

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción**

" CONTROL DE PROCEDIMIENTO DE PINTADO DE  
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE "

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

JUAN CARLOS LAFORGIA NIETO

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

1998

## AGRADECIMIENTO

ING. JULIAN PEÑA

Director de tesis, por su  
ayuda y colaboración para  
la realización de este  
trabajo

# DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

Y HERMANA

A MIS AMIGOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



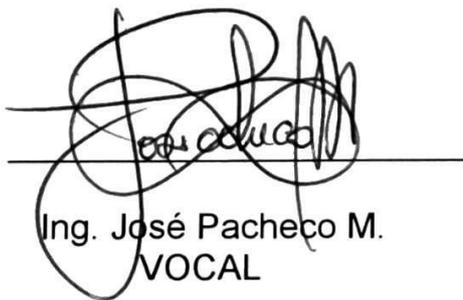
---

Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

Ing. Julián Peña E.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. José Pacheco M.  
VOCAL



---

Ing. Omar Serrano V.  
VOCAL

## **DECLARACION EXPRESA**

**"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"**



---

**JUAN CARLOS LAFORGIA N.**

## **RESUMEN**

El presente trabajo presenta una serie de procedimientos establecidos, así como recomendaciones sobre el proceso de pintado de tanques de almacenamiento de combustible. Se explicara brevemente sobre la efectividad que tienen las pinturas dependiendo de la atmósfera en la que estarán puestas en servicio, así como también de los diferentes sistemas de pinturas existentes, y las comercialmente más usadas.

Posteriormente se describen distintos procedimientos involucrados en la ejecución del pintado de tanques de almacenamiento de combustible. Estos procedimientos comprenden controles de calidad posibles para la evaluación y selección de un sistema de pintura, consideraciones para la calificación de proveedores de servicios, los perfiles requeridos del personal para la ejecución de los diferentes trabajos y operación de los equipos relacionados.

Finalmente se presentan una serie de fichas desarrolladas a partir de los criterios recopilados de modo que su empleo mejore la eficiencia en los procesos a través de un acceso fácil, claro y rápido a la información que se considere de mayor importancia para la ejecución de un trabajo o procedimiento asignado.

## **INDICE GENERAL**

	Pag.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL	III
INDICE DE TABLAS	IV
INDICE DE FIGURAS	V
SIMBOLOGIA	VI
INTRODUCCIÓN	VII
1 SISTEMAS DE PINTURA APLICABLES SOBRE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	2
1.1 Incidencia del medio ambiente sobre el rendimiento de las pinturas	3
1.2 Clasificación de las atmósferas según su agresividad	4
1.3 Sistemas de pinturas empleados comercialmente en el Ecuador	6
2. PRACTICAS NORMATIVAS EN SISTEMAS DE PINTURA	19
2.1 Control de Calidad para evaluación de Pintura	20
2.2 Control de Recursos Humanos	25
2.2.1 Evaluación del Proveedor de Servicios	26
2.2.2 Evaluación del Personal	31
2.3 Control de los Sistemas de pinturas	39

2.3.1 Preparación Superficial	39
2.3.2 Aplicación de la Pintura	52
2.3.3 Inspección de Calidad	70
2.4 Control de Codificaciones de Seguridad Industrial	108
3. REGISTROS DE CONTROL EN PINTURAS APLICADOS A TANQUES	114
3.1 Ficha Técnica para Calificación de Personal	115
3.2 Ficha Técnica de Preparación de Superficie	118
3.3 Ficha Técnica de Aplicación de Pintura	119
3.4 Ficha Técnica de Inspección	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	131
ANEXOS	133

		Pag.
Tabla I	"Sistemas utilizados comercialmente para el interior de tanques"	9
Tabla II	"Sistemas utilizados comercialmente para el exterior de tanques"	10
Tabla III	"Sistemas para atmósferas rurales y urbanas "	13
Tabla IV	"Sistemas para atmósferas marinas, costeras e industriales "	15
Tabla V	"Sistemas interiores de tanques "	17
Tabla VI	"Pruebas típicas de control de calidad de pintura"	21
Tabla VII	"Clasificación general de los abrasivos"	48
Tabla VIII	"Promedios típicos de área recubierta por día"	61
Tabla IX	Rociado convencional vs rociado "airless"	64
Tabla X	"Valores de espesor de película seca"	101

## INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura # 1.1 "Formas de clasificación de las atmósferas"	5
Figura # 1.2 "Aplicaciones estructurales de la pintura para la protección contra la atmósfera"	7
Figura # 1.3 "Tanques expuestos a la atmósfera"	9
Figura # 2.1 "Secuencia de procedimientos de evaluación de contratistas"	37
Figura # 2.2 "Compresores móviles en trabajo en campo "	40
Figura # 2.3 "Bomba para waterblasting"	43
Figura # 2.4 "Vista frontal y posterior de equipo de sanblasting"	45
Figura # 2.5 "mezclador de pintura para tanques"	54
Figura # 2.6 "Pistola de rociado convencional"	62
Figura # 2.7 "Equipos de rociado sin aire"	63
Figura # 2.8 " Cuadro comparativo de métodos de aplicación por rociado"	65
Figura # 2.9 " Técnica de aplicación con rociado "	68
Figura # 2.10 " Medición de humedad y temperatura "	71
Figura # 2.11 " Psycometro "	73
Figura # 2.12 "Termómetro de superficie"	75
Figura # 2.13 "Termómetro de superficie"	76
Figura # 2.14 "Equipos de compresores de aire móviles"	78
Figura # 2.15 "Filtro de aceite"	79

Figura # 2.16	"Maquinas de chorreado abrasivo"	80
Figura # 2.17	"Mala disposición de mangueras"	82
Figura # 2.18	"Perfil de rugosidad"	85
Figura # 2.19	"Comparadores de rugosidad de superficie"	86
Figura # 2.20	"Micrómetro de profundidad"	87
Figura # 2.21	"Cinta de medición de rugosidad"	88
Figura # 2.22	"Micrómetro"	89
Figura # 2.23	"Equipo de rociado sin aire"	90
Figura # 2.24	"Medidores de espesor de película húmeda "	95
Figura # 2.25	" Medidores de espesor de película húmeda tipo hexágono"	96
Figura # 2.26	"Equipo magnético de medición de espesor de película seca"	99
Figura # 2.27	"Equipo de medición de espesor de película seca tipo banana"	102
Figura # 2.28	"Herramienta para prueba de adhesión"	106
Figura # 2.29	"Trabajo con seguridad "	108
Figura # 2.30	"Cascos de protección"	110
Figura # 2.31	" Disposición de ventilación de tanques "	112
Figura # 3.1	"Ficha de aplicación de pintura"	121
Figura # 3.2	"Factores básicos para la inspección del equipo de soplado abrasivo"	124

## SIMBOLOGIA

$\mu\text{m}$	Micrometro - micra
$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados
$\text{m}^2$ .	Metro cuadrado
Psi.	Libra sobre pulgada cuadrada
Psig.	Libra sobre pulgada cuadrada, manométrica
sq ft/day	Pie cuadrado por día
%	Porcentaje
HP.	Caballo de fuerza
GMP.	Galones por minuto
cm.	Centímetro
®	Marca registrada
DFT	Dry film thickness - Espesor de película seca
WFT	Dry film thickness - Espesor de Película seca
SPV	Sólidos por volumen
DC	Direct current - Corriente directa
AC	Alternative current- Corriente Alterna

## **INTRODUCCION**

Las pinturas son el medio por el cual se desea proteger una estructura de forma que no presente deterioramiento por exposición al medio ambiente. La investigación sobre pinturas de modo de obtener productos que presenten mejores características de resistencia a diferentes ambientes, así como de métodos para la aplicación de las mismas a través de procedimientos más seguros y mejores con el fin de desarrollar sistemas más efectivos y eficientes, a llevado a la industria de manufactura de pinturas a presentar permanentemente nuevos productos cada vez más específicos, y en algunos casos, que conllevan requerimientos de manipuleo y aplicación más complejos y delicados. Debido a este proceso de renovación de tecnología las personas involucradas en la ejecución este tipo de obras requieren de una actualización de los conocimientos en los referentes a los nuevos productos y procedimientos, así como de las nuevas normas que rigen los mismos. En estos momentos en los cuales las tendencias de globalización se encuentran aplicándose en todos los campos, la capacidad que tengan los profesionales en un campo como de la prestación de servicios en el área de pintado de tanques serán medidas a partir de cánones establecidos en el ámbito internacional. Por esto es de suma importancia que el sector dedicado a este tipo de actividades se desarrolle dentro de aquellas normativas en pleno conocimiento de las nuevas tecnologías y requerimiento que estas implican de modo que en el país se pueda ejecutar obras de acuerdo a los

parámetros exigidos en el ámbito mundial y con la calidad suficiente para ser eficiente y competitivo.

