizado electrolítico se realiza a temperatura ambiente, de manera que no se forma ninguna capa frágil de zinc duro. Para ello no hay que esperar en este procedimiento ninguna limitación del espesor de la capa, como ocurre en el galvanizado en caliente. Otra ventaja del procedimiento es el reparto uniforme de la capa y la supresión de la acción del revenido sobre el material base.

Como es sabido el galvanizado electrolítico no ha podido superar en uso al galvanizado “Hot Dip”, por sus mermas de calidad y las resquebrajaduras por el desprendimiento de Hidrógeno a elevadas densidades de corriente. El rango de masa de Zinc depositado con este proceso va desde 20 hasta 900 gr/m2.

➤ Galvanizado en Frio

Término comúnmente usado para designar a las pinturas ricas en zinc, cuyo contenido de zinc metálico en la película seca es mayor al 90% en peso.

c) Mecanismo de Protección del Galvanizado

El principio fundamental de la protección anticorrosiva que brinda el recubrimiento de zinc al acero base lo constituye, además de la capa barrera, el mecanismo de protección catódica. Debido a que el zinc es más activo que el hierro, el recubrimiento sobre el acero se sacrifica en su beneficio frente al medio corrosivo.

Esta oxidación del zinc produce una capa de óxido de zinc el cual en presencia de humedad (rocío o lluvia) forma hidróxido de zinc. En presencia de dióxido de carbono (CO_2) se forma carbonato básico de zinc. Esos sólidos forman una capa delgada y compacta adherida firmemente.

Por lo tanto, el zinc actúa como un ánodo de sacrificio, que se consume lentamente al mismo tiempo que va protegiendo al acero. La acción consumible del zinc ofrece protección en las pequeñas áreas del acero que queden expuestas, zonas tales como bordes vivos, agujeros, rasguños o áreas producto de fuerzas abrasivas severas en la superficie. La protección catódica del acero continua hasta que todo el zinc circundante se consume.

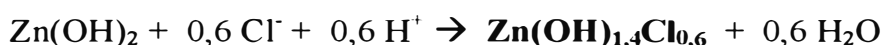
Y en el caso específico de los recubrimientos de galvanizado “Hot Dip” estos son rugosos y proveen de una barrera impermeable y duradera contra muchos de los procesos de corrosión atmosférica.

d) Corrosión del Zinc

En una atmósfera pura, el zinc en contacto con la humedad condensada en forma de rocío o lluvia, produce la disolución del metal para formar hidróxido de zinc, y un incremento del pH, que llega a valores cercanos a 8,5 donde se observa una mínima corrosión del zinc.

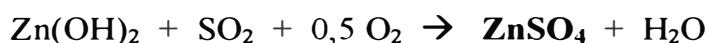


El **hidróxido de zinc** formado reacciona con los constituyentes presentes en el aire, por ejemplo: CO_2 , SO_x y Cl^- , con la formación correspondiente de la sal básica de zinc en la interfase aire/hidróxido que contribuyen al aumento del valor del pH en la superficie húmeda:



La capa de hidróxido de zinc y de sales básicas de zinc, de color blanco, llamada “patina de zinc”, protege la superficie de un mayor ataque, ver Cuadro N° 2.

En atmósferas urbanas y principalmente industriales, donde la humedad relativa es alta y hay presencia del SO_x (lluvia ácida) no se forman hidróxidos ni sales básicas de zinc, y los depósitos formados durante los primeros periodos con valores de pH altos pueden ser disueltos:



De modo que, al ser soluble en agua el sulfato de zinc no protege efectivamente a la superficie galvanizada, es más su velocidad de corrosión se

incrementa proporcionalmente a la concentración de azufre en la atmósfera, como se puede apreciar en la Figura N° 6.

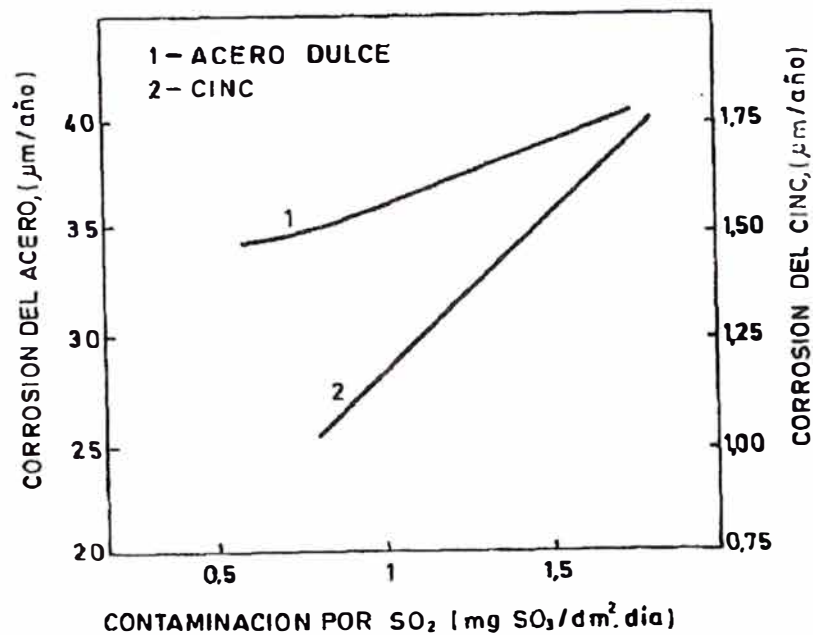


Figura N° 6.- Variaciones de la corrosión anual del acero y del zinc en función a la concentración de SO₂

En atmósferas marinas, la velocidad de corrosión del zinc aumenta con rapidez proporcionalmente con la concentración de iones cloruro, ya que ellos aun en niveles bajos de humedad relativa favorecen a la formación de electrolitos sobre el galvanizado.

Por tanto, la presencia de cantidades relativamente grandes de iones cloruro, como es en el caso de zonas costeras (franja de 5 Km al interior), los cloruros son absorbidos fácilmente por los productos de corrosión del zinc, formando oxicloruros de zinc: $ZnCl_2 \cdot 4Zn(OH)_2$; $ZnCl_2 \cdot 6Zn(OH)_2$.

Como referencia de las distintas solubilidades de los compuestos de zinc, adjuntamos algunos datos en el cuadro N° 7:

Cuadro N° 7

Compuesto	Solubilidad (gr/100gr H₂O fría)¹
ZnCO ₃	0.001
ZnO	0.00016
Zn(OH) ₂	0.00000026

En el Cuadro N° 8, se resumen las transformaciones del Zinc en diferentes atmósferas y su velocidad de corrosión para el primer año de exposición.

Cuadro N° 8

Tipo de Atmósfera	Agentes Agresivos	Productos de Corrosión	Solubilidad en agua	Corrosión (um/año)
		Composición		[Velocidad]
Rural	O ₂ + H ₂ O + CO ₂	ZnO → Zn(OH) ₂ → 2ZnCO ₃ .3Zn(OH) ₂	Muy baja	0,2 – 2 [Muy baja]
Marina	O ₂ + H ₂ O + CO ₂ + Cl ⁻	ZnO → Zn(OH) ₂ → 2ZnCO ₃ .3Zn(OH) ₂ → ZnCl ₂ .4Zn(OH) ₂ → ZnCl ₂ .6Zn(OH) ₂	Moderada	0,5 – 8 [Moderada]
Urbana e Industrial	O ₂ + H ₂ O + CO ₂ + SO ₂	ZnO → Zn(OH) ₂ → 2ZnCO ₃ .3Zn(OH) ₂ → ZnSO ₄	Buena	2 – 16 [Alta]

¹ Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 47th Ed. Chemical Rubber Co. Cleveland Ohio.

III.C.2. Sistema Duplex

Es el sistema de protección del acero compuesto por un recubrimiento de zinc (galvanizado) seguido de un recubrimiento orgánico (pintura).

$$\text{SISTEMA DUPLEX} = \text{GALVANIZADO} + \text{PINTURA}$$

La combinación de capa de galvanizado más pintura, ofrece una protección excepcionalmente buena y superior a la que ofrecería la suma del galvanizado y la pintura por separado, se produce por tanto una sinergia entre ellos representado por la siguiente fórmula:

$$L_{\text{duplex}} = K * (L_{\text{Zinc}} + L_{\text{pintura}})$$

Donde:

L_{duplex} : Duración esperada del sistema duplex en años.

K : Constante que depende del ambiente y que varia entre 1.5 para atmósferas marinas y 2.3 en atmósferas rurales.

L_{Zinc} : Duración esperada de parte del galvanizado, en años.

L_{pintura} : Duración esperada de parte de la pintura, en años.

Este comportamiento sinérgico se grafica claramente en el gráfico del Apéndice M.

a) Mecanismos de Protección

Debido a la características de la corrosión del zinc, los deterioros iniciales de la pintura se producen igualmente pero la oxidación por debajo de la película de pintura progresa a mucha menor velocidad. En las fisuras o poros de la capa de pintura, los productos de corrosión del zinc forman

depósitos compactos y adherentes que taponan estos defectos y disminuyen la subsiguiente penetración de agentes corrosivos.

Este mecanismo se puede visualizar en el siguiente esquema esbozado en el Figura N° 7.

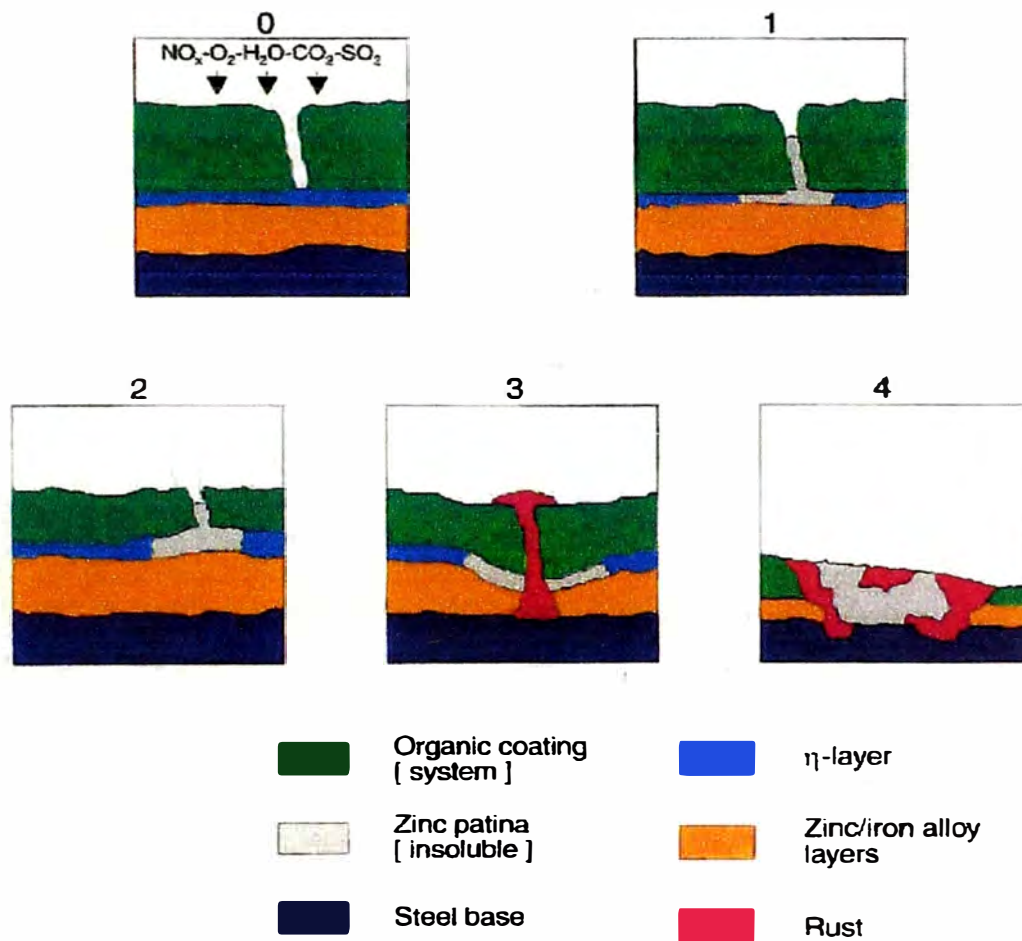


Figura N° 7.- Proceso de Corrosión en un Sistema Duplex

III.C.3. Sistemas de Pintado

Un sistema de pintado es el conjunto de factores que determinan las propiedades protectoras de una o más películas de pintura aplicadas, por tanto el desempeño o performance del recubrimiento no depende

exclusivamente de la calidad o tipo de pintura, sino del estudio y selección de los factores siguientes:

- Preparación de la Superficie
- Sistema de Pinturas
- Método de Aplicación de la Pintura

a) Preparación de la Superficie

Para el buen funcionamiento del sistema duplex es necesario la remoción de todos los contaminantes y los productos de corrosión del zinc.

Los diferentes tratamientos del acero galvanizado antes del pintado se encuentran detallados según Norma ASTM D6386-99 “Preparación De Superficie Del Acero Galvanizado”, la cual se puede revisar en el Apéndice N.

El cual se puede resumir en los siguientes puntos:

Tratamientos para Galvanizado Nuevo

- Limpieza de la superficie mediante desengrasado.
- Limpieza con soluciones alcalinas.
- Limpieza con solventes.
- Limpieza manual mecánica (Según SSPC-SP-2 y 3)
- Barrido o Brush Off –”sweep blasting” (Según SSPC-SP-7).
- Tratamiento con Fosfatizado de zinc.
- Tratamiento con Wash Primer.
- Pre-tratamiento de Pasivación acrílica.

Tratamientos para Galvanizado Parcialmente Corroído

- Limpieza por conversión química
- Cromatado o fosfatado, se usa para obtener una superficie adecuada para el pintado sobre acero galvanizado en caliente.
- Limpieza con soluciones alcalina o ácidas (pH = 3,5–4,5). Es necesario un enjuague final con agua limpia y fresca si lo requiriese (asistidos por el Fabricante). Este tratamiento es conocido como “mordant wash”. Secar completamente la superficie antes de la aplicación del sistema de pinturas.
- Limpieza Manual Mecánica: complementaria a lo anterior

Tratamientos para Galvanizado Corroído

- Limpieza de Contaminantes (grasa, aceites y smooog), según los métodos indicados en galvanizado nuevo.
- La corrosión natural del zinc metálico produce una superficie rugosa consistente en diferentes productos de corrosión (dependiendo del tiempo de exposición), ello requiere un lavado con agua a presión de aproximadamente 10 Mpa (1450 psi) para no dañar la película. Secar completamente la superficie antes de la aplicación del sistema de pinturas.
- También es posible aplicar los tratamientos de superficie nueva.

En todos los casos, después de la limpieza el pintado debe ser realizado lo antes posible (no mayor a 60 min).

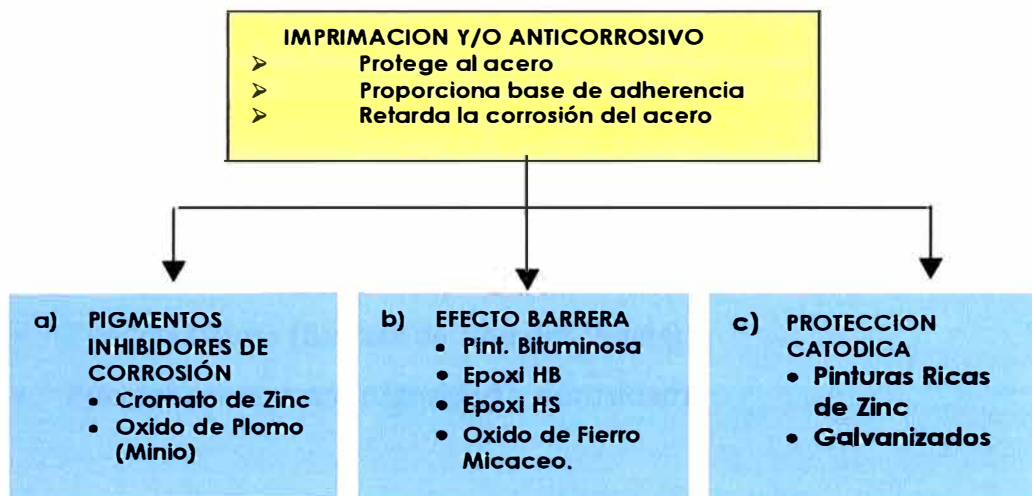
b) Sistema de Pinturas

Es un conjunto de capas de pintura, todas compatibles entre sí, de tal forma que cada una cumple una función específica, otorgando protección al sustrato, al cual recubren y confieren una determinada apariencia estética.

Un sistema de pinturas está comprendido de las siguientes partes:

b.1. Base Anticorrosiva y/o Imprimante

- Buena adherencia sobre superficies.
- Proporcionar adherencia a capas siguientes.
- Inhibición de la corrosión.
- Capacidad de humectación.



b.2. Pintura Intermedia

- De refuerzo, compatible con la base y el acabado.
- Por lo general, de alto espesor y de color diferente a la base y al acabado.

b.3. Pintura De Acabado

- Resistente al medio al que será expuesto el sustrato (Por ejemplo: agentes químicos, corrosivos y/o ambientales, etc.).
- Excelente adhesión sobre la capa anterior.

- Debe cumplir un determinado objetivo (retención de brillo, impermeabilidad, etc.).

Por tanto para un sistema duplex, la selección de las pinturas debe orientarse a obtener y mantener una buena adhesión a la superficie galvanizada durante su vida en servicio. Por ello esta característica es indispensable para mantener el principio sinérgico de los sistemas duplex.

La **adhesión** se basa en el comportamiento químico y físico de la película subyacente y la zona superior de la capa de zinc (óxido) o las capas de productos de corrosión del zinc.

Esta zona interfacial es donde ocurre la adhesión de películas de pintura a una superficie metálica que depende de las siguientes variables:

- Enlaces químicos específicos (fuerzas de valencia, enlaces de hidrógeno y enlaces polares o intermoleculares).
- Fuerzas físicas (fuerzas de Van der Waals).
- Fuerzas mecánicas (rugosidad y porosidad).

Existen numerosos grupos moleculares de polímeros que tienen afinidad por el zinc. Debido a su naturaleza química hay pinturas que presentan mejores características de adhesión sobre superficies galvanizadas, las cuales se muestran en el Ñ y O.

c) Método de Aplicación de la Pintura

La elección de un tipo de aplicación depende de varios factores:

- Tipo y Área de la Superficie
- Recubrimiento elegido

- Preparación de la Superficie
- Mano de Obra, cantidad y calidad
- Disponibilidad de Energía

A continuación en el Cuadro N° 9 se resume las diferencias de los equipos manuales de aplicación de pinturas. Cabe mencionar que estos son los más empleados pero también hay equipos como el mitón (guante sintético) que es empleado con menor frecuencia.

