

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



“PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CORROSIÓN EN TANQUES DE AGUA DESMINERALIZADA Y AGUA CONTRA INCENDIOS”

INFORME
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO

Presentado por el Bachiller
ARTURO ANDERSON PEREZ REYES

Asesor
Ing. FABIO MANUEL RANGEL MORALES

CALLAO-PERÚ
2016

PRÓLOGO DEL JURADO

El presente Informe fue Expuesto por el señor Bachiller **PEREZ REYES ARTURO ANDERSON** ante el **JURADO DE EXPOSICIÓN DE INFORME** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING°	CARLOS ALEJANDRO ANCIETA DEXTRE	PRESIDENTE
ING°	ÓSCAR MANUEL CHAMPA HENRÍQUEZ	SECRETARIO
ING°	GUMERCINDO HUAMANÍ TAIPE	VOCAL
ING°	FABIO MANUEL RANGEL MORALES	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 2 de Exposición de Informes Folio N° 16 y Acta N° 211 de fecha **VEINTIOCHO DE DICIEMBRE DE 2016**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Informe, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011 y N° 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre de 2012

INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	7
II. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA	8
2.1 POLÍTICA DE LA EMPRESA	8
a. Misión	9
b. Visión	9
III. OBJETIVOS	10
3.1 OBJETIVO GENERAL	10
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	10
IV. RESUMEN	11
V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	12
5.1 CORROSIÓN.....	12
5.2 ELEMENTOS DE UNA CELDA DE CORROSIÓN	13
5.3 FACTORES AMBIENTALES Y CORROSIÓN	14
5.4 TIPOS DE CORROSIÓN	15
a. Corrosión Generalizada.....	16
b. Corrosión Galvánica.....	17
c. Corrosión por Grietas o Fisuras.....	18
d. Corrosión por Picaduras (Pitting).....	20
e. Corrosión Bajo Tensión (Stress Corrosion Cracking, SCC).....	22

5.5	PASIVACIÓN	23
5.6	MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN	24
	a. Selección de Material de Fabricación	24
	b. Diseño del Sistema a Protegerse	24
	c. Recubrimientos Protectores.....	25
	c.1 Recubrimientos Protectores Metálicos.....	25
	c.2 Recubrimientos Protectores No Metálicos.....	25
	d. Inhibidores.....	26
	d.1 Funcionamiento de Inhibidores.....	26
	e. Protección Catódica.....	27
	e.1 Protección Catódica con Ánodo Galvánico	27
	e.2 Protección Catódica por Corriente Impresa	28
5.7	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS	31
	a. Estándares para la Correcta Aplicación de Recubrimientos	31
	b. Condiciones Iniciales de la Superficie	32
	c. Preparación de Superficie, Conceptos y Tipos.....	32
	c.1 Preparación de Superficie con Solventes	33
	• SSPC-SP1 Limpieza con Solventes.....	33
	c.2 Preparación de Superficie con Herramienta Manual y/o Motriz... 34	
	Zona de Resane	34
	Sistemas de Pintura para las Zonas de Resanes	34
	• SSPC-SP2 Limpieza con Herramienta Manual	36
	• SSPC-SP3 Limpieza con Herramienta Mecánica.....	36
	• SPC-SP11 Limpieza Motriz a Metal Desnudo	37
	• SSPC-SP15 Limpieza Motriz Grado Comercial	38

c4. Preparación de Superficie con Abrasivo	38
Abrasivos.....	38
• NACE 1 Limpieza con Chorro Abrasivo a Metal Blanco	41
• NACE 2 Limpieza con Ch. Abrasivo Cerca a Metal Blanco ...	42
• NACE 3 Limpieza con Chorro Abrasivo Comercial.....	42
• NACE 4 Limpieza con Chorro Abrasivo Ligero.....	42
• NACE 8 Limpieza con Chorro Abrasivo Industrial	43
d. Pintura	44
e. Aplicación de Pintura	45
VI. APORTES REALIZADAS EN LA EMPRESA	48
6.1 CASO 1: Actividades Cotidianas.....	48
a. Objetivos de la Evaluación.....	48
b. Antecedentes	49
c. Aspectos Evaluados.....	50
c.1 Apariencia	50
c.2 Espesor de Película Seca	50
c.3 Conductividad	50
c.4 Dureza	51
c.5 Adherencia	51
c.7 Cohesión.....	52
d. Equipos de Inspección y Normas de Referencia Utilizados.....	52
d.1 Instrumentos Utilizados en la Inspección.....	52
d.2 Normas de Referencia Utilizados.....	52
e. Inspección.....	53
e.1 Tanque de Agua Desmineralizada.....	53
Fondo.....	53
Cilindro.....	55
e.2 Tanques de Agua contra Incendios	57

f.	Resumen de la Evaluación	58
f.1	Tanque de agua Contraincendios	59
f.2	Tanque de Agua Desmineralizada.....	59
g.	Análisis y Diagnóstico.....	60
h.	Conclusiones	63
i.	Recomendaciones.....	64
6.2	CASO 2: Aportes Realizados en Beneficio de la Empresa.....	65
	Diferencias Comparativas entre Formatos Antiguos y Nuevos	65
•	Acta de Evaluación de Equipos y Materiales.....	65
•	Acta de Aplicación	66
•	Reporte de Aplicación.....	67
•	Reporte de Evaluación de EPS para Tanques	67
•	Reporte de Evaluación de EPS.....	67
VII.	CONCLUSIONES.....	68
VIII.	RECOMENDACIONES	69
IX.	BIBLIOGRAFÍA	70
X.	ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
GLOSARIO.....	73
ANEXO N° 1.a FORMATO ANTIGUO: ACTA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	74
ANEXO N° 1.b FORMATO NUEVO: ACTA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	75
ANEXO N° 2.a FORMATO ANTIGUO: ACTA DE APLICACIÓN	76
ANEXO N° 2.b FORMATO NUEVO: ACTA DE APLICACIÓN	77
ANEXO N° 3.a FORMATO ANTIGUO: REPORTE DE APLICACIÓN	78
ANEXO N° 3.b FORMATO NUEVO: REPORTE DE APLICACIÓN	79
ANEXO N° 4.a FORMATO ANTIGUO: REPORTE DE EPS	80
ANEXO N° 4.b FORMATO NUEVO: REPORTE DE EPS.....	81
ANEXO N° 5.a FORMATO ANTIGUO: REPORTE DE EPS PARA TANQUES ..	82
ANEXO N° 5.b FORMATO NUEVO: REPORTE DE EPS PARA TANQUES	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA N° 1 PROFUNDIDAD DE ANCLAJE (mils).....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N° 1 LOGO DE INSPECTION & COATINGS	8
FIGURA N° 2 POLITICA DE GESTIÓN BAJO LAS NORMAS ISO Y OHSAS ..	9
FIGURA N° 3 PINTADO INDUSTRIAL DEL INTERIOR DEL TANQUE DE AGUA DESMINERALIZADA	10
FIGURA N° 4 TANQUES INDUSTRIALES	12
FIGURA N° 5 CELDA DE CORROSIÓN	13
FIGURA N° 6 ESQUEMA CLASIFICACIÓN DE LA CORROSIÓN.....	15
FIGURA N° 7 PROCESO CORROSIVO DEL METAL.....	16
FIGURA N° 8 PROBLEMA REAL DE CORROSIÓN GALVÁNICA.....	17
FIGURA N° 9 CORROSIÓN GALVÁNICA	17
FIGURA N° 10 CORROSIÓN POR GRIETAS Y FISURAS	19
FIGURA N° 11 CRECIMIENTO DE UN AGUJERO EN UN ACERO SUMERGIDO EN UNA SOLUCIÓN SALINA AIREADA.....	20
FIGURA N° 12 CORROSIÓN EN ACERO INOXIDABLE.....	23
FIGURA N° 13 PROTECCIÓN CATÓDICA CON ANODO GALVANICO.....	27
FIGURA N° 14 PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA	29
FIGURA N° 15 ESQUEMA DE PINTADO	31
FIGURA N° 16 CHAFLÁN O BAJADA DE PLAYA	34
FIGURA N° 17 ÁREA CON DAÑO Y / O ÓXIDO.....	35
FIGURA N° 18 ÁREA PREPARADA CON LIMPIEZA MANUAL/MECÁNICA	35
FIGURA N° 19 APLICACIÓN DEL PRIMER	35
FIGURA N° 20 APLICACIÓN DEL ACABADO	35
FIGURA N° 21 GRANALLAS DE ACERO: ESFÉRICA Y ANGULAR.....	41
FIGURA N° 22 ESQUEMA DE PINTURA	44
FIGURA N° 23 PARTES DE LA PINTURA	44
FIGURA N° 24 PLANTA FENIX POWER PERÚ	49

I. INTRODUCCIÓN

El almacenamiento industrial de diferentes tipos de líquidos como hidrocarburos refinados, petróleo, agua en sus diferentes clasificaciones u otros; se realizan en diferentes tipos de recipientes, siendo los más utilizados industrialmente los tanques atmosféricos cilíndricos verticales de acero. Estos representan activos de significativa importancia, revisten un interés estratégico en cuanto al inventario, ya que permite definir en gran medida la flexibilidad operacional de las instalaciones.

De otra parte, la agresividad del agua depositada en un tanque, depende de su capacidad para conducir la corriente eléctrica. Así tendremos, que un agua poco conductora ocasionará que la actividad de las pilas de corrosión que se puedan formar en la misma, sea pequeña, ya que el circuito eléctrico que se cierra a través de ella presenta una resistencia eléctrica elevada.

El agua dulce y el agua de mar constituyen casos extremos; entre ambos existen una gran variedad de aguas cuya agresividad frente a los metales varía en función de su composición y factores como la concentración de oxígeno disuelto, pH, temperatura, concentración de cloruros y sulfatos, agitación y velocidad del medio, etcétera. Desde este punto de vista, las diferentes industrias trabajan con aguas tratadas, dentro de las cuales se encuentran las aguas desmineralizadas.

El presente informe, trata el sobre servicio profesional que el suscrito efectuó en calidad de empleado en la empresa INSPECTION & COATINGS S.R.L., en la Prevención y Control de la Corrosión en Tanques Industriales.

II. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

INSPECTION & COATINGS S.R.L., localizada en calle Víctor Larco Herrera N° 450, urbanización Panamericana Norte, Los Olivos – Lima, nació el 3 de enero del año 2011, registrada dentro de las sociedades mercantiles y comerciales como una **SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LTDA**, dentro del sector, otras actividades de tipo servicio NCP.

Es una empresa especializada en asesorar y ejecutar proyectos que impliquen la aplicación de recubrimientos con pinturas industriales a superficies de concreto y de acero, que sufran cualquier tipo de daño por corrosión, resistencia química, lixiviación, ataques de sulfatos, o ácidos.

FIGURA N° 1
LOGO DE INSPECTION & COATINGS S.R.L.



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=fotos+de+inspection+%26+coating+srl&espv=2&biw=1024&bih=667&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjpltzg5c7NAhVBox4KHQfm8m0QsAQIGQ>

2.1 POLÍTICA DE LA EMPRESA

INSPECTION & COATINGS S.R.L., define su política de gestión en áreas de la calidad, el respeto al medioambiente y la prevención de riesgos y enfermedades profesionales bajo las normas: ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 Y OHSAS 18001:2007.

FIGURA N° 2
POLÍTICA DE GESTIÓN BAJO LAS NORMAS ISO Y OHSAS



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=iso+9001:2008&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj82IzQ5s7NAhWHsh4KHcrIAQAQsAQINQ&biw=1024&bih=667#imgrc=wjLljwO8oRSUFM%3A>

a. Misión

Entregar el mejor servicio a nuestros clientes, en concordancia con el sistema de gestión, fijando metas y objetivos que permitan prestar servicios de calidad desde la ejecución y las oportunidades. Establecemos como base fundamental de nuestra compañía el crecimiento sostenido, la permanencia en el mercado y las relaciones humanas como equipo de trabajo.

b. Visión

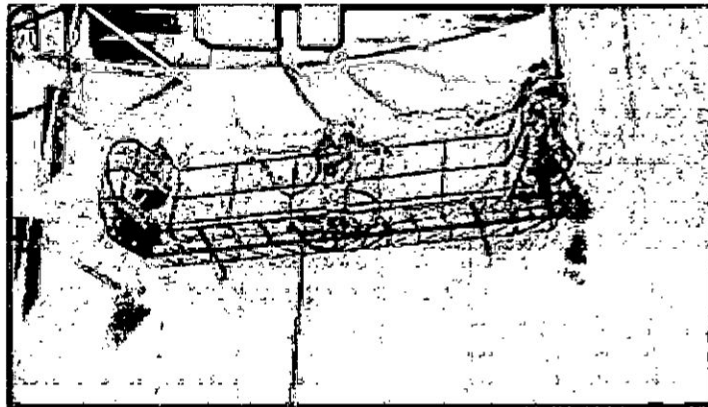
Ser una compañía líder para el desarrollo de proyectos industriales, de minería y pesquería, en todo lo relacionado a la aplicación de recubrimientos con pinturas, consolidando nuestro liderazgo a través de la mejora constante de los servicios que prestamos, de la solidez, el compromiso y la responsabilidad que asumimos con cada cliente y colaborador.

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Efectuar el Mantenimiento Preventivo y Control de la Corrosión del interior de los tanques de Agua Desmineralizada y Agua Contra incendios de la Planta Fénix Power Perú ubicada en la ciudad de Mala – Lima.

FIGURA N° 3
PINTADO INDUSTRIAL DEL INTERIOR
DEL TANQUE DE AGUA DESMINERALIZADA



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=fotos+de+inspection+%26+coating+srl&espv=2&biw=1024&bih=667&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjpltzg5c7NAhVBox4KHQfmBm0QsAQIGQ>

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el grado de corrosión y de ampollamiento en los tanques de Agua Desmineralizada y Agua Contra incendios de la Planta Fénix Power Perú.
- Determinar la razón por la cual los tanques de Agua Desmineralizada y Agua Contra incendios de la Planta Fénix Power Perú, presentan problemas en la pintura existente, como ampollas, oxidación, desprendimientos de pintura.

IV. RESUMEN

El presente Informe da cuenta del ejercicio profesional desempeñado por el suscrito, presentando una serie de procedimientos y recomendaciones en la Evaluación Técnica para el proceso de Prevención y Control de la corrosión del interior de los Tanques de Agua Desmineralizada, Aguas Contra incendios y Agua Potable. Trabajo ejecutado a favor del cliente SNC LAVACLIN en la Planta de FÉNIX POWER PERÚ, ubicada en la ciudad de Mala - Lima. Los cuales fueron ejecutados por el mismo durante su permanencia laboral en la compañía INSPECTION & COATINGS.

El desarrollo de la tecnología a través del tiempo ha propiciado el progreso de estándares que permiten una uniformidad en determinados resultados. En este trabajo los estándares específicos utilizados son las normas americanas SSPC (Steel Structures Painting Council), NACE (National Association of Corrosion Engineers) ASTM (American Society of Testing Materials), y la norma suiza ISO (Organización Internacional de Estandarización).

Posteriormente se describen procedimientos de control de calidad para la evaluación y selección de un sistema de pintura, presentándose un caso real de evaluación del sistema de pintura existente en los Tanques de Agua Desmineralizada y Agua contra Incendios de la Planta Fénix Power Perú, realizada en noviembre del 2013. Finalmente se presenta como aportes propios las modificaciones efectuadas por el suscrito a los formatos de Acta de evaluación de equipos y materiales a tratar, el formato del acta de evaluación, el formato de aplicación entre otros.