# **CAPÍTULO I**

**“SISTEMAS DE PINTURA APLICABLES  
SOBRE TANQUES DE ALMACENAMIENTO  
DE COMBUSTIBLE”**

## **1.1 INCIDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE EL RENDIMIENTO DE LAS PINTURAS**

El origen de los sistemas de protección de superficies por medio de pinturas se basa en el hecho de recubrir la superficie a proteger con un material el cual no sea afectado por la intemperie. Así en el desarrollo de nuevas tecnologías de protección de metales contra la corrosión, se necesita conocer las condiciones medio ambientales de servicio a las se someterá el material o metal a proteger y en las cuales el sistema de protección aplicado se va a desenvolver. Esto es, propiamente dicho, la base de la implementación de cualquier sistema de pintura, pues dicho sistema tendrá que erigirse como una barrera entre el medio ambiente y el material que protege, y al mismo tiempo contar con las propiedades necesarias para poder mantener sus características de protección pese al desgaste que se pueda generar sobre el por las condiciones del medio. Para esto se utiliza una clasificación atmosférica, que en nuestro caso bajo la norma ISO-9223, nos indica diferentes grupos de características climáticas, de contaminación y corrosión de determinados ambientes de manera que bajo esas características se puedan agrupar la generalidad de los medio habientes.

Se puede concluir que " La clasificación de las atmósferas es la aplicación del conocimiento suministrado de la corrosión atmosférica de los metales para la optimización de la prevención de la corrosión" ( 1 ). Y aunque dichos

conocimientos son estrictamente teóricos, es necesario llevar a cabo simplificaciones de forma de aplicarlos de manera práctica, que permitan a los ingenieros metalúrgicos y de diseño adoptar soluciones técnicas y económicamente factibles. La base de esta clasificación recae en un hecho definido en la misma norma (1) y que resumido es:

**"Las características mas importantes de corrosión pueden ser clasificadas: el tiempo de humectación, que incluye el efecto de la humedad y temperatura, y la contaminación de la atmósfera con sulfuros [SO<sub>2</sub>] y cloruros [Cl<sup>-</sup>]" .**

Estos son los factores ampliamente o mayormente responsables de corrosividad atmosférica de un medio ambiente y los incidentes sobre los sistemas de protección con pinturas que se utilice.

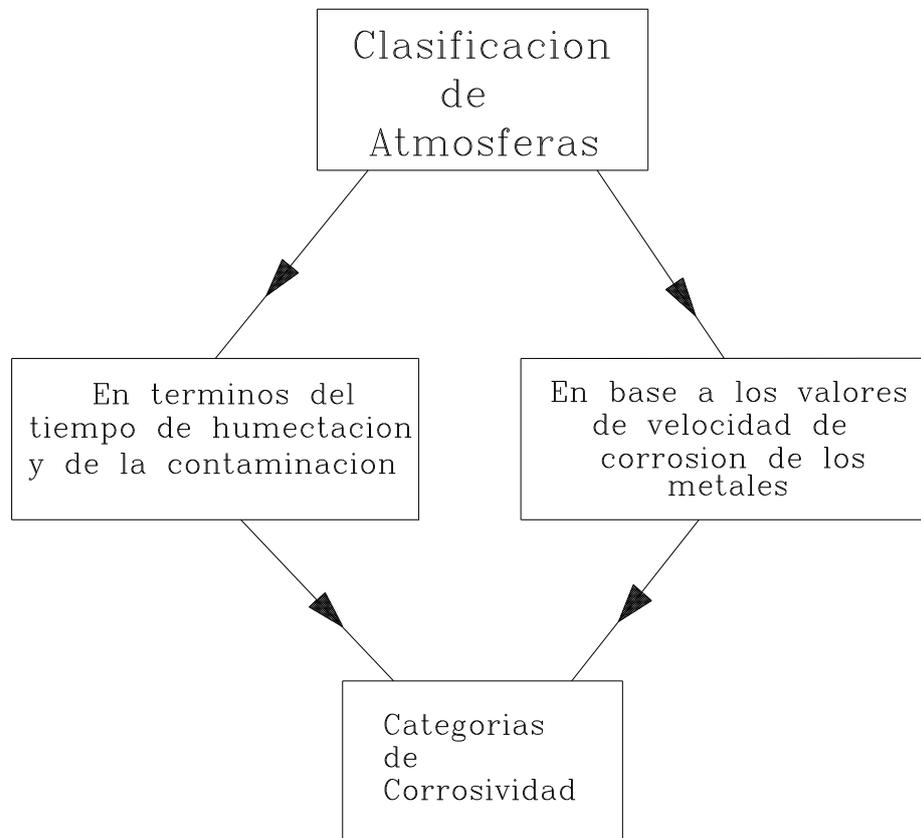
## **1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ATMÓSFERAS**

Para la clasificación de las atmósferas a partir de la norma ISO, existen dos maneras o consideraciones para determinar la categoría de corrosividad de un lugar, la una a partir de los valores de velocidad de corrosión en ciertos metales y la segunda por la concentración de elementos contaminantes en el ambiente, pero en ambos casos se llega a una misma clasificación.

---

(1) ISO/DP 9223, Corrosion of metals and alloys. Classification of corrosivity of atmospheres

Dichas propuestas se pueden observar esquematizadas en la figura # 1.1



**Figura # 1.1 "FORMAS DE CLASIFICACIÓN DE LAS ATMÓSFERAS"**

Cualquiera de las dos consideraciones nos llevara a un resultado con el cual podremos, usando ahora un término mas adecuado, categorizar la atmósfera y de la categoría en la que se encuentre la atmósfera dependerá el sistema de pintura a utilizar para protección.

Una vez que se ha determinado los valores de los parámetros del medio, se puede determinar, a partir de ellos el tipo de atmósfera por medio de las tablas de clasificación de corrosividad, para el caso del acero y otros metales, donde se encuentran resumidos los rangos de los valores de los parámetros para cada categoría.

El método para de determinar estos parámetros así como valores de los mismos para distintas áreas del Ecuador se pueden obtener de documentos referentes al proyecto MICAT (2) (3), ya que dichos procedimientos se rigen bajo normas establecidas. Los estudios en de la corrosión atmosférica en el Ecuador revelan diferentes clasificaciones de atmósferas debido a la diversidad de condiciones climáticas en el país, así como de la cantidad de industrias existentes en cada una.

### **1.3 SISTEMAS DE PINTURAS EMPLEADOS COMERCIALMENTE EN EL PAÍS**

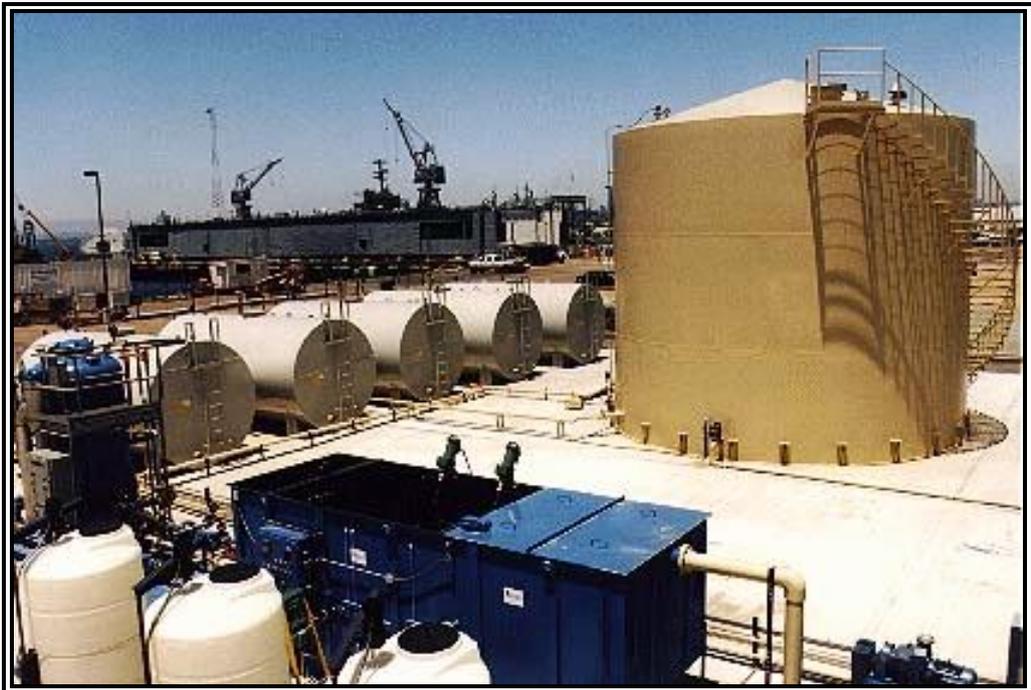
En el progreso de la creación y producción de nuevos y mas eficientes sistemas de pinturas, se suscita el fenómeno de diversificación y especificación de los tipos de pintura.