Cuadro N° 9

	BROCHA	RODILLO
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo simple y limpio. • Limpieza con menor emisión de vapores. • Provee mejor humectación, adhesión y penetración en superficies porosas y de difícil geometría. 	<ul style="list-style-type: none"> • Economiza material dependiendo del largo del pelo. • Facilidad de aplicación para obtener película uniforme. • Cinco veces más rápido que la brocha.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación lenta respecto a otros equipos de aplicación. • Personal de aplicación experto para algunos servicios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso limitado a superficies planas y uniformes. • Pobre penetración en superficies porosas o con desniveles

También, en el Cuadro N° 10 se muestra las diferencias de equipos mecánicos de aspersion que pueden tener alimentación eléctrica o neumática, muy empleados en el mantenimiento industrial.

Cuadro N° 10

	AIR SPRAY	AIR LESS
Cubrimiento (m²/día)	370 – 750	550 – 1000
Presión de Trabajo (psi)	30 – 80	2500 – 4000
% Pérdidas	30 – 50	25 – 35
N° de Mangueras	2	1
EPS/capa	Bajo	Alto
Problema de Obstrucción	Leve	Posible
Limpieza	Buena	Excelente
Humectación y Penetración	Baja	Alta
Energía de Alimentación	Neumática	Neumática Eléctrica Hidráulica

III.C.4. Inspección de Pinturas

Las labores de inspección y supervisión deben estar adecuadamente soportadas por equipos de inspección de recubrimientos mínimos que le permitan al personal técnico realizar las mediciones pertinentes para sustentar el cumplimiento del plan de pintado según lo previsto.

Por tanto, una de las labores frecuentes del inspector de recubrimientos es calibrar y manipular instrumentación adecuada, además de reportar e interpretar los resultados de los mismos.

a) Inspección de la Preparación de Superficie

Establecer el nivel de limpieza adecuado, mediante la verificación visual y la medición del grado de contaminación de las superficies, que es evaluada según los tipos de contaminantes:

La evaluación de contaminantes químicos o solubles, es verificada en una zona representativa de la torre (normalmente en el nivel medio). La verificación de la presencia de cloruros se realiza mediante el uso de Parches Bresle, que consiste en un parche que se adhiere sobre la superficie galvanizada previa a su pintado, el cual se encapsula protegiéndose para medir su conductividad, posteriormente se determina inmediatamente la concentración de cloruros y se decide si la superficie esta apta para el pintado.



Figura N° 8.- Kit de Parches Bresle – Marca Elcometer

La evaluación visual se complementa al frotar un trozo de tela blanca contra la superficie, para evidenciar la presencia de los contaminantes físicos insolubles como el polvo, aceite, grasa, pintura mal adherida, excremento, suciedad, etc.

El uso de la lupa de aumento (Ver Figura N° 9) es de gran ayuda principalmente en grados críticos de corrosión del galvanizado, donde se

puede encontrar presencia de incrustaciones y socavaciones donde se depositan óxidos procedentes de las capas delta y/o gamma de la aleación o del mismo fierro, obviamente se hace evidente por el cambio gradual de gris plata con brillo metálico a gris oscuro, grafito hasta zonas con tonalidades marrones producto de la oxidación del fierro.



Figura N° 9.- Lupa de Aumento de 1x 5 – Elcometer

Como se puede observar la determinación del nivel de limpieza en un galvanizado expuesto tiene limitaciones por cuanto algunos productos de corrosión son ciertamente complejos del zinc. Sin embargo, la mejor forma de disminuir la probabilidad de nuevas contaminaciones es cubrir con el recubrimiento establecido inmediatamente después de ejecutada la limpieza indicada, esto obligará que la operación sea secuencial y en función al avance de limpieza.

b) Medición de Condiciones Ambientales

Durante la aplicación de un revestimiento la presencia de humedad en el ambiente o en la superficie del objeto a ser revestido puede producir una protección deficiente. Es posible que se detecten problemas como adherencia pobre del revestimiento o corrosión prematura del sustrato.

Para evitar la probabilidad de que la humedad afecte la calidad del acabado, es fundamental medir durante todas las etapas de la operación de aplicación de la pintura la temperatura de la superficie (TS), la temperatura del aire (TBS), la temperatura de bulbo húmedo (TBH), la humedad relativa (%H.R.) y el punto de rocío (PR).

Para ello se emplean termómetros de superficie, psicrómetros analógicos tipo “sling” u honda y “dew meter” o medidor de punto de rocío digital que registran constantemente los parámetros mencionados.

Termómetro de Superficie:

Es un termómetro que mide la temperatura de superficie del metal por contacto directo al metal. Esta compuesto por un elemento sensor bimetalico, protegido de la corriente de aire. Este instrumento esta provisto de dos magnetos en el lado del sensor, el cual es atraído por la superficie metálica, estos equipos se muestran en la Figura N° 10.



Figura N° 10.- Termómetros de Superficie – Elcometer

La medición de la temperatura de superficie es muy importante porque permite determinar las variaciones de temperatura en diferentes puntos de la superficie. Temperaturas debajo del punto de rocío pueden presentar

productos de corrosión del sustrato y las superficies con altas temperaturas pueden causar problemas de ampollamiento o curado durante la aplicación.

Psicrómetro tipo honda:

Se compone de dos tubos concéntricos, donde el tubo interno está provisto de dos termómetros en paralelo, uno de ellos con el bulbo revestido con una mecha saturada en agua potable por lo que es llamado bulbo húmedo, y el otro un termómetro desnudo llamado bulbo seco. El bulbo seco registra la temperatura del aire y el otro la temperatura de evaporación del agua de la mecha humedecida. El tubo externo sirve de mango y a la vez presenta una escala que nos señalará la humedad relativa después que ambas temperaturas sean registradas. Ver Figura N° 11.

Con esta la humedad relativa y la temperatura del aire mediante el uso de las cartas psicrométricas, se obtiene la temperatura de rocío. Esta es comparada con la temperatura de superficie para determinar si ha ocurrido condensación de vapor de agua en la superficie, si fuera así el inspector debe dar la indicación de que se detengan las operaciones de pintado.



Figura N° 11.- Psicrometros tipo “Honda” – Elcometer

Efecto de los factores ambientales en el proceso de aplicación de pinturas:

La temperatura ambiental puede afectar la velocidad de evaporación de los solventes y el curado de la pintura; cuando la temperatura es demasiado baja la pintura no seca y/o no curar, y cuando la temperatura es demasiado alta las pinturas pueden tener mala adherencia con la superficie y presentan problemas en la formación de película.

La Humedad Relativa, es la concentración del vapor de agua en el aire expresado en porcentaje, su variación puede afectar las operaciones de pintado. Los niveles máximos permisibles para la ejecución del pintado fluctúa entre 85% y 90%.

El Punto de Rocío, es la temperatura en la cual el vapor de agua contenido en el aire puede condensarse. En el caso del acero este fenómeno puede causar una rápida corrosión del acero o “flash rust” y en general para los demás metales forma una capa delgada e invisible entre el sustrato y la primera capa de pintura que puede originar fallas prematuras.

Por ello, se definió un factor de seguridad, que establece que, durante las labores de arenado y aplicación de pintura la temperatura de superficie esté a 3°C sobre la temperatura de rocío.

$$\frac{T_{\text{superficie}} - T_{\text{rocio}} \geq 3^{\circ}\text{C}}{}$$

En la actualidad, existen una variedad de instrumentos digitales para medir la temperatura de la superficie, aire y el equipo determina la humedad relativa y el punto de rocío.



**Figura N° 12.- Dew Meter o Medidor de Rocío Digital
Elcometer**

Velocidad del viento

La velocidad del viento se mide con instrumentos llamados Wind Meter y Gage Wind.

El viento puede causar los siguientes efectos en el trabajo que se realiza:

- ★ Contaminar la superficie con restos de abrasivos, polvos, etc.
- ★ Causar problemas de over spray durante la aplicación
- ★ Acelerar la evaporación del solvente.
- ★ Aumentar el chorreo y alterar el nivelamiento del producto.
- ★ Afectar el perfil del spray durante la aplicación.

c) Medidores de Espesores de Película Húmeda

Son instrumentos que presentan dientes cuadrados y graduados a distancia creciente del plano de apoyo. Por su forma son denominados comúnmente “peines o galletas”. El último diente que entra en contacto con la pintura fresca indica el espesor de la capa húmeda. Los hay en diferentes

materiales plástico, aluminio y acero inoxidable y en diferentes escalas, por lo general en mils y micrones.

Estos equipos son empleados durante el proceso de aplicación y manejados tanto por el aplicador ya que esta herramienta controla el espesor de película de pintura recién aplicada (húmeda), así también el inspector durante la aplicación deberá controlar periódicamente que la pintura este siendo aplicada, de acuerdo al espesor especificado y verificar los tiempos de secado y repintado de la pintura.

El espesor de película en húmedo, permite calcular y determinar la cantidad de material que se debe aplicar para obtener el espesor de película seca especificado.

Conociendo el contenido de sólidos en volumen de la pintura (proporcionado por el fabricante en la hoja técnica del producto) y el espesor de película en húmedo se puede calcular el espesor de película seca final de producto aplicado.

Sin dilución:

$$EPH = \frac{EPS}{\%S.V.}$$

Con dilución:

$$EPH = \frac{EPS \times (1 + \%Dilución)}{\%S.V.}$$

Donde:

EPH = Espesor de Película Húmeda a Calibrar

EPS = Espesor de Película Seca Deseado

% S.V. = Porcentaje de Sólidos en Volumen de la Pintura

% Dilución = Porcentaje del Disolvente

Por ejemplo:

Aplicación de Epoxi Autoimprimante 8082 de 80% de sólidos en volumen, calcular el EPH para obtener EPS = 6 mils.

$$EPH = \frac{6 \times (1 + 10\%)}{82\%} = 8,05 \text{ mils húmedos}$$

Por lo tanto, se deberá controlar entre 8 mils y 9 mils húmedos.

Rendimiento de una Pintura

Por tanto al diluir la pintura se baja el contenido de sólidos en volumen, por ello para alcanzar el mismo espesor en seco, se deberá aplicar un mayor espesor en húmedo.

Otra cuantificación constante en la práctica es el rendimiento de una pintura que se está aplicando a fin de cruzar los resultados, con lo especificado del producto y efectuar los ajustes necesarios.

El rendimiento teórico matemáticamente se calcula con la siguiente formula:

$$R.T. = \frac{1.49 \times \%S.V.}{EPS}$$

Donde:

1.49: Factor constante de conversión para expresar el rendimiento en m² x mils /galón.

% S.V.: Porcentaje de Sólidos en Volumen de la pintura.

EPS: Espesor de Película Seca en mils.

Por ejemplo:

Calcular el rendimiento de Epoxi Autoimprimante 8082 de 80% de sólidos en volumen a 4.0 mils de espesor

$$R.T. = \frac{1.49 m^2 \times mils / gal \times 80}{4 mils} = 29.8 m^2 / gal$$

Para el cálculo del rendimiento teórico se asume que el galón de pintura (3.785 litros) va a ser aplicada sobre una superficie lisa de perfil de rugosidad cero y no existen pérdidas por mermas de trasegado, aplicación, goteras, evaporación.

Para determinar el rendimiento práctico (RP), se restará al rendimiento teórico un porcentaje de pérdidas de acuerdo al método de aplicación, rugosidad de la superficie, geometría del sustrato, vientos y otros según el Cuadro N° 11.

Cuadro N° 11

Determinación del % de Pérdidas	
Equipo de Aplicación	Menos rugoso ---> Mas Rugoso
	Geometría Plana ---> Geometría Reticular
	Menos vientos ---> Mas vientos
Brocha y/o Rodillo	10 - 30
Pistola o Soplete	30 - 50

Una vez fijado el % de pérdidas se estima el rendimiento práctico esperado, según la siguiente fórmula:

$$R.P. = R.T. \times (1 - \%Pérdidas)$$

d) Medidores de Espesores de Película Seca

Existen dos métodos para medir el espesor de película seca de pintura: destructivo y no destructivo.

El método no destructivo cuenta con diversos equipos portátiles fáciles de interpretar para medir espesores de revestimientos de todo tipo de superficies metálicas, tales como:

- ★ El medidor magnético o comúnmente llamado “pico de loro”, cuyo principio de funcionamiento se basa en que la ley de atracción entre dos masas magnéticas es inversamente proporcional a la distancia que los separa. Esta distancia corresponde al espesor de película que puede leerse directamente en la escala del instrumento.

La norma SSPC-PA2 (Measurement of Dry Thickness with Magnetics Gages) describe el procedimiento que deberá seguirse para medir el espesor de la película en áreas grandes. Por cada 100 pies cuadrados de área aproximadamente, se deberán efectuar mediciones en cinco puntos y en cada punto se efectuaran tres lecturas. El espesor final estará dado por el promedio general de las lecturas.

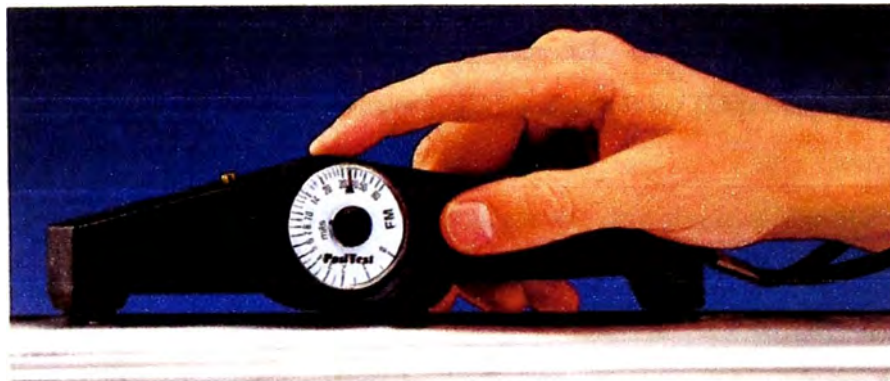


Figura N° 13.- Medidor de Película Seca Analógico – Marca DeFelsko

- ★ Los medidores digitales para superficies ferrosas, utilizan el principio de inducción electromagnética y pueden medir sobre cualquier revestimiento no ferromagnético sobre una base metálica ferromagnética como: hierro, acero, y algunos aceros inoxidable magnéticos.
- ★ Los medidores digitales para superficies NO ferrosas, utilizan el principio de corrientes parásitas o “Eddy Current” y se puede medir sobre cualquier recubrimiento no conductor sobre una base conductiva de metal no férreo tales como: cobre, aluminio, latón, acero inoxidable austenítico no magnético, etc.

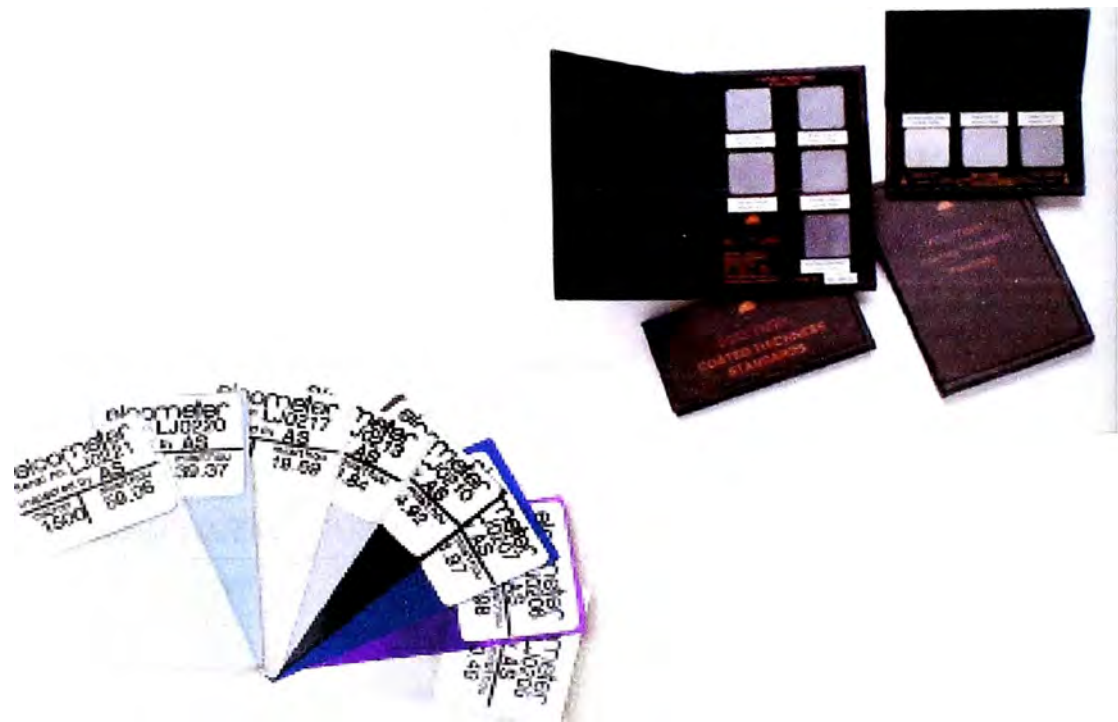


Figura N° 14.- Medidores de Película Seca Digital – Marcas Elcometer (Izquierda) y DeFelsko (Derecha)

Estos dos últimos tipos son los más empleados actualmente, generalmente incluyen un microprocesador que permite efectuar un análisis estadístico de las mediciones efectuadas y almacenar un lote o lotes de lecturas y transferirlas a través de una interfase (cable USB) a una computadora.

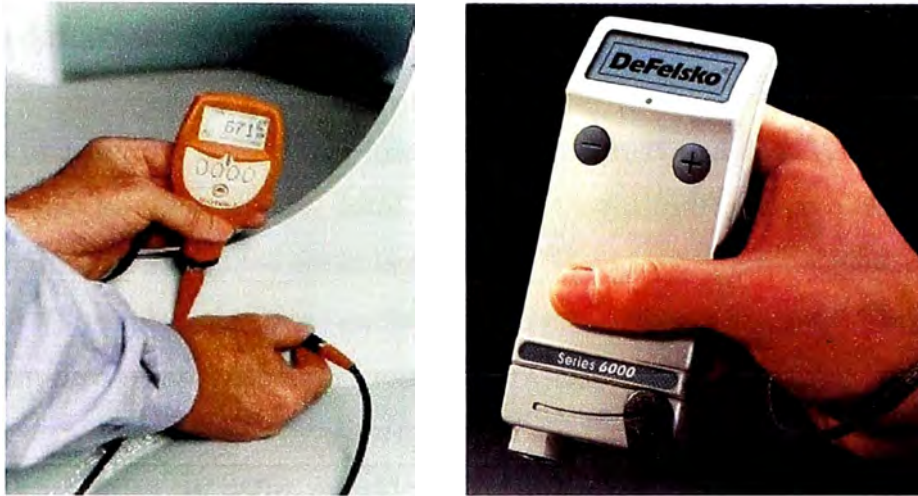
Los medidores digitales de espesor de película seca son más precisos, repetibles y reproducibles, y dependiendo de sus especificaciones deben emplearse de acuerdo a las normas ASTM B499, ISO 2178, ISO 2370 e ISO 2808.