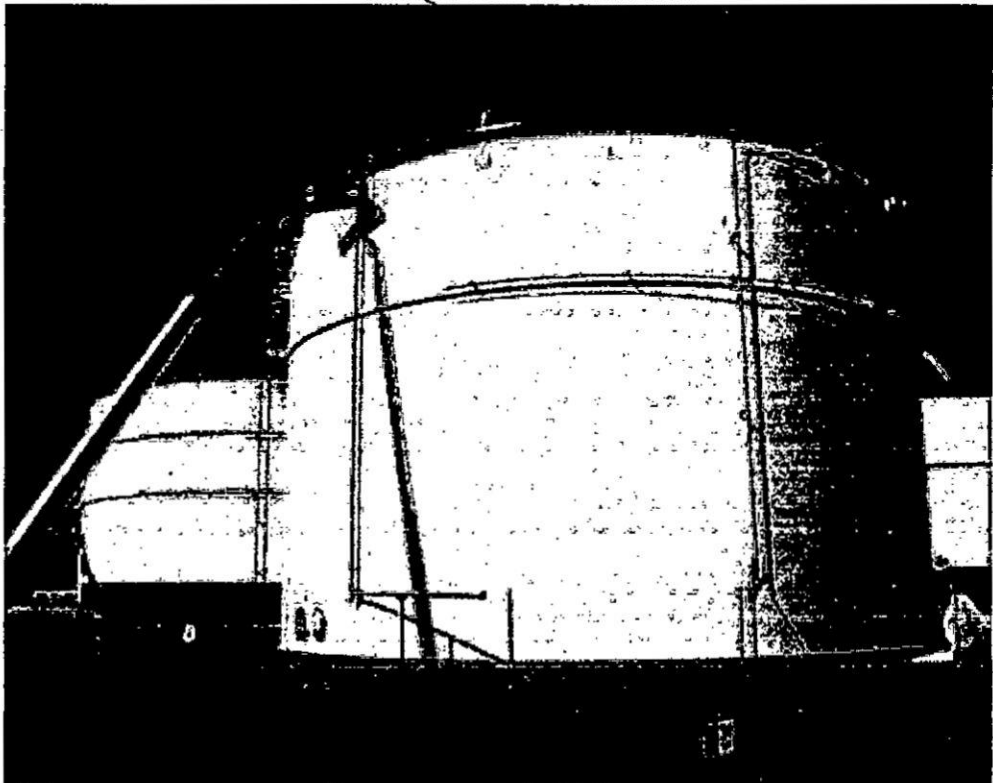
V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

5.1 CORROSIÓN

La NACE define a la corrosión como el deterioro de un material, normalmente un metal, debido a su reacción con el medio ambiente. Esta definición es amplia, reconoce que otros materiales como el concreto, madera y plásticos se deterioran o se corroen.

Para nuestro caso nos ocuparemos principalmente de la corrosión electroquímica del acero que es el material de construcción más empleado en tanques.

FIGURA N° 4
TANQUES INDUSTRIALES

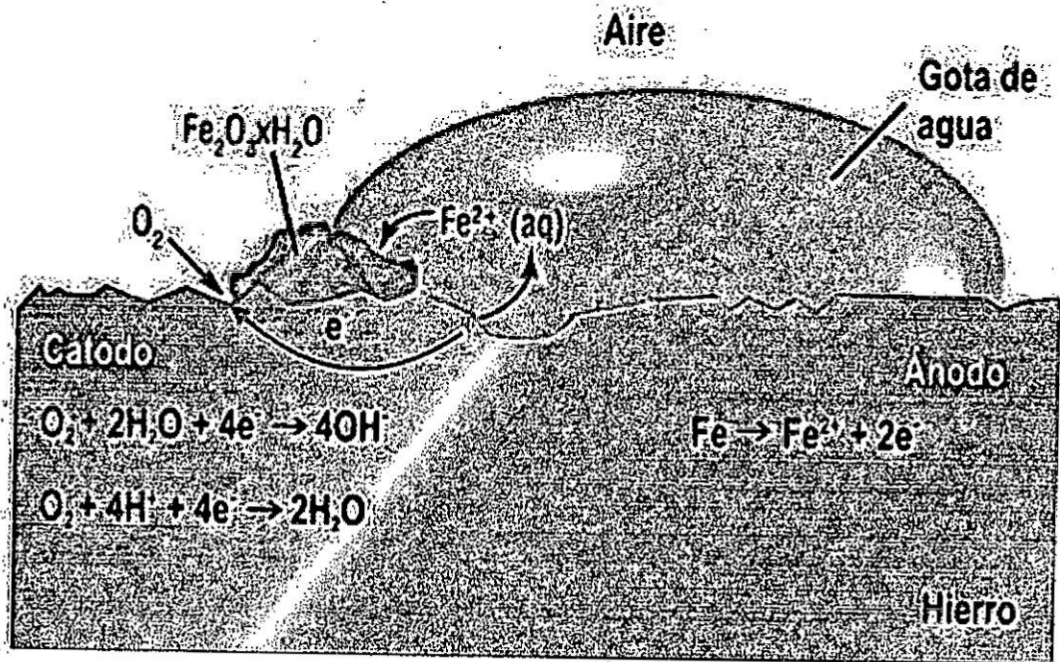


Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=imagenes+de+inspeccion+%26+coating+srl&biw=1024&bih=667&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiViYC9c7NAhWSNx4KHRgkCSgQsAQIGQ#imgrc=m9AFjxKITxTC7M%3A>

La oxidación es un proceso natural pero destructivo, que se produce por una reacción química o electroquímica con su medio circundante, produciendo un compuesto más estable llamado óxido.

FIGURA N° 5
CELDA DE CORROSIÓN



Fuente: <http://noria.mx/lublearn/inhibiendo-la-herrumbre-y-corrosion-para-evitar-fallas-de-las-maquinas/>

5.2 ELEMENTOS DE UNA CELDA DE CORROSIÓN

El proceso de corrosión se considera como consecuencia de la formación de pequeñas pilas galvánica en toda la superficie expuesta, presentándose un flujo de electrones de las zonas anódicas donde se desprende hidrógeno o se forman iones hidroxilo (álcali); para cerrar el circuito eléctrico se requiere la presencia de un electrolito proporcionado por el medio.

Por lo tanto, para que ocurra la corrosión galvánica, cuatro elementos esenciales deben estar presentes:

- **El Electrolito**, contiene iones y conduce la electricidad.
- **El ánodo**, electrodo negativo. es la parte del metal que se corre (se disuelve en el electrolito), también es donde se producen los electrones.
- **La vía Metálica**, conduce el flujo de corriente eléctrica entre el ánodo y el cátodo.
- **El cátodo**, electrodo positivo, es el área menos activa, la reacción en el cátodo formar depósitos metálicos.

De no estar presente uno de estos elementos la celda de corrosión no se formaría, por lo tanto, el proceso de oxidación no se originaría.

5.3 FACTORES AMBIENTALES Y CORROSIÓN

La velocidad de corrosión es afectada por:

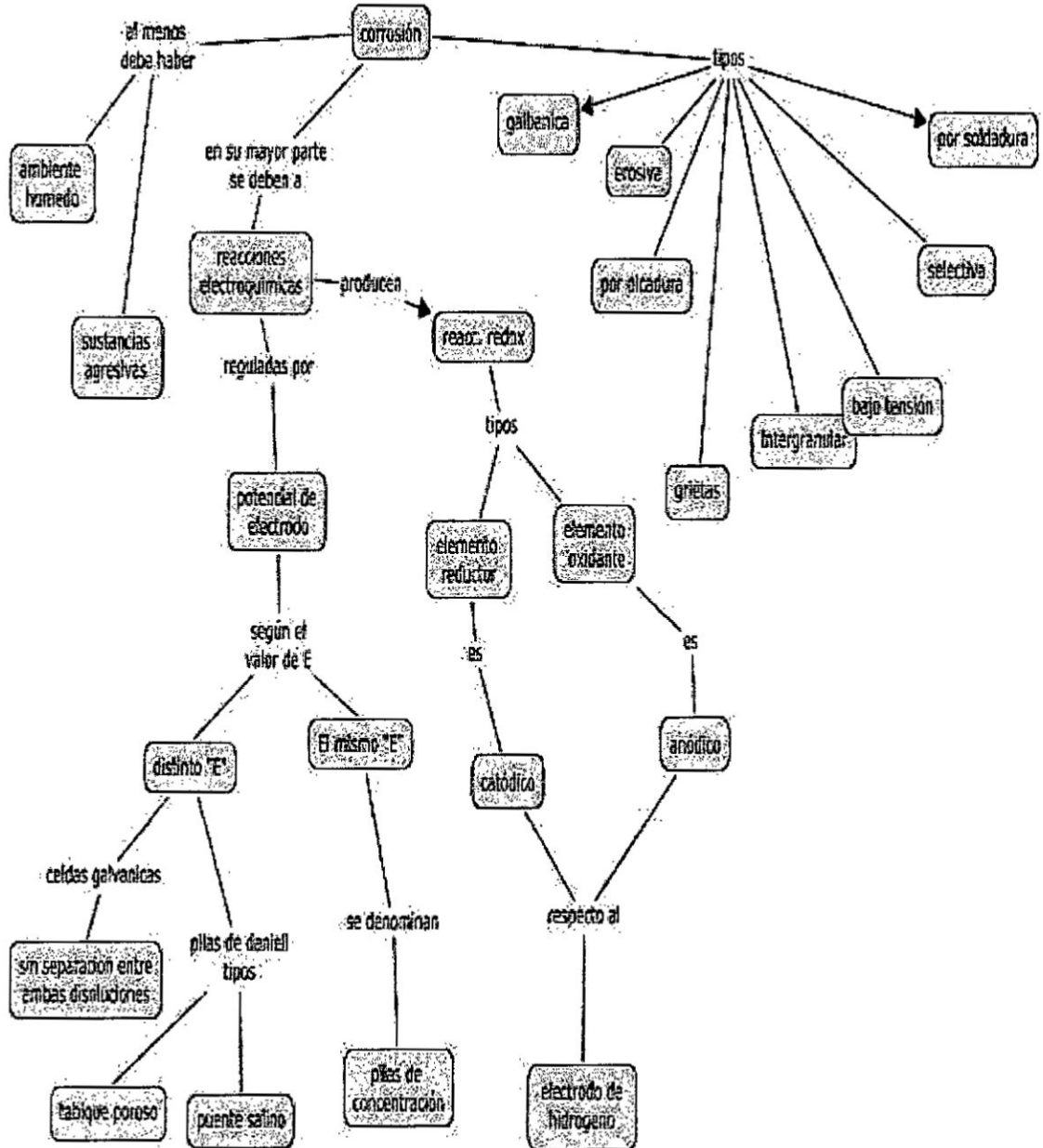
- La humedad
- El Oxígeno
- Las Sales Químicas
- Temperatura
- Productos Químicos y gases

Generalmente, la velocidad de corrosión aumenta, mientras que cada uno de estos factores ambientales aumenta.

5.4 TIPOS DE CORROSIÓN

En general podemos clasificar la corrosión en conformidad al siguiente esquema.

FIGURA N° 6
ESQUEMA CLASIFICACIÓN DE LA CORROSIÓN



Fuente:

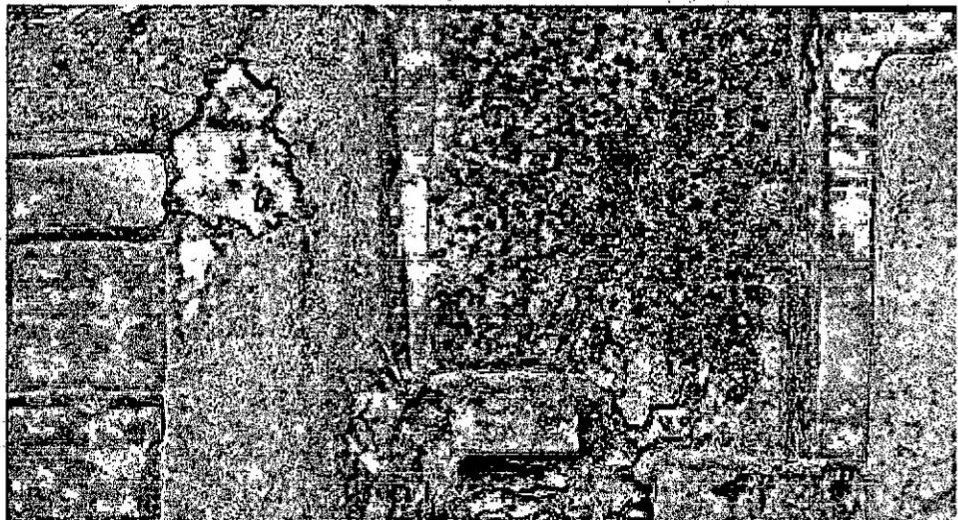
<https://www.google.com.pe/search?q=esquema+clasificacion+de+la+corrosion&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj4taCRzJvOAhXDQCCKHfJWB3cQsAQILQ&biw=1024&bih=667>

a. Corrosión Generalizada

Es la forma más benigna (en el sentido de “manejable”) de la corrosión. Es aquella corrosión que se produce con el adelgazamiento uniforme producto de la pérdida regular del metal superficial; se extiende en forma homogénea y la penetración media es igual en todos los igual en todos los puntos. Permite calcular fácilmente la vida útil de los materiales que se corroen.

Es el proceso corrosivo más común entre la mayoría de los metales y aleaciones; pero, en el acero inoxidable es muy escaso; aun así se presentan, cuando se utilizan ácidos minerales para la eliminación de incrustaciones salinas como es el caso de las industrias láctea o cervecera. El ácido sulfúrico y clorhídrico puede generar deterioro superficial y generalizado a muy bajas concentraciones produciendo un deterioro de la superficie del acero AISI 304, no así en aceros inoxidables que contengan molibdeno como el AISI 316.

**FIGURA N° 7
PROCESO CORROSIVO DEL METAL**

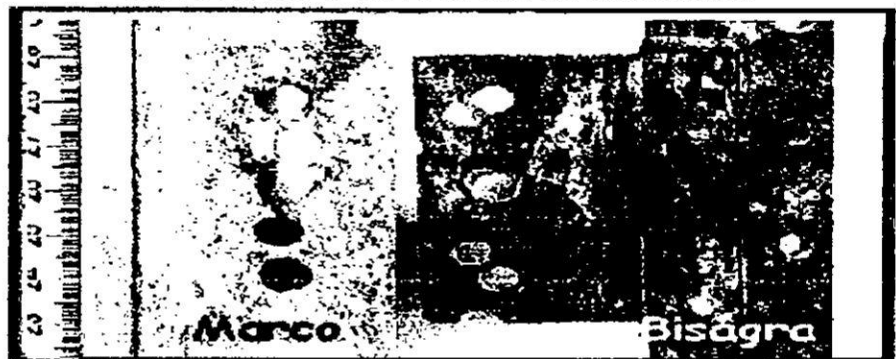


Fuente: http://icha.cl/wpcontent/uploads/2015/10/Corrosi%C3%B3n800x500_c.jpg

b. Corrosión Galvánica

Ocurre cuando dos metales distintos (con diferente potencial electrodo) se unen eléctricamente en presencia de una solución conductora a la que se le llama electrolito. El metal con menor potencial electrodo actúa como ánodo (polo negativo) y el de mayor potencial actúa como cátodo.