---

(2) CYTED. Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica (MICAT)

(3) QUITO, J. El Ecuador dentro del marco del proyecto Micat.

Esto fue debido a descubrimiento de nuevas fórmulas así como la consideración de nuevos parámetros en lo referente a los requisitos que deben cumplir dichos productos cuando se encuentren en servicio.



**Figura # 1.2 "APLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA PINTURA PARA LA PROTECCION CONTRA LA ATMOSFERA"**

En nuestro país existe un numero relativamente pequeño de suministradores de pinturas de nivel industrial o de alta especificación, sin embargo son un grupo representativo al suministrar productos de empresas manufactureras de pinturas ajenas una de la otra. Así, es de suponer que cada una de ellas presentará su

propio sistema único para cada tipo de aplicación (tanques, estructuras sumergidas, plantas química, etc.) (figura # 1.2) que se necesitare, sin embargo debido a las investigaciones que han venido desarrollándose por instituciones como la SSPC (4), la NACE (5) entre otras, junto con los mismos productores de pinturas, se han ido unificando conceptos y criterios, lo que nos lleva a una respuesta muy similar por parte de distintos fabricantes para una misma aplicación.

En el caso de caso los tanques de combustible, el metal estará expuesto a un medio en el cual la pintura estará la mayoría de su tiempo de vida sumergida en combustible, que es el del interior del tanque, y otro que subiría el efecto de los cambios climáticos así como el de la erosión producida por el polvo, el viento y los contaminantes que se encuentren en la atmósfera (figura # 1.3).

Este último depende de la situación geográfica de servicio del tanque. Las empresas consultadas nos suministraron los siguientes sistemas empleados para el interior y el exterior de los tanques de combustible, los que les presentamos en las tablas I y II respectivamente.

---

(4) Steel Structures Painting Council

(5) National Association of Corrosion Engineers



**Figura # 1.3 "TANQUES EXPUESTOS A LA ATMOSFERA"**

Frente a la información suministrada por la empresas locales, tenemos la información obtenida a través de las recomendaciones de instituciones reguladores de este tipo de productos.

De la investigación en dichos medio se obtuvo un información más detallada de diferentes posibilidades de sistemas, aplicables todos ellos en diferentes condiciones. Esto pudo deberse al hecho que las instituciones que desarrollaron estos sistemas se emplean parámetros evaluados de forma distinta al que usa para la comercialización.

Hay una gran variedad de sistemas de pintura para la superficie exterior de los tanques. Los sistemas van desde un simple recubrimiento de 3 capas de alquídico a el sofisticado recubrimiento de epoxy-uretano y todas las combinaciones entre ellos. Cada uno de los mismo desarrollado con características específicas de resistencia y de aplicación, las mismas que aumentan de forma gradual con el grado de sofisticación.

**TABLA I**

**"SISTEMAS UTILIZADOS COMERCIALMENTE  
PARA EL INTERIOR DE TANQUES"**

• Sistema 1	Sistema #1 epóxico multipropósito de alta resistencia de tres capas de 100 micras con un espesor total de 300 micras.
• Sistema 2	Sistema epóxico compuesto de una capa de primer de 100 micras y dos capas de coal-tar epóxico de 180 micras cada uno dando un espesor total de 455 micras.
• Sistema 3	Sistema compuesto de una capa de coal-tar epóxico de 250 micras.
• Sistema 4	Sistema compuesto de una capa de coal-tar epóxico de 300 micras.

**TABLA II**

**"SISTEMAS UTILIZADOS COMERCIALMENTE PARA  
EL EXTERIOR DE TANQUES"**

• Sistema 1	Sistema #1 epóxico multipropósito de alta resistencia de tres capas de 100 micras con un espesor total de 300 micras.
• Sistema 2	Sistema #2 epóxico de 2 capas de 100 micras con un espesor total de 200 micras.
• Sistema 3	Sistema de una capa de primer epóxico de 75 micras y dos capas de esmalte de 50 micras cada una con espesor total de 175 micras.
• Sistema 4	Sistema de una capa de primer de epoxipoliámida rico en zinc orgánico de 50 micras, una capa intermedia de sellado de epoxipoliámida de 90 micras de espesor y una capa de acabado de poliuretano alifático de 50 micras con un espesor total de 190 micras.
• Sistema 5	Sistema de una capa de primer de epoxipoliámida rico en zinc orgánico de 50 micras, una capa intermedia de epóxico de alto contenido de sólidos de 90 micras de espesor y una capa de acabado de poliuretano alifático de 50 micras con un espesor total de 190 micras.

La selección de alguno de estos sistemas se realiza de acuerdo a el tipo de atmósfera, como ya hemos recalado y considerando parámetros de costos. Las especificaciones de los mismos serán suministrados por lo propios fabricantes, en

lo referente a condiciones de aplicación , número de capas, y espesores de las mismas. Una excelente referencia de sistemas apropiados es el que se muestra en el estudio elaborado por el proyecto PATINA ( 6 ), en donde se investiga precisamente el comportamiento de distintos tipos de pinturas en atmósferas de diferente agresividad durante un período de tiempo suficiente para determinar un comportamiento general de su vida útil, así como también la degradación de las diferentes propiedades de la pintura. En ese documento se encuentran sistemas clasificados en tres grupos básicos en función del medio en el que van a dar servicio y que son:

- a) Atmósfera Rural e Urbana ,
- b) Atmósferas Marina, Costera e Industrial y
- c) Atmósferas especiales.

De esos grupos tomaremos los sistemas que se encuentran en los dos primeros grupos, pues son los que se aplican a nuestro medio, los cuales se encuentran enumerados en las tablas III y IV

---

(6) PATINA. Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmósfera

**TABLA III**  
**"SISTEMAS PARA ATMÓSFERAS RURALES Y**  
**URBANAS "**

Esquema de Pintura	Descripción del sistema	Espesor Total ( $\mu\text{m}$ )
1A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una capa de pintura de fondo (primer) a base se <math>\text{Pb}_3\text{O}_4</math> y resina alquídica en aceite de linaza (espesor en seco <math>30 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	80
1B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capas de primer a base se <math>\text{Pb}_3\text{O}_4</math> y resina alquídica en aceite de linaza (espesor en seco por capa <math>35 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	120
2A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una capa de primer a base se <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> y resina alquídica aceitosa (espesor en seco <math>30 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	80
2B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capas de primer a base se <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> y resina alquídica aceitosa (espesor en seco por capa <math>35 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	120
3A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una capa de primer a base se <math>\text{TiO}_2</math> y <math>\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math> y resina alquídica en aceite (espesor en seco <math>30 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	80
3B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capas de primer a base se <math>\text{TiO}_2</math> y <math>\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math> y resina alquídica en aceite (espesor en seco por capa <math>35 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )T5</li> </ul>	120

### TABLA III

(Continuación)