Normalmente vienen calibrados de fabrica por un año, pero en caso sea necesario realizar calibraciones en campo, éstas se realizan empleando un patrón cero (sustrato ferroso) y laminas o “galgas” de calibración con diferentes espesores de película, como se muestra en la Figura N° 15.



**Figura N° 15.- Patrones de Acero y Láminas de Calibración
Marca Elcometer**

La recomendación respecto a su uso es de siempre limpiar la superficie a medir, chequear la alimentación del equipo, borrar la memoria de pantalla, dependiendo de la geometría de la estructura, se elegirá el tipo de sensor.



**Figura N° 15.- Medición de Espesor de Película Seca
Marcas Elcometer (Izquierda) y DeFelsko (Derecha)**

e) Analizadores de Capas de Pinturas

El método destructivo es el único método que existe para medir la composición de capas de un sistema de pinturas. El equipo es llamado Medidor De Inspección De Pintura (MIP) y consta de una cuchilla cortadora de película con hojas carburo de tungsteno de diferente profundidad y un microscopio incorporado iluminado de mínimo 50 aumentos, empleado según norma ASTM D 4138 o ISO 2808-5B, el cual se muestra en la Figura N° 16.



**Figura N° 16.- Medidores de Inspección de Pintura (MIP) – Marca
Elcometer**

f) Medidores de Adherencia

Es una prueba destructiva que se debe efectuar cuando el recubrimiento ha alcanzado el curado total. Se efectúa en campo de manera semicuantitativa basados en la norma ASTM 3359 Método A (Corte X) o B (Corte #) empleando una cuchilla, regla y cinta adhesiva normada, el resumen de ambos métodos se muestra el Cuadro N° 12.

Las ventajas de estos métodos es que son de comparación rápida y de bajo costo, pero tiene la limitación de ser una prueba subjetiva solo para superficies planas con un rango de espesor limitado.

Los equipos empleados para la medición de adhesión en campo se muestran en la Figura N° 17.



Figura N° 17.- Medidores de Adherencia en Campo

Cuadro N° 12.- Evaluación de Adherencia

Parámetros	Método “A”	Método “B”
Forma del corte	Cruz (X)	Cuadrícula (#)
Espesor de Película	Mayores a 5 mils De 4 cm cada corte	EPS=0-2 mils, E=1mm y 9 líneas EPS=2-5mils, E=2mm y 6 líneas
Escala	0A (Pobre) – 5A (Excelente)	0B (Pobre) – 5B (Excelente)
Angulo de corte	30° – 45° Hasta el metal	90° Hasta el metal
Zona de evaluación	Distancia del cruce de ambos cortes	Área desprendida por cuadraditos
Escala	5A: No pelado ni remoción. 4A: Remoción a lo largo incisiones. 3A: Remoción de 1.6 mm en 1 o ambos lados del corte agudo. 2A : Remoción de 3.2 mm en 1 o ambos lados del corte agudo. 1A: Remoción de más de 1 area de X. 0A: Remoción de ambas áreas de X.	5B: Bordes de cortes limpios 4B: Pequeñas escamas de pintura en intersección de cortes son menores al 5% área. 3B: Pequeñas escamas de pintura en intersección corte están entre 5% y 15% del área. 2B: Pequeñas escamas de pintura en cortes están entre 15% y 35% del área. 2B: Pequeñas escamas de pintura en cortes completos están entre 35% y 65% del área. 0B: Remoción de ambas áreas de X.
Cinta Adhesiva	Cinta Permacell o cinta 3M N° 710 Se corta un largo de 7.5 cm para cubrir los cortes A o B. Se espera 60 ± 30 segs antes de remover la cinta. Angulo de remoción de la cinta: 180°	

La evaluación cuantitativa de la fuerza de adhesión por tracción o de arranque, se realiza mediante la norma ASTM D4541, que emplea un dinamómetro y un cilindro metálico pequeño (dado) de área conocida que es adherido al recubrimiento mediante un adhesivo especial de secado de 48 horas y el dado se despega de la pintura en forma vertical a la plancha aplicada. Dependiendo de la forma se puede o no cortar el contorno del dado. Con este método se analiza las fallas por adhesión y cohesión del recubrimiento, empleando equipos como los presentados en la Figura N° 18.

Es un método moderadamente fácil de emplear, ofrece un valor de adherencia definitivo, tiene limitaciones en que el tiempo de secado del adhesivo y en sustratos curvos. Así mismo también existen medidores de adherencia por empuje, éstos pueden emplear adhesivos de secado rápido, ideal para superficies curvas. El desplazamiento del dado pegado al revestimiento es paralelo a la plancha aplicada.

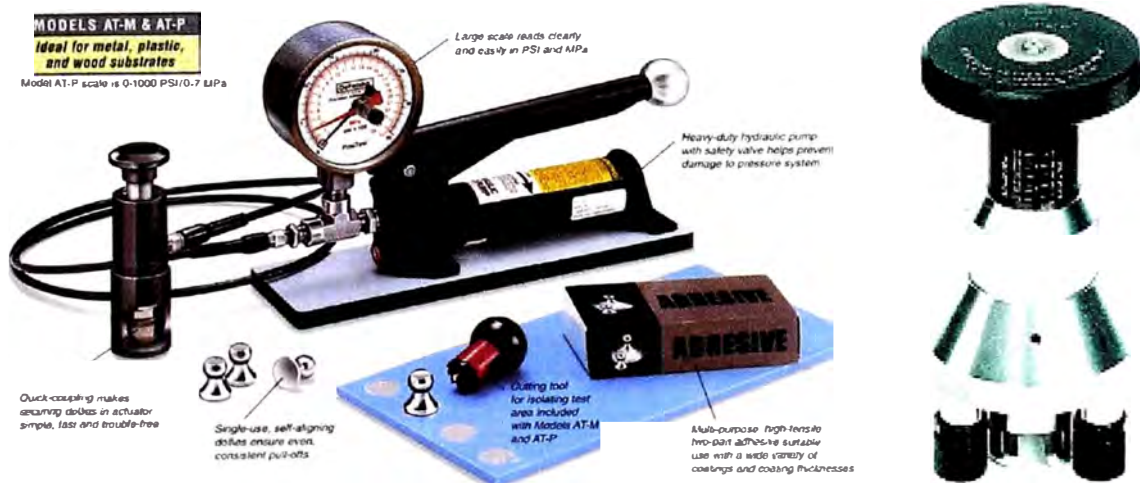


Figura N° 18.- Medidores de Adherencia por Tracción Neumática (DeFelsko) y por Tracción Mecánica (Elcometer)

III.D. Evaluaciones de Campo Realizadas

Desde el año 1998, se vienen asesorando y suministrando productos para el mantenimiento de infraestructura metálica que soportan antenas para la transmisión celular de las diferentes operadoras de telecomunicaciones en el ámbito nacional.

Dicha infraestructura consta de montantes, perfiles angulares, planchas todos galvanizados, según los siguientes tipos:

- Torres Autosoportadas (Figura N° 19)
- Torres Ventadas (Figura N° 20)
- Monopolos (Figura N° 21)
- Soportes



Figura N° 19

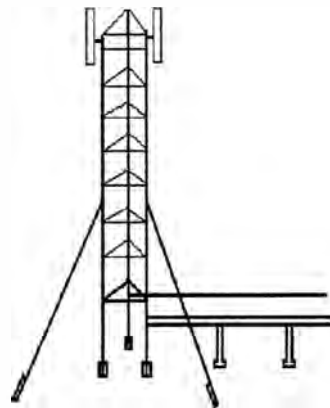


Figura N° 20

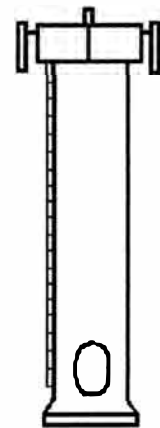


Figura N° 21

Los perfiles angulares que, en sus extremos son unidos con pernos, arandelas, tuercas y contratuercas, son recubiertos con galvanizado por el proceso de inmersión en caliente según norma ASTM A123.

Las torres que están en servicio en todas las zonas indicadas, luego del galvanizado en caliente han sido pintadas, encontrándose en su mayoría con diversas capas y espesores de pintura epóxica de base y acabado.

Algunas torres autosoportadas y en toda torre ventada cuentan con soportes de cables de fierro que se conocen con el nombre de vientos, y los complementos como el guardacabo, templador, grapa para cables, conectores para cable de tierra. Los anclajes de los vientos están protegidos con bases de concreto.

III.D.1. Medidas de Seguridad Personal en Obra

El supervisor de recubrimientos, durante las evaluaciones, debe contar con los implementos mínimos de seguridad para trabajos en altura, tales como (Figura N° 22):

- Arnés con seguro de tronco y extremidades
- Doble Línea de vida.
- Casco
- Botas de seguridad
- Lentes de seguridad
- Guantes de hilo con puntos de caucho.
- Mameluco u overall de Drill.

Además de ello debe contar con un seguro de trabajo de alto riesgo.

III.D.2. Evaluaciones realizadas en Torres de Telecomunicaciones

Se adjunta el siguiente Cuadro N° 13, donde se resume algunas evaluaciones realizadas a nivel nacional:



Figura N° 22 . – Implementos Básicos de Seguridad

CUADRO N° 13 : EVALUACIONES DE ESTACIONES A NIVEL NACIONAL

Zona	Grado Corr.	Mtto Anterior	Sist.	N° Capa	EPST (mils)	Ultimo Mtto	Prep. Sup.	Sist.	N° Capas	EPST (mils)	Ultima Inspc.	Resultados	Próximo Monitoreo
Piura (Mancora)	C4	Nueva	---	---	---	2005	SSPC SP-1	Epoxi HS	2	8,0	Jul 2005	Observada, por bajos EPS y adherencia en zonas puntuales.	Marzo 2006
Ancash (Chimbote)	C5	---	Galvanizado Expuesto sin pintura y a 100 m del litoral			2005	SSPC SP-1	Epoxi HS-PU	2	8,0	Nov 2005	Observada, por adherencia. Requiere limpieza exhaustiva.	Feb 2006
Lima (Callao)	C5	(1998) 2001	Epoxi LS	3	5	2005	SSPC SP-2	Epoxi HS	2	8,0	Abr 2005 (Fig.23)	Conforme IT-0037-05 EPST = 8,6 – 16,0 Adherencia = 5A Torre Santa Rosa	Abr 2006
Lima (Cercado)	C3	1999	Epoxi LS	3	5	2002	SSPC SP-2	Epoxi HS	2	8,0	Mayo 2005	Conforme. EPST \geq 8,0 mils Adherencia = 5A-4A Torre Washington III	Mayo 2006
Lima (Pucusana)	C4	Set 2000	Epoxi LS	3	5	2005	SSPC SP-2	Epoxi HS	2	8,0	Oct 2005 (Fig.24)	Conforme IT-0087-05 EPST = 9,0– 22,0 Adherencia = 5A-4A Torre La Quipa	Oct 2006
Arequipa (Cayma)	C2	2001	---	---	---	2004	SSPC SP-1	Epoxi HS	1	6,0	Dic 2004	Conforme PC-060-04 EPST = 6,7 – 11,6 Adherencia = 5A Monopolo Bolognesi	Dic 2006

Leyenda:

Grado Corr.: Es la categoría de corrosividad atmosférica que va de C1(Muy Baja) hasta C5(Muy Alta) según el Apéndice Q.

Mtto Anterior: Indica el año en que se realizó el penúltimo mantenimiento y continuación se indica el sistema el No de capas y EPST aplicados en dicho mantenimiento. Entre paréntesis se indica el antepenúltimo mantenimiento si lo hubiera.

EPST: Espesor de Película Seca Total del Sistema.

Prep. Superf.: Preparación de Superficie realizada en el último mantenimiento.

Ultima Inspec.: Ultima Inspección realizada al sistema aplicado en el último mantenimiento.

Próximo Monitoreo: Próximo Monitoreo programado para el recubrimiento aplicado en el último mantenimiento.

LS: Sistema Epoxi de Bajos Sólidos (Low Solids)

HS: Sistema Epoxi de Altos Sólidos (High Solids)



**Figura N° 23.- Torre Santa Rosa – Callao
(Altura = 70 m)**



**Figura N° 24.- Torre La Quipa – Pucusana
(Altura = 50 m)**

En el Cuadro N° 13, se evidencia que los periodos de mantenimiento se están prolongando en 1 año aproximadamente según lo reportado y hay programa de inspecciones próximas para continuar monitoreando el comportamiento de los recubrimientos aplicados.

III.E. Proyecciones para la Industria

Los sistemas duplex, constituyen un eficaz método de control de la corrosión, no solo al sector de telecomunicaciones, sino que su empleo es de gran utilidad en todos los sectores industriales, donde pueda emplearse dichos sistemas. Los responsables del diseño del presupuesto en las diferentes organizaciones empresariales deben entender que la única forma de optimizar sus costos de mantenimiento, es conociendo donde es posible ahorrar sin sacrificar calidad en los programas de mantenimiento de su infraestructura y equipos.

Por ello, las áreas involucradas requieren de un conocimiento básico pero claro, de los diferentes tipos de corrosión y sus métodos de control, por tanto la inversión en capacitación oportuna y constante en este campo es necesaria.

Así mismo, es importante se respondan a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el costo de la corrosión en su empresa?
- ¿Qué nivel de gravedad presentaron dichos problemas de corrosión?
- ¿Cuál es el balance idóneo entre ignorarla y preocuparse por controlarla?

Para dar respuesta a dichas interrogantes, se sugieren las siguientes ideas esbozadas en el Cuadro N° 14.

Cuadro N° 14.- Costo de Corrosión

Problemática	Sugerencia
Costo de la Corrosión	Elaborar un registro de fallas producidas en planta o en obra, durante varios años, indicando la causa de cada falla a un problema de corrosión o a otra fuente, según resulte el análisis de la falla. Cuantificar los costos directos e indirectos de lo producido.
Nivel de gravedad de los problemas de corrosión	Contar con el conocimiento básico, de las diferentes formas de corrosión que pueden presentarse bajo determinadas condiciones, necesario no solo para clasificar una falla una vez producida, sino lo que es más importante, para prevenir su aparición. Valorar el riesgo de cada una de las fallas.
Balance idóneo	Riesgo = Probabilidad x Consecuencia Gestión de la Corrosión

Una vez que tengan estas respuestas, y conozcan el nivel de riesgo aceptable, el área responsable de la administración de los costos de mantenimiento, debe analizar y estudiar lo ya empleado y propiciar reuniones multidisciplinarias con sus aliados estratégicos: los proveedores y consultores externos con la finalidad de evaluar las múltiples alternativas para el control de la corrosión.

IV. CONCLUSIONES

1. Los sistemas duplex han sido por años complementados por sistemas de pinturas de bajos sólidos que incluía pre-tratamientos mordientes. Actualmente está difundido el uso de pinturas de altos sólidos que proveen de un buen nivel de humectación a la superficie galvanizada y permiten complementar el mecanismo de protección con una capa barrera eficiente.
2. La eficacia de la protección de un sistema duplex, descansa en una óptima unión entre la capa de zinc galvanizado y la capa de pintura de imprimación. Por tanto, el estudio del comportamiento adhesivo de este sistema sigue en evaluación constante.
3. La tecnología en pinturas que tengan un menor impacto ambiental y que tengan cada vez mejor adherencia sobre superficies galvanizadas es un desafío constante para la industria de recubrimientos.
4. Las variantes en la preparación de superficies galvanizadas producirán condiciones finales diferentes a las inicialmente evaluadas, por tanto éstas no necesariamente darán resultados idénticos cuando se recubran posteriormente. Por tanto, es importante programar ciclos de monitoreo de las estructuras de mantenimiento y emplear zonas testigo o de referencia.
5. Las condiciones de servicio, en su mayoría determinan que tipo de preparación de superficie que se seleccionará, aunque la calidad producida por cualquier proceso individual puede variar con diferentes grados de corrosión de la superficie de zinc, por ello es necesario determinar las áreas de referencia para evidenciar la durabilidad de los sistemas de pintado.

6. La falta de personal capacitado y calificado en la preparación y aplicación de pinturas para sustratos galvanizados ha disminuido su real eficacia para el control de la corrosión. Es una realidad desafortunada que en nuestro país no exista institución educativa de reconocido nivel técnico que entrene y califique al personal aplicador. Esta coyuntura condena a que el mercado de este servicio se caracterice por la informalidad y el empirismo.
7. Las empresas fabricantes de pintura, promueven y difunden el conocimiento profesional en este campo, mediante el dictado de cursos de capacitación periódicos que constituyen el único paliativo a la situación actual.
8. La Supervisión e Inspección de Campo (SIC) ya sea que provenga del proveedor de pinturas, de una empresa privada especializada o del mismo personal del dueño de obra debidamente calificado, resulta un elemento fundamental para el éxito de la protección de un material, la cual no tiene como único protagonista a la pintura, sino es vital el recurso humano competente.
9. El sector industrial debe contemplar dentro del programa de inversión para el control de la corrosión, no solo el conocimiento sino también los equipos necesarios que ayuden a sus áreas de mantenimiento a ejercer una supervisión permanente en las obras encomendadas a terceros.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. **Appleman Bernard R., PhD**, “The Inspection of Coatings and Linings, SSPC - The Society for Protective Coatings (SSPC 97-07), First Edition, October 1997.
2. **ASTM International**, “2004 Annual Book of ASTM Standards – Section 6 – Paints, Related Coatings and Aromatics – Volumes 06.01, 06.02, 06.03 y 06.04 ”, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2004.
3. **Caprari J. J.**, “Curso Internacional de Protección de Estructuras Metálicas Aplicando la Norma ISO 12944”, CIDEPINT – ICP/PUCP, Lima, Diciembre 2001.
4. **De La Cruz P. A.**, “Supervisión e Inspección de Obra SIO - La Protección no es solo pinturas”, INPRA LATINA, Julio -Agosto 2005, Pág. 36 - 37.
5. **De La Cruz P. A.**, “Los recubrimientos galvanizados, Un protector contra los medios más agresivos”, INPRA LATINA, Noviembre – Diciembre 2005, Pág. 28 - 30.
6. **Díaz I. – Flores S. – Rocha G.**, “Curso Protección Anticorrosiva Mediante Pinturas”, Instituto de Corrosión y Protección de Pontificia Universidad Católica del Perú (ICP-PUCP), Lima, Febrero – Abril, 2002.
7. **Koch G.H. – Brongers M.P.H. – Thompson N.G.**, “Corrosion Costs and Preventive Strategies in The United States”, Publication N° FHWA-

RD-01-156, U.S. Federal Highway Administration - Department of Transportation, Supplement to Materials Performance, July 2002.