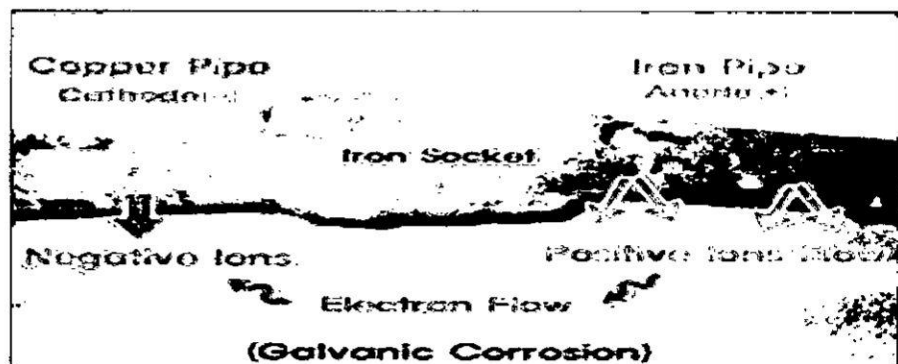
FIGURA N° 8
PROBLEMA REAL DE CORROSIÓN GALVÁNICA



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=imagenes+corrosion+de+marco+y+bisagra&biw=1024&bih=667&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiZ6LipzpvOAhXBPCYKH8KDYoQsAQIHA#imgsrc=hNuV6nJkX389KM%3A>

FIGURA N° 9
CORROSION GALVANICA



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=imagenes+corrosion+de+marco+y+bisagra&biw=1024&bih=667&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiZ6LipzpvOAhXBPCYKH8KDYoQsAQIHA#imgsrc=hNuV6nJkX389KM%3A>

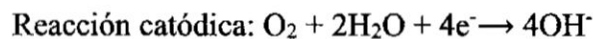
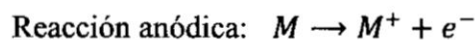
c. Corrosión por Grietas o Fisuras

La corrosión por grietas o fisuras es una forma de corrosión electroquímicamente localizada que puede presentarse en hendiduras y bajo superficies protegidas, donde pueden existir soluciones estancadas.

La corrosión por grietas tiene una reconocida importancia en ingeniería toda vez que su presencia es frecuente bajo juntas, remaches, pernos y tornillos entre válvulas y sus asientos, bajo depósitos porosos y en muchos lugares similares. Para que ocurra este tipo de corrosión, la grieta ha de ser lo suficientemente ancha para permitir que se introduzca líquido corrosivo, pero a la vez lo bastante estrecha para mantener estancado el líquido. Por consiguiente, este tipo de corrosión se producirá más frecuentemente en aberturas de unos pocos micrómetros o menos de anchura.

Las juntas fibrosas, que pueden actuar con mechas para absorber una solución electrolítica y a la vez mantenerla en contacto con la superficie metálica, son localizaciones ideales para la corrosión por grieta.

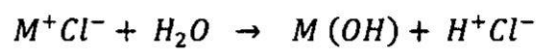
Un mecanismo propuesto, considera que, inicialmente, las reacciones anódicas y catódicas en las superficies de las grietas son:



Puesto que la disolución en la grieta se encuentra estancada, el oxígeno que se encuentra en esta disolución y que se necesita para la reacción catódica se gasta y no se reemplaza.

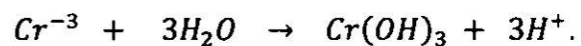
Aun así, la reacción que ocurre en el ánodo $M \rightarrow M^+ + e^-$ continua produciéndose, creándose una alta concentración de iones positivos.

Para contrarrestar la carga positiva, un conjunto de iones negativos, principalmente iones cloruros, migra a la grieta, formando M^+Cl^- . El cloruro del metal es hidrolizado por el agua, formándose hidróxido metálico y se libera ácido de la manera siguiente:



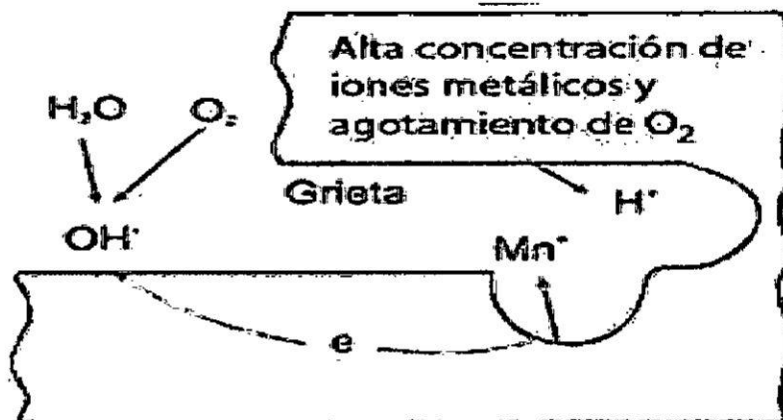
Esta producción de ácido disgrega la película pasiva y origina un deterioro por corrosión que es auto catalítico.

Para el tipo de acero 304 (18% Cr y 8% Ni) se sabe que la acidificación dentro de la grieta se debe con gran probabilidad a la hidrólisis de los iones Cr^{-3} de acuerdo con la reacción:



Puesto que sólo aparecen trazas de Fe^{+3} en la grieta.

FIGURA N° 10
CORROSIÓN POR GRIETAS Y FISURAS

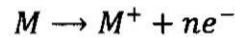


Fuente: <http://www.textoscientificos.com/quimica/corrosion/tipos>

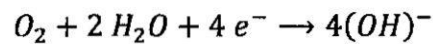
La propagación del agujero trae consigo la disolución del metal mientras se mantiene en alto grado de acidez en el fondo del mismo.

Las reacciones que se dan son las siguientes:

En la parte más inferior del agujero (ánodo) es la siguiente:



Mientras que en la superficie del metal que rodea al orificio (cátodo), la reacción que se lleva a cabo es del oxígeno con el agua y los electrones procedentes de la reacción anódica:



De este modo el metal circundante a la picadura está protegido catódicamente.

La elevada concentración de iones metálicos en el hueco atrae iones cloruro para mantener neutra la carga. Entonces, el cloruro metálico reacciona con el agua para producir el hidróxido metálico y liberar el ácido de la manera siguiente:



De esta manera se acumula una alta concentración de ácido en el fondo del orificio que hace que se incremente la velocidad de reacción anódica y el proceso global se hace auto catalítico.

En la prevención de este tipo de corrosión, se debe utilizar materiales que presenten mayor resistencia a la corrosión, por ejemplo el acero al carbono AISI 316 (Mo=2%, Cr=18%, Ni=8%) que presenta una mayor resistencia a la picadura que el acero al carbono AISI 304 (Cr=18%, Ni=8%).

e. Corrosión Bajo Tensión (Stress Corrosión Cracking, SCC)

La corrosión por stress mecánico, también es una corrosión localizada, se reconoce porque en la superficie del metal se forman fisuras en forma ramificada, donde la cantidad de ramificaciones se encuentra en relación directa con la concentración del medio corrosivo y el nivel de tensiones del metal. Cuando en la fabricación de los aceros quedan tensiones residuales o se forman éstas por efecto de esfuerzos exteriores, tales como tracción de formaciones en frío, soldaduras y estos se someten a ambientes corrosivos, especialmente clorados, pueden producirse pequeñas fisuras, dando origen a las corrosiones por tensión.

Cuando un acero sufre corrosión por picaduras, en este punto se produce un stress mecánico, por tanto el material que presenta susceptibilidad al pitting, también lo es a la corrosión por tensiones, ya que el ambiente en el cual se producen ambos fenómenos es el mismo, como por ejemplo, en soluciones que contienen cloro, el AISI 304 presenta mayor susceptibilidad a estos dos tipos de corrosión que el AISI 316.

Cuando un acero sufre corrosión por picaduras, en este punto se produce un stress mecánico; por tanto, el material que presenta susceptibilidad al pitting, también lo es a la corrosión por tensiones, ya que el ambiente en el cual se producen ambos fenómenos es el mismo, como por ejemplo, en soluciones que contienen cloro, el AISI 304 presenta mayor susceptibilidad a estos dos tipos de corrosión que el AISI 316.

Los iones cloruros son los responsables de la mayoría de las fallas de corrosión por tensiones en aceros inoxidable, sin embargo también lo pueden ser el Hidróxido de Sodio.

FIGURA N° 12
CORROSIÓN EN ACERO INOXIDABLE



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=imagenes+de+corrosion&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjeyJumypvOAhWBMSYKHVtGAMsQsAQIGw&biw=1024&bih=667#imgrc=SEiuS-q95PTpSM%3A>

5.5 PASIVACIÓN

La pasivación es la formación de una película relativamente inerte sobre la superficie de un material (frecuentemente un metal), que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos.

Ocurre naturalmente en:

- Aluminio,
- Acero Inoxidable,
- Aleaciones de Níquel
- Titanio.

5.6 MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

La corrosión en sí, no se puede evitar; el objetivo principal es controlarla, ya sea en el metal, en la interface o en el medio ambiente corrosivo.

Existen diferentes métodos de protección en función de los diferentes grados de eficiencia que se pretenda. En orden de importancia tenemos:

a. Selección de Material de Fabricación

La idea es escoger un material que no se corroa en el medio ambiente considerado. La elección debe considerar las restricciones propias de la aplicación (resistencia a la corrosión en el ambiente, disponibilidad de datos de diseño y de prueba, propiedades mecánicas, costo, disponibilidad, capacidad de mantenimiento, compatibilidad con otros componentes del sistema, esperanza de vida del equipo, fiabilidad y aspecto, etc.).

Se pueden utilizar, aceros inoxidable, aluminios, cerámicas, polímeros (plásticos), FPR (polímeros como epoxi, vinil éter, poliéster plástico termo endurecido u otros endurecidos con fibras) FRP, etc.

b. Diseño del Sistema a Protegerse

El diseño en las estructuras del metal, pueden retrasar la velocidad de la corrosión. En efecto, en la concepción o diseño hay que evitar las zonas de confinamiento, los contactos entre materiales diferentes, las heterogeneidades en general. Hay que considerar el mantenimiento preventivo.

c. Recubrimientos protectores

Estos recubrimientos se utilizan para aislar el metal del medio agresivo.

Pueden ser de naturaleza metálica y no metálica:

c.1 Recubrimiento Protectores No Metálicos:

Mediante los tres mecanismos básicos (barrera, pigmentos inhibidores y protección catódica), estos recubrimientos proporcionan protección contra la corrosión. Podemos incluir dentro de éstos a:

- **Recubrimientos protectores (protectives coatings):** Para interiores de tuberías (mezcla de diésel 2 y aceite 15W40 en relación 1:4), Pinturas industriales (sistemas tradicionales, para alta temperatura y waterjetting).
- **Pinturas (paints):** Esmalte al agua, barnices, lacas, etc.
- **Revestimientos (linnig):** Para interiores de tanques (polyurea y pinturas industriales 100% solidos), para exteriores de tuberías (cintas polyken y poliguard), para pisos (polymericos).

c.2 Recubrimientos Protectores Metálicos:

Se pueden realizar con el empleo de la corriente eléctrica (como la electrodeposición de metales: nique, cinc, cobre, cadmio, estaño, cromo, etc.) o sin la intervención de la corriente eléctrica, como es el caso del fosfatado, que consiste en un recubrimiento de fosfato sobre acero, cinc o manganeso empleando una solución diluida de ácido fosfórico.

En el caso de recubrimiento con cromato sobre aluminio y aleaciones, magnesio y aleaciones, cadmio y cinc.

d. Inhibidores

Los inhibidores de corrosión, son productos que actúan ya sea formando películas sobre la superficie metálica del ánodo o del cátodo produciendo polarización, tales como los molibdatos, fosfatos, etanolaminas, o bien entregando sus electrones al medio.

Se han realizado muchos trabajos acerca de inhibidores de corrosión como alternativas viables para reducir la velocidad de la corrosión en la industria.

Las sustancias utilizadas como inhibidores dependen tanto del metal a proteger como del medio; un inhibidor que funciona bien en un determinado sistema puede incluso acelerar la corrosión en otro sistema. Sin embargo, este tipo de solución es inaplicable cuando se trabaja en medio abierto (atmósfera, mar, cuenca en contacto con el medio natural en circuito abierto, etc.).

d.1 Funcionamiento de los Inhibidores

Existen tres modelos para explicar el funcionamiento de los inhibidores:

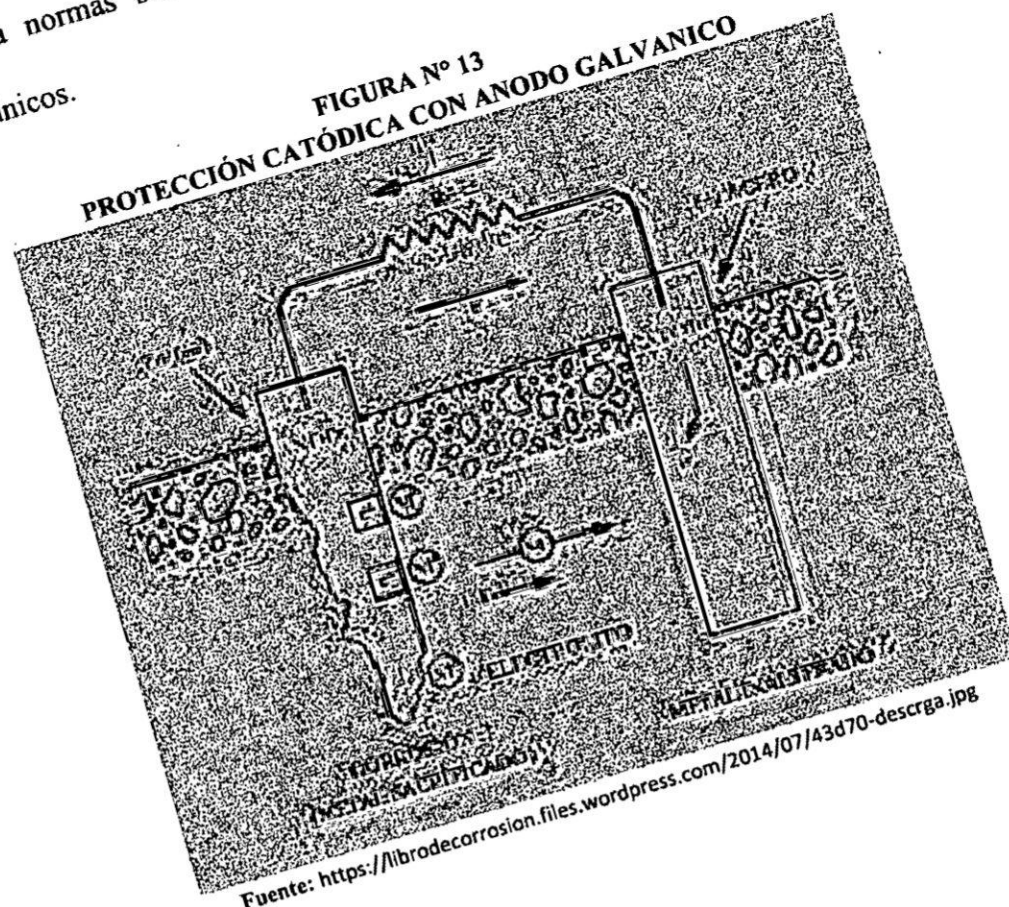
- **Aceptadores de protones**, las estructuras orgánicas que caen dentro de esta categoría son consideradas como adsorbentes de sitios catódicos (Anilinas, quinolinas, ureas y aminas alifáticas).
- **Moléculas mixtas**, pueden adsorberse sobre cualquiera de las dos superficies.
- **Aceptadores de electrones**, las estructuras orgánicas que caen dentro de esta categoría son consideradas como adsorbentes de sitios anódicos (Peróxidos orgánicos, tioles orgánicos).

e. Protección Catódica
La protección catódica es una técnica electroquímica que se utiliza para el control de la corrosión. La protección catódica tiene un amplio uso en una variedad de ambientes, incluyendo inmersión en líquidos y suelos.

e.1 Protección Catódica con ánodo Galvánico (Ánodo de sacrificio)

Actualmente, el ánodo galvánico llamado ánodo de sacrificio se fabrica en diversas formas con aleación de zinc, magnesio y aluminio.

El potencial electroquímico, la capacidad actual y la tasa de consumo de estas aleaciones son superiores que para el hierro. ASTM International, publica normas sobre la composición y la fabricación de ánodos galvánicos.