4A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 mano de primer a base de oxido de zinc y resina alquídica en aceite.</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa 25 <math>\mu\text{m}</math> )</li> </ul>	80
4B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 mano de primer a base de oxido de zinc y resina alquídica en aceite.</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa 25 <math>\mu\text{m}</math> )</li> </ul>	120
5A	Una capa de primer epoxi-poliamina pigmentada con $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (espesor en seco 30 $\mu\text{m}$ ) 2 capas de pintura de acabado de poliuretano alifático (espesor en seco por capa 25 $\mu\text{m}$ )	80
5B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capas de primer epoxi-poliamina pigmentada con <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> (espesor en seco 30 <math>\mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado de poliuretano alifático (espesor en seco por capa 25 <math>\mu\text{m}</math> )</li> </ul>	120
10A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una capa de primer silicon-alquídico (espesor en seco 30 <math>\mu\text{m}</math> )</li> <li>• Una capa de pintura de acabado silicon-alquídico (espesor en seco 30 <math>\mu\text{m}</math> )</li> </ul>	80
10B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capas de primer silicon-alquídico (espesor en seco 40 <math>\mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capa de pintura de acabado silicon-alquídico (espesor en seco 30 <math>\mu\text{m}</math> )</li> </ul>	120

(\*) A - esquemas de menor espesor  
B - Esquemas de mayor espesor

**TABLA IV**

**"SISTEMAS PARA ATMÓSFERAS MARINAS,  
COSTERAS E INDUSTRIALES "**

Esquema de Pintura	Descripción del sistema	Código de Pintura	Espesor Total ( $\mu\text{m}$ )
6	<p>Una capa de primer rico en zinc, silicato de (espesor en seco <math>60 \mu\text{m}</math> )</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una capa de pintura de sellado (tie coat) epóxica (espesor en seco <math>30 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado de poliuretano alifático T9 (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	T10 T11 T9	140
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una capa de primer epóxico rico en zinc (espesor en seco <math>60 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• Una capa de pintura de sellado (tie coat) epóxica (espesor en seco <math>30 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado de poliuretano alifático (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	T12 T11 T9	140
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una capa de primer epoxi-poliamina pigmentada con <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> (espesor en seco <math>45 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado de poliuretano alifático (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	T8 T9	140
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 manos de pintura de caucho clorado (espesor en seco por capa <math>40 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 manos de pintura de acabado de caucho clorado (espesor en seco por capa <math>3040 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	T13 T14	140
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capas de primer silicon-alquidico (espesor en seco <math>40 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capa de pintura de acabado silicon-alquidico (espesor en seco <math>20 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	T6 T7	120

## TABLA IV

(Continuación)

Esquema de Pintura	Descripción del sistema	Código de Pintura	Espesor Total ( $\mu\text{m}$ )
1B (*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capas de primer a base se <math>\text{Pb}_3\text{O}_4</math> y resina alquídica en aceite de linaza (espesor en seco por capa <math>35 \mu\text{m}</math> )</li> <li>• 2 capas de pintura de acabado brillante aceitosa alquídica (espesor en seco por capa <math>25 \mu\text{m}</math> )</li> </ul>	T1  T2	120

(\*) Esquema idéntico al sistema 1B de la tabla III

En el documento elaborado por C. Hare (7) para la SSPC encontramos, adicionalmente, un listado de las propiedades de materiales usados como capa intermedia y de acabado para servicio exterior o de interprete que servirán para tener una referencia cruzada a la hora de seleccionar un sistema.

Para el caso de los sistemas utilizados para el interior de los tanques, los datos se obtuvieron otras referencias como en la de la versión vigente de la AWWAD102 (8) en la cual se enumeran 5 sistemas de pinturas aplicables a los tanques que se encuentran enumerados en la tabla V.

---

(7) "Paints for anticorrosion service", Good Painting Practice, Structure Steel Painting Manual Vol. 1

(8) Normas de la American Water Works Asociation

**TABLA V**  
**"SISTEMAS INTERIORES DE TANQUES "**

<b>Sistema #</b>	<b>Componentes</b>
1	Tres manos de alquídico
2	Cuatro manos alquídico
3	Dos manos de alquídico mas una de acabado con silicona alquídico
4	Tres manos de vinilo
5	Una mano imprimante rico en zinc orgánico con una de alquídico con caucho clorinado

En adición a los sistemas mostrados en la awwa D102, existen una amplia variedad de sistemas de pinturas patentados, todos los cuales tienen algún mérito y los que tienen sus características de revestimiento. Una selección mas detallada de un sistema en especial o aun la implementación de un sistema particular podrá ser desarrollada con las especificaciones de pinturas que expuestas por la SSPC en sus especificaciones de pinturas (9).

---

(9) Sistemas and Specificacion , Structure Steel Painting Manual Vol. 2

La persona responsable de seleccionar el sistema a utilizar tiene que tener mucho cuidado al elegir el sistema de pintura apropiado. Considerando, por ejemplo, los uretanos. El sistema mas prometedor en el mercado de hoy en día es el sistema de pintura de epoxy-uretano, que es un mano imprimante de pintura de epóxico catalizado con un recubrimiento superior de un paquete doble de pintura poliester uretano alifático.

Existen otros uretanos: el denominado "single pack" (aromatic) vinilo-uretano, uretano epóxico, uretano acrílico, y así mas. La mayoría de estas combinaciones de uretanos no tienen la retención de brillo y color de los poliester uretano alifático. Por esto, corresponde a la persona responsable estar dispuesto a realizar las preguntas que le lleven a conocer que esta obteniendo con el uretano. Si persiste la duda sobre un material de pintura dado, ayuda esta disponible de la awwa, u otros miembros del comité de pinturas de tanques de la SSPC.

# **CAPÍTULO II**

**“PRACTICAS NORMATIVAS EN SISTEMAS  
DE PINTURA”**

## **2.1 CONTROL DE CALIDAD PARA EVALUACIÓN DE PINTURA**

La existencia de una gran diversidad de productores de pinturas suministrando una gama de productos, obliga a tener un control sobre la pintura que vayamos o que hayamos adquirido. Para poder tener una certificación de la calidad de una pintura, es necesario conocer el desenvolvimiento de la misma en aplicación y servicio además de la calidad de los componentes, del proceso de fabricación y del criterio del diseño de esta.

El punto de partida para la evaluación de calidad de pintura será en la fabricación de la misma. Las evaluaciones a las que se somete al producto para cumplir las normas necesarias para encontrarse dentro de una clasificación. Así pues, se necesitara una serie de pruebas que se referirán a todas las distintas facetas que intervendrán en la calidad de una pintura. Estas pruebas comprenden una muy extensa lista que examinarán propiedades físicas, químicas y mecánicas, así como aspectos estéticos, y la clasificación de dichas pruebas será dependiendo de que tipo de propiedad se desea evaluar.

Una clasificación primaria o básica de estas evaluaciones es la que las divide en lo correspondiente a las pruebas que se realizan en la manufactura de las mismas, que tendrá que ver con los materiales utilizados, la metodología de producción, los procesos y su manipuleo, y las que probaran las propiedades con las que se desenvolverán.

Estas pruebas se encuentran especificadas y estandarizadas por diferentes instituciones regidoras. Como referencia en nuestro caso usaremos el listado de "Pruebas Típicas de Calidad de Pintura" (10) preparado por Bernard M. Kramper para el SSPC que toma en consideración las pruebas establecidas por organismos como la ASTM (11) y por el FTMS (12) y que se muestra en la tabla VI.