8. **Mejía A. C.**, “La corrosión en Latinoamérica, Muchos causantes pocos héroes”, INPRA LATINA, Mayo - Junio 2005, Pág. 50 - 51.
9. **Mejía A. C.**, “La producción andina de pinturas, Un oficio sin la capacitación necesaria”, INPRA LATINA, Julio - Agosto 2005, Pág. 23 - 24.
10. **Morcillo M. – Almeida E. – Rosales B. – Uruchurtu J. – Marrocos M.**, “Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica – Parte I”, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Madrid, España 1998.
11. **Morcillo M. – Almeida E. – Fragata F. – Panossian Z.**, “Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica – Parte II”, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y Red Temática (PATINA), Madrid, España 2002.
12. **Restrepo A.H. – Arroyave C.E. – Maya J.G.**, “Sistema Dúplex Galvanizado – Pintado Una herramienta para recuperar elementos de líneas de alta tensión afectados por corrosión”, INPRA LATINA, Mayo Junio 2004.
13. **SSPC**, “Steel Structure Paint Manual – Volume 1 – Good Painting Practice”, Steel Structure Paint Council (SSPC), Second Edition, Pittsburgh, June 1983.

14. **SSPC.**, “Steel Structure Paint Manual – Volume 2 – Systems and Specifications”, Steel Structure Paint Council (SSPC), Fourth Edition, Pittsburgh, March 1985.

15. **Holle D.**, “Preparación de Superficie con UHP en torres de comunicación – Prueba de fuego para el UHP”, INPRA LATINA, Enero - Febrero 2003, Pág. 25 - 31.

VI. APENDICES

APÉNDICE A**CONSTANCIA DE TRABAJO****CONSTANCIA**

*El Empleador que suscribe certifica que la Ing. **KARIM JESSICA QUIÑONES ALTA** viene laborando en nuestra Empresa desde el 02 de Noviembre del 2000 a la actualidad, desempeñando el cargo de Supervisor Técnico de Ventas.*

Se extiende la presente a solicitud de la interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 07 de Junio del 2005

TEKNOQUIMICA S.A.

CLAUDIA DE ALMENARA LICETI
Jefe de Recursos Humanos



APÉNDICE B

**CONSTANCIAS DE INGRESO EMITIDO POR CLIENTES
INDUSTRIALES**



ANEXO 01

**AUTORIZACION DE INGRESO A LOCALES
2005033186**

Fecha: 17/10/2005

Hora: 10.31.47

PARA PERSONAL : **Contrata**

POR LA PRESENTE COMUNICAMOS A USTED QUE EL(LOS) SEÑOR(ES) QUE A CONTINUACION SE INDICA(N) ESTAN AUTORIZADOS PARA INGRESAR A NUESTRO(S) LOCAL(ES) DE :

CIUDAD	ZONAL	LOCAL
OT	CIMA	SURQUILLO

CON EL FIN DE EFECTUAR EL (LOS) TRABAJOS DE :

SUPERVISION PINTADO DE GRUPOS

EN EL AMBIENTE DE TRABAJO:


DETALLE	V°B°
LOCAL SURQUILLO/EDIFICIO : 3 / SOTANO : 17 C Resp GERENCIA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE REDES Y SERVICIOS / AMBIENTE : SALA DEL GRUPO ELECTROGENO AUTORIZACION NRO. : 2005033186	Aprobado

CONDICIONES DE ACCESO

FECHA DE VIGENCIA	COBERTURA	HORARIO
INICIO : 17/10/2005	LUNES - DOMINGO	De 07:00 a 19:00 Horas.
FIN : 31/10/2005	EXCEPTUANDO LOS DIAS FERIADOS : NO	

DEL SUPERVISOR RESPONSABLE POR TELEFONICA DEL PERU		
NOMBRE :	000154245 - RUIZ CORDOVA, FELIX	
AREA DE TRABAJO :	25035300 - JEFATURA DE CONTROL Y SUPERVISION SIE	
CELULAR : 99660369	OFICINA : 2105282	DIRECTO :

DEL SUPERVISOR RESPONSABLE POR LA EMPRESA CONTRATISTA	
NOMBRE : GAMBOA CRUZADO, JOSE	DOC. IDENTIDAD : DNI : 17889015
TELEFONO : 2156483 CELULAR : 8374614 FAX : 2156486	
EMPRESA : EMERSON	
DIRECCION : AV. CAMINO REAL 348 - TORRE EL PILAR P-16	ACTIVIDAD : MANTTO. PLTA. INT EDIFICIOS

APELLIDOS Y NOMBRES	DOC. IDENTIDAD
QUIÑONES ALTA, KARIM	FOT 10154212
AUTORIZACION NRO. : 2005033186	
RUIZ CORDOVA FELIX	Aprobado
<p align="center">V°B°</p>  <p align="center">CENTRO CONTROL, SEGURIDAD 17/10/2005</p>	

COMANDANCIA BASE NAVAL DE CALLAO - 2001




APELLIDOS: QUIÑONES ALTA
NOMBRES: KARIM JESSICA
COMPAÑÍA: TEKNOQUIMICA

VALIDEZ:
DESDE: 19/10/01
HASTA: 31/12/01

Capitán de Corbeta
 Jefe del L.P.D. de Seguridad S.N.G.
 Mario E. GONZÁLEZ Catter
 10927061

NºQ1605 **JEFE DE SEGURIDAD**



S.C.M. EL ABRA
CONTRATISTA

KARIM QUIÑOÑES ALTA
 2,611,386-5
 TEKNO QUIMICA

Emis: 21-Jan-2003
 Vence: 16-Jan-2004

G. Sangre:



0 2 6 1 1 3 8 6 0 1

CONVENIO COMISIÓN EMPRESAS MINERAS

Curso Básico de Prevención de Riesgos para la Minería

NOMBRE: KARIM QUIÑONES ALTA
RUT: 2611384
FECHA: 18-03-2003 AL 18-03-2007

OSCAR GUARMAÑA M. **ALCIDES GONZALEZ C.**
Presidente de la Corporación de Capacitación de la Construcción de la Cámara Chilena de la Construcción Administrador del Programa Experto Profesional en Prevención de Riesgos de la Minería Extractiva. Serenagomin Relator del Curso

Corporación de Capacitación de la Construcción

 SOUTHERN PERU ASUNTOS INTERNOS	AREA QUE VISITA:
	TOQUEPALA
SES	AUTORIZACION DE INGRESO 
APELLIDOS Y NOMBRES	
QUIÑONES ALTA KARIM	
DNI / PASAPORTE / OTROS	10154212
EMPRESA SOLICITANTE / OTROS	
TEKNOQUIMICA	
MOTIVO:	
REVESTIMIENTO EN PLANTA LESDES GARITAS SIMARRONA C. MINA MILLSITE SSH	
AUTORIZADO POR	SOLIC.- MANUEL MEDINA
FECHA PEDIDO:	15-Dec-04
INICIO:	15-Dec-04
VENCIMIENTO:	30/12/04
 V° B° JEFE DPTO. ASUNTOS INTERNOS	
15-Dec-04 3:53:15 PM	
NOTA: ES OBLIGATORIO IDENTIFICARSE CON SU DNI ANTE EL SERVICIO DE VIGILANCIA LA PRESENTE NO AUTORIZA A BUSCAR TRABAJO REALIZAR ACTIVIDADES COMERCIALES. TAXI, VENTAS, COBRANZAS Y OTROS. LA EMPRESA O PERSONA SOLICITANTE ES RESPONSABLE ANTE SPCC Y EL M.E.M. POR CUALQUIER INCUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS Y REGLAMENTOS DE SEGURIDAD PARA EL INGRESO A LA ZONA INDUSTRIAL ES OBLIGATORIO EL USO DE CASCO, LENTES Y ZAPATOS DE SEGURIDAD	

APÉNDICE C

Protocolo De Control N°

INSPECCION DE APLICACIÓN DE PINTURA

OBRA : _____
 LUGAR : _____
 CLIENTE : _____
 CONTRATISTA: _____
 FECHA : _____

1. PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Tipo de Superficie: _____
 Nivel de Limpieza: _____
 Observaciones: _____

2. CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES

Equipos de Medición Empleados:
 Condiciones Ambientales: Analógico Digital
 Modelo: _____ Marca: _____

Temperatura de (°C)	TABLA DE REGISTRO DE CONDICIONES AMBIENTALES							OBSERVACIONES
	Hora	Hora	Hora	Hora	Hora	Hora	PROM	
Bulbo Seco								
Bulbo Húmedo								
% H.R.								
Superficie								
Punto de Rocío								
Delta de Temp.								

3. CONTROL DE APLICACIÓN DE PINTURA

Equipo de Aplicación: Brocha Rodillo Inmersión Electrostático
 Spray Convencional () Spray Airless
 Modelo: _____ Marca: _____
 Observaciones: _____

4. CONTROL DE ESPESORES DE PELÍCULA

Equipos de Medición Empleados:
 Espesor de Película Húmeda (E.P.H.): Acero Inox. Aluminio Plástico
 Modelo: _____ Marca: _____
 Espesor de Película Seca (E.P.S.): Analógico Digital
 Modelo: _____ Marca: _____

Tipo de Pintura: _____
 Nombre de Pintura: _____

Lotes de Pintura Empleada: _____

Diluyente Empleado: _____ % Dilución: _____

Espesor de Película Húmeda Calibrado: _____ mils.

	ESPESOR DE PELICULA SECA - Mils (ASTM B-499)									ADHERENCIA (ASTM D3359-A)
	1	2	3	4	5	6	7	8	PROM	
Especificado										
Nº de Lecturas										
Promedio										
Mínimo										
Máximo										
Total										

5. CONTROL DE CONSUMOS

Superficie Aplicada: Plana Estructura Accesorios

Area Total (m2)	Consumo de Pintura (gal)	Rendimiento Real (m2/gal)	EPS prom (mils)	% Pérdidas

6. OBSERVACIONES ADICIONALES

La firma del presente PROTOCOLO da conformidad de que se ha efectuado los controles mencionados en obra, según estándares internacionales indicados en el mismo y para el cumplimiento de lo solicitado por el dueño de obra.

Ing.
Por: TEKNOQUIMICA S.A.

Ing.
Por:

Ing.
Por:

APÉNDICE D

Protocolo de Control N° _____

INSPECCION DE PELÍCULA SECA PARA SISTEMAS DUPLEX

OBRA : _____
 LUGAR : _____
 CLIENTE : _____
 CONTRATISTA: _____
 FECHA : _____

1. CONTROL DE ESPESORES Y ADHERENCIA DE PELÍCULA SECA

Tipo de Pintura : _____
 Espesor Nominal de Capa(s) evaluadas: _____ mils. N° de Capa: _____

NIVEL Y ELEMENTO	MUESTRAS DE EPS (ASTM B-499)						ADHERENCIA NORMA ASTM D3359 METODOA/B
	GALVANIZADO + PINTURA (mils)				GALV.	PINTURA	
	Muestras (n)	EPS Máx	EPS Min	Prom.	Prom.	Prom.	

2. OBSERVACIONES ADICIONALES

La firma del presente PROTOCOLO da conformidad de que se ha efectuado el control de los parámetros en mención, según los datos certificados en este documento.

 Ing.
 Por: TEKNOQUIMICA S.A.

 Ing.
 Por:

APÉNDICE E

INSPECCION DEL AVANCE DE OBRA

HOJA DE INSPECCION DEL AVANCE Y RENDIMIENTO
(Semana del ____ al ____ de _____ del 200__)

TANQUE: _____
DUEÑO OBRA: _____
LUGAR: _____
CONTRATISTA: _____

DIMENSIONES (m)		AREAS (m ²)	
CILINDRO:		INTERIOR:	
TECHO:		EXTERIOR:	
FONDO:		TOTAL:	

EQUIPOS DE ARENADO:

Compresora	Presión de Salida	Caudal	Boquilla	Arena (Cloruros/Grano/Impurezas)
	Lb/plg ²	pie ³ /min		ppm

EQUIPOS DE PINTADO:

Tipo de Pistola: _____ Boquilla: _____ Presión de Trabajo: _____ lb/plg²

TIPO DE PINTURA: (Adjuntar Especificación Técnica del producto empleado)

Pintura: _____ Lote parte "A": _____ Lote parte "B": _____
Diluyente: _____ Lote: _____

FECHA (Dia/Mes)	/	/	/	/	/	/	/	Acumulado
PREPARACION DE SUPERFICIE								
Area Arenada (m ²)								
Tiempo de Arenado (h)								
Nº Arenadores								
Rendimiento (m ² /h-hombre)								
CONDICIONES AMBIENTALES								
Δ (Troció - Tsup) (°C)								
Vientos*								
APLICACIÓN DE PINTURA								
Superficie pintada (m ²)								
Consumo de Pintura (gal)								
Consumo de Diluyente* (gal)								
EPH*** (mils)								
EPS**** (mils)								
Rendimiento Teórico (m ² /gal)								
Rendimiento Práctico (m ² /gal)								
Pérdidas de Aplicación (%)								
Pintura desechada (gal)								

* Vientos: Leves, Moderados o Fuertes ** Solo se considera el diluyente empleado para la preparación de la pintura.

EPH (mils): Espesor de película Húmeda, en mils. *EPS (mils): Espesor de película Seca, en mils.

Observaciones: _____

Fecha de expedición: _____

Ing. _____
Por: TEKNOQUIMICA S.A.

Ing. _____
Por: _____

APÉNDICE F
REPORTE DE VISITAS TECNICAS



DEPARTAMENTO DE ASISTENCIA TECNICA

DATOS DE LA VISITA *

* Para ser llenados por el supervisor

Cliente _____	Codigo _____
Dirección _____	Distrito _____
Fecha _____	Hora _____
Persona de contacto _____	_____

Motivo de la Visita: _____

Inspección Aplicación Reclamo Recomendación Otros

Datos u observaciones:

RESULTADOS DE LA VISITA **

** Para ser llenados por el cliente

Sírvase completar el siguiente cuestionario del servicio recibido en la visita :

PUNTUALIDAD	Excelente <input type="checkbox"/>	Buena <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>
ATENCION	Excelente <input type="checkbox"/>	Buena <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>
SERVICIO	Excelente <input type="checkbox"/>	Buena <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES (Si desea agregar algún comentario, sírvase llenar aqui)

 Ing.
 Supervisor Tekno

 Firma cliente

APÉNDICE G

EJEMPLO DE PLAN DE PINTADO



PROPUESTA TECNICO - ECONOMICA

OBRA: Mantenimiento de Torres de Telecomunicaciones
DUÑO OBRA: NEXTEL DEL PERU S.A
CONTRATISTA: INGENIERIA CELULAR ANDINA S.A
ATENCION: ING. DANIEL VELASQUEZ

COTIZACIÓN 020-05

DESCRIPCION DEL SUSTRATO

AREA TOTAL: 1000 m² (Referencial dado por cliente)
MATERIAL: Fierro Galvanizado con pintura antigua
AMBIENTE: Atmosfera Marina - Según ISO 12944 - Grado C4
% PERDIDAS: 30%
 (Referencial de acuerdo a la Geometria, rugosidad del sustrato y condiciones ambientales (vientos)

SISTEMA DE PINTADO: Epoxi-Poliuretano

SISTEMA EPOXI POLIURETANO												
Item N°	CODIGO	PRODUCTO	Nro. Capas	EPS TOTAL (mils)	% S.V.	R.T. (m ² /gal)	R.P. (m ² /gal)	AREA PINTAR (m ²)	CONSUMO (gal)	COSTO (US\$/gal)	COSTO (US\$/m ²)	COSTO TOTAL (US\$)
1	076-0613-015	Epoxi Auto imprimante 8082 Gris	1	6.0	82	21	14	1000	70	30.00	2.09	2100.00
	076-0601-015	Endurecedor Epoxi Auto imprimante										
	023-1702-021	Disolvente para Epoxi			% Dilución =		10%		7	12.00		84.00
2	018-2013-015	Esmalte Poliuretano HWR Gris	1	2.0	38	29	20	1000	51	40.00	2.01	2040.00
	018-0700-029	Endurecedor HWR										
	023-1801-021	disolvente DD			% Dilución =		25%		13	14.00		182.00
			2	8.0								
										TOTAL (\$)		4406.00

(*) La cantidad de solvente considerada no incluye limpieza de la superficie, ni de equipos de aplicación.

(**) Los cálculos se han realizado tomando como referencia un porcentaje de pérdidas del 30%, por aplicación a brocha en altura, vientos, goteo en cantos entre otros

SERVICIO DE ASISTENCIA TECNICA

TEKNOQUIMICA S.A. ofrece brindar el servicio de asistencia técnica al inicio y fin de la obra, supervisando los trabajos con equipos de medición adecuados para realizar un control específico de espesores y adherencia de película seca del sistema recomendado.

Para ello se emitirán procedimiento de trabajo para brindar las indicaciones adecuadas y asegurar así la buena aplicación y performance de nuestros productos.

PROTOCOLOS DE CALIDAD DE PRODUCTOS

Cada lote de producto fabricado por nuestra empresa presenta su respectivo Protocolo de Calidad emitido por nuestro Departamento de Control de Calidad.

Se adjuntan Especificaciones Técnicas de los productos cotizados.

CARACTERISTICAS DE LA OFERTA

1. Validez Oferta	30 días útiles a partir de la fecha
2. Condiciones Pago	A tratar
3. Impuestos	Precios no incluyen IGV
4. Precio	Dólares Americanos
5. Entrega	Mercadería puesta en Lima, inmediata según stock.

Lima, 10 de Marzo del 2005

TEKNOQUIMICA S.A.

ALFREDO DAVILA CUADROS
JEFE DE VENTAS
DIVISION INDUSTRIAL & RESINAS

KARM QUINONES ALTA
SUPERVISORA TECNICA
DIVISION INDUSTRIAL & RESINAS

APÉNDICE H
EJEMPLO DE INFORME TECNICO
INFORME TECNICO N° IT-0085-05

ASUNTO : **EVALUACION DE TORRES DE TRANSMISION**
UBICACIÓN : **QUIPA (PUCUSANA) – OQUENDO (CERCADO)**
DUEÑO DE OBRA : **TELEFONICA DEL PERU S.A.**
ATENCIÓN : **ING. FRANCISCO DE LA CRUZ – EMERSON N. P. S.A.**
ING. ALFREDO VARGAS C. – MANYOBRAS S.A.
ING. PAUL MONTES – TELEFONICA DEL PERU S.A.
SR. ALFREDO DAVILA – TEKNOQUIMICA S.A.C.
FECHA : 10 de Octubre del 2005

I. OBJETIVO

- Realizar la evaluación del sistema de pintado aplicado en las torres de transmisión de telefonía móvil propiedad de la empresa TELEFONICA DEL PERÚ S.A., ubicadas en Cerro La Quipa y Oquendo.
- Reportar las visitas de inspección realizadas el día 03 de Octubre del presente.