Los ánodos galvánicos son diseñados y seleccionados para tener una tensión más “activa” (potencial electroquímico más negativo) que el metal de la estructura (en general acero). Para una protección catódica eficaz, el potencial de la superficie de acero al estar polarizado más negativo hasta que la superficie tenga un potencial uniforme.

En este momento, la fuerza impulsora para la reacción de corrosión se elimina. El ánodo galvánico se sigue corroyendo, se consume el material del ánodo hasta que finalmente éste debe ser reemplazado. La polarización es causada por el flujo de electrones del ánodo en el cátodo. La fuerza impulsora para el flujo de protección catódica actual es la diferencia de potencial electroquímico entre el ánodo y el cátodo.

e.2 Protección Catódica por Corriente Impresa

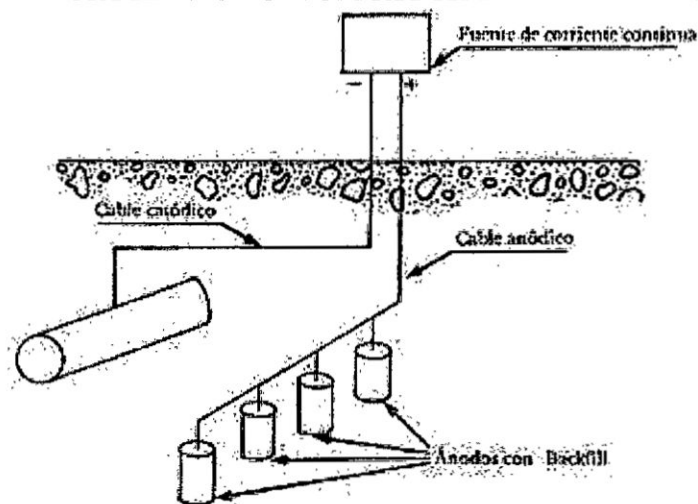
En este sistema se mantiene el mismo principio fundamental, pero tomando en cuenta las limitaciones del material, costo y diferencia de potencial con los ánodos de sacrificio, se ha ideado este sistema mediante el cual el flujo de corriente requerido, se origina en una fuente de corriente generadora continua regulable o, simplemente se hace uso de los rectificadores, que alimentados por corriente alterna ofrecen una corriente eléctrica continua apta para la protección de la estructura.

La corriente externa disponible es impresa en el circuito constituido por la estructura a proteger y la cama anódica.

La dispersión de la corriente eléctrica en el electrolito se efectúa mediante la ayuda de ánodos inertes cuyas características y aplicación dependen del electrolito.

El terminal positivo de la fuente debe siempre estar conectado a la cama de ánodo, a fin de forzar la descarga de corriente de protección para la estructura. Este tipo de sistema trae consigo el beneficio de que los materiales a usar en la cama de ánodos se consumen a velocidades menores, pudiendo descargar mayores cantidades de corriente y mantener una vida más amplia. En virtud de que todo elemento metálico conectado o en contacto con el terminal positivo de la fuente e inmerso en el electrolito es un punto de drenaje de corriente forzada y por lo tanto de corrosión, es necesario el mayor cuidado en las instalaciones y la exigencia de la mejor calidad en los aislamientos de los cables de interconexión.

FIGURA N° 14
PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA



Fuente: <http://proteccioncatodicafundamentos.blogspot.pe/2011/05/corriente-impresa.html>

- **Ánodos Utilizados en la corriente Impresa:**

- ✓ Chatarra de hierro
- ✓ Ferrosilicio
- ✓ Grafito
- ✓ Titanio/Platino
- ✓ Magnetita
- ✓ Acero

- **Fuentes de Corriente:**

El rectificador, es un mecanismo de transformación de corriente alterna a corriente continua, de bajo voltaje mediante la ayuda de diodos de rectificación, comúnmente de selenio o silicio y sistemas de adecuación regulable manual y/o automática, a fin de regular las características de la corriente, según las necesidades del sistema a proteger.

Otras fuentes de corriente, es posible que habiendo decidido utilizar el sistema de corriente impresa, no se disponga en la zona de líneas de distribución de corriente eléctrica, por lo que sería conveniente analizar la posibilidad de hacer uso de otras fuentes como:

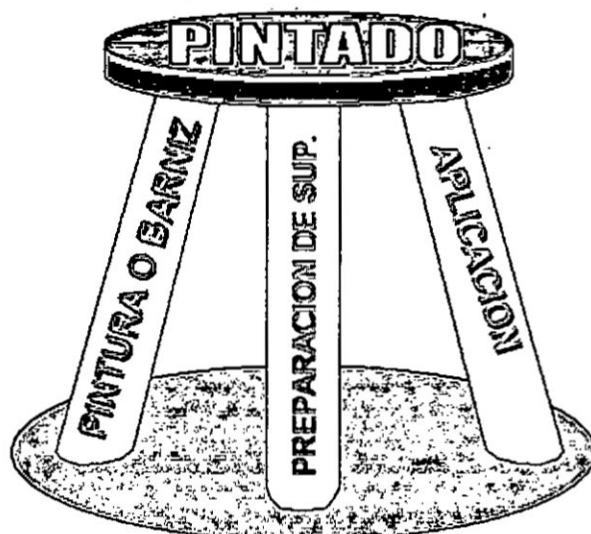
- ✓ Baterías, de limitada aplicación por su bajo drenaje de corriente y vida limitada.
- ✓ Motores Generadores.
- ✓ Generadores termoeléctricos.
- ✓ Celdas a combustibles.

5.7 APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS (PINTURA INDUSTRIAL)

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

Por ser un trípode, ningún ítem es más importante que los otros:

FIGURA N° 15
ESQUEMA DE PINTADO



Fuente: Empresa Sherwin Williams

a. Estándares para la correcta Aplicación de Recubrimientos

Los estándares principales referentes a preparación de superficie son los establecidos por las siguientes normas:

- NACE (National Association of Corrosion Engineers), norma Americana.
- SSPC (Steel Structures Painting Council), norma Americana.
- ISO (Organización Internacional de Estandarización), norma Suiza.
- ASTM (American Society of Testing Materials), norma Americana.

b. Condiciones Iniciales de la Superficie

El grado de perfección en la preparación de la superficie a pintar, está en función de la cantidad de trabajo, tiempo y dinero. Es más trabajo eliminar contaminantes del acero oxidado que la de una capa de acero intacta. Por tanto, es necesario considerar la cantidad de capa de óxido laminada, el tipo de óxido, pinturas viejas y otros contaminantes.

En términos generales, las condiciones iniciales se pueden considerar en tres categorías:

- Construcción nueva: no pintado anteriormente
- Mantenimiento: acero pintado anteriormente
- Imperfecciones de superficie: común a construcciones nuevas.

c. Preparación de Superficie, Concepto y Tipos

Es ampliamente reconocido que la preparación de superficie es uno de los factores más importantes en el desempeño de un recubrimiento, no solo para tanques si no para cualquier estructura metálica.

Tradicionalmente la preparación mecánica de la superficie ha sido el medio para adecuar el sustrato de metal para el subsecuente sistema de recubrimiento.

El acero es el material de construcción más ampliamente utilizado en la fabricación de equipos (tanques) e instalaciones.

El objetivo de la preparación de la superficie metálica es eliminar toda impureza que pueda ocasionar fallas prematuras en el sistema de protección con pinturas, proporcionando una superficie para una impregnación fácil produciendo buena adherencia al recubrimiento aplicado.

Entre los contaminantes típicos tenemos la humedad, aceite, grasa, cloruros, sulfatos, óxidos, productos de corrección, etc.

Numerosos comités encargados y preocupados por el problema del impacto de la corrosión, definieron varios tipos de limpieza, en función del material utilizado y la forma como se realiza la limpieza:

c.1 Preparación de Superficie con Solventes

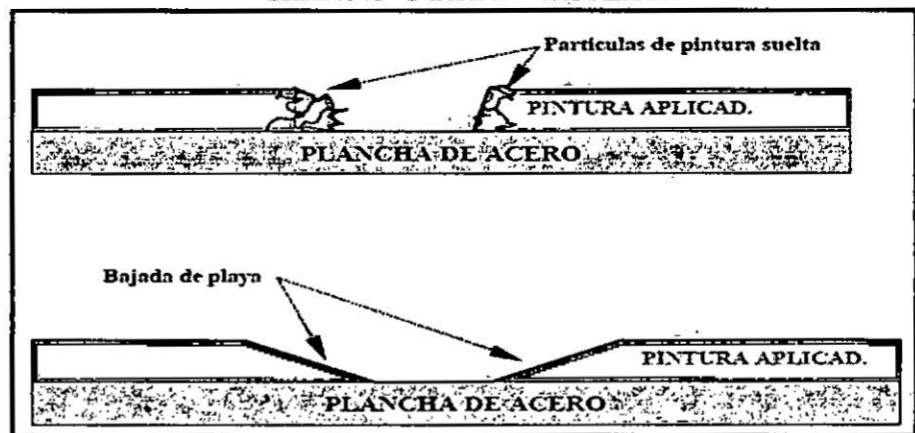
- **SSPC-SP1 Limpieza con Solventes**, este método es usado para remover aceites, grasas, lubricantes de corte y toda otra presencia de material soluble en la superficie de acero utilizando para estos efectos algunos de los siguientes métodos: escobillas o trapos limpios embebidos en solventes pulverización de solventes clorados, detergentes alcalinos, agua (disolvente universal) acompañado con detergente industrial, etc. Esta limpieza se considera previa a todo tipo, ya que no deben existir grasas o aceites sobre la superficie que se protegerá. Esta limpieza se considera previa a todo tipo de limpieza. No es un método satisfactorio de preparación de superficie, debido a que no remueve óxido, escama de laminación o residuos de recubrimientos.

c.2 Preparación de Superficie con Herramienta Manual y/o Motriz

Zona de Resane:

Donde el daño mecánico llega al metal, alrededor de estas zonas la pintura queda debilitada, por lo que deberá ser removida toda pintura suelta o mal adherida con espátulas y luego se deberá utilizar una herramienta manual (lija # 40) o un equipo motriz (lijadora eléctrica) para eliminar los relieves, dejando la zona de reparación con la apariencia de Chaflán o “bajada de playa”. Este procedimiento es importante, y se evita que en esas zonas al aplicar la capa de pintura de reparación “touch up”, se levanten los bordes de la capa de pintura antigua por efecto del solvente de la nueva capa.

FIGURA N° 16
CHAFLAN O BAJADA DE PLAYA

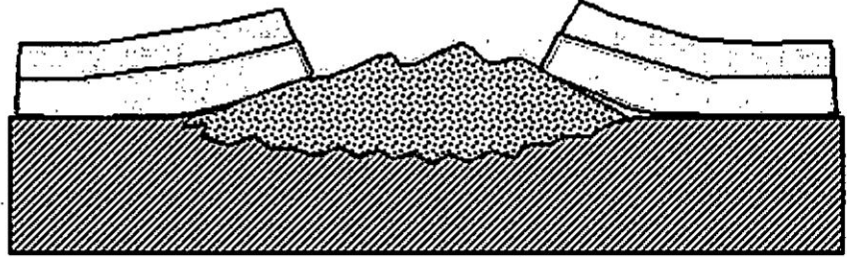


Fuente: Empresa Sherwin Williams

Sistema de Pintura para las zonas de resane:

En las zonas de resane se deberá aplicar el mismo sistema de pintura correspondiente según la especificación y al espesor indicado.

FIGURA N° 17
AREA CON DAÑO Y/O ÓXIDO



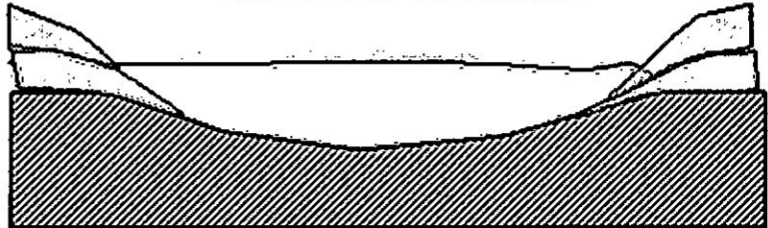
Fuente: Empresa Sherwin Williams

FIGURA N° 18
ÁREA PREPARADA MEDIANTE LIMPIEZA MANUAL / MECÁNICA



Fuente: Empresa Sherwin Williams

FIGURA N° 19
APLICACIÓN DEL PRIMER



Fuente: Empresa Sherwin Williams

FIGURA N° 20
APLICACIÓN DEL ACABADO



Fuente: Empresa Sherwin Williams

- **SSPC-SP2 Limpieza con Herramienta Manual**, esta se lleva a cabo generalmente para remover y eliminar pintura, óxidos y escamas de laminación que no estén firmemente adheridos. Finalmente se limpiará la superficie con aire limpio y seco o un cepillo limpio. La superficie debe adquirir un suave brillo metálico. La limpieza se efectuará con herramientas manuales en buen estado, tales como: lijas, cepillos, espátulas y otros. Se aplica en las siguientes condiciones:
 - ✓ Cuando la preparación con abrasivo u otros métodos no pueden ser aceptados. Cuando el recubrimiento o pintura existente se encuentran en condiciones levemente aceptables y solamente presentan pequeñas áreas degradadas.
 - ✓ Cuando las áreas a limpiar son inaccesibles para aplicar chorros abrasivos.

- **SSPC-SP3 Limpieza con Herramienta de Mecánica**, consiste en un raspado, cepillado o esmerilado con equipo motriz de una manera muy minuciosa. Se deberá eliminar todo el óxido de laminación, la herrumbre y la pintura que no se encuentre bien adherida. Al término de la limpieza la superficie deberá presentarse rugosa y con un claro brillo metálico.

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

La limpieza manual es referida en las siguientes condiciones:

- ✓ Cuando la preparación con abrasivo u otros métodos no pueden ser aceptados. Cuando el recubrimiento o pintura existente se encuentran en condiciones levemente aceptables y solamente presentan pequeñas áreas degradadas.
- ✓ Cuando las áreas a limpiar son inaccesibles para aplicar chorros abrasivos.
- **SPC-SP11 Limpieza Motriz a Metal Desnudo**, superficies metálicas que se preparan de acuerdo con esta especificación, cuando se ven sin aumento, estarán exentos de toda clase visible de aceite, grasa, suciedad, polvo, cáscara de laminación, herrumbre, pintura, óxido de productos de corrosión, y otras materias extrañas. Se puede obtener un perfil de hasta 1 mils (25 micrones). Puede quedar ligeramente residuos de óxido y pintura en la parte inferior de los pits, si la superficie original presentase estos pits antes de la preparación de la superficie.

- **SSPC-SP15 Limpieza Motriz Comercial**, superficies metálicas que se preparan de acuerdo con esta especificación, cuando se ven sin aumento, estarán exentos de toda clase visible de aceite, grasa, suciedad, polvo, cáscara de laminación, herrumbre, pintura, óxido de productos de corrosión, y otras materias extrañas. Se permiten decoloraciones o sombras causadas por manchas de corrosión, óxidos de laminación o pequeñas manchas de restos de pinturas viejas en un 33 % por cada unidad de área de la superficie (aproximadamente 9 pulg², es decir un cuadrado de 3 pulgadas. Puede quedar ligeramente residuos de óxido y pintura en la parte inferior de los pits, si la superficie original presentase estos pits antes de la preparación de la superficie. Se puede obtener un perfil de hasta 1 mils (25 micrones).

b.4 Preparación de Superficie con Abrasivo

Abrasivos:

Dependiendo de su naturaleza se obtienen diferentes acabados característicos. El grado de aspereza o profundidad de las incisiones provocadas por el abrasivo tienen gran influencia sobre la adherencia y uniformidad del recubrimiento; si la superficie obtenida es muy tersa o pulida el grado de "anclaje" o de adherencia será insuficiente, mientras que si las incisiones son demasiado profundas las crestas o puntos agudos sobresaldrán sobre la capa de recubrimiento, quedando sin protección.