**TABLA VI**  
**"PRUEBAS TÍPICAS DE CONTROL DE CALIDAD DE PINTURA"**

	<b>Federal Standard 141</b>	<b>ASTM</b>
<b>A) Viscosidad</b> (Consistencia)		
Viscosidad Brookfield	-----	D 2196*
Viscosidad Stormer	-----	D 562
Copa Ford #4	-----	D 1200
Copas Zahn	-----	D 1084
Tubos de Gardner-Holdt	-----	D 1545
<b>B) Dispersión</b>		
Medidor de Hegman	-----	D1210

---

(10) "Quality control of paints - as manufactured". Good Painting Practice, Structure Steel Painting Manual Vol. 1

(11) ASTM. American Society For Testing And Material , Standards

## 12) Federal Test Method Standard No. 141

## TABLA VI

(Continuación)

	Federal Standard 141	ASTM
<b>C) Densidad</b>		
Copa de peso / galon	4184.1	D 1475*
Pycnómetro	-----	D 819
Balanza de Westphal	-----	D 819
Hidrómetro	-----	D 819
<b>D) Características de Aplicación</b>		
Uniformidad , Lisura	4494	D2801*
Aplicación con Brocha	4321.1	
Aplicación con Spray	4331.1	
Propiedad de Humedecer	4341.1	D 823*
Reducibilidad y Estabilidad de Dilución	4203.1	
Olor	4401	D 1296*
<b>E) Características de película</b>		
Tiempo de secado	4061.1	D 1640
Brillo	6101	D 523
Color	4250	D 3134*
<b>F) Características Físicas de la película</b>		
Flexibilidad - Mandril	6221	D1737*
- Mandril cónico	6222	D 522*
Dureza - Lápiz	-----	D 3363
- Sward Rocker	-----	D 2134
- Idéntica	6212	D 1474
- Durómetro	-----	D 2240
Resistencia a la abrasión		
- Caída de arena	-----	D 968
- Tambor abrasivo	6192	D 1044

Adherencia	6303.1	D 2197
------------	--------	--------

## TABLA VI

(Continuación)

	Federal Standard 141	ASTM
<b>G) Apariencia en el contenedor</b>		
Condición general	3011.1	D 2090*
Partículas gruesa y odres	4091 , 4092.1	D 185
Formación de odres	3021	D 154
Estabilidad en almacenaje	3022	D 1849*
<b>H) Composición</b>		
Contenido de volátiles y no volátiles	4041.1	D 2369*
Contenido de pigmentos	4021.1	D 2698*
Contenido de agua	4081	
<b>I) Resistencia (Desenvolvimiento)</b>		
Inmersión	6011	
Humedad	6071	D 2247
Niebla salina	6061	B 117
Corrosión acelerada (arco abierto)	6151	D 822
(Q.U.V.)	-----	G 53

Pruebas recomendadas para pinturas diluidas en solventes D 3383

Pruebas recomendadas para pinturas diluidas en agua D 3358

\*Test de la ASTM similar pero no idéntico a método del FTMS

A esta ya extensa lista se suma otra aun más extensa de pruebas que tienen que ver con el análisis específico de los tipos de componentes de la pintura y de características mecánicas, además de pruebas de exposición de probetas, las

cuales conllevan una gran inversión de tiempo, como en el caso de las probetas expuestas en el proyecto Patina (6 ).

Todas estas pruebas requieren de equipos de mucha tecnología y de operarios de los mismos con conocimientos suficientes para conducir e interpretar los resultados de las mismas, pues debido a la cantidad de variables que afectan en los procedimientos es necesario tener consideraciones de humedad ambiental y temperatura, que solo pueden obtenerse en laboratorio y que al variar darán resultados fuera de los márgenes establecidos por la estandarización y completamente irreales.

Pero surge la pregunta después de haber escuchado todo esto de ¿Qué pruebas se pueden desarrollar en campo?. Tomando en consideración recomendaciones hechas en diferentes publicaciones por distintos fabricantes de pintura (13) tenemos pruebas que censan los aspectos físicos y químicos como:

- Viscosidad
- Espesor de capa húmeda
- Espesor de Capa seca
- Polimeración

---

( 13 ) PETROBRAS, CARBOLINE.

En los aspectos mecánicos tenemos

- Adherencia
- Porosidad

y finalmente en el aspecto estético tenemos:

- Escurrimientos o chorreamientos
- "Overspray" o pulverización seca
- Impregnación de abrasivo en la película de pintura

De estas pruebas, aquellas que requieren equipos, son relativamente sencillas de usar y sus resultados son muy claros, y las otras son conducidas a partir de patrones de comparación, simple apreciación o buen gusto.

## **2.2 CONTROL DE RECURSO HUMANOS**

En la tarea de pintar un tanque se encuentran involucrados diversidad grupos de personas que tendrán incidencia directa e indirecta sobre el resultado de la operación de pintado así como también la responsabilidad del trabajo ejecutado, de las personas involucradas en este trabajo y del resultado final del mismo.

Debido a importancia que involucra esta operación por la inversión económica efectuada en la estructura, por riesgos de perdidas por la mala ejecución o accidentes por parte de la empresa contratada, lo cual representa un atraso en la

entrega de la obra y por consiguiente pérdidas para el dueño de la misma. Todo este tipo de circunstancias obligan a la empresa contratante a solicitar una garantía o certificación de que la empresa que ejecutará la obra consta con la capacidad técnica, operativa y logística suficiente para cumplir con lo contratado en el tiempo estimado. De ahí se desprende la necesidad de evaluar a las empresas que participan en la licitación de la ejecución de una obra, esta evaluación tendrá que ser sobre la base de parámetros establecidos previamente y evaluados por la empresa contratante o por una compañía que ejerza la función de calificadora y garantizadora frente a la compañía contratante.

### **2.2.1 EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR DE SERVICIOS**

Establecer un procedimiento único y general para la calificación de una empresa que fungirá de contratista en una obra para la ejecución de una aplicación de pintura es, de manera franca, imposible debido a la serie de incidencias que caracterizan a determinados procesos de aplicación de sistemas de pintura para estructuras sean estas sumergidas, barcos, tanques etc.

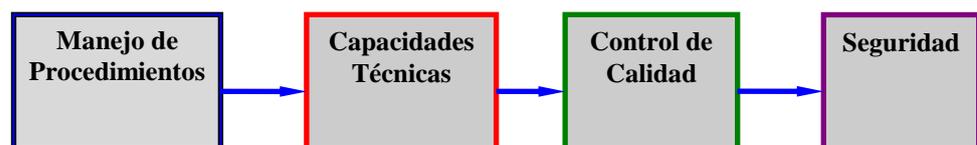
Así, presentamos un procedimiento sujeto a modificaciones por parte del usuario dependiendo de que características o requerimientos considerados de importancia y cuales no; independientemente de lo expuesto aquí se suma los requisitos impuestos por el contratante.

Este procedimiento fue desarrollado sobre la base de la norma SSPC-QP 1 (14) y con la colaboración de diferentes personas con experiencia en el desempeño de este tipo de trabajo, de modo de hacerlo mas apropiado al medio en que nos desenvolvemos.

El objetivo de este procedimiento es determinar si un contratista tiene el personal, organización, calificación, procedimientos, conocimientos, y capacidad para ejecutar una preparación de superficie y la aplicación de un recubrimiento de determinada calidad a una estructura compleja

### **FUNCIONES A EVALUAR**

En el caso de la selección de un contratista, existen cuatro áreas de función a ser evaluadas:



---

(14) "Standard Procedure For Evaluating Qualifications Of Painting Contractors", Structure Steel Painting Manual Vol. 2

Los requerimientos para cada una de estas áreas deberán ser establecidos por la empresa o por departamento al que se designe el desarrollo del sistema a aplicar. Los requerimientos generales para las áreas son:

**1) MANEJO DE PROCEDIMIENTOS**

- a) Política de la compañía
- b) Organización del Personal
- c) Administración y manejo de procedimientos

**2) CAPACIDADES TÉCNICAS**

- a) Calificación del personal

Deberá mostrar las calificaciones del personal, sus programas de entrenamiento y su monitoreo del personal de aplicación

- b) Recursos técnicos

Lista de sociedades técnicas, asociaciones de industria u otros grupos industriales de los que sea miembro o con los que se encuentre relacionado. También se deberá hacer una verificación de que la empresa mantenga una librería de los estándares técnicos adecuado para cualquier certificación solicitada.

c) Procedimientos

Registros de especificaciones de trabajo y revisiones. Procedimientos para las recepciones de especificaciones de trabajo, revisiones, aclaración de especificaciones ambiguas, de comunicaciones de trabajo con producción y con control de calidad.

d) Equipos, medios y experiencia

Lista de materiales que tienen que ser aplicados en cantidades de producción junto con sus suministradores y fabricantes con la correspondiente aprobación de la compañía para su aplicación. Una lista de trabajos recientemente culminados y de experiencia de trabajo con un soporte de capacidades para desarrollar el trabajo al nivel de calidad requerido. La lista debe incluir:

- Nombre y dirección del cliente y contacto principal.
- Descripción de los trabajos realizados.
- Materiales aplicados.
- Equipo usado.
- Tipo y número de personal empleado.
- Algún requerimiento especial o provisión (p.e. seguridad ambiental).

También se suministrará una lista del equipo propiedad de la empresa y del que es alquilado con una descripción de los programas de mantenimiento y reparación.