II. INSPECCION

2.1 ANTECEDENTES

La presente visita fue solicitada y coordinada con el Ing. Francisco De La Cruz de la empresa EMERSON NETWORK POWER S.A., y el Ing. Paul Montes de la empresa operadora TELEFONICA DEL PERU S.A., a la misma estuvo presente en la evaluación de las torres indicadas, el Ing. Alfredo Vargas de la empresa contratista MANYOBRAS S.A.

El sistema aplicado en cada una de las torres, según estándar de Telefónica del Perú es:

1° Capa: EPOXI AUTOIMPRIMANTE 8082 a 4,0 mils secos.
 2° Capa: EPOXI AUTOIMPRIMANTE 8082 a 4,0 mils secos.

Espesor de Película Seca del Sistema Total: 8,0 mils secos.

2.2. EVALUACIONES

Equipos Empleados:

- Medidor de Espesor de Película Seca, Modelo: 456 Basic y Marca: Elcometer.
- Cuchilla de Corte Retráctil Intercambiable.
- Cinta Adhesiva SHURTAPE de 2".
- Lupa de aumento 1 x 5.

Evaluaciones:

Examen Visual:

Se verifica si tienen algún defecto de película seca:

- Brillo: Nivel de luz reflejada por la película de acabado.
- Textura: Lisa, piel de naranja, arenisca, etc.
- Nivelamiento: Presencia de rayas de brocha.
- Pin holes: Presencia de microporos puntual o generalizado.
- Chorreamiento: En bordes, o en bandas.
- Cubrimiento: Parcial con zonas parcialmente mal cubiertas o generalizada en toda la película.
- Craqueamiento: Microfisuras parcial o total de la película aplicada.

Pruebas de Adherencia y Espesor de Película Seca (EPS)

Se evaluaron el espesor de película seca de las películas de pintura antigua mas películas del sistema nuevo.

Se realizó pruebas de adherencia en la torre sobre la pintura antigua:

- Para EPS \geq 5 mils
Se evaluó mediante norma ASTM D-3359 Método **A** (Corte en X).
- Para EPS $<$ 5 mils
Se evaluó mediante norma ASTM D-3359 Método **B** (Corte en #).

III. RESULTADOS DE EVALUACION POR TORRE

Los resultados de cada una de las evaluaciones realizadas y descritas en el numeral II, se reportan a continuación por torre los cuadros a continuación.

TORRE LA QUIPA (Pucusana)					
Zona	P + G EPS prom (mils)	Galv EPS (mils)	EPS Solo Pint Prom (mils)	Adherencia (ASTM 3359 A)	OBSERVACIONES
7° Nivel Inferior (Rojo)	22.8	4,0	18,8 (Ant+Nva)	5 A Fallo Adhesivo Entre pint y cinta	Después de 2 meses de exposición la película de acabado se presenta con buena textura, brillo bajo, película homogénea. Cumple niveles de adherencia y espesores de película seca (EPS). Se recomienda reparar las evaluaciones de adherencia a la brevedad.
	26.0	4.0	22.0 (Ant+Nva)	4 A Fallo Adhesivo Entre pint y cinta	
4° Nivel Medio Plataf. (Blanco)	20,1	4,0	16,1 (Nva)	5 A Fallo Adhesivo Entre pint y cinta	
	15.5	4,0	11,5 (Nva)	5 A Fallo Adhesivo Entre pint y cinta	
3° Nivel Alto Plataf. (Rojo)	18,1	4,0	14,1 (Nva)	4 A Fallo Adhesivo Entre pint y cinta	
	13,0	4,0	9,0 (Nva)	4 A Fallo Adhesivo Entre pint y cinta	



Foto 1
7° Nivel
Entre capas
Adherencia 5 A



Foto 2
4° Nivel
Pintura/Galv.
Adherencia 5 A

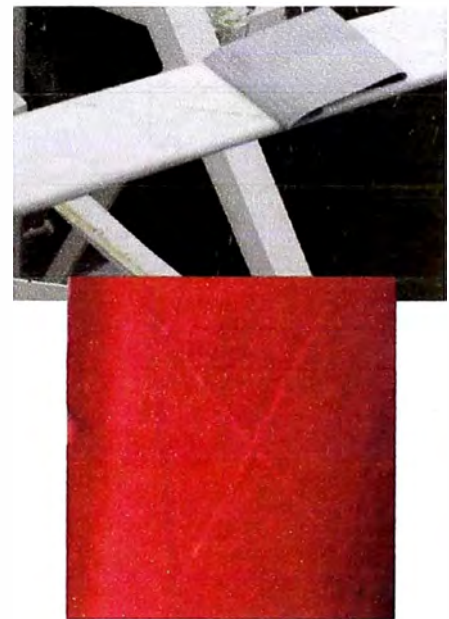
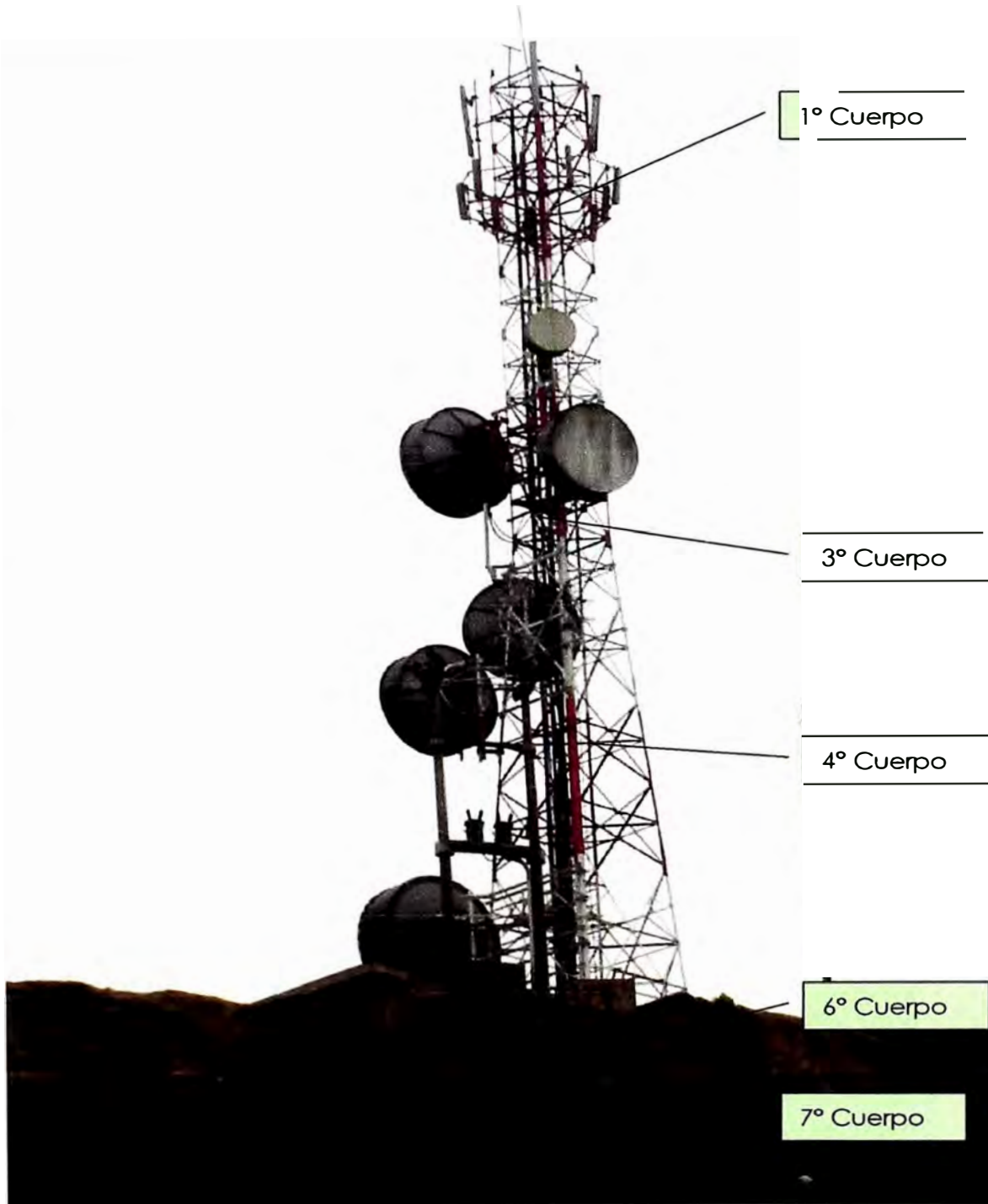
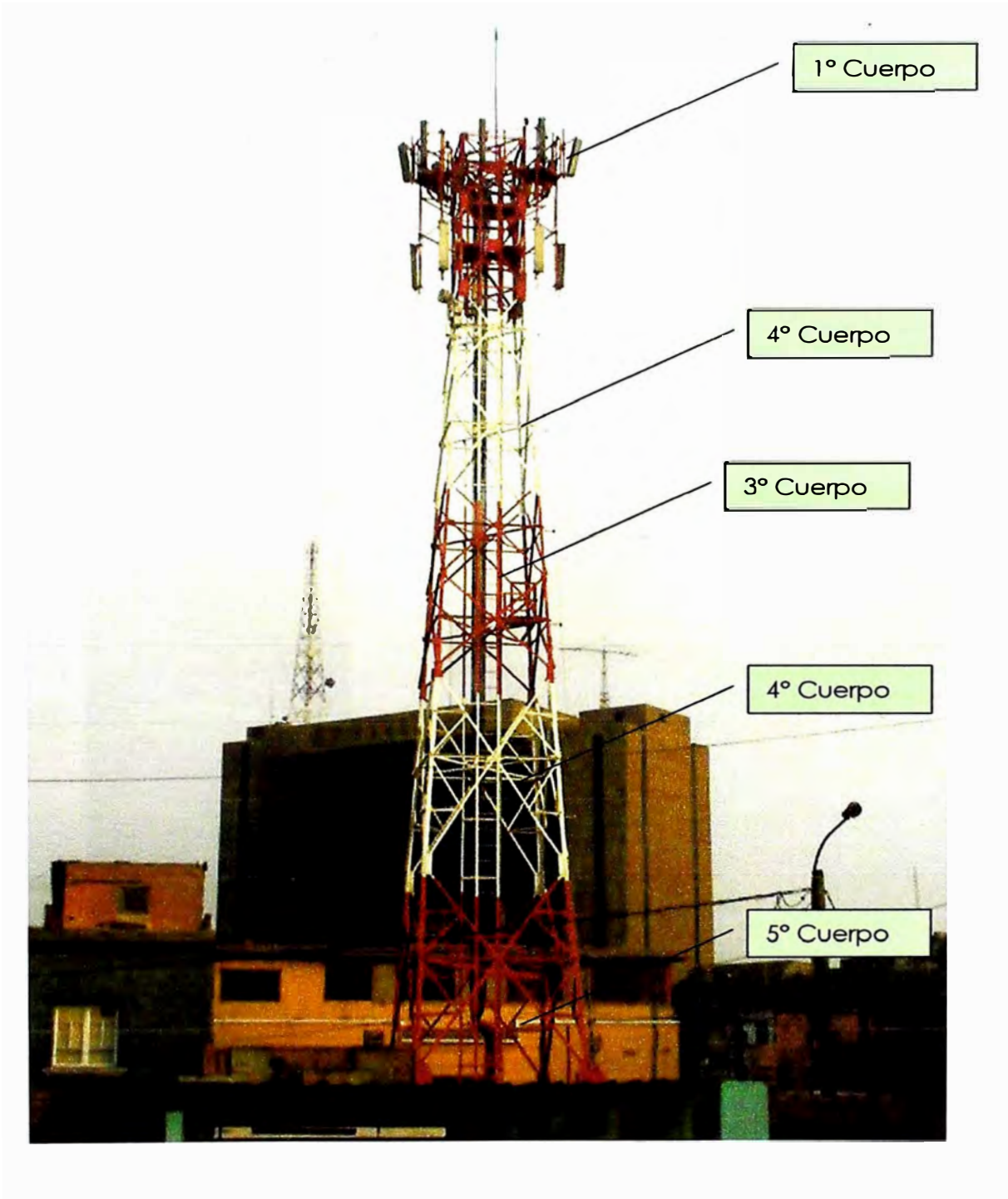


Foto 3
3° Nivel
Pintura/Galv.
Adherencia 4 A

TORRE DE TRANSMISION LA QUIPA



TORRE DE TRANSMISION OQUENDO



TORRE OQUENDO (Lince)					
Zona	P + G EPS prom (mils)	Galv EPS (mils)	EPS Solo Pint Prom (mils)	Adherencia (ASTM 3359 A)	OBSERVACIONES
5° Nivel Escalera (Rojo)	18,1	4,8	13,3 (Nva)	5 A Falla Adhesiva Entre pint y cinta	Después de 2 meses de exposición la película de acabado se presenta con buena textura, buen brillo, película homogénea. Se observo la pintura antigua producto de la remoción realizada (Foto 7). Cumple niveles de adherencia y espesores de película seca (EPS). Se recomienda reparar las evaluaciones de adherencia a la brevedad.
	15,6	4,8	15,6 (Nva)	4 A Falla Adhesiva Entre pint y cinta	
	18,0	4,8	13,2 (Nva)	4 A Falla Adhesiva Entre pint y cinta	
4° Nivel Escalera (Blanco)	13,0	4,7	8,3 (Ant+Nva)	5 A Falla Adhesiva Entre pint y galv	
	15,9	4,7	11,2 (Ant+Nva)	5 A Falla Adhesiva Entre pint y galv	
3° Nivel Plataf. (Rojo)	25,4	6,2	19,2 (Ant+Nva)	5 A Falla Adhesiva Entre pint y galv	
	23,2	6,2	17,0 (Ant+Nv)	---	

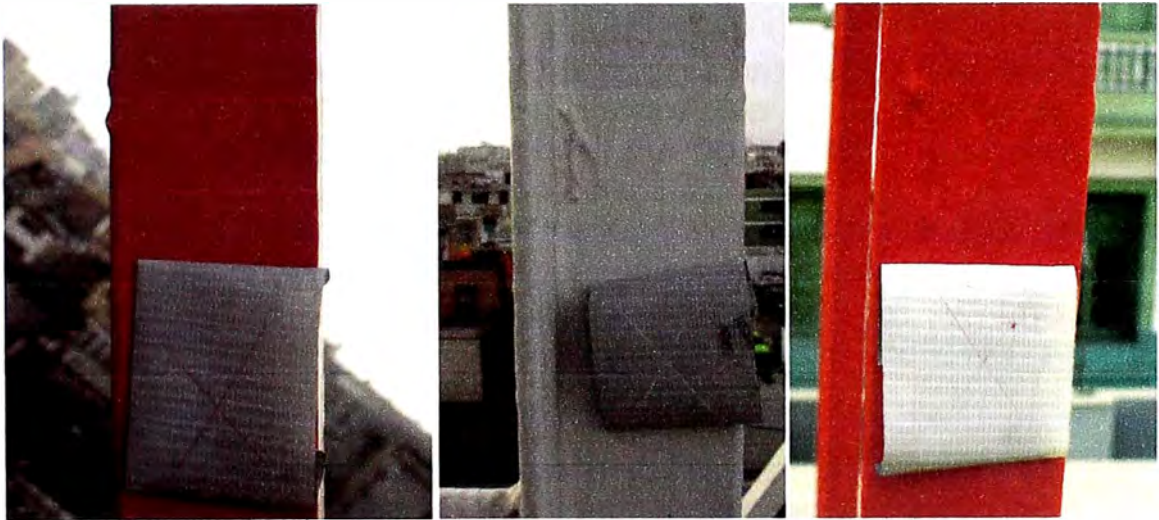


Foto 4
3° Nivel
Adherencia 5 A

Foto 5
2° Nivel
Adherencia 5 A

Foto 6
1° Nivel
Adherencia 5A



Foto 7.- Restos de Pinturas Antiguas – TT Oquendo

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La Torre Autosoportada / Ventada La Quipa cumple con el nivel de adherencia y los espesores de película seca (promedio de 15,8 mils secos) requerido por Telefónica del Perú S.A. Por tanto, se levanta la observación para esta estación.
2. La Torre Auto soportada Oquendo cumple con el nivel de adherencia y los espesores de película seca (promedio de 13,3 mils secos) requerido por el dueño de obra. Por tanto, se levanta la observación para este site.
3. Cabe precisar, que todas las conclusiones indicadas líneas arriba, están en función de lo exigido por Telefónica del Perú, que requiere niveles de adherencia aceptables (Mínimo 3 A en los puntos evaluados) y espesores de película secos totales requeridos (8 mils).

Sin otro particular, quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional que la presente pudiera ocasionar.

Atentamente,

TEKNOQUIMICA S.A.

Ing. Karim Quiñones Alta
Supervisora Técnica
División Industrial

TEKNO

PROTOCOLO DE CONTROL

OBRA : RENOVACION DE LA CARPETA DE LA ESCUELA N° 10000 (SANTO DOMINGO)
 LUGAR : LA ESCUELA N° 10000, CALLE TROPICAL, DISTRITO DE SANTA ANA
 CLIENTE : TEKNOQUIMICA S.A.
 CONTRATISTA : COMISION NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS
 FECHA : 01.04.2015

1. CONTROL DE ESPESORES Y ADHERENCIA DE PELÍCULA SECA

Tipo de Pintura : TIPO A (EPOXI)
 Espesor Nominal de Capa(s) evaluadas : 100 mils. Tipo de Capa : UNA

NIVEL Y ELEMENTO	MUESTRAS DE EPS (ASTM B-499)						ADHERENCIA NORMA ASTM D3359 - METODO
	GALVANIZADO + PINTURA (mils)				GALVANIZ Promedio	EPS PINT PROMEDIO	
	Muestras (n)	EPS Máx	EPS Min	Promedio			
1	3	115	65	90	115	65	5H
2	3	115	65	90	115	65	5H
3	3	115	65	90	115	65	5H
4	3	115	65	90	115	65	5H
5	3	115	65	90	115	65	5H
6	3	115	65	90	115	65	5H
7	3	115	65	90	115	65	5H

2. OBSERVACIONES ADICIONALES

En las zonas evaluadas se observó presencia de zonas de adherencia débil, una frecuencia de adherencia de 5% (zona 4), por lo que se realizó una prueba de adherencia en las zonas de menor adherencia para determinar el promedio de adherencia. Los espesores de película seca fueron de 100 mils. En un promedio total de 115 mils. Antes de levantarse la observación de la zona se verificó la conformidad de la muestra para estas zonas con un 10% HR. Alambres utilizados de buena calidad y de 1.5 mm de diámetro.