En la siguiente tabla se presenta la profundidad del anclaje producido por estos abrasivos.

TABLA N° 1
PROFUNDIDAD DEL ANCLAJE (mils.)

Abrasivo	Profundidad del Anclaje (mils.)
Arena muy fina (80 mallas)	1.5
Arena fina (40 mallas)	1.9
Arena mediana (18 mallas)	2.5
Gravilla de Acero G-50 (25 mallas)	3.3
Gravilla de Acero G-40 (18 mallas)	3.6
Gravilla de Acero G-25 (16 mallas)	4.0
Gravilla de Acero G-16 (13 mallas)	8.0

Fuente:

<http://www.google.com.pe/search?q=Tabla+de+profundidad+de+anclaje&espv=2&biw=1024&bih=667&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKewjKtML2kqXOAhWIKiYKHbUPC4sQsAQIIA#tbm=isch&q=Granallas+de+acero.Tabla+de+profundidad+de+anclaje+en+corrosi%C3%B3n&imgcr=V3UdFCBnrB3HGM%3A>

Los abrasivos más comunes son los siguientes:

- ✓ **Arena Sílica**, por su bajo costo es el abrasivo más utilizado; además por su dureza no se rompe fácilmente al chocar con la superficie de Acero. La arena deberá tener un tamaño de partícula inferior a las 18 mallas ya que tamaños mayores (abajo de 16 mallas) solo martillean la superficie sin limpiar pequeñas cavidades; por otra parte, el tamaño de partícula deber ser superior a las del tamiz de 80 mallas a fin de evitar el polvo que producen las partículas muy pequeñas (arriba de 80 mallas).

Además de la clasificación de la arena es necesario que esta se encuentre libre de sales, grasa, aceite y suciedad que pudiera contaminar la superficie.

- ✓ **Granalla de Acero**, este abrasivo considera fragmentos de Acero o hierro vaciado con bordes duros y cortantes que prácticamente no produce polvo y limpia rápidamente. Sus desventajas principales son: producir una superficie demasiado áspera que requiere de mayor número de manos de recubrimiento para cubrir las crestas y de que en la presencia de humedad atmosférica pueda llegar a oxidarse, por lo que sí es utilizada contamina la superficie. No se recomienda el uso de munición de hierro o Acero por su baja eficiencia de limpieza.

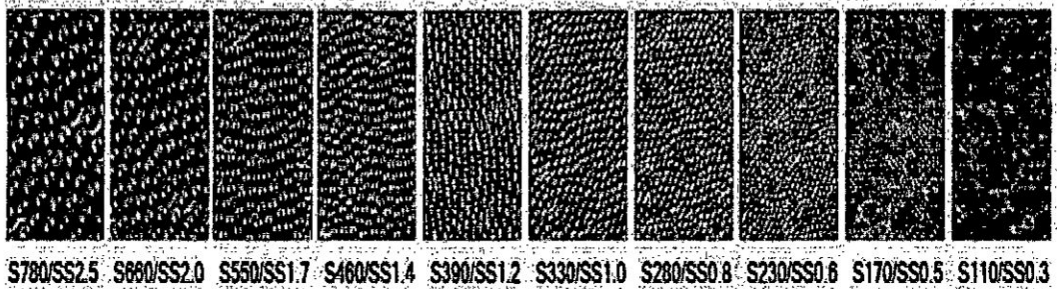
Tenemos dos tipos de granallas:

Granalla de acero grit (angular) al alto carbón, procede de la trituración de la granalla shot (esférica).

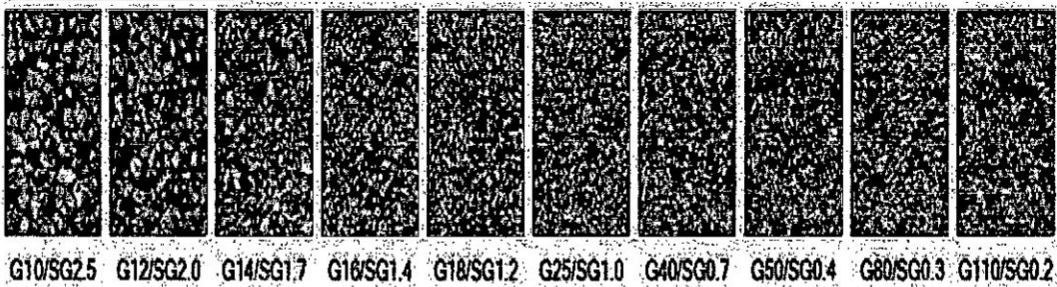
- **Shot**, granalla esférica (bolita), pueden ser de hierro, inox. etc. Hay granallas muy finas (S-70) que tienen un tamaño medio de 0.2 mm hasta más gruesas (S-780) que tienen un tamaño medio de 2 mm.
- **Grit**, granalla angular, casi siempre de hierro, es más agresiva y tiene formas con picos, nos dejará la superficie más áspera y con un anclaje excelente para pinturas, también hay desde muy fina (G-120) de 0.12mm de tamaño medio, hasta más gruesas de 2 mm. de tamaño medio (G-12).

FIGURA N° 21
GRANALLA DE ACERO: ESFERICA Y ANGULAR

Steel Shot Series



Steel Grit Series



Fuente: Empresa Sherwin Williams

- **NACE 1 / SSPC-SP5 Limpieza con Chorro Abrasivo a Metal Blanco**, la superficie prepara con chorro abrasivo grado metal blanco se define como una superficie con color uniforme gris blanco metálico ligeramente rugosa y un conveniente perfil de anclaje para la pintura. El 100% de la superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante. El color de la superficie limpia puede ser afectado por la clase de medio abrasivo empleado. por cada unidad de área de la superficie (aproximadamente 9 pulg², es decir un cuadrado de 3 pulg x 3 Pulg).

- **NACE 2 / SSPC-SP10 Limpieza con Chorro Abrasivo Cerca a Metal Blanco**, se define como una limpieza en la cual se elimina toda suciedad, óxido de laminación, herrumbre, pintura y cualquier materia extraña de la superficie. Se permiten pequeñas decoloraciones o sombras causadas por manchas de corrosión, óxidos de laminación o pequeñas manchas de restos de pinturas viejas. Por lo menos un 95% de la superficie, deberá estar exenta de residuos a simple vista. El remanente a simple vista se limitara al 5% por cada unidad de área de la superficie (aproximadamente 9 pulg²).
- **NACE 3 / SSPC-SP6 Limpieza con Chorro Abrasivo Comercial**, en esta limpieza, la superficie deberá quedar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante, excepto ligeras sombras, rayas o decoloraciones causadas por manchas de herrumbre y pinturas que pueden encontrarse en el fondo de las picaduras. Todo esto en no más del 33% por cada unidad de área de la superficie (aproximadamente 9 pulg²).
- **NACE 4 / SSPC-SP7 Limpieza con Chorro Abrasivo Ligero o “Brush-Off”**, es un método de preparar la superficie de metal para pintarla por rápida remoción de cascarilla de laminación, herrumbre y pintura desprendida, por impacto de abrasivos impulsados a través de una tobera por aire comprimido o por una rueda centrifuga.

La cascarilla residual del laminado, la herrumbre y la pintura deberán estar muy delgadas y bien adheridas. Además la superficie debe presentar una ligera rugosidad para suministrar una buena adhesión y unión de la pintura. Este método se utiliza particularmente en la eliminación de la oxidación prematura (flash-rust)) que se forman momentos anteriores a la preparación de la superficie. También se utilizan para reactivar capas de recubrimientos demasiados curados (epóxicos, uretanos).

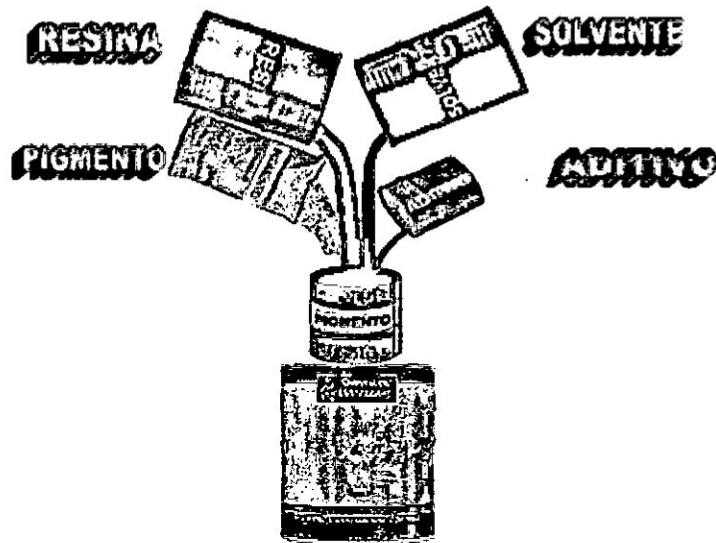
- **NACE 8 / SSPC-SP14 Limpieza con Chorro Abrasivo Industrial**, se define como una limpieza en la cual se elimina suciedad, óxido de laminación, herrumbre, pintura y cualquier materia extraña de la superficie. Se permiten pequeñas trazas de cáscara de laminación, oxido y restos de pintura firmemente adheridos en un 10 % por cada unidad de área de la superficie (un cuadrado de 3 pulg x 3 pulg.). La trazas cáscara de laminación, oxido y restos de pintura se considera firmemente adheridos en caso de que no puede levantarse con un cuchillo embotado masilla.

Sombras, estrías, y decoloraciones causadas por las manchas de óxido, manchas de cáscara de laminación y las manchas de pintura aplicada anteriormente pueden estar presentes en el resto de la superficie.

d. Pintura

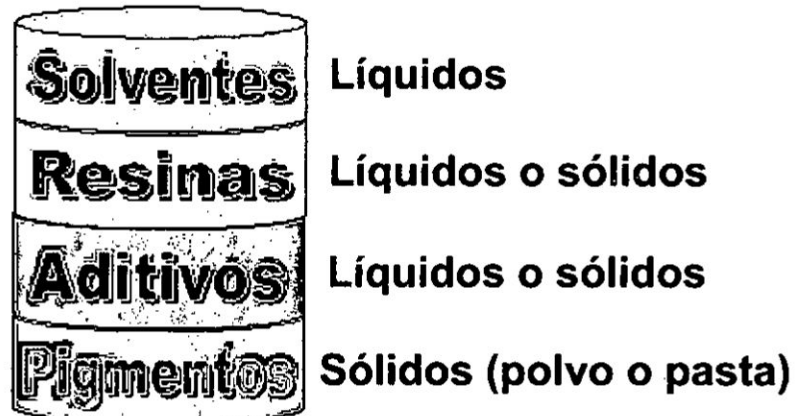
Composición líquida, pigmentada o no, que al ser aplicada sobre una superficie, después de secar o curar, se transforma en una película fina, continua, adherente, impermeable y flexible

**FIGURA N° 22
ESQUEMA DE PINTURA**



Fuente: Empresa Sherwin Williams

**FIGURA N° 23
PARTES DE LA PINTURA**



Fuente: Empresa de Sherwin Williams

e. Aplicación de Pintura

Dentro de los factores a considerar para la aplicación de pintura, se encuentra el control de las condiciones ambientales las cuales se deben tener en cuenta durante la preparación y la aplicación del producto:

- Temperatura ambiente: 8°C y 40°C
- Temperatura sustrato: 8°C y 40°C
- % de Humedad relativa: No superior al 85%
- Temperatura de rocío: La diferencia entre la temperatura superficial del sustrato y la temperatura de rocío (o de condensación) debe ser superior a los 3°C.

Una vez preparada la superficie, limpia y seca, se procederá a la mezcla de pintura y aplicación del sistema recomendado, bajo las siguientes recomendaciones.

- La preparación de pintura debe realizarse en recipientes totalmente limpios. Se debe homogenizar la pintura por separado tanto parte A (resina) como parte B (endurecedor)
- Adicionar la parte B hacia la parte A y homogenizar con agitador eléctrico o neumático tipo Jiffy, por un tiempo máximo de 3 minutos hasta que la mezcla tome una apariencia uniforme, agregar el diluyente sólo después que la mezcla de ambos componentes haya culminado. Filtrar a otro recipiente con una malla 30 a 60 o telas de Nylon.

- En el caso que la Pintura tenga 3 componentes (Orgánico de Zinc), mezclar primeramente el Comp. C (polyo de zinc), con el Comp. A y finalmente agregarle el Comp. B
- Realizar la aplicación con un traslape de 50% de cada pasada, si es necesario cruce la pistola en ángulo correcto. La pistola siempre debe estar perpendicular a la superficie y a una distancia de 25 cm para un equipo convencional y 30 cm para un equipo airless.
- Es mejor aplicar el recubrimiento con luz natural, si el caso requiere el uso de luz artificial, esta debe de tener una luminosidad mínima de 530 lumen/m² de preferencia luz blanca.
- Al exceder el tiempo de vida útil de la pintura (pot life), se genera una variación de su viscosidad perdiendo sus propiedades de humectación y nivelamiento, por lo que se deberá desecharla.
- El curado en este tipo de recubrimientos se cumple a los 7 días a 25° C y dependerá también de las temperaturas de la zona.

Los equipos de pintado con que cuenta el contratista deberán estar en perfectas condiciones para poder tener una aplicación sin problemas y lograr la optimización de la cantidad de pintura a utilizar y el tiempo de aplicación.

Debe considerarse lo siguiente:

- Elección de método de aplicación de acuerdo al tipo de pintura.

- Contar los manómetros necesarios para la visualización de la presión de aplicación (en caso de usar equipos).

- ✓ **Equipos Airless (sin aire)**, una buena selección de boquilla y la presión adecuada del equipo ayudará a que se obtenga mejor rendimiento y un trabajo de calidad.

- ✓ **Equipos Convencionales (con aire)**, es importante considerar equipos de presión con una buena selección de las boquillas, casquillos y aguja en función al tipo de pintura a aplicarse. En estos equipos para obtener una mejor aplicación se realiza una dilución mayor que en los equipos airless.

También se pueden utilizar los equipos de succión (“vaso”), sólo para resanes puntuales, estos equipos tienden a pulverizar mucho más la pintura, debido a que se trabaja con mayor dilución.

- ✓ **Brochas y rodillos.** deben ser resistentes a pinturas a base de solvente y adecuados para la aplicación de capas de acabado. Estos dispositivos son usados para resanes en zonas puntuales, aunque el acabado no será igual al aplicado con equipos.

VI. APORTES REALIZADOS EN LA EMPRESA

6.1 CASO 1: Actividades Cotidianas

En la empresa INSPECTION & COATINGS S.R.L., el suscrito, en calidad de Asesor del Departamento Técnico se desempeñó como:

- Coordinador General del Departamento de Asistencia Técnica.
- Inspector y Asesor Sénior de Recubrimientos Industriales y Marinos.

Entre las actividades cotidianas se encontraban la evaluación de la pintura existente en el interior de tanques industriales. La importancia del este proceso, radica en el valor del patrimonio contable que representan cada uno de estos tanques para la empresa, que es de cerca de trescientos cincuenta mil dólares americanos cada uno.