### **3) CONTROL DE CALIDAD**

#### a) Calificación del personal

Deberá mostrar las calificaciones y certificaciones del personal de inspección, registros de sus programas de inspección u descripciones de sus funciones. Registros de su entrenamiento y de su experiencia en calificaciones de inspectores y supervisores.

#### b) Procedimientos de inspección y sistemas de registro y archivo

Registros de estándares y especificaciones para el trabajo de inspección y su utilización, sistemas de llenados de reportes, disponibilidad de estándares de calibración de equipos de inspección, procedimientos de verificación de aplicación de procedimientos, procedimientos que aseguren que cada operación mayor ha sido inspeccionada y procedimientos de calibración de equipos de inspección

#### **4) SEGURIDAD**

##### a) Procedimientos de Seguridad y sistemas de archivo

Documentación de seguridad, reuniones y otras actividades, reuniones "pre-operación" de seguridad, reportes de accidentes, procedimientos para la determinación de eficiencia de seguridad y de medición de pérdida de control, procedimientos de seguridad de equipos especiales, provisión de equipos de seguridad para el personal, personal capacitado en primeros auxilios y capacidad de reforzamiento de medidas de seguridad.

##### b) Recursos materiales

Lista de recursos materiales y de información de seguridad disponibles, procedimientos para adquisición de materiales y de información de seguridad.

#### **2.2.2 EVALUACIÓN DEL PERSONAL**

La evaluación de la capacidad de las personas en éste campo se encuentra un poco dentro de lo que el subjetivismo del contratista permita; esto significa que las consideraciones de capacidad de un operador con respecto a otro pueden verse disminuidas por diferentes hechos, como de que es

menos conocido o que otro operador ya halla trabajado anteriormente con el contratista.

Estos trabajos requieren un apropiado conocimiento de principios técnicos específicos. Este procedimiento ha sido desarrollado para ayudar en el reconocimiento de las características esenciales para la calificación de un operador envuelto en la practica o ejecución de soplado abrasivo y en la aplicación de sistemas de pinturas modernos y de recubrimientos.

La calidad en la aplicación de un recubrimiento depende principalmente de la capacidad con la que cuente quien ejecute dicha aplicación. Esta sección ha sido preparada sobre la base del estándar de la NACE ( 5 ) RP0495-95 ( 15 ) que tiene por objeto establecer guías en la calificación de personal en preparación de superficies y aplicación de pinturas y recubrimientos. En el desarrollo de las prácticas escritas requeridas, la autoridad calificadora deberá revisar las recomendaciones detalladas y de ser necesario modificará lo que esté acorde con sus necesidades específicas. Cualquier modificación no comprometerá la calidad ya sea en la hechura o aplicación, y deberá estar documentada para su revisión.

---

(15) NACE RP0495-95: Guidelines for Qualifying Personel as Abrasive Blasters and Coating and Lining Applicators in the Rail Industries

La calificación de personal de acuerdo con estas recomendaciones será aplicable para personal que realice actividades en cada uno de los siguientes procesos:

- a) Establecer procedimientos
- b) Limpieza por soplado abrasivo en seco y con agua.
- c) Requerimientos ambientales, de seguridad e higiene de los procedimientos y de operadores
- d) Procedimiento y especificaciones de control de calidad

Procesos adicionales a los anteriormente expuestos se encuentran contemplados en el documento referido anteriormente ( 15 ).

### **Niveles de Calificación**

Existen 4 niveles básicos de calificación, estos pueden ser subdivididos por el empleador cuando niveles adicionales de habilidad o responsabilidad sean necesarios para aplicaciones específicas. Los cuatro niveles básicos de calificación son:

<b>Aprendiz:</b>	Aquella persona que muestra habilidad y disposición para aprender procedimientos de soplado abrasivo y aplicación de materiales de recubrimiento y pinturas. Un aprendiz debe tener conocimiento de todos los procedimientos de seguridad relacionados con el soplado y la aplicación de recubrimientos.
------------------	--

<b>Ayudante:</b>	O asistente, es un individuo calificado para ejecutar apropiadamente un proceso específico de acuerdo con un procedimiento escrito, o una serie de instrucciones. Un ayudante debe recibir necesariamente la guía o supervisión de un operador calificado o un supervisor.
<b>Operador:</b>	Un individuo calificado para ejecutar limpieza de superficie y recubrimientos de acuerdo a los códigos, estándares y especificaciones aplicables. Un operador debe estar fuertemente familiarizado con el alcance y limitaciones de los métodos y ejercerá responsabilidades asignadas en el entrenamiento en campo y la supervisión de los ayudantes aprendices. Un operador debe ser capaz de preparar instrucciones escritas, organizar calendarios de fabrica y reportes de calidad del trabajo completado.
<b>Supervisor</b>	Un individuo capaz y responsable para establecer técnicas, estándares, y especificaciones. Esta persona tendrá conocimiento para seleccionar un método particular de limpieza, método de aplicación, y procedimiento a usar. Un supervisor deberá ser capaz de evaluar resultados en términos de los estándares existentes y especificaciones, poseer un soporte o experiencia práctica con los materiales usados, aplicación de procesos, y/o tecnología de productos para asistir a las autoridades que desarrollan las especificaciones o ingenieros en corrosión que establecerán los criterios de aceptación. Un supervisor será responsable por el entrenamiento y examinación de los aprendices, ayudantes y operadores previo a su calificación.

En lo correspondiente a los requerimientos de calificación, es donde se establece el perfil del individuo que aplica a una función de las anteriormente descritas. Estos requerimientos se expondrán en el capítulo #3 en la parte correspondiente a personal.

### Calificación por Examinación

Un sistema de medición para determinada comprensión de material de entrenamiento y competencia general debe ser establecido. La examinación y calificación es un proceso de múltiples pasos.

Para ser considerado para examinación, el personal debe haber alcanzado los requerimientos del empleador en la prueba escrita. Un supervisor o un representante designado por la autoridad calificadora debe conducir y evaluar los exámenes a todos los aprendices y operarios. La examinación usada para verificar calificaciones físicas y técnicas debe consistir en lo siguiente:

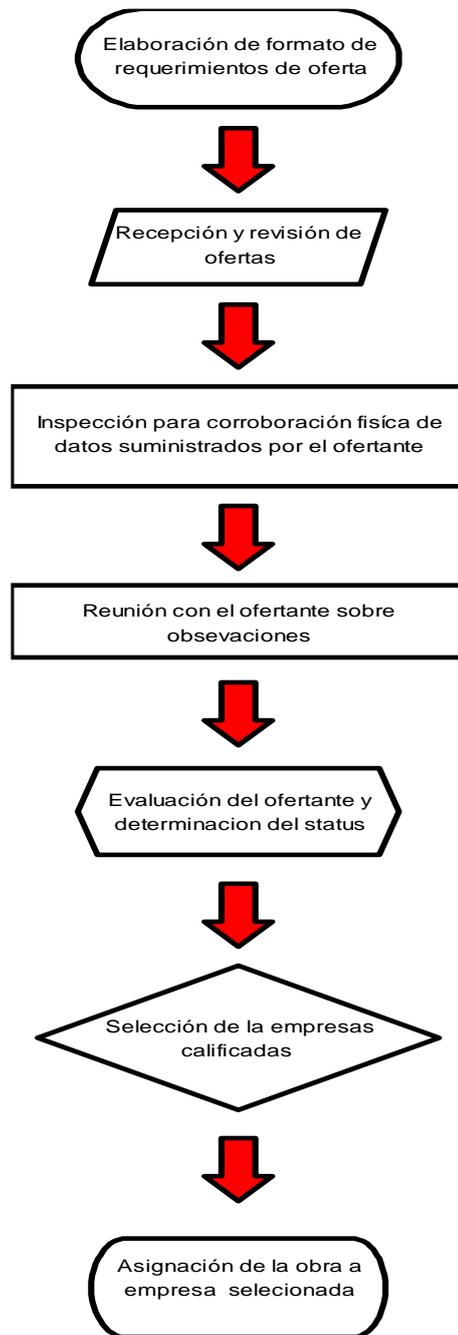
Tipo de Evaluación:	
Física:	La calificación física de un candidato debe ser establecida con respecto a su grado de precisión visual; la medida de su visión deberá ser demostrada por métodos de pruebas industrialmente aceptados.
Oral o Escrita:	Una examinación que cubra materiales, equipos, y principios básicos de los procesos deberá consistir de un apropiado cuestionario desarrollado por un supervisor y/o un representante designado. Una examinación compuesta de preguntas detalladas en procesos específicos o materiales debe ser desarrollada por las autoridades responsables de la evolución del proceso, materiales o sistema específico.