La firma del presente PROTOCOLO da conformidad de que se ha efectuado el control de la pintura en su totalidad, según los datos certificados en este documento.

[Firma]
 Ing. MARCO ANTONIO SANCHEZ A.
 Por: **TEKNOQUIMICA S.A.**

[Firma]
 Ing. FRANCISCO DE LA CRUZ
 Por: **COMISION NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS**

[Firma]
 Ing. FRANCISCO DE LA CRUZ
 Por: **COMISION NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS**

[Firma]
COMISION NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS



TEKNO

PROTOCOLO DE CONTROL

OBRA : LEVANTAMIENTO FINAL DE TORRE (CUBETA DE INSPECCION)
 LUGAR : LOCACION DE UNA LEBL (5,000)
 CLIENTE : TEKNOQUIMICA S.A.
 CONTRATISTA : CONTRATISTA LOCAL (CUBETA DE INSPECCION)
 FECHA : 19 DE OCTUBRE DE 2015

1. CONTROL DE ESPESORES Y ADHERENCIA DE PELÍCULA SECA

Tipo de Pintura : TIPO DE PINTURA INDUSTRIAL DE 2.5 LBS / GALÓN
 Espesor Nominal de Capa(s) evaluadas : _____ mils. Tipo de Capa : UNA SOLA

U1
U2
U3
U4
U5
U6
U7
U8
U9
U10

NIVEL Y ELEMENTO	MUESTRAS DE EPS (ASTM B-499)						ADHERENCIA NORMA ASTM D3359 - METODO
	GALVANIZADO + PINTURA (mils)			GALVANIZ	EPS PINT		
	Muestras (n)	EPS Max	EPS Min	Promedio	Promedio	PROMEDIO	
U1	12	22.2	18.1	20.1	2.8	2.3	5A
U2	12	21.5	17.9	19.7	2.8	2.3	5A
U3	12	20.6	16.1	18.0	2.8	2.3	5A
U4	12	20.1	16.2	18.2	2.8	2.3	5A
U5	12	19.1	15.3	17.1	2.7	2.2	5A
U6	12	18.0	14.7	16.4	2.5	2.2	5A
U7	12	21.1	17.2	19.2	2.8	2.3	5A
U8	12	21.1	17.2	19.2	2.8	2.3	5A
U9	12	21.1	17.2	19.2	2.8	2.3	5A
U10	12	21.1	17.2	19.2	2.8	2.3	5A

2. OBSERVACIONES ADICIONALES

SE CANTONÓ EN CADA UNO DE LOS NIVELES DE LA TORRE CON UN TOTAL DE 10 NIVELES PARA UN TOTAL DE 120 MUESTRAS.
 LOS NIVELES DE ADHERENCIA COMO LOS VALORES PROMEDIADOS DE EPS SON ADECUADOS A LOS VALORES NOMINALES DE 18.0 MILS. O MÁS.
 SE LEVIANTÓ UN OBJETIVO Y SE LE LEVANTÓ UN OBJETIVO A LA CUBETA DE INSPECCION.
 EL RESULTADO DE LAS PRUEBAS ES BUENO.

La firma del presente PROTOCOLO da conformidad de que se ha efectuado el control de la pintura en mención, según los datos certificados en este documento.

Ing. [Firma]
 Por: TEKNOQUIMICA S.A.

Ing. [Firma]
 Por: [Firma]

Ing. [Firma]
 Por: [Firma]

Ing. [Firma]
 Por: [Firma]



APÉNDICE I

HOJA DE CONTROL Y MONITOREO DE PRODUCTOS

HOJA DE CONTROL Y MONITOREO DE PRODUCTOS

PRODUCTO: _____ AGRUPACION: _____ LINEA: _____ FECHA DE INICIO: _____

Fecha	Pintado de	Cliente	Zona Geográfica	Sistema de Pinturas	EPST (mils)	Nº Dato Aplicada	Cond. Ambientales			Preparación de Superficie		Método de Aplicación		Preparación de Pintura			Observaciones	Conclusiones y/o Recomendaciones	Resultado	Referencia (Nº de IT)	Inspector Responsable	
							HR (%)	TS (°C)	TR (°C)	Tipo s/SSPC	Detalle	Equipo	Detalle	A+B	Disolv.	% Diluc.						

Leyenda

- TBS (°C): Temperatura de Bulbo Seco, en grados Centígrados.
- TBH (°C): Temperatura de Bulbo Húmedo, en grados Centígrados.
- % HR. Porcentaje de Humedad Relativa.
- TR (°C): Temperatura de Rocío, en grados Centígrados.
- TS (°C): Temperatura de Superficie, en grados Centígrados.
- EPH (mils): Espesor de película Húmeda, en mils.
- EPS (mils): Espesor de película Seca, en mils.
- A+B Simboliza la mezcla en volúmenes que indica su relación de mezcla del producto bicomponente.
- Disolv.: Disolvente especificado para dicho producto.
- % Diluc.: Porcentaje de dilución de la mezcla.

APÉNDICE J

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

RECOMENDACIÓN TÉCNICA N° I-0128-04

ASUNTO : PROCEDIMIENTO DE PINTADO DE TORRES GALVANIZADAS

CLIENTE : NEXTEL DEL PERU S.A.C.

LUGAR : LIMA

ATENCIÓN: ING. CESAR DELGADO – Tecnología y Empresa S.A.C.
SR. ALFREDO DAVILA - Teknoquímica S.A.

FECHA : 04 de Agosto del 2004

I. OBJETIVO

Definir el procedimiento de limpieza y aplicación de sistema de pinturas epóxico poliuretano para la protección de torres de telecomunicaciones.

II. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL SISTEMA DE PINTADO

1. Los Sistemas de Pinturas para el repintado de Torres son:

SOBRE GALVANIZADO LIMPIO:

SISTEMA I - Sistema Epoxi HS Poliuretano:

- 1° Capa: Epoxi Autoimprimante a **6,0** mils secos.
 - 2° Capa: Esmalte Epoxi Poliuretano a 2,0 mils secos.
- Espesor de Película Seca del Sistema Total: **8,0** mils secos mínimo sobre galvanizado limpio.

SOBRE PINTURA BIEN ADHERIDA

Se considera pintura bien adherida a la pintura que evaluada haya reportado niveles de adherencia mayores o iguales a 3 A (Según Norma ASTM 3359 - Método A).

Dependiendo del espesor de la misma se aplicará:

SISTEMA II - Sistema Epoxi HS - Poliuretano:

- 1° Capa: Epoxi Autoimprimante a **4,0** mils secos.
- 2° Capa: Esmalte Epoxi Poliuretano a 2,0 mils secos.

Espesor de Película Seca del Sistema Total: **6,0** mils secos mínimo sobre pintura bien adherida.

SISTEMA III - Sistema Epoxi Amida - Poliuretano:

- 1° Capa: Esmalte Epoxi a **2,0** mils secos.
- 2° Capa: Esmalte Epoxi Poliuretano a 2,0 mils secos.

Espesor de Película Seca del Sistema Total: **4,0** mils secos mínimo sobre pintura bien adherida.

2. A continuación se detalla a fin de dejar constancia el procedimiento a seguir por el personal contratista en el trabajo de pintado de la torre, el cual puede variar de acuerdo a la evaluación preliminar realizada individualmente en cada unidad.

Provisión de Materiales y Almacenaje:

- Las pinturas indicadas líneas anteriores son suministradas listas para usar por método de aplicación empleado solo requerirán de una vez mezcladas en las proporciones establecidas adicionar el disolvente adecuado.
- En las hojas técnicas de los productos se indica su tiempo de vida en almacenaje a temperatura de 25°C y a presión atmosférica normal.
- Los materiales deben ser almacenados en lugares seguros, bajo sombra. Los envases deben mantenerse sellados hasta el momento de ser preparados para su uso.

Preparación de Superficie:

1. Limpieza con herramientas manuales (espátulas, escobillas, picotas, etc.) para eliminar pintura antigua y óxido presentes mal adheridos.
2. Lijado manual de toda la pintura antigua bien adherida para generar adherencia, suavizar bordes de pintura antigua removida y eliminar chorreaduras.
3. Los restos de productos de corrosión del zinc (sales blanquecinas) se deberán retirar con agua limpia, lavando la superficie y se puede optar por usar Desoxcleaner en proporción 1:20 ayudándose con lija al agua. Para lo cual también deberá considerarse continuar limpiando con trapo limpio previo al pintado. Ver Foto 1.
4. En las zonas que presenten pintura antigua bien adherida, se deberá lijar y humectar con trapo empapado con Disolvente Epoxi.
5. Solo se recomienda emplear DESOXCLEANER cuando el deterioro del galvanizado es crítico y hay presencia de óxido de hierro. Dependiendo del grado de oxidación se empleara en dilución con agua de proporciones 1:2 o 1:3 (Desoxcleaner:Agua). Un ejemplo de este estado es la Foto 2.

6. En zonas cercanas al litoral no deberá superar de 1 hora de exposición de las superficies limpias y para zonas urbanas no mayor de 2 - 3 horas, de acuerdo a las condiciones ambientales.



Foto 1.- Restos Oxido de Zinc Foto 2. - Corrosión casi hasta el fierro

Aplicación y Preparación de Pinturas:

- a. Mezclar en partes iguales los componentes de la pintura, 1 volumen del Epoxi Autoimprimante 8082, Parte "A" y 1 volumen de Endurecedor para Epoxi Autoimprimante 8082 , Parte "B". Para el caso del Esmalte Poliuretano HWR, mezclar 4 partes del Esmalte con 1 parte de Endurecedor HWR.
- b. Agitar la mezcla hasta homogenizar completamente.
- c. Agregar % de Disolvente adecuado al producto, revisar hoja técnica.
- d. Cuidar de preparar la cantidad necesaria y suficiente de pintura para utilizar la misma dentro de un lapso de "pot life" o tiempo de vida útil de la mezcla, a fin de evitar gelamientos incidentales.
- e. La aplicación se hará con brocha de cerda de nylon.
- f. El control de espesor de pintura se deberá hacer usando calibradores de espesor de película húmeda "galletas" (Foto 1) durante la aplicación.

El espesor de película húmeda (EPH) se obtiene con la siguiente formula:



Foto 1

$$EPH = \frac{EPS \times (1 + \%Dilución)}{\%S.V.}$$

Donde:

EPH = Espesor de Película Húmeda

EPS = Espesor de Película Seca

%S.V. = Porcentaje de Sólidos en Volumen de la Mezcla de Pintura

%Dilución = Porcentaje del Disolvente para Epoxi

Por ejemplo: Aplicación de Epoxi Autoimprimante 8082

a. Para obtener EPS = 6 mils.

Se deberá calibrar a 8 mils – 9 mils.

$$EPH = \frac{6 \times (1 + 10\%)}{82\%} = 8,05 \text{ mils húmedos}$$

Por ejemplo: Aplicación de Esmalte Poliuretano HWR

b. Para obtener EPS = 2 mils.

Se deberá calibrar: a 7 mils húmedos

$$EPH = \frac{2 \times (1 + 20\%)}{38\%} = 6,3 \text{ mils húmedos}$$

- g. Para las zonas en donde se ha removido toda la pintura antigua y ha quedado expuesta la superficie de fierro galvanizado, se deberá aplicar a modo de desmanche, para uniformiza espesores secos y nivelar la capa de pintura antigua con una o más capas de Epoxi Autoimprimante 8082, hasta nivelar con el espesor de la pintura antigua.
- h. El personal contratista deberá ajustar si fuera necesario la dilución de la pintura durante la aplicación, cuidando de no exceder la cantidad de disolvente recomendada a fin de

evitar chorreaduras o bajos espesores por exceso de dilución. Además para mantener la buena brochabilidad, debido la natural evaporación que sufre el solvente en la mezcla inicial preparada.

- i. Renovar periódicamente los elementos de aplicación para no afectar la aplicación homogénea y el buen nivelamiento de los productos.
- j. Todas las superficies de difícil acceso y los bordes de ángulos, soldaduras remaches y tornillos, se deben pintar con especial cuidado, Si se requiere una protección adicional de bordes, una capa adicional de un ancho razonable (1 plg) se deberá aplicar a ambos lados del borde.
- k. Si las condiciones ambientales presentan alta humedad o ligera llovizna, detener el trabajo y no aplicar la pintura, aun cuando haya pintura preparada. Deberán mantener un mínimo de 3°C de diferencia entre la temperatura de superficie metálica sobre la temperatura de rocío.
- l. Reiteramos nuestra disposición de brindar a las empresas contratistas la capacitación correspondiente tanto para el personal operativo y supervisor para el buen desarrollo y término de los trabajos.

Las consideraciones de equipos e implementos de seguridad durante los trabajos estarán a cargo de los responsables de su ejecución.

Se adjuntan especificaciones técnicas de los productos recomendados.

Sin otro particular, quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional que la presente pudiera generar.

Atentamente,

TEKNOQUIMICA S.A.

Karim Quiñones Alta
Supervisora Técnica
División Industria & Resinas

TEKNO**EPOXI AUTOIMPRIMANTE 8082
(Línea 076-0600)****DESCRIPCIÓN**

Recubrimiento bicomponente a base de resinas y pigmentos especiales de alta resistencia a los ácidos, álcalis y ambientes marino e industrial. Esta diseñado para ser aplicado sobre superficies tratadas manual o mecánicamente (en donde el arenado sea inaccesible) desarrollando alta performance. Sus altos sólidos le aseguran espesores por capa muy superiores a los convencionales.

USOS

Como base y acabado en trabajos de mantenimiento industrial, en estructuras metálicas tratadas por medios manual-mecánicos y expuestas a ambientes químicos corrosivos, sobre superficies de concreto en contacto con agua y humedad. Para interior de tanques de combustible para aviones o diesel. Por su alto espesor por capa no necesita de acabados, sin embargo puede recubrirse con esmaltes epóxicos y/o poliuretanos.

CARACTERISTICAS DE PRODUCTO

Tipo de Pintura: Anticorrosivo y Acabado
 Vehículo :Epóxico - Amina
 Color :Según Carta de Colores
 Acabado : Brillante

Flexibilidad ASTM 522 180° -3/4":Pasa
 Niebla Salina ASTM B-117, 1000 h:Pasa
 Impacto ASTM G-14 : 30 pulg-lb

CARACTERISTICAS FISICAS

Sólidos volumen:82% ± 2% (mezcla)
 Nro. Componentes : Dos

Parte A : Pigmentada
 Parte B: Endurecedor

EPS (recomendado):

Mín.: 4.0 mils (100 um)
 Máx :10.0 mils(250 um)

EPH (recomendado Sin Dilución):

Mín: 4,9 mils (122.5um)
 Máx: 12.2mils (302 um)

Tiempo útil de almacenaje: 12 meses sin mezclar y a condiciones normales

Tiempo de secado :

Secado tacto: 6 - 8 horas
 Secado duro: 48 horas
 Repintado: Mínimo:12 hrs
 Máximo:3 meses

Tiempo de curado total: 7 días

El tiempo de repintado entre capas y el curado total varía de acuerdo a las condiciones ambientales.

Resistencia al calor seco: 120°C

Rendimiento teórico:
 15.4 m2/gal a 8.0 mils secos

PREPARACION DE SUPERFICIE**Hierro ó Acero:**

Optimo SSPS-SP-05
 Mínimo SSPC-SP-06

Concreto:

SSPC-SP-08
 Debe estar completamente seco ó fraguado, libre de polvo, grasa ó suciedad. Sobre superficies lisas se recomienda realizar un tratamiento con ácido previo.

Fierro Galvanizado :

SSPC-SP-01
 Limpieza con solventes

APLICACIÓN**Preparación de la Pintura:**

Relación de mezcla : Mezclar
 1 vol parte "A" (076-0600)
 1 vol parte "B" (076-0601)

Diluyente : Disolvente Epoxi (023-1702)

Tiempo de Vida Util Mezcla: 2 - 4 horas

Solvente para limpieza de equipos:
 Disolvente Epoxi (023-1702)

Equipos de Aplicación

Brocha o Rodillo
 Dilución 5 - 10%

Pistola Convencional
 Dilución :10 - 20 %.
 Casquillo de Aire 704
 Pico de Fluido D
 Presión de Atomización 60 psi.
 Presión de Pintura 40 psi.

Pistola Airless
 Dilución: 12 %.
 Tamaño de Orificio: 0.019" - 0.021"
 Presión de Pintura: 2500 - 3000 psi.

De las condiciones ambientales

Temperatura de Aplicación: 12-35 °C,
 Temperatura de superficie:
 3°C por encima del punto de rocío (Dew Point)

BASES O ACABADOS RECOMENDADAS**Bases:**

No indispensable. No descartando el uso de otras bases epóxicas:

- IMPRIMANTE EPOXI REPINTABLE
- TEKNOPRIMER RA-200

Acabados:

No indispensable. Se recomienda recubrir con acabados poliuretanos para mejorar la resistencia a la radiación UV.

- ESMALTE DD
- ESMALTE POLIURETANO HWR

Para mayor información contactarse con nuestro Departamento de Servicio Técnico o visite nuestra pagina web www.tekno.com.pe

TEKNO**ESMALTE POLIURETANO HWR
(LINEA 18)****DESCRIPCION**

Poliuretano alifático de excelente brillo y dureza, resistente a solventes, agua salada, atmósferas corrosivas y temperaturas moderadas. También presenta una alta retención de color en exposiciones prolongadas. La adherencia sobre imprimantes epóxicos o poliuretanos es muy buena.

USOS

Esta recomendado como capa de acabado para superficies en general donde se desee acabados de gran calidad, brillo y excelente resistencia química, en embarcaciones marinas, en mantenimiento industrial de plantas químicas, refinerías de petróleo, contenedores, vehículos pesados, acabado para pisos flexibles, ferrocarriles (sujetos a trabajo pesado y presencia de agentes químicos y atmosféricos).

Se recomienda aplicar sobre sistemas epóxicos.

CARACTERISTICAS DE PRODUCTO

Tipo de Pintura : Acabado
 Vehículo : Poliuretano
 Alifático
 Color : Según carta de colores
 Acabado : Brillante

CARACTERISTICAS FISICAS

Sólidos volumen : 36 - 40% (mezcla)
 Peso específica : 1.22 – 1.33
 Nro. Componentes: Dos
 Parte A : Pigmentada
 ParteB : Endurecedor

EPS (recomendado): 1.5 - 2.0 mils por capa

EPH (recomendado): 3.9 - 5.2 mils por capa (pintura sin dilución)

Tiempo de almacenaje:

Parte A : 12 meses

Parte B : 6 meses

El componente B debe estar bien tapado de manera que no tenga contacto con la humedad del ambiente, con esto se evita que el producto se gele.