Particularizando uno de los casos **se expondrá** el trabajo que estuvo a mí cargo: **“EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE PINTURA, PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CORROSIÓN EXISTENTE EN LOS TANQUES DE AGUA DESMINERALIZADA Y AGUA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA FÉNIX POWER PERÚ”**.

a. Objetivos de la Evaluación

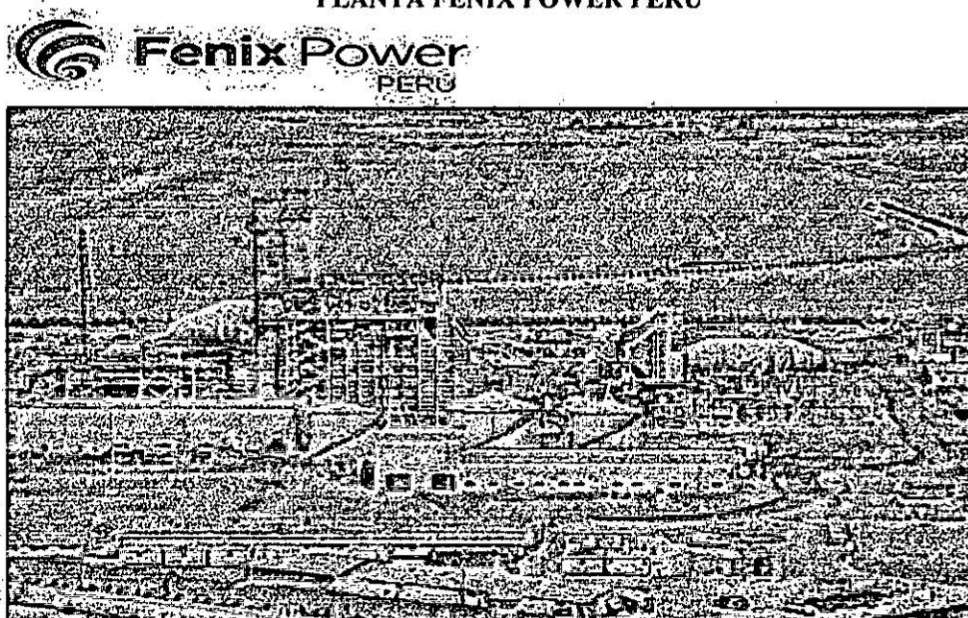
Determinar por qué los tanques de Agua Desmineralizada y Agua contra Incendios de la Planta Fénix Power Perú, presentan problemas en la pintura existente; como ampollas, oxidación, desprendimientos de pintura.

b. Antecedentes

Los tanques se encuentran en la planta termoeléctrica “FENIX POWER”, localizada en Chilca-Lima. El tipo de pintura aplicado es un epoxy amina-ciclo alifática de 100% sólidos comercializados por la empresa Sherwin Williams Perú, como Duraplate UHS. Se aplicó en el interior de ambos tanques dos (02) capas de Duraplate UHS de 6 mils cada una.

Según información obtenida (Reportes entregados por el cliente, Haug, propietaria de los tanques) éstos, fueron fabricados y pintados en primera capa a partir de agosto del 2011, en taller, Planta Lurín de Haug; montados y pintados en segunda capa a partir junio abril del 2012, en obra, Planta Fénix Power, Chilca.

FIGURA N° 24
PLANTA FENIX POWER PERU



Fuente:

https://www.google.com.pe/search?q=imagenes+planta+fenix+power+peru&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&vod=0ahUKEwiS7LS4gtHNAhUHKx4KHSVrA04QsAQIKg&biw=1024&bih=667#imgrc=uv69_8H0xE8DuM%3A

c. Aspectos Evaluados

c.1 Apariencia

Se evaluó en forma visual la capa de acabado, referente al nivelamiento y apariencia (grado de corrosión, grado de ampollamiento y fallas de aplicación).

c.2 Espesor de película seca

Se define como Espesor de Película Seca, al espesor de la capa de pintura aplicada cuando ya cumplió el tiempo de secado al tacto duro. El espesor de película seca se evaluó tomando como referencia lo establecido en la Norma SSPC PA2. Esta norma describe el procedimiento para la medición de espesores de película seca de un recubrimiento no magnético aplicado sobre un sustrato magnético usando equipos de medición del tipo magnético.

c.3 Conductividad

La conductividad eléctrica, es la medida de la capacidad de un material que deja pasar la corriente eléctrica. La conductividad electrolítica en medios líquidos (Disolución) está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. La conductividad se evaluó tomando como referencia la norma SSPC-GUIDE 15 e ISO 8502-9. Estas normas utilizan para determinar la salinidad (contenido de sales) en el sustrato.

c.4. Dureza

La dureza de una película se determina por su resistencia ante acciones mecánicas, como cortes rayados. Norma de referencia ASTM D 3363.

- **Dureza al corte:** Es la escala del lápiz de mayor dureza, que no corte la película, la duración del empuje debe tener al menos 3 mm (1/8 de pulgada) de distancia.
- **Dureza al rayado:** El lápiz de mayor dureza que no reye la película, cualquier deformación de la película que no sea un corte, se considera un rayado.
- **Curado:** Es cuando la reacción química de polimerización entre las moléculas de la parte A y B han reaccionado completamente. El curado de un recubrimiento se determina observando que la película cumpla con el grado de dureza especificado en la hoja técnica.

c.5 Adherencia

Se llama así a la capacidad de una película de pintura para unirse fuertemente a la superficie sobre la que se aplica, sea este un material desnudo o sobre una capa de pintura aplicada previamente.

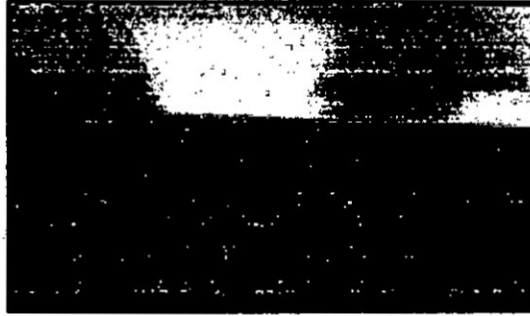
Se califica cualitativa o cuantitativamente intentado arrancarla una vez que la pintura este totalmente seca: ya sea con la uña, arrancando una cinta adhesiva adosada a ella, o con aparatos especiales que miden la fuerza necesaria para arrancar una pieza especial pegada fuertemente sobre el acabado.

e. Inspección

e.1 Tanque de Agua Desmineralizada

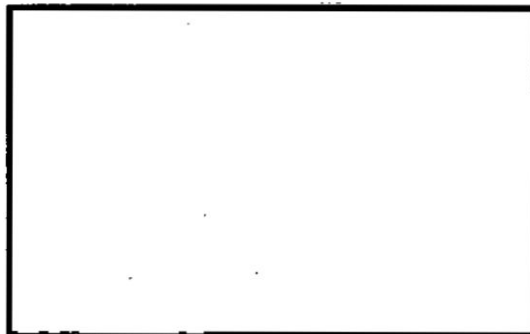
Fondo:

- Espesor de película seca promedio es *21.1 mils.*
- Se realizó prueba de dureza a los fragmentos de pintura, *Grado de dureza: 3H.*
- Zonas con presencia de corrosión (General Rusting, 1% Rusted) en filos, bordes y cordones de soldadura, *Grado de Corrosión: 6-G.*



Fuente: Empresa Sherwin Williams

- No existe corrosión subpelicular
- El fondo del tanque presenta ampollamiento generalizado perteneciente a la segunda capa (acabado), *Grado de Ampollamiento: Medium N°2.*



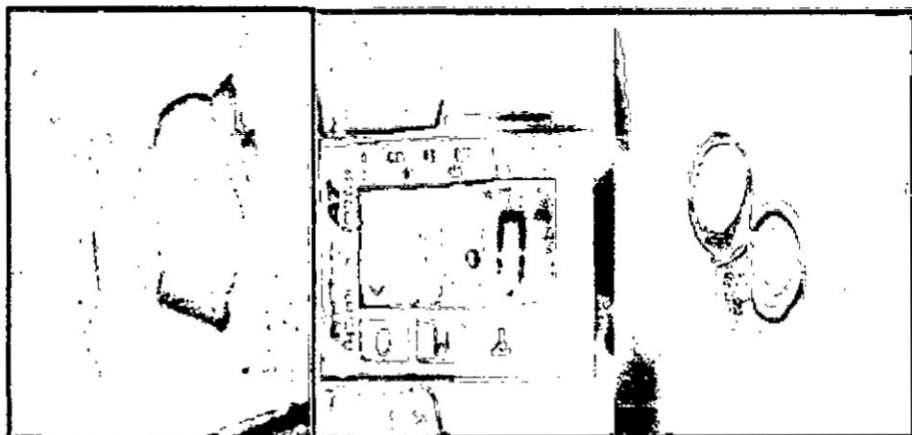
Fuente: Empresa Sherwin Williams

- Las ampollas se remueven fácilmente, se observa delaminación de pintura (segunda capa). Se observa contaminación visible (partículas generadas en el trabajo de soldadura, suciedad, polvo y grasa) en la interfase de la primera y segunda capa.



Fuente: Empresa Sherwin Williams

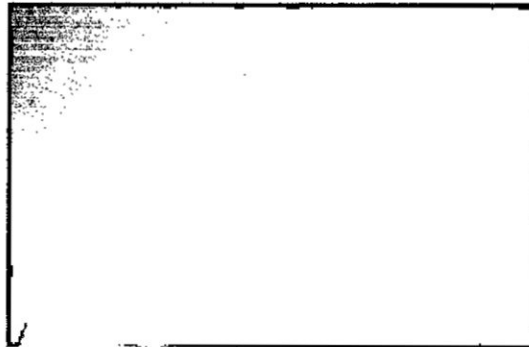
- Existe buena adherencia entre la primera capa y el sustrato.
- Existe pobre adherencia entre la primera y segunda capa. Se observa fácil desprendimiento de la segunda capa de pintura. Se realizó prueba de adherencia con equipo Tipo V - Manual, en zonas lisas, donde no existe ampollamiento obteniendo un valor de: **440 Psi (100% falla adhesiva entre capas).**



Fuente: Empresa Sherwin Williams

Cilindro:

- Evaluación realizada en el primer anillo del tanque.
- Espesor de película seca promedio es *17.6 mils*.
- Se realizó prueba de dureza a los fragmentos de pintura, ***Grado de dureza: 3H.***
- Zonas con presencia de corrosión (Spot Rusting, 0.03% Rusted) en filos, bordes y cordones de soldadura, ***Grado de Corrosión: 9-S.***
- No Existe corrosión Subpelicular.
- La plancha donde se encuentra el “manhole” presenta ampollamiento generalizado, ***Grado de Ampollamiento: Medium N°2.***



Fuente: Empresa Sherwin Williams

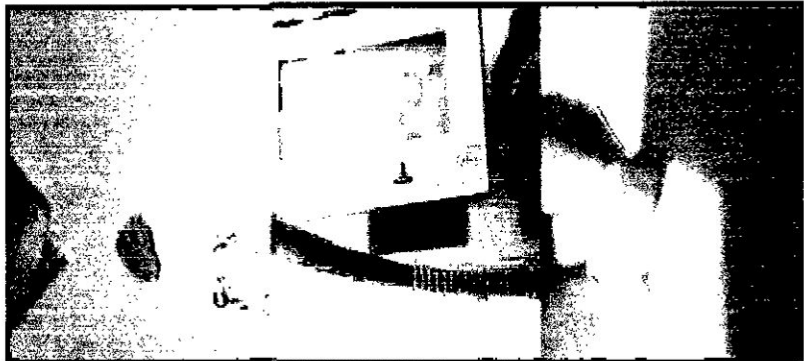
- Las ampollas se remueven fácilmente, se observa delaminación de pintura (segunda capa).



Fuente: Empresa Sherwin Williams

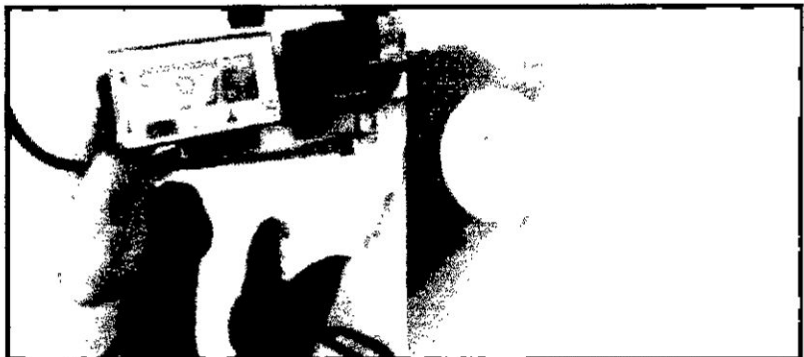
- Se observa contaminación visible (partículas generadas en el trabajo de soldadura, suciedad, polvo y grasa) en la interfase de la primera y segunda capa.
- Existe buena adherencia entre la primera capa y el sustrato.
- Existe zonas con buena, regular y pobre adherencia entre la primera y segunda capa. Se realizó prueba de adherencia con equipo Tipo V - Manual, en zonas lisas done no existe ampollamiento obteniendo valores de:

662 Psi (100% falla adhesiva entre capas), pobre Adherencia.



Fuente: Empresa Sherwin Williams

906 Psi (90% falla de pegamento y 10% falla adhesiva entre capas), buena adherencia.



Fuente: Empresa Sherwin Williams

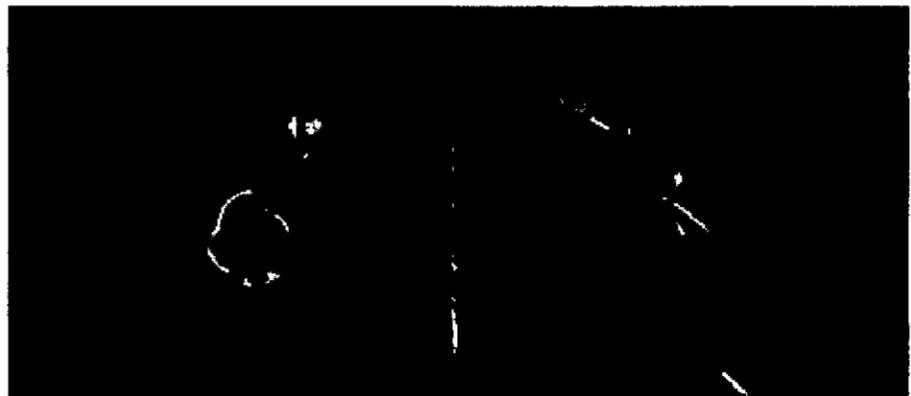
1207 Psi (80% falla de pegamento y 20% falla adhesiva entre capas),
buena adherencia.



Fuente: Empresa Sherwin Williams

e.2 Tanques de Agua Contra Incendios

- Evaluación realizada en el primer anillo del tanque.
- Espesor de película seca promedio es *19.6 mils.*
- El tanque presenta ampollas de la primera capa en diversas zonas (mayor cantidad en filos, bordes y cordones de soldadura). Ampollas con contenido de agua. *Grado de ampollamiento: Medium N°2.*
- En las zonas con ampollas no existe adherencia entre el sustrato y la primera capa. Se observa corrosión subpelicular.



Fuente: Empresa Sherwin Williams

- Zonas con presencia de corrosión (Spot Rusting, 33% Rusted) en diversas zonas de la superficie del tanque (mayor cantidad en filos, bordes y cordones de soldadura). *Grado de ampollamiento: 2-S.*



Fuente: Empresa Sherwin Williams

- Se realizó prueba de dureza a los fragmentos de pintura, *Grado de dureza: 3H.*
- Se realizó prueba de conductividad al líquido obtenido en las ampollas. *Conductividad mayor a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.* Excediendo el valor máximo del conductímetro.