Práctica:	La demostración de competencia por la ejecución de procesos específicos es un parámetro para el proceso de calificación. El supervisor debe preparar paneles de prueba que requiera el aplicante para demostrar eficiencia en procesos determinados. Los resultados de estas pruebas deberán servir para probar competencia. Cuando el uso de paneles de prueba es impráctico, la calificación en procesos específicos deberá ser verificada por medio de producción de trabajo actual ejecutado.
-----------	---

### **Calificación**

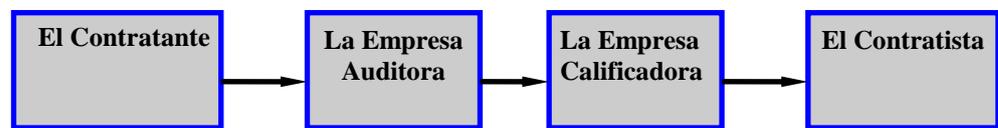
La calificación será responsabilidad del empleador en concordancia con los procesos escritos de control de calidad. La calificación será basada en la demostración de eficiencia, capacidad y documentado conocimiento técnico.

Debido al progreso técnico de la industria, recalificaciones periódicas deberán ser consideradas en las prácticas de calidad del empleador. Una vez que se han establecido las condiciones y estándares requeridos por la empresa dueña de la obra con la empresa calificadora ( si es que la hubiera) se procede a efectuar diferentes acciones de la siguiente forma lógica que se presenta en la figura # 2.1. Esta serie de pasos son, de forma general, los que se deberán efectuar al calificar una empresa.



**Figura #2.1 “SECUENCIA DE PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE CONTRATISTAS”**

Este procedimiento varía levemente cuando, el ente calificador es una empresa independiente de la empresa dueña de la obra, como el caso de una agencia de calificación. En dicho caso, las acciones resultan de una previa interrelación entre 4 entes:



En esos casos, existe la intervención de agentes que se encargaran de garantizar la capacidad de la empresa y la correcta ejecución de la misma, responsabilidades que recaen en la empresa calificadora y la empresa auditora respectivamente.

Ahora, el veredicto de la empresa calificadora podrá ser apelado, y la calificación tendrá una validez por tres años y deberá ser corroborada por medio de un informe anual durante dicho período, al final del cual se efectúa una nueva calificación, decidiendo revocar o renovar por 3 años más dicha calificación.

## **2.3 RESPECTO A LOS SISTEMAS DE PINTURA**

El desarrollo de la tecnología a través del tiempo a hecho que desarrollen estándares que permitan una uniformidad en los resultados esperados para una determinada tarea. De ese punto parte el desarrollo de normativas para los procedimientos, las cuales resumiremos de forma breve las más importantes.

### **2.3.1 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE**

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.

La preparación mecánica de la superficie ha sido tradicionalmente el medio para adecuar el sustrato de metal para el subsecuente sistema de recubrimiento. Los sistemas de preparación de superficie varían desde la más rudimentaria espátula hasta sistemas de láser. El amplio espectro de herramientas disponibles sugiere que la preparación de superficie es, de hecho, un proceso complicado y complejo por lo cual requerirá de un buen conocimiento de los mismos y de los parámetros de trabajo que dicten los procesos para la correcta selección. No será necesariamente el mismo procedimiento si estamos reparando una zona de pintura de un tanque, dándole mantenimiento o si pintamos un tanque nuevo.

## PARÁMETROS DE TRABAJO

### a) Localización del trabajo.-

A pesar de que no es generalmente considerado, la localización del trabajo es un importante parámetro de en la selección del método de preparación de superficie (figura #2.2 ). Si el trabajo es en la línea de producción, entonces un sistema de operación automática tal como una maquina de rueda centrifuga debe ser considerada. Por otro lado, en fabricación al aire libre, en obra, mantenimiento o trabajos de reparación generalmente se utiliza herramientas manuales, mecánicas o una limpieza con soplado de arena. Si el trabajo es localizado en una área donde sales solubles pueden contaminar la superficie, tal como cerca del mar o en una atmósfera industrial, entonces la limpieza con soplado húmedo puede ser preferible



**Figura # 2.2 "COMPRESORES MOBILES EN TRABAJO EN CAMPO "**

**b) Condición de la superficie.-**

La preparación de superficie seleccionada dependerá también de la condición de la superficie a limpiar. Por ejemplo, ¿Esta recubierta, oxidada, pintada o viene directamente de la fábrica? . Superficies con costras o herrumbre son mejor limpiadas por cualquiera de los métodos mecánicos que emplean un medio abrasivo. Superficie pintadas pueden ser limpiadas con herramientas manuales o mecánicas para quitar la pintura. Para una limpieza más extensiva de superficies pintadas, un método de limpieza de soplado abrasivo puede ser usado. Para los aceros que vienen de directamente de la fundición es usual limpiarlos por medio de maquinas de rueda centrifuga en la línea de producción.

**c) Grado de Limpieza**

El grado de limpieza requerido por el suministrador de la pintura para determinado sistema, como esta definido por la especificación de preparación de superficie de la SSPC ( 16 ) , es un factor determinante en el método de limpieza. Especificaciones de herramientas manuales y mecánicas se aplican solamente donde una preparación de superficie localizada es requerida, como en la remoción de pintura suelta, sopladuras de pintura,

---

(16) SSPC-SP COM Jul. 15, 1995.

áreas de herrumbre u otros defectos de superficie localizados o de áreas relativamente pequeñas.

Especificaciones de limpieza con soplado abrasivo usualmente cubren aplicaciones donde toda la superficie debe ser preparada a un grado específico de limpieza y para áreas más grandes que las estimadas en otros métodos de limpieza o donde su implementación sea mas practica.

#### **d) Limpieza física versus limpieza química**

Estudios realizados por R. Allen ( 17 ) y a McKelvie ( 18 ), confirmados por la SSPC, muestran que residuos químicos contaminantes pueden ser una amenaza mayor para el sistema de recubrimiento que las imperfecciones físicas que se puedan dar en la superficie debido a una limpieza mecánica. Es el caso que se da en tanques, debido a las pruebas hidrostática a las que se somete antes de ser pintado. El agua con que se hace esta prueba es generalmente adicionada con químicos que podrán generar incrustaciones sobre la superficie.

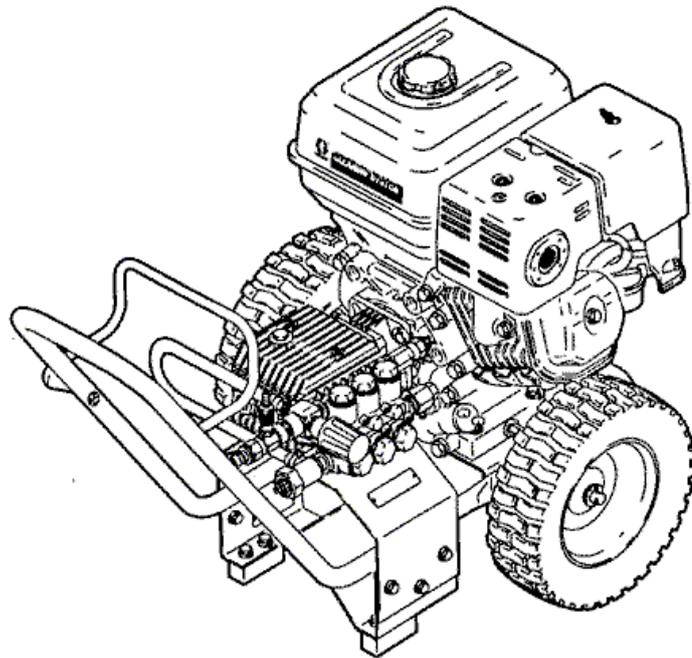
---

(17) J.R. Allen & C. Calabrese, Corrosion, Vol 34, No. 10, Oct. 1978

(18) A.N. McKelvie, Evaluation of Various Cleaning Processes for Steel, PRA.