Tiempo de secado : (a 25°C)

Secado tacto: 2 horas

Secado duro: 24 horas

Repintado: Mín.:12 hrs

Tiempo de curado total: 7 días

El tiempo de repintado entre capas y el curado total varía de acuerdo a las condiciones ambientales.

Rendimiento teórico:

28.3 m2/gal a 2.0 mils secos

PREPARACION DE SUPERFICIE

Hierro ó Acero: Sobre imprimantes del tipo epóxico; los cuales tienen que estar limpios, secos, libres de grasa, suciedad, óxido u otro contaminante. Recubrimientos epóxicos antiguos tienen que ser arenados o lijados antes de aplicar Esmalte Poliuretano HWR.

Galvanizado: SSPC-SP-1, limpieza con solvente. Aplicar antes una capa de Wash Primer Azul (022-0342)

Concreto: SSPC-SP-08, lavado con ácido. Debe estar completamente seco ó fraguado, libre de polvo, grasa ó suciedad. Aplicar como base un recubrimiento del tipo epóxico. En el caso de pisos, emplear después de aplicar nuestro piso flexible.

APLICACIÓN

Preparación de la Pintura:

Relación de mezcla : Mezclar

4 vol parte "A" (Línea 018)

1 vol parte "B" (018-0700)

Diluyente : Disolvente DD (023-1801)

Tiempo de Vida Util Mezcla:

4-6 horas a 25°C

Solvente de Limpieza:

Disolvente DD (023-1801)

Equipos de Aplicación

Brocha o Rodillo

Dilución 5 – 10 %

Pistola Convencional

Dilución: Máximo 25 %.

Casquillo de Aire: 704

Pico de Fluido: FF

Presión de Atomización: 40-60 psi.

Presión de Pintura: 10 20 psi.

Pistola Airless

Dilución: Máximo 10 %.

Tamaño de Orificio: 0.013" - 0.017"

Presión de Pintura: 2400-2800 psi.

De las condiciones ambientales

Temperatura de Aplicación: 10-35 °C,

Temperatura de superficie:

3°C por encima del punto de rocío (Dew Point)

BASES RECOMENDADAS

- **Zincromato Epoxi**
- **Teknoprimer RA 200**
- **Epoxi Autoimprimante 8082**

Para mayor información contactarse con nuestro Departamento de Servicio Técnico o visite nuestra pagina web www.tekno.com.pe

APÉNDICE K

INSPECCION PRELIMINAR DE SISTEMAS DUPLEX

PROYECTO : _____
 UBICACION : _____
 CLIENTE : _____
 CONTRATISTA: _____
 FECHA : _____

1. CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA (COD.ID.: _____)
- Tipo de Estruct. : Torre Autosoportada Torre Ventada Monopolo Soportes
- Zonas de Seguridad : Guardacuerpo Linea de Vida Plataformas Ninguno
- Nº Cuerpos/Módulos: ____ Altura desde el piso: ____ Ultimo mantenimiento: ____
- Observaciones: _____
-
2. CONDICIONES AMBIENTALES
- Grado de Corrosividad (ISO 12944): C1 C2 C3 C4 C5
- Observaciones: _____
-
3. CONTROL DE RECUBRIMIENTO ANTIGUO
- Equipos de Medición Empleados:
- Cuchilla Retráctil y Cinta Adhesiva: Normada Shurtape Aluminio MaskingTape
- Espesor de Película Seca (E.P.S.): Analógico Digital Calibrado : S N
- Modelo: _____ Marca: _____
- Tipo de Sistema⁽¹⁾: Epoxi-PU Epoxi Alquidico Caucho clorado Otros
- Fallas: Cracking Pin holes Tizado Delaminación Chorreras Veteo
- Ojos de Pescado Cascara de Naranja Nivelamiento Cubrimiento
- Observaciones: _____

Estructura												
	1°	2°	3°	Total	Galv.	Pint.	1°	2°	3°	Total	Galv.	Pint.
Color												
Nº Lect. EPS ⁽²⁾												
EPS prom(mils)												
EPS máx (mils)												
EPS mín (mils)												
Adhesión ⁽³⁾												
Cohesión ⁽⁴⁾												
Dura-Blanda												
Frágil-Plástico												

Estructura												
Capas →	1°	2°	3°	Total	Galv.	Pint.	1°	2°	3°	Total	Galv.	Pint.
Color												
Nº Lect. EPS ⁽²⁾												
EPS prom(mils)												
EPS máx (mils)												
EPS mín (mils)												
Adhesión ⁽³⁾												
Cohesión ⁽⁴⁾												
Dura-Blanda												
Frágil-Plástico												

(1) Se emplea Metilacetona para la evaluación por solvente es una adaptación de la norma ASTM 5043-90 y ASTM D 5402-93 (1999)

(2) EPS: Espesor de Película Seca evaluado según norma ASTM B-499.

(3) Adhesión de película seca evaluado según norma ASTM D-3359 Método A o B dependiendo del EPS promedio.

(4) Son observados durante el corte y desgarramiento de la película.

4. ESTIMADO DE REPARACION

Grado de Corrosión observado: _____

% Estimado de Retiro de Pintura: _____

5. OBSERVACIONES ADICIONALES

La firma del presente PROTOCOLO da conformidad de que se ha efectuado los controles mencionados en obra, según estándares internacionales indicados en el mismo y para el cumplimiento de lo solicitado por el dueño de obra.

Ing.
Por: TEKNOQUIMICA S.A.

Ing.
Por:

Ing.
Por:

Estructura										
Capas →	1°	2°	Total	Galv	Pint.	1°	2°	Total	Galv	Pint.
Color										
Nº Lect. EPS ⁽²⁾										
EPS prom(mils)										
EPS máx (mils)										
EPS mín (mils)										
Adhesión ⁽³⁾										
Cohesión ⁽⁴⁾										
Dura-Blanda										
Frágil-Plástico										

Estructura										
Capas →	1°	2°	Total	Galv	Pint.	1°	2°	Total	Galv	Pint.
Color										
Nº Lect. EPS ⁽²⁾										
EPS prom(mils)										
EPS máx (mils)										
EPS mín (mils)										
Adhesión ⁽³⁾										
Cohesión ⁽⁴⁾										
Dura-Blanda										
Frágil-Plástico										

(1) Se emplea Metiletilcetona para la evaluación por solvente es una adaptación de la norma ASTM 5043-90 y ASTM D 5402-93 (1999)

(2) EPS: Espesor de Película Seca evaluado según norma ASTM B-499.

(3) Adhesión de película seca evaluado según norma ASTM D-3359 Método A o B dependiendo del EPS promedio.

(4) Son observados durante el corte y desgarramiento de la película.

3. OBSERVACIONES ADICIONALES

4. CONCLUSIONES

ESPEORES DE PELÍCULA SECA PROMEDIO : _____

NIVEL DE ADHERENCIA MINIMO (____): _____

La firma del presente PROTOCOLO da conformidad de que se ha efectuado los controles mencionados en obra, según estándares internacionales indicados en el mismo y para el cumplimiento de lo solicitado por el dueño de obra.

Ing.
Por: TEKNOQUIMICA S.A.

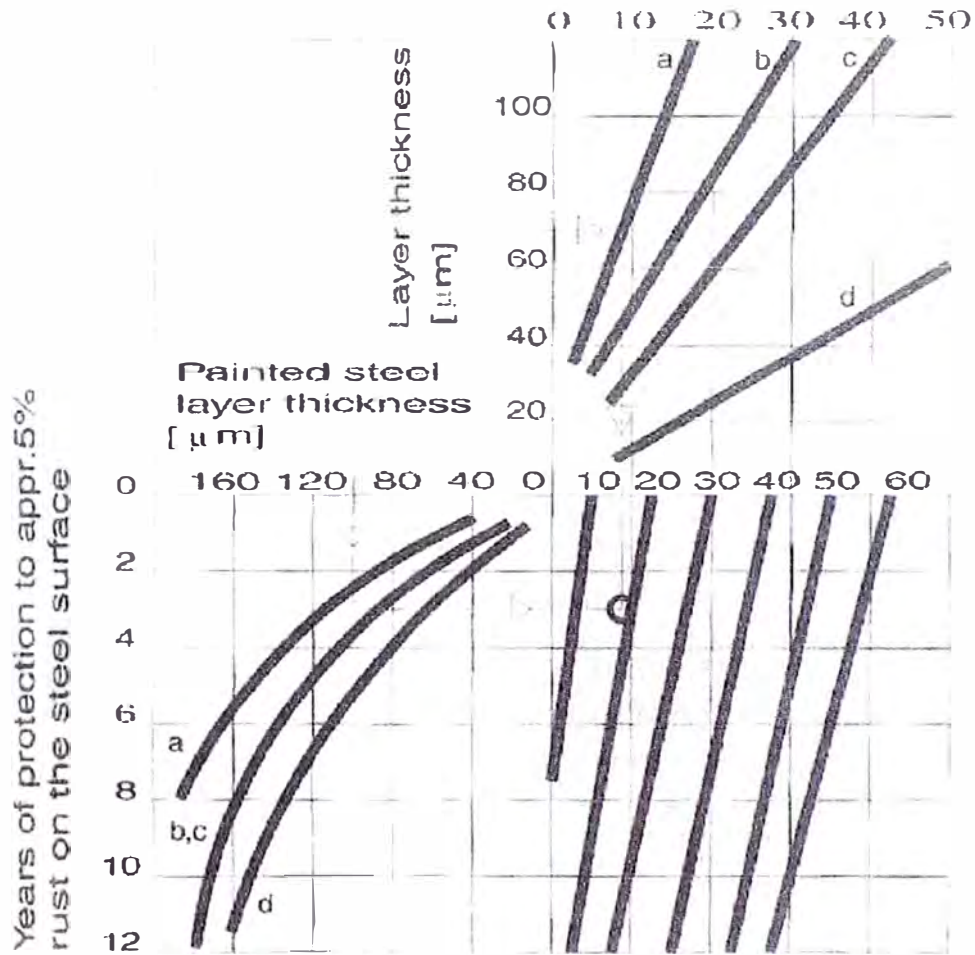
Ing.
Por:

Ing.
Por:

APÉNDICE M

EFFECTO SINERGICO DE LOS SISTEMAS DUPLEX

Hot dip galvanized steel. Years of average durability up to appr.5% rust on underlying steel



APÉNDICE N

NORMA ASTM D6386-99 “PREPARACIÓN DE SUPERFICIE DEL ACERO GALVANIZADO”



Designation: D 6386 – 99

Standard Practice for Preparation of Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coated Iron and Steel Product and Hardware Surfaces for Painting¹

This standard is issued under the fixed designation D 6386; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This practice describes methods of preparing surfaces of new and weathered hot-dip galvanized steel for painting. Hot-dip galvanized steel is produced by the immersion of fabricated or unfabricated products in a bath of molten zinc, as specified in Specifications A 123 or A 153/A 153M. This practice covers surface preparation on iron and steel products and hardware that have not been painted previously. Galvanized surfaces may have been treated with protective coatings to prevent the occurrence of wet storage stain. This practice does not apply to sheet galvanized steel products nor to the coil coating or continuous roller coating processes.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and to determine the application of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 123 Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products²

A 153/A 153M Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware²

A 780 Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings²

B 201 Practice for Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmium Surfaces³

E 376 Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy-Current (Electromagnetic) Test Methods⁴

2.2 Society for Protective Coatings Specifications:⁵

Surface Preparation Specification No. 1 Solvent Cleaning
Surface Preparation Specification No. 2 Hand Tool Cleaning

Surface Preparation Specification No. 3 Power Tool Cleaning

Surface Preparation Specification No. 7 Brush-Off Blast Cleaning

Paint Specification No. 27 Basic Zinc Chromate-Vinyl Butyral Wash Primer

3. Summary of Practice

3.1 This practice describes the preparation methods that provide clean and suitable galvanized surfaces for painting, specifically so that an applied coating system can develop the adhesion necessary for a satisfactory service life.

3.2 The zinc coating is constantly in a state of change. From the time the steel part is removed from the galvanizing kettle, the exposed zinc coating interacts with the environment to form, first zinc oxides, next zinc hydroxides, and then zinc carbonates.⁶ The process of complete conversion of the outer layer of zinc carbonates can take up to two years of exposure to the environment, depending on the local climatological conditions. During the first stage, known as newly galvanized steel, the exposed surface consists mainly of zinc metal with a small amount of zinc oxide. During the second stage, known as partially weathered galvanized steel, the exposed surface consists mainly of zinc oxides and zinc hydroxides with some zinc carbonates. At the final stage, known as weathered galvanized steel, the exposed surface consists mainly of water-insoluble zinc carbonates, some zinc oxides, and rarely, zinc hydroxides. The surface preparation for each of these stages must be treated separately.

3.3 Variations in surface preparation produce end conditions that differ, hence they do not necessarily yield identical results when paints are subsequently applied. Service conditions will

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee D-01 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications, and is the direct responsibility of Subcommittee D01.46 on Industrial Protective Clothing.

Current edition approved Feb. 10, 1999. Published April 1999.

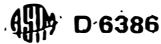
² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.06.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.05.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03.

⁵ Available from the Society for Protective Coatings, 40 24th St., 6th Floor, Pittsburgh, PA 15222-4623.

⁶ This interaction is described in “Duplex Systems,” van Eijnsbergen, J.F.H., Elsevier Science, New York, NY 1994, and in *Zinc Handbook*, Porter, F. Marcel Dekker, Inc., New York, NY 1991.



dictate the type of surface preparation to be selected, although the quality produced by any individual process may vary with different compositions of the zinc surface.

4. Significance and Use

4.1 This practice describes the procedures that can be used to prepare new and weathered zinc-coated surfaces on after-fabrication steel products for painting, and that can improve the bond of paint to the zinc surface.

5. Processes for Newly Galvanized Steel

5.1 *Newly Galvanized Steel*—The category of newly galvanized steel refers to zinc-coated steel that has no surface treatment after galvanizing, such as water quenching or chromate conversion coating, and has been galvanized within the previous 48 h. There also should be no visible signs of zinc oxide or zinc hydroxide, which first appear as a fine white powder.

5.2 *Surface Smoothing*—Hot-dip galvanized surfaces generally are relatively smooth after galvanizing. There may be some thick edges due to excess liquid zinc run-off during the galvanizing, or high spots in the coating due to included iron-zinc intermetallics (dross) or zinc oxide particles. These high spots and rough edges, such as the metal drip line, must be smoothed to avoid paint film gaps in the areas of the high spots.

5.2.1 Zinc high spots, those that would cause paint film gaps such as the metal drip line, should be removed by cleaning with hand or power tools as described in SSPC Surface Preparation Specification 2 or 3. The zinc should be removed until it is level with the surrounding area, taking care that the base coating is not removed by the cleaning methods. After cleaning, the surface shall be inspected for conformance to the required zinc thickness in accordance with Specifications A 123 or A 153/A 153M utilizing a magnetic thickness instrument in accordance with Practice E 376. Any item falling below the required zinc thickness, before or after removal of any high spots, shall be repaired in accordance with Practice A 780.

5.3 *Surface Cleaning*—Hot-dip galvanized surfaces must be clean and free of oil and grease before they are painted. Adhesion problems have been experienced with newly galvanized articles that have been water quenched or treated with chromate conversion coatings. These two post-galvanizing treatments are not recommended for galvanized articles that are to be painted.

5.3.1 *Aqueous Alkaline Cleaning*—An alkaline solution, pH in the range of 11 to 12 definitely not greater than 13, can be used to remove traces of oil, grease, or dirt. An alkaline cleaner is unsuitable for removal of heavy build-up of zinc oxide or wet storage stain (see American Galvanizers Publications, *Wet Storage Stain*⁷, for description of these conditions). See 5.4 for removal of zinc oxide layer. The alkaline solution nominally is 2 to 5 % sodium compounds, with small additions of emulsifying, chelating, or sequestering agents, or a combination

thereof. This solution can be applied through immersion in a tank filled with the solution, sprayed, or brushed with a soft bristle brush, usually nylon and not steel or copper. When dipping or spraying, the solution works best in the temperature range from 60 to 85°C. After cleaning, rinse thoroughly in hot water or water under pressure. Allow to dry completely before proceeding. Whenever galvanized steel is rinsed, it is desirable to use heated drying to accelerate the complete removal of water from the surface.

5.3.2 *Solvent Cleaning*—Typical cleaning solvents, such as mineral spirits or high-flash naphtha, can be used to remove oil and grease. The procedure to be used is as specified in SSPC Surface Preparation Specification 1. Proper rags or brushes should be used to wipe the galvanized parts.

Note 1—Caution: These rags or brushes should be cleaned or recycled often since oil can accumulate on their surfaces and be transferred back to the galvanized part. Small parts may be dipped or cleaned in ultrasonic baths of solvents. After cleaning, rinse thoroughly in hot water or water under pressure. Allow to dry completely before proceeding.

5.3.3 *Hand or Power Tool Cleaning*—Hand or power tool cleaning may be used to clean light deposits of zinc reaction by products, such as wet-storage stain, as specified in SSPC Surface Preparation Specification 2 or 3.

5.4 *Surface Preparation*—Hot-dip galvanized surfaces have a layer of zinc oxide and zinc hydroxide that must be removed before paint will adhere to the zinc coating. Zinc coatings generally are relatively smooth and may be slightly roughened prior to painting. The following four methods may be used to prepare the galvanized surface for painting.

5.4.1 *Sweep Blasting*—Abrasive sweep or brush blasting, which uses a rapid nozzle movement will roughen the galvanized surface profile. The abrasive material must be chosen with care to provide a stripping action without removing excess zinc layers. One of the materials that has been used successfully is aluminum/magnesium silicate. Particle size should be in the range of 200 to 500 μm (8 to 20 mils). Other materials that can be used are soft mineral sands with a Mohs hardness of five or less, organic media, such as corn cobs or walnut shells, corundum, and limestone. Depending on the value of hardness for the abrasive medium, blasting pressure may need to be determined for the appropriate nozzle to work-piece distance, geometry of the component, and blasting medium. For some all-alloy coatings, even the relatively low-pressure blast of 0.15 to 0.25 MPa (20 to 40 psi) can be too great, causing cohesion problems. Oil contamination of the compressed air will degrade paint adhesion to sweep-blasted hot-dip galvanized surfaces. Care is needed in averting this type of contamination. Care must be taken to leave zinc layers intact. The purpose of sweep blasting is to deform, not remove, the galvanized metal. Any area falling below the required zinc thickness, before or after sweep blasting, should be repaired in accordance with Practice A 780. The procedure for this process can be found in SSPC Surface Preparation Specification 7. Sweep blasting of zinc should be not less than 110 m^2/h (1200 ft^2/h) using these abrasive materials. The substrate should be maintained at a temperature greater than 3°C (5°F) above the dew point temperature. Following abrasive blast cleaning surfaces should be blown down with clean, compressed air.¹

⁷ Available from American Galvanizers Association, 12200 E. 110th Ave., No. 204, Aurora, CO 80014-5376.



some atmospheric conditions, such as high humidity, or high temperature, or both, the formation of zinc oxide on the blasted surface will begin very quickly, so the paint coating should be applied immediately, within 60 min, after sweep blasting. Zinc oxide formation is not visible to the naked eye; therefore, in any atmosphere, painting should be stated as soon as possible after surface preparation.