Fuente: Empresa Sherwin Williams

f. Resumen de la Evaluación

Definitivamente, es imprescindible la evaluación profesional de la superficie del tanque a tratar. Así tenemos las siguientes precisiones:

f.1 Tanque de Agua Contraincendios

- Existe ampollamiento desde la primera capa y el sustrato en forma generalizada, toda la superficie interna del tanque.
- Asimismo, se aprecia desprendimiento en zonas de alta densidad de ampollas, en estas áreas el sustrato metálico presenta corrosión.
- Se observa corrosión en bordes, filos y cordones de soldadura, en estas zonas no existe recubrimiento.
- Existe alta conductividad eléctrica en el líquido obtenido de las ampollas, lo que no indica concentración alta de sales en la superficie.
- Grado de dureza de las muestras retiradas es 3H, lo que indica que el buen curado de la película.

f.2 Tanque de Agua Desmineralizada

- Se evaluó el fondo y el primer anillo.
- Existe corrosión localizada en filos, bordes y cordones de soldadura, en estas zonas no existe recubrimiento. No existe corrosión subpelicular (zonas donde se hizo la evaluación).
- Existe ampollamiento de la segunda capa, generalizado en el fondo y parcial en el primer anillo del tanque.
- Las ampollas se remueven fácilmente con una cuchilla o espátula dejando notar la primera capa. Desprendimiento de la segunda capa.

- Las planchas de los tanques fueron fabricados, montados y pintados en un ambiente costero (Lurín – Chilca), lo que determina que se trata de un ambiente con considerables índices de cloruros.
- Cuando las sales solubles en agua son atrapadas entre la película de pintura y acero; y existe suficiente cantidad de agua fuera de la película de pintura (sistemas de inmersión), éstas sales solubles atraerán el agua a través de la película de pintura y conservarán la humedad aumentando la tendencia a formar ampollas; a este fenómeno fisicoquímico se le conoce como “AMPOLLAMIENTO OSMÓTICO”. El paso del agua a través de la película de pintura continuará hasta que ambas concentraciones de sal en agua sea la misma en ambos lados de la película de pintura. Por esta razón, el desprendimiento en el Tanque de Agua Contra incendios se dio desde la base, por la presencia de cloruros en la superficie granallada, al existir distintas concentraciones de sales en la superficie debajo de la pintura y el agua almacenada por encima de la capa de pintura, aparece una fuerza osmótica que genera la penetración del agua en la película de pintura, ampollándola.
- El fenómeno llamado ósmosis se desarrolla también entre capas de pintura, por ello la presencia de ampollas en la segunda capa de pintura nos sugiere la existencia del fenómeno conocido como AMPOLLAMIENTOS OSMOTICO.

- El sistema de pintura “amino cicloalifático” Duraplate UHS, está diseñado para un servicio de inmersión (Tanque de agua desmineralizada, agua salada, y demás agresivos químicos). La primera capa del tanque de agua desmineralizada se encuentra sin ampollamiento ni desprendimiento, con buena adhesión al sustrato.
- Asimismo, el grado de dureza de las muestras retiradas es 3H (resultado de la evaluación de las muestras realizados por el Laboratorio Sherwin-Williams Perú a los fragmentos de pintura de los tanques inspeccionados) lo que indica que el buen curado de la película, deduciendo que no hubieron problemas por relación de mezcla en su preparación.

h. Conclusiones

- El desprendimiento de pintura que existe entre capas en el *Tanque de Agua Desmineralizada* se debe principalmente al exceso de tiempo de repintado de la segunda capa sobre la primera, contribuyendo además la contaminación superficial (visibles y no visibles) entre las mismas.
- El desprendimiento de pintura que existe desde la primera capa y el sustrato en el *Tanque de Agua Contra Incendio*, es debido a una aplicación de la capa base sobre una superficie contaminada por sales solubles (cloruros) lo que permite la aparición de fuerzas osmóticas que ampollan la película y luego se activa la corrosión sub-laminar (sub pelicular).

- El Duraplate UHS, se caracteriza por su excelente desempeño en servicios de inmersión tal como para tanques de agua salada y dulce; destacando su alta impermeabilidad, alta resistencia química, resistencia a la abrasión y rápido curado.

i. Recomendaciones

- Para el tanque de agua desmineralizada se recomienda retirar el recubrimiento mal adherido mediante una limpieza con chorro abrasivo ligero, brush off, según norma SSPC – SP 7.
- Para el tanque de agua contra incendios se recomienda retirar todo el recubrimiento existente, y alcanzar una limpieza con chorro abrasivo al metal blanco, según norma SSPC-SP 5.
- Para ambos tanques se debe realizar pruebas para la determinación de contaminantes salinos sobre superficie antes de iniciar la aplicación del recubrimiento. De encontrar presencia de sales sobre la superficie, aplicar lavado con agua potable y detergente industrial, según norma SSPC-SP1.
- Se debe aplicar el mismo sistema de protección anticorrosiva como indica el procedimiento original.
- Después de aplicar la segunda capa de pintura y después de 5 días de curado, realizar la prueba de holiday detector.

6.2 CASO 2: Aportes realizados en beneficio de la Empresa

El suscrito modificó varios formatos de trabajo propios de la empresa, siendo la idea de los cambios ayudar al inspector a precisar datos y que solo marque según el ítem que corresponde.

Diferencias Comparativas entre Formatos Nuevos y Antiguos:

- **Acta de Evaluación de Equipos y Materiales (pág. 73 y 74)**

Ítem 1:

- ✓ Se agregó normas de preparación de superficie que no estaban en el formato antiguo. Todas las normas estaban en vigencia en el año que se realizó (2014).
- ✓ En el tipo de METAL EXPUESTO, se cambió el tipo de superficie (nueva, rugosa o con Pits), con el grado de oxidación (A, B, C, D), según la norma ISO 8501-01.
- ✓ En SUPERFICIE CON PINTURA ANTIGUA. Se agregó los grado de corrosión E, F, G, H (según norma SSPC-VIS4).

Ítem 2:

- ✓ Se agregó los 3 tipo de análisis para determinar si el abrasivo a utilizar es factible o no.
- ✓ Se agregó el análisis de agua para determinar si es factible utilizarla para lavar la superficie.

Item5:

- ✓ Se separó el tipo de aplicación en 2 tipo, el convencional y en airless.

- **Acta de aplicación (pág. N° 75 y 76)**

Ítem 1:

- ✓ Se agregó normas de preparación de superficie que no estaban en el formato antiguo. Todas las normas estaban en vigencia en el año que se realizó (2014).
- ✓ Se agregó el tipo de equipo a utilizar para la preparación de superficie y el tipo de abrasivo.

Ítem 2:

- ✓ Se agregó el tipo de sistema de pintura.

Ítem 4 (Ítem 2 en el antiguo formato):

- ✓ En el tipo de METAL EXPUESTO, se cambió el tipo de superficie (nueva, rugosa o con Pits), con el grado de oxidación (A, B, C, D), según la norma ISO 8501-01.
- ✓ En SUPERFICIE CON PINTURA ANTIGUA. Se agregó los grado de corrosión E, F, G, H (según norma SSPC-VIS 4).

Ítem 6:

- ✓ Este Ítem se agregó, para exponer la medición de espesores (por spot), según norma SSPC-PA2.

Ítem 7 (Ítem 2 en el antiguo formato):

- ✓ Este Ítem se agregó, rendimiento practico ideal y rendimiento practico real, espesor de película húmeda (EPH).

- **Reporte de Aplicación (pág. N° 77 y 78)**

Ítem 1:

- ✓ En el tipo de METAL EXPUESTO, se cambió el tipo de superficie (nueva, rugosa o con Pits), con el grado de oxidación (A, B, C, D), según la norma ISO 8501-01.
- ✓ En SUPERFICIE CON PINTURA ANITUGA. Se agregó los grado de corrosión E, F, G, H (según norma SSPC-VIS 4).
- ✓ Se agregó normas de preparación de superficie que no estaban en el formato antiguo. Todas las normas estaban en vigencia en el año que se realizó (2014).

Ítem 2:

- ✓ Los Ítem 1 y 3 del formato antiguo los unifiqué en el Ítem 2 del formato nuevo.

- **Reporte de Evaluación de EPS (pág. N° 79 y 80)**

Ítem 2:

- ✓ Se agregó el cuadro de promedio final.

- **Reporte de Evaluación de EPS para Tanques (pág. N° 81 y 82)**

Ítem 2:

- ✓ Se agregó el número de capa
- ✓ Se cambió de posición el cuadro de promedios.
- ✓ Se agregó el cuadro de promedio final.

En todos los formatos se agregó el Item de Registro Fotográfico.

VII. CONCLUSIONES

- El Mantenimiento Preventivo y Control de la Corrosión en los Tanques de Agua Desmineralizada y Agua Contra incendios, se realizó bajo la supervisión del suscrito, bajo las recomendaciones realizadas y aproximadamente un mes después de la Evaluación al Sistema de la Pintura Existente en dicho Tanques (presentado en este informe),
- El tipo de corrosión y ampollamiento en los tanques en mención, es localizada pero con una alta velocidad de reacción, ya que en estas zonas se observa desprendimiento de la pintura, es decir, que la corrosión y el ampollamiento sean antepuesto al recubrimiento, dejando al sustrato o metal, libre a seguir oxidándose.
- La razón por la cual en ambos tanques se observa problemas en la pintura, llámese ampollas, oxidación desprendimiento del recubrimiento, se debe a que antes de aplicar el recubrimiento o pintura, no se realizó una adecuada preparación de superficie, particularmente la limpieza SSPC-SP1. Por otro lado, debido a que La Planta Fénix Power se encuentra en un ambiente costero, la velocidad en la que se forma las ampollas (por ampollamiento osmótico) y la corrosión es alta.
- Por lo tanto, en la protección por medio de recubrimientos ya sean metálicos o no metálicos (galvanizado y pinturas protectoras), el aspecto más importante, radica en la preparación de las superficies para lo cual se han desarrollado tipos y normas de limpieza, que se deben realizar adecuadamente.

VIII. RECOMENDACIONES

- De ser posible, antes de fabricar o elaborar un equipo o estructura, elegir un material que no se corroa en el medio a donde será expuesto, el acero inoxidable, tiene mejor resistencia a la corrosión que el acero al carbono
- La preparación de superficie de la pieza antes de la aplicación de un recubrimiento, es una operación indispensable, sea cual sea, el recubrimiento y procedimiento de aplicación escogido.
- Antes de realizar la Preparación de Superficie y la aplicación del recubrimiento, debemos verificar el estado de la superficie a trabajar (nueva, pinta, corroída) y en qué ambiente será expuesto, según lo que observa, se elijará el tipo de Preparación de superficie y el tipo de recubrimiento a aplicar.
- Después de la aplicación de la pintura industrial o recubrimiento, administre al tanque, tubería o equipos de gran magnitud protección catódica, por corriente impresa, esto le dará una mejor performance al sistema de protección.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Berukshtis, G.K., & Klark, G.B. (1966). *Corrosion of metals and alloys*. Jerusalén: Tomashov y Miralyubev.
2. Coca Rebollero, P, & Rosique Jiménez, J. (1985). *Ciencia de los Materiales* (Ed. Pirámides).
3. Feliu, S. & Morcillo M., (1982). *Corrosión y protección de los metales en la atmósfera*. Barcelona: Bellaterra.
4. Golubev, A. I., & Kadyrov, M. Kh. (1969). *International Congress on Metallic Corrosion* (3rd ed., Vol. IV). Moscow.
5. Gonzales Fernandez, J. A. (1981). *Teoría y Práctica de la Lucha contra la Corrosión*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
6. Knotkova, D. & Vrobel, L., (1990). *International Corrosion Congress* (11th ed., Vol. 5,). Milano.
7. Morcillo M. et al., (1999). *Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica, Parte I: Mapas de Iberoamérica de Corrosividad Atmosférica*, Madrid.
8. Norma ASTM D610, *Método de Prueba Estándar para Evaluación del Grado de Oxidación en Superficies de Acero Pintado*.
9. Norma ASTM D714, *Método de Prueba Estándar para Evaluación del Grado de Formación de Ampollas en las Pinturas*.
10. Norma ASTM D3363, *Método de prueba estándar para Dureza de la película por prueba de lápiz*.

11. Norma ASTM D4541, *Método de Prueba Estándar para Resistencia al Desprendimiento de Revestimientos con Ensayadores Adhesivos Portátiles.*
12. Norma ISO 8502-9, *Método de campo para la determinación Conductométrica de sales solubles en agua.*
13. Norma NACE 1 / SSPC-SP5, *Limpieza con Chorro Abrasivo a Metal Blanco.*
14. Norma NACE 2 / SSPC-SP10, *Limpieza con Chorro Abrasivo Cerca a Metal Blanco.*
15. Norma NACE 3 / SSPC-SP-6, *Limpieza con Chorro Abrasivo Comercial.*
16. Norma NACE 4 / SSPC-SP-7, *Limpieza con Chorro Abrasivo Ligero.*
17. Norma NACE 8 / SSPC-SP14, *Limpieza con Chorro Abrasivo Industrial.*
18. Norma SSPC-GUIDE 15, *Métodos de campo para la recuperación y análisis de sales solubles en acero y otros sustratos no porosos.*
19. Norma SSPC-PA2, *Medición del espesor del recubrimiento seco con los calibradores magnéticos.*
20. Norma SSPC-SP1, *Limpieza con Solventes.*
21. Norma SSPC-SP2, *Limpieza con Herramienta Manual.*
22. Norma SSPC-SP3, *Limpieza con Herramienta de Fuerza Mecánica,*
23. Norma SPC-SP11, *Limpieza Mecánica o Neumática a Metal Desnudo.*
24. Norma SSPC-SP15, *Limpieza Mecánica o Neumática Grado Comercial.*
25. <http://www.inspection-coatings.com/>
26. <https://www.google.com.pe/search?q=iso+9001:2008&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj82IzQ5s7NAhWHsh4KHcrIAQAQsAQINQ&biw=1024&bih=667#imgrc=wjL1jwO8oRSUFM%3A>

ANEXOS

GLOSARIO

- **ASTM INTERNATIONAL**: La **Sociedad Americana para Pruebas y Materiales**, popularmente conocida como ASTM, por su sigla en inglés, *American Society for Testing and Materials*, es un organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.
- **ISO**: La **Organización Internacional de Normalización**, popularmente conocida como ISO, por su sigla en inglés, *International Organization for Standardization*, es la organización que se ocupa de establecer las normas de fabricación, de comunicación y de comercialización, tanto de productos como de servicios, en el plano internacional.
- **NACE INTERNATIONAL**: La **Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión**, popularmente conocida como NACE, por su sigla en inglés *Nacional Association of Corrosion Enginiers*, es una organización profesional para la industria control de la corrosión. El principal foco de sus incluye la protección catódica , revestimientos para la industria, inspección, pruebas de corrosión y selección de materiales para resistencia química específica.
- **SSPC**: La **Sociedad de Revestimientos Protectores**, popularmente conocida como SSPC, por su sigla en inglés *Steel Structures Painting Council* (Consejo de Pintura de Estructuras de Acero), es una asociación relacionada con el uso de revestimientos para proteger estructuras de acero tales como puentes, barcos, tanques de agua y cerraduras y represas. Dado que la misión original de la organización evolucionó a lo largo de los años para incluir estructuras construidas con materiales distintos del acero (concreto, materiales compuestos, etc.), el nombre fue cambiado en 1997 a **SSPC: The Society for Protective Coatings**.

ANEXO N° 1a
 FORMATO ANTIGUO
 ACTA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES



ACTA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

PROYECTO	
PROPIETARIO	
CONTRATISTA	
FECHA DE INICIO	Nº _____

PRELIMINARES

TIPO DE SUPERFICIE		TIPO DE PREPARACIÓN	
METAL EXPUERTO	<input type="checkbox"/>	LAVADO INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>
SUPERFICIE NUEVA	<input type="checkbox"/>	SSPC SP.1 SOLVENTE	<input type="checkbox"/>
SUPERFICIE RUGOSA	<input type="checkbox"/>	SSPC SP.2 MANUAL	<input type="checkbox"/>
PITS DE CORROSIÓN	<input type="checkbox"/>	SSPC SP.3 MECÁNICO	<input type="checkbox"/>
GALVANIZADO LISO	<input type="checkbox"/>	SSPC SP.5 METAL BLANCO	<input type="checkbox"/>
GALVANIZADO RUGOSO	<input type="checkbox"/>	SSPC SP.7 BRUSH OFF	<input type="checkbox"/>
OTRO	<input type="checkbox"/>	SSPC SP.10 METAL CASI BLANCO	<input type="checkbox"/>
SUPERFICIE CON PINTURA ANTIGUA <input type="checkbox"/>		PREPARADOR 903	<input type="checkbox"/>
ALQUIDICO	<input type="checkbox"/>	TOUCH UP	<input type="checkbox"/>
EPOXICO	<input type="checkbox"/>	Observaciones	
POLIURETANO	<input type="checkbox"/>		
OTRO	<input type="checkbox"/>		

ANÁLISIS DE ABRASIVO

TIPO	Arena	<input type="checkbox"/>	Granalla	<input type="checkbox"/>	Escoria	<input type="checkbox"/>	
RESULTADO	PPM	Aprobado	<input type="checkbox"/>	Desaprobado	<input type="checkbox"/>	Sin Análisis	<input type="checkbox"/>
GRANULOMETRÍA							
Observaciones:							

SISTEMAS DE PINTURA

ÁREA	Capa	Pintura	Espesor (Mils)	ÁREA	Capa	Pintura	Espesor (Mils)
BASE				BASE			
INTERMEDIO				INTERMEDIO			
ACABADO				ACABADO			
ÁREA	Capa	Pintura	Espesor (Mils)	ÁREA	Capa	Pintura	Espesor (Mils)
BASE				BASE			
INTERMEDIO				INTERMEDIO			
ACABADO				ACABADO			

COMPRESOR 1

COMPRESOR 2

Marca		Marca	
Capacidad de Aire		Capacidad de Aire	
Modelo		Modelo	
Presión		Presión	
Estado de Conservación	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Estado de Conservación	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Boquilla		Boquilla	

ANEXO N° 1b
 FORMATO NUEVO:
 ACTA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES



ACTA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

PROYECTO	
PROPIETARIO / REPRESENTANTE	
CONTRATISTA / REPRESENTANTE	
DIRECCIÓN	
ING. ASISTENCIA TÉCNICA S.W.	
FECHA	12-Ene-12

TIPO DE SUPERFICIE		TIPO DE PREPARACIÓN	
METAL EXPUESTO		LAVADO INDUSTRIAL	
<input type="checkbox"/> FERROSOS <input type="checkbox"/> ACERO GRADO A <input type="checkbox"/> ACERO GRADO B <input type="checkbox"/> ACERO GRADO C <input type="checkbox"/> ACERO GRADO D Observaciones:	<input type="checkbox"/> NO FERROSOS <input type="checkbox"/> GALVANIZADO LISO <input type="checkbox"/> GALVANIZADO RUGOSO <input type="checkbox"/> CONCRETO <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> SSPC-SP 1 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 2 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 3 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 11 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 15 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 5 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 6 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 7 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 10 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 14 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 16 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 8 <input type="checkbox"/> SSPC-SP 13 <input type="checkbox"/> SSPC-SP WJ-1 <input type="checkbox"/> SSPC-SP WJ-2 <input type="checkbox"/> SSPC-SP WJ-3 <input type="checkbox"/> SSPC-SP WJ-4 <input type="checkbox"/> TOUCH UP <input type="checkbox"/> PREPARADOR DE SUPERFICIE 993 (REACTIVACIÓN CAPA EPOXICA) <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> SOLVENTE <input type="checkbox"/> HERRAMIENTA MANUAL <input type="checkbox"/> HERRAMIENTA MOTRIZ <input type="checkbox"/> HERRAMIENTA MOTRIZ A METAL AL DESNUDO <input type="checkbox"/> HERRAMIENTA MOTRIZ GRADO COMERCIAL <input type="checkbox"/> CHORRO ABRASIVO METAL BLANCO <input type="checkbox"/> CHORRO ABRASIVO COMERCIAL <input type="checkbox"/> CHORRO ABRASIVO LIGERO <input type="checkbox"/> CHORRO ABRASIVO METAL CASI ELAICO <input type="checkbox"/> CHORRO ABRASIVO INDUSTRIAL <input type="checkbox"/> CHORRO ABRASIVO LIGERO METAL NO FERROSO <input type="checkbox"/> "PICKLING" (DECAPADO) <input type="checkbox"/> PREPARACIÓN DE SUPERFICIE PARA CONCRETO <input type="checkbox"/> CHORRO DE AGUA SUSTRATO AL DESNUDO <input type="checkbox"/> CHORRO DE AGUA LIMPEZA MUY COMPLETA <input type="checkbox"/> CHORRO DE AGUA LIMPEZA COMPLETA <input type="checkbox"/> CHORRO DE AGUA LIGERO <input type="checkbox"/> RESANES
SUPERFICIE CON PINTURA ANTIGUA		TIPO DE PINTURA	
<input type="checkbox"/> GRADO DE CORROSIÓN <input type="checkbox"/> ACERO GRADO E <input type="checkbox"/> ACERO GRADO F <input type="checkbox"/> ACERO GRADO G <input type="checkbox"/> ACERO GRADO H Observaciones:	<input type="checkbox"/> RICOS EN ZINC <input type="checkbox"/> EPOXICO <input type="checkbox"/> POLIURETANO <input type="checkbox"/> ALTA TEMPERATURA <input type="checkbox"/> OTRA		

ANÁLISIS DEL ABRASIVO									
TIPO DE ARENA	<input type="checkbox"/>	GRANALLA	<input type="checkbox"/>	ESCOIRA	<input type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>	GRANULOMETRÍA	<input type="checkbox"/>
PETROBRAS N-1946	ppm	ppm	APROBADO	<input type="checkbox"/>	DESAPROBADO	<input type="checkbox"/>	ppm	pH	µS/cm
ASTM-D4940	µS/cm	µS/cm	APROBADO	<input type="checkbox"/>	DESAPROBADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	DESAPROBADO
ASTM-07393	SI	NO	APROBADO	<input type="checkbox"/>	DESAPROBADO	<input type="checkbox"/>	DESAPROBADO	<input type="checkbox"/>	

COMPRESOR 1		COMPRESOR 2	
MARCA		MARCA	
CAUDAL DE AIRE		CAUDAL DE AIRE	
MODELO		MODELO	
PRESIÓN		PRESIÓN	
PULMÓN DE CONDENSADO	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	PULMÓN DE CONDENSADO	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
PRESIÓN DE SALIDA MAGUERA 1		PRESIÓN DE SALIDA MAGUERA 1	
PRESIÓN DE SALIDA MAGUERA 2		PRESIÓN DE SALIDA MAGUERA 2	
CAUDAL DE AIRE MANGUERA 1		CAUDAL DE AIRE MANGUERA 1	
CAUDAL DE AIRE MANGUERA 2		CAUDAL DE AIRE MANGUERA 2	
BOQUILLA 1	NO <input type="checkbox"/> %DESGASTE	BOQUILLA 1	NO <input type="checkbox"/> %DESGASTE
BOQUILLA 2	NO <input type="checkbox"/> %DESGASTE	BOQUILLA 2	NO <input type="checkbox"/> %DESGASTE

Dpto. de Asistencia Técnica
 SHERWIN WILLIAMS PERÚ

ING.
 Puesto
 CLIENTE

ANEXO N° 2a
 FORMATO ANTIGUO
 ACTA DE APLICACION



ACTA DE APLICACION

PROYECTO	
PROPIETARIO	
CONTRATISTA	
FECHA	
REPRESENTANTES	
Por el Propietario	
Por el Contratista	
Por Coatings	

DESCRIPCION DE LA SUPERFICIE:		Ubicación de la zona	
Tipo de superficie		Área a ser sujeta (m ²)	
Tipo de Hrrp: De Superficie		Tipo de Limpieza y Abrazivo	
Antepondo		SSPC - SP2	
Escoriado		SSPC - SP3	
Granallado		SSPC - SP8	
Manual y/o Mecánica		SSPC - SP10	
Otro		SSPC - SP5	
Perfil de Rugosidad:			

CONDICIONES AMBIENTALES		Hora	
Temp: Ambiente °C		Temp: Bujido Humedo °C	
Humedad Relativa %		Temp: De Superficie °C	
Temp: Punto de Rocío °C		Temp: Punto de Rocío °C	
T. Sup. - T. Pto. Rocío °C		Vientos	
Sobre Nota			
Sobre concreto			
Sobre pintura anterior			
Otro			

EQUIPOS DE APLICACION		Otros métodos de aplicación:	
Modelo	Relacion de Bomba	Modelo	Relacion de Bomba
Boquilla	Boquilla de Fluído	Boquilla	Boquilla de Fluído
Diámetro de manguera	Caquillo de Alto	Diámetro de manguera	Caquillo de Alto
Presion de pulverizacion	Presion de sintonizacion	Presion de pulverizacion	Presion de sintonizacion
Observaciones	Observaciones	Observaciones	Observaciones

ANEXO N° 2b
 FORMATO NUEVO
 ACTA DE APLICACIÓN



ACTA DE APLICACIÓN

PROYECTO	
PROPIETARIO / REPRESENTANTE	
CONTRATISTA / REPRESENTANTE	
DIRECCIÓN	
ING. ASISTENCIA TÉCNICA SW	
FECHA	17-Ene-12

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE		ABRASIVO	
DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	vigas, chiles, tanques	CINTA TESTIGO DE PERFIL DE RUGOSIDAD	
UBICACIÓN DE LA ZONA	para estructuras instaladas	PERFIL DE RUGOSIDAD	
TIPO DE SUPERFICIE	lisa, mediana, pesada	PLANO DE UBICACIÓN, FORMA DE SUPERFICIE	
ÁREA TESTIGO (m ²)			
TIPO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE			
LAVADO INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	SSPC-SP 16	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 1	<input type="checkbox"/>	SSPC-SP 8	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 2	<input type="checkbox"/>	SSPC-SP 13	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 3	<input type="checkbox"/>	SSPC-SP WJ-1	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 11	<input type="checkbox"/>	SSPC-SP WJ-2	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 15	<input type="checkbox"/>	SSPC-SP WJ-3	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 5	<input type="checkbox"/>	SSPC-SP WJ-4	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 6	<input type="checkbox"/>	TOUCH UP	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 7	<input type="checkbox"/>	PREP. DE SUPERFICIE 803	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 10	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>
SSPC-SP 14	<input type="checkbox"/>		
EQUIPO DE LIMPIEZA			
HIDROLAVADORA	<input type="checkbox"/>	AGUA POTABLE Y DETERGENTE	<input type="checkbox"/>
EQUIPO WJ	<input type="checkbox"/>	LIJAS, CEPILLOS DE ALAMBRE, ETC.	<input type="checkbox"/>
HERRAMIENTA MANUAL (SP2)	<input type="checkbox"/>	ESCOBILLAS, LIJADORAS	<input type="checkbox"/>
EQUIPO MECÁNICO (SP3)	<input type="checkbox"/>	BRISTLE BLASTER, SANDERS, ETC.	<input type="checkbox"/>
EQUIPO MOTRIZ (SP11)	<input type="checkbox"/>	PREPARACION DE SUPERFICIE 803	<input type="checkbox"/>
EQUIPO DE PINTADO	<input type="checkbox"/>	ARENA, GRANALLA	<input type="checkbox"/>
EQUIPO DE ARENADO, ESCORIADO	<input type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>
OTROS			

SISTEMA DE APLICACIÓN			
SISTEMA DE PINTURA	CAPA	NOMBRE COMERCIAL	TIPO DE PINTURA
	BASE		
	INTERMEDIO		
	ACABADO		
			ESPESOR (mils)

EQUIPO AERIAL		EQUIPO CONVENCIONAL	
MARCA		MARCA	
MODELO		MODELO	
RELACIÓN DE BOMBA		CASQUILLO DE AIRE	
BOQUILLA		BOQUILLA	
PISTOLA		PISTOLA	
DIÁMETRO DE MANGUERA		PRESIÓN DE FLUIDO	
PRESIÓN DE ATOMIZACIÓN		PRESIÓN DE ATOMIZACIÓN	
OTRO MÉTODO DE APLICACIÓN			

Opto. de Asistencia Técnica
 SHERWIN WILLIAMS PERU

Ing.
 Puesto
 CLIENTE

**ANEXO N° 3b
FORMATO NUEVO
REPORTE DE APLICACIÓN**



REPORTE DE APLICACIÓN

CLIENTE	
EMPRESA / REPRESENTANTE	
CONTRATISTA / REPRESENTANTE	
DIRECCIÓN	
CALLE / INTERSECCIÓN / LOCALIDAD	
N°	

CONDICIONES AMBIENTALES													
CONDICIONES AMBIENTALES										CINTA TESTER O FL. PERLA DE RUGOSIDAD			
GRADO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE LAVADO INDUSTRIAL: SP1 <input type="checkbox"/> SP2 <input type="checkbox"/> SP3 <input type="checkbox"/> SP11 <input type="checkbox"/> SP15 <input type="checkbox"/> SP5 <input type="checkbox"/> SP10 <input type="checkbox"/> SP14 <input type="checkbox"/> SP6 <input type="checkbox"/> SP7 <input type="checkbox"/> SP16 <input type="checkbox"/> SP13 <input type="checkbox"/> WJ1 <input type="checkbox"/> WJ2 <input type="checkbox"/> WJ3 <input type="checkbox"/> WJ4 <input type="checkbox"/> OTRO: <input type="checkbox"/> PREP. DE SUP. 903 <input type="checkbox"/> TOUCH UP <input type="checkbox"/>						TIPO DE SUPERFICIE ACERO <input type="checkbox"/> PINTURA ANTIGUA <input type="checkbox"/> GALVANIZADO LISO <input type="checkbox"/> GALVANIZADO RUGOSO <input type="checkbox"/> CONCRETO <input type="checkbox"/> OTROS: <input type="checkbox"/>						PERFIL DE RUGOSIDAD (milis): <input type="text"/>	
TIPO DE ABRASIVO	ARENA	ESCORIA	G. GRIT	G. SHOT	N° BOQUILLA	AREA EVAL. (m ²)	HORAS TRABAJADAS	AVANCE (m ² /hr.h)	NOTAS:				

II. APLICACIÓN											
EQUIPO DE PINTADO						CONDICIONES AMBIENTALES					
EQUIPO AIRLESS						HORA					
NEUMÁTICO <input type="checkbox"/>	RELACIÓN COMPRESIÓN					TEMP. AMBIENTE °C					
ELECTRICO <input type="checkbox"/>	PRESIÓN DE ATOMIZACIÓN					TEMP. BULBO HUMEDO °C					
GASOLINERO <input type="checkbox"/>	PRESIÓN DE ATOMIZACIÓN					HUMEDAD RELATIVA %					
EQUIPO CONVENCIONAL						EQUIPO DE SUCCIÓN					
PRESIÓN DE AIRE						BOQUILLA					
PRESIÓN DE PINTURA						RODILLO					
CASQUILLO						OTROS					
BOQUILLAS						NOTAS					
ELEMENTO O SUPERFICIE PINTADA		AREA (m ²)	N° CAPA	COLOR	PINTURA	ORL. 1	SA. DILUI.	N° LOTE COMPONENT. (A / B / C)		CONS. (gr)	
R. PRACT. PINT. 1: <input type="text"/> m ² /d						R. PRACT. PINT. 2: <input type="text"/> m ² /d					
APLICADOR 1:						APLICADOR 2:					

III. OBSERVACIONES y/o NOTAS

IV. RECOMENDACIONES

Dpto. de Asistencia Técnica
SHERWIN WILLIAMS PERÚ

Ing.
Punto
CLIENTE