5.4.2 Zinc-Phosphate Treatment—This conversion coating process consists of reacting the newly galvanized zinc surface in an acidic zinc phosphate solution containing oxidizing agents and other salts for accelerating the coating action. The zinc surface is converted to a crystalline phosphate coating of the proper texture to inhibit corrosion and increase the adherence and durability of the paint film. This process may be applied by immersion, spray or soft bristle brush application. After a time period of 3 to 6 min, the surface should be washed with clean water and allowed to completely dry before application of the paint system. Painting should take place soon after treatment to avoid pick up of surface contaminants.

5.4.3 Wash Primer Treatment—This process involves the use of a metal conditioner to neutralize surface oxides and hydroxides along with etching the surface. One example of a wash primer is SSPC Paint Specification 27. The process is based on three primary components: a hydroxyl containing resin; a pigment capable of reacting with resin and acid; and, an acid capable of making the resin insoluble by reacting with the resin, the pigment, and the zinc surface. The result is a film of approximately 8 to 13 μm (0.3 to 0.5 mils). Failures can occur if the film exceeds 13 μm (0.5 mils). The film usually is applied by spray but may be applied by soft bristle brush, dip, or roller coater. Using these latter coating methods, it may be difficult to control the film thickness. For drying time prior to topcoating, follow the manufacturer's instructions. This wash primer treatment may be better suited to certain types of paint systems. See SSPC Paint Specification 27 for the best match of this treatment to a paint system.

5.4.4 Acrylic Passivation/Pretreatment—The passivation/pretreatment process consists of applying an acidic acrylic solution to the newly galvanized surface and then allowing it to dry, forming a thin film coating. When applied, the solution first reacts with the zinc surface forming a passivating conversion coating while simultaneously forming an acrylic coating suitable for painting on top of the passivation layer. The underlying conversion coating provides strong adhesion to the galvanized surface while the thin film acrylic layer provides barrier protection, which inhibits corrosion and provides a highly compatible surface for the application of organic paint films. There are versions of these solutions that contain chrome and versions without chrome. The application methods for these water based treatments are dipping, flow coating, spraying, or other appropriate means. Following application the coating is dried in an oven or in air. In some instances, the coating is applied to hot-galvanized articles, in which case separate drying is not necessary. Rinsing is not required. The coating is approximately 1- μm (0.04-mils) thick. Painting is possible any time during a period of four months after application, as long as the surface is free of visible zinc oxides or zinc hydroxides; however, if harmful contaminants, such as

dust, dirt, oils, grease or deposits are present, they must be removed with a mild alkaline degreasing solution (pH 11.5 max) followed by a thorough rinse with hot water (60°C maximum temperature) or a pressure wash, then thoroughly dried. This treatment is applied in the galvanizing plant or later in the paint shop. When applied in the paint shop, the surface must first be appropriately cleaned as just described to remove contaminants picked up after galvanizing.

5.4.5 Notification of Surface Treatment—The paint shop must be notified as to how the galvanized articles have been processed and which surface treatment method, if any, is used to prepare the surface.

6. Processes for Partially Weathered Galvanized Steel

6.1 Before preparing the surface of partially weathered galvanized steel, the surface must be checked for the presence of chromate conversion coating. The presence of a chromate conversion coating can severely impair the adhesion of some paint coating system. Chromate conversion coatings can be applied at the galvanizing facility to protect the newly galvanized surface from excessive growth of zinc oxide and zinc hydroxide, commonly called wet storage stain. The presence of chromate conversion coatings can be detected by the procedure outlined in Appendix X1. The removal of the chromate conversion coating also is outlined in Appendix X1. The surface preparation method described in 5.4.4 could test positive for the presence of chrome. The surface preparation technique described in 5.4.4 should not be removed if it tests positive for the presence of chrome. This process is not a chromate conversion coating. If the galvanized surface has thick edges or high spots, these should be removed, see 5.2.1. When the high spots have been treated and the chromate has been removed completely by sanding or sweep blasting in accordance with 5.4.1, surfaces should be blown down with clean, compressed air. In some atmospheric conditions, such as high humidity or high temperature, or both, the formation of zinc oxide on the blasted surface will begin very quickly so the paint coating should be applied within 30 min after sweep blasting. Zinc oxide formation is not visible to the naked eye; therefore, in any atmosphere, painting should be as soon as possible after surface preparation.

6.2 Before preparing the surface of partially weathered galvanized steel, the surface must be checked for the presence of wet storage stain. Wet storage stain is the whitish zinc corrosion product formed when galvanized parts are exposed to moist air without sufficient air circulation between the parts and is described in the American Galvanizers Association Publication, *Wet Storage Stain*. Wet storage stain consists primarily of beta zinc hydroxide and small percentages of zinc oxide and zinc carbonate. Since wet storage stain is hygroscopic and has a larger volume than zinc metal, paint adhesion can be affected seriously when painting over wet storage stain. Careful brushing with a mild ammonia solution using a soft bristle brush will remove mild cases of wet storage stain. Thorough water rinsing must immediately follow the brushing. More severe cases of wet storage stain that have thick white corrosion products on the zinc surface, or even black corrosion products, can be cleaned using vigorous soft bristle brushing with a mild acidic solution with a pH of 3.5 to 4.5, such as

D 6386

acetic acid or citric acid, but not hydrochloric or sulfuric acid solutions. Thorough water rinsing must immediately follow the brushing. After the part has completely dried, the surface profile should be applied in accordance with 5.4, and, then the surfaces should be blown down with clean, compressed air. If no protective treatment, such as those described in 5.4.2-5.4.4 is applied, in some atmospheric conditions, such as high humidity, or high temperature, or both, the formation of zinc oxide on the surface will begin very quickly so the paint coating should be applied within 30 min. If a protective treatment is applied, it is not necessary to paint immediately. Zinc oxide formation is not visible to the naked eye; therefore, in any atmosphere, painting should be as soon as possible after surface preparation.

6.3 If there is no indication of either chromate conversion coating or wet storage stain, the surface can be prepared as detailed in Section 5.

7. Processes for Weathered Galvanized Steel

7.1 Fully weathered galvanized steel, as described in 3.2, has developed a stable and finely etched surface that is very suited for paint coating adhesion. If there are organic contami-

nants, such as oil, grease, or soot on the surface of the part, surface cleaning in accordance with 5.3 should be performed before any other cleaning is done.

7.2 The natural corrosion of the zinc metal produces a roughened surface film consisting primarily of basic zinc carbonate. The surface preparation that is needed is a power wash with warm water to remove loose particles from the surface. The power wash should use water jets with a pressure of less than 10 MPa (1450 psi) so as not to damage the protective film. This film is naturally roughened in its growth process, so no extra surface profiling is needed. Allow the surface to completely dry before application of the paint system.

7.3 Fully-weathered galvanized steel can be painted successfully with the application of appropriate paint systems including primers and top coat paints. The use of pretreatments, such as those described in 5.4, can enhance paint adhesion and extend long term performance.

8. Keywords

8.1 galvanized steel; galvanizing; hot-dipped galvanizing; painting; paint preparation; surfacing preparation; zinc coating

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. IDENTIFYING THE PRESENCE OF AND REMOVING CHROMATE TREATMENTS USED AS WET STORAGE (ALSO CALLED HUMID-STORAGE) STAIN INHIBITORS

X1.1 One of the inhibitors used by producers of zinc-coated steel is a hexavalent chromium solution. This treatment prevents adhesion of many paint coatings to zinc coated steel surfaces.

X1.2 If zinc-coated steel to be painted is galvanized to order, the order should prohibit the use of hexavalent chromium humid-storage stain treatments.

X1.3 Hexavalent chromium treatment can be removed from galvanized surfaces by one of the following three methods:

- X1.3.1 Weathering the surfaces for six months, or
- X1.3.2 Abrading the surfaces by sanding, or
- X1.3.3 Sweep blast clean in accordance with 5.4.1.

X1.4 The presence of hexavalent chromium on galvanized surfaces can be determined by spot testing used Practice B 201.

X1.5 Conduct the spot test on several representative spots on each individual piece of galvanized steel.

X1.6 Test, in accordance with Practice B 201, every piece of galvanized steel that is to be treated for painting.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

APÉNDICE Ñ

ADHESIÓN DE PINTURAS DE SECADO AL AIRE APLICADAS SOBRE SUPERFICIES GALVANIZADAS

No.	Type of paint (vehicle basis)	a	b	c	d
1	Alkyd resin/tung oil combinations ⁽¹⁾	F	G	VG	VG
2	Dehydrated castor oil modified alkyd ⁽²⁾	VG	VG	VG	VG
3	Alkyd/acrylic resin combinations	G	G	VG	VG
4	Chlorinated rubber	F-G	F-G	G	VG
5	Chlorinated rubber/acrylic resin combinations	G	G	VG	VG
6	Acrylic resin dispersions ⁽³⁾	F-G	F-G	G	G
7	Acrylic/styrene resin dispersions ⁽⁴⁾	G	G	G	VG
8	Acrylic/di-isocyanate (2-component) compositions	G	F	G	VG
9	Vinyl resin copolymer	F	F	G	G
10	Polyvinyl/acrylic resin combinations	G	G	G	VG
11	Polyvinyl resin dispersions ⁽⁵⁾	F	F-G	G	F-G
12	Epoxy resin (2-component) ⁽⁶⁾	G	G	G	VG
13	Epoxy ester ⁽⁷⁾	P	F	G	G
14	Epoxy resin/coal tar combinations	P	F	F	G
15	Polyurethane resin (2-component) ⁽⁸⁾	P	F	F-G	G

P = poor adhesion; F = fair (moderate) adhesion; G = good adhesion; VG = very good adhesion.

a = freshly hot-dip galvanized steel; within approximately 4 hours of galvanizing.

b = galvanized steel weathered for 1-3 months in a non-aggressive atmosphere.

c = galvanized steel, cold-etched or hot-phosphated.

d = galvanized steel sweep-blasted.

(1) Combination of drying oil modified alkyd resin, tung oil and alkyl-phenolic resin.

(2) Dehydrated castor oil modified alkyd resin pigmented with calcium orthoplumbate and other pigments and fillers.

(3) Aqueous dispersion of acrylic resin.

(4) Aqueous dispersion of acrylic/styrene resin.

(5) Aqueous dispersion of polyvinyl resin.

(6) Epoxy resin with polyamide hardener.

(7) Epoxy resin, esterified with dehydrated castor oil.

(8) With an encapsulated di-isocyanate hardener.

APÉNDICE O

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE PINTURAS DE SECADO AL AIRE PARA SUPERFICIES GALVANIZADAS

Paint (film) characteristics	Tipos de Pinturas mencionadas en Apéndice N														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Application (a)	B	B	B	S	S	B/S	B/S	S	S	S	S/B	S	S	S	S
Drying (b ₁)	Lo	Lo	Av	Sh	Sh	Av	Av	Av	Sh	Sh	Av	Av	Av	Av	Av
Hardening (b ₂)	Lo	Lo	Av	Av	Av	Lo	Lo	Av	Av	Av	Lo	Av	Av	Lo	Av
Hardness	F	F	F	G	G	F	F/G	G/VG	G	G	F	G	F/G	F	G/VG
Flexibility	VG	VG	VG	F/G	G	G	G	G	G	G	G	F/G	F/G	G	G
Impact resistance	VG	VG	VG	G	VG	G	G/VG	VG	G	VG	G	G	G	G	VG
Gloss (retention) (c)	G	VG	VG	P	F	F	F	VG	P	F	F	P	F	P	VG
Colour fastness (d)	P	F	G	P	F	VG	VG	VG	P	F	F	F	F	—	VG
Pot stability (e)	G	G	VG	VG	G	G	G	P	VG	VG	G	P	G	P	P
Thermal resistance (f)	P	P	F	P	P	F	F	G	P	F	F	F	F	P	G
Weather resistance (g)															
Rural climate	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	P	VG
Marine climate	G	G	G	VG	VG	F	VG	VG	VG	VG	G	VG	G	G	VG
Industrial climate	G	F	G	G	VG	F	F	G	G	VG	G	VG	F	VG	G
Chemical resistance (h)															
Acid solutions	F	P	F	VG	VG	P	F	G	G	G	F	VG	F	VG	G
Alkaline solutions	P	P	P	VG	VG	P	P	F	G	G	P	G	P	VG	VG
Adhesion	see comparative values in Fig. VI-1														

(a) B = mainly by brush; S = mainly by spraying or by continuous rolling.

(b₁) Sh = short (less than 1 hour); Av = average (between 1–4 hours); Lo = long (4–12 hours); (drying depends on film thickness, temperature and humidity of surrounding air).

(b₂) Sh = short (through-hardening within 3 hours); Av = average (through-hardening within 1–7 days); Lo = long (through-hardening in 7 days or more).

(c) Indications F and P mainly refer to chalking.

(d) Indications F and P mainly refer to yellowing.

(e) VG = 6 months and more at room temperature; G = 6–9 weeks at room temperature; F = approximately 4 weeks at room temperature; P = less than 36 hours (after addition of hardener).

(f) VG = permanent at 50–150°C; G = permanent at 50–75°C; F = for short periods at 50–75°C only; P = up to 50°C only.

(g) Loss of gloss and/or colour not counted.

(h) Dependent on duration of immersion, concentration and temperature of aqueous solution.

APÉNDICE P

CONTENIDO DEL PLAN DE CAPACITACION DIRIGIDO A PERSONAL DE OPERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE SUPERFICIES GALVANIZADAS

TEKNO		
Temas	Detalle	Normas / Equipos / Materiales
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PINTURA ANTIGÜA	Medición de espesor seco de pintura	Medidor digital, Elcometer 456 Norma SSPC-PA-2, ASTM B-499
	Medición de espesor de galvanizado	Medidor digital, Elcometer 456
	Pruebas de adherencia	Cuchilla retráctil y cinta adhesiva Norma ASTM D-3359 : Método A y Método B
	Determinación del porcentaje de corrosión	Norma ASTM D-610
	Determinación del porcentaje de pintura a remover	Parámetros de evaluación
PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	Eliminación de pintura antigua con herramientas manuales	Norma SSPC-SP-2
	Lavado y acondicionamiento de la superficie (Prueba # 1)	Norma SSPC-SP-1, Agua
	Desengrasado de la superficie (Prueba # 2)	Norma SSPC-SP-1, Desengrasante Multipropósito
	Tratamiento del óxido (Prueba # 3)	Norma SSPC-SP-1, Desoxcleaner
CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES	Determinación del % de H.R., °T Ambiente, °T de Superficie y °T de Punto de Rocío	Medidor digital, Dewmeter, Elcometer 319
PREPARACIÓN DE PINTURA	Mezcla, tiempo de inducción, dilución, pot life, secado al tacto, tiempo de repintado, curado total	Epoxi Autoimprimante 8082 Endurecedor para Epoxi Autoimprimante Disolvente Epoxi
APLICACIÓN DE PINTURA	Aplicación a brocha y control de espesores de película húmeda	Calibrador de espesor húmedo ("galleta")
Cantidad de Grupos	Mínimo 4 , Máximo 5	Trabajarán 4 en cada montante y 1 en la escalera central
Número de personas por grupo	Mínimo 4 , Máximo 5	Se nombrará un Jefe de Cuadrilla responsable
Materiales sugeridos x grupo	Casco, lentes, arneses, etc	Equipos de seguridad personal
	Lijas, espátulas, picotas, escobillas de alambre	Herramientas de limpieza
	Brochas, trapo industrial, baldes, paletas, media de nylon	Herramientas de preparación y aplicación de pintura

NOTA : Se evaluará posteriormente al total del grupo para la certificación respectiva

APÉNDICE Q
CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD ATMOSFERICA SEGÚN NORMA ISO 9223

Categoría de corrosividad	Pérdida de masa por unidad de superficie/pérdida de espesor (Luego del primer año de exposición)				Ejemplos de medios agresivos típicos en climas templados (solo informativo)	
	Acero de bajo carbono		Zinc		Exterior	Interior
	Pérdida de masa, g.m ⁻²	Pérdida de espesor, μm	Pérdida de masa, g.m ⁻²	Pérdida de espesor, μm		
C 1 Muy bajo	< = 10	< = 1,3	< = 0,7	< = 0,1	Áreas de edificios con condensación permanente y alta polución ambiental.	Edificios calefaccionados con atmósferas limpias como oficinas, negocios, hoteles, escuelas.
C 2 Bajo	> 10 a 200	> 1,3 a 25	> 0,7 a 5	> 0,1 a 0,7	Atmósferas con bajo nivel de polución. Áreas rurales.	Edificios sin calefacción. Puede ocurrir condensación como depósitos o ambientes deportivos.
C 3 Medio	> 200 a 400	> 25 a 50	> 5 a 15	> 0,7 a 2,1	Atmósferas industriales y urbanas. Polución moderada con dióxido de azufre. Áreas costeras de baja salinidad.	Sectores de producción con alta humedad y algo de polución del aire como planta procesadoras de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, lecherías.
C 4 Alto	> 400 a 650	> 50 a 80	> 15 a 30	> 2,1 a 4,2	Áreas industriales y costeras, con salinidad moderada.	Plantas químicas, piletas de natación, barcos costeros y
C 5 -I Muy alto (industrial)	> 650 a 1500	> 80 a 200	> 30 a 60	> 4,2 a 8,4	Áreas industriales con alta humedad y atmósfera agresiva.	Áreas de edificios con condensación permanente y alta polución ambiental.
C 5 -M Muy alto (marino)	> 650 a 1500	> 80 a 200	> 30 a 60	> 4,2 a 8,4	Áreas costeras y estructuras offshore con alta salinidad	Áreas de edificios con condensación permanente y alta polución ambiental.

Notas.

- 1: Los valores usados en las categorías de corrosividad son similares a los dados en la Norma ISO 9223.
- 2: En áreas costeras, zonas templadas y húmedas, la masa o el espesor perdidos pueden exceder los límites dados para la categoría C 5-M. Se deben tomar precauciones especiales cuando se seleccionen sistemas protectores para dichas áreas.