Así, de acuerdo con estudios, las técnicas de limpieza por soplado abrasivo no remueven los contaminantes no visibles tales como las sales de la herrumbre que se formaran debido al contacto con agua.

Métodos como la limpieza con equipos de agua a alta presión (water blasting) mostrado en la figura # 2.3 y el de agua-abrasivo a alta presión (water-abrasive blasting) han probado tener mayor efectividad en la remoción de tales contaminantes de la superficie.



**Figura # 2.3 "BOMBA PARA WATERBLASTING"**

### **e) Perfil de Rugosidad**

El acabado superficial ( perfil o anclaje) resultante de la preparación de superficie debe ser compatible con el subsecuente recubrimiento o pasos de acabado. Si el recubrimiento es de 50.8  $\mu\text{m}$  o menos, el perfil de la superficie debe ser mas fino que el perfil que un recubrimiento de mayor espesor necesitaría. Idealmente la mejor manera de probar lo adecuado de un perfil seleccionado es por medio de probetas sometidas a pruebas, pero hoy en día la mayoría de las fabricantes de pinturas recomiendan al suministrar sus productos, un grado de limpieza y un mínimo de rugosidad o perfil probado previa mente para una correcta adhesión de la pintura.

### **f) Restricciones ambientales.**

En los recientes años las restricciones ambientales han jugado un papel importante en la selección de los métodos de preparación de superficie. Para minimizar el polvo, las arenas baratas han sido reemplazadas por productos costosos y menos abundantes tales como escoria de fundición y escoria de cobre. También los métodos de soplado en lugares cerrados o cubiertos en preferido a los hechos en lugares descubiertos. Si es necesario usar un soplado en un lugar encerrado, se debe tener en consideración el reciclado de los abrasivos de metal y las maquinas de soplado centrifugo de rueda. Para minimizar subsecuentes problemas ambientales, se debe

investigar el impacto ambiental del mecanismo de preparación de superficie elegido.

### **Limpieza por soplado abrasivo (sand blasting)**

El denominado soplado abrasivo, o chorreado abrasivo, es el método aplicado en la limpieza o preparación de superficie en tanques de grandes superficies, rápido y comprobado. Una apropiada preparación de superficie por este método suministra un fundamento para el sistema de pintura, resultando en una superficie limpia, con rugosidad uniforme, y una larga vida económica del recubrimiento. Este método se aplica en partes o soldaduras que no son uniformes en tamaño o forma.



**Figura # 2.4 "VISTA FRONTAL Y POSTERIOR DE EQUIPO DE SANBLASTING"**

Los equipos de soplado abrasivo (figura #2.4) descargan abrasivos dentro de una corriente de aire a través de mangueras a una boquilla que lo dirige a la pieza de trabajo. De hecho, el elemento a ser limpiado es erosionado por una masa de partículas abrasivas hasta obtener una limpieza de su superficie. Estas boquillas existen de diseño normal o de venturi, en varios materiales. La selección de uno u otro tipo dependerá del beneficio obtenido con relación al costo de las mismas.

### **Tipos de equipos de soplado abrasivo.**

Existen 3 tipos de equipos:

#### De presión.

En este tipo de equipo la maquina esta a la misma presión que todo el sistema, esto es: el compresor, las líneas de aire, la boquilla, la maquina y las mangueras. Es el sistema más productivo en lo que se refiere a limpieza.

Su eficiencia depende ampliamente de la presión en la boquilla, la cual esta dentro de un rango entre los 90 y 100 psi. La presión de la maquina, o "tanque" varía con el tamaño, pero deberá estar siempre bajo presión para el soplado de los abrasivos. La velocidad del abrasivo en estos equipos es mayor que el obtenido en los equipos de succión.

### De succión

En ese equipo se usa el método de chorro de succión para obtener abrasivo desde un tanque que no está bajo presión. El chorro de aire "sopla" el abrasivo contra la superficie después de haberlo "chupado" del envase. La velocidad de limpieza es aproximadamente 1/3 más lento que el que se tiene con el equipo de presión con similares tamaños de chorros de aire.

### De vacío

En este equipo, el aire y el abrasivo son capturados en una "capucha" de goma provista. Estos son llevados por succión de vuelta a la unidad de limpieza donde el abrasivo re-usable es separado de los contaminantes de la superficie limpiada, y reutilizada.

Este es considerado un método de limpieza de soplado abrasivo "libre de polvo" pues limita las partículas suspendidas en el aire y el polvo. Este no perturbará la maquinaria adyacente ni a los trabajadores. La velocidad de limpieza es limitada pues la superficie no es visible para el operador.

### **Tipos de abrasivos**

En el empleo de sistemas de limpieza de chorreado abrasivo, del tipo de abrasivo que vayamos a utilizar dependerá, principalmente, del perfil que queramos obtener, del tamaño del abrasivo, de su dureza, y por que no, de

su capacidad de reutilizarse. Estos, podríamos decir, son las características básicas para la selección de un abrasivo, a las que se pueden sumar otras como son disponibilidad, impacto ambiental, seguridad, etc.

Los abrasivos se los divide básicamente en metálicos y no metálicos; y se encuentra clasificados se ven en la tabla VII

**TABLA VII**  
**"CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS**  
**ABRASIVOS"**

<b>Abrasivos Metálicos</b>	Acero fundido	Granalla y perdigones
	Hierro maleable	Granalla y perdigones
	Hierro fundido	Granalla y perdigones
<b>Abrasivos No-metálicos</b>	Naturales	Arenas, Metales pesados, Sílice, etc.
	Subproductos	Escorias
	Manufacturados	Carburo de silicio Oxido de aluminio

Cada uno de ellos tiene características particulares que los harán más "rápidos" o más duros, más fáciles de reciclar, etc. Un resumen más

extenso se puede hallar en el documento de comentarios ( 16 ) de la SSPC con referencia a preparación de superficie.

La selección de los mismos deberá hacerse de manera cuidadosa, de modo que se obtenga el mayor rendimiento de la operación con el menor costo posible, todo dentro de las restricciones de seguridad ambiental que se prevean.

### **PROCEDIMIENTO**

El procedimiento para la correcta ejecución de una limpieza por soplado abrasivo, una vez hecha la una vez obtenida la hoja o ficha de especificación de preparación de superficie, se refiere a la correcta operación del equipo. Los siguientes procedimientos deben ser seguidos, con los correctos tamaños de boquilla, mangueras, maquina y compresor.

- Arrancar el compresor después que hallan sido chequeados los niveles de agua y aceite y que el compresor ha sido colocado "viento arriba" del lugar de limpieza.
- Desenrollar las mangueras de aire y de abrasivo y disponerlas de la manera más directa entre la maquina y el lugar de trabajo.
- Colocar la máquina de limpieza lo mas cerca posible para minimizar el uso de mangueras.

- Conectar la maquina de limpieza a la manguera de suministro de aire expulse cualquier remanente de abrasivo que halla podido quedar de una operación previa.
- Chequee todas las válvulas de control de la maquina de limpieza.
- Abra parcialmente la válvula con trampa de drenaje de humedad para drenar la húmeda que pudiese existir . Coloque los pasadores de seguridad en las mangueras del abrasivo
- Pruebe la unidad completa sin abrasivo.
- Conecte el respirador y el equipo de seguridad probado para la operación.
- Con la maquina despresurizada, añada el abrasivo, empiece la operación de limpieza, ajuste la válvula de paso del abrasivo para permitir el flujo apropiado de abrasivo hacia la boquilla. El flujo correcto a través de la boquilla deberá ser estable. Un flujo desigual o agitado indica demasiado abrasivo.
- En la finalización de la operación, la máquina debe ser vaciada para prevenir introducción de humedad en el abrasivo.
- Antes de pintar la superficie, debe soplarse aire seco con la boquilla, con la maquina sin abrasivo, para remover el polvo generado del abrasivo que pudiese haber quedado sobre la superficie. Entonces la superficie esta lista para ser pintada.

### **Inspección del equipo**

Antes de comenzar a la preparación de superficie u otra actividad de recubrimientos, es necesario que el compresor de aire y otro equipo utilizado para la operación y cualquier herramienta manual o eléctrica sea inspeccionada. Así también se tendrá la certificación de calibración de los aparatos que se utilizaren para la medición de la rugosidad y de la limpieza de la superficie, junto con los patrones comparativos, si es que fueran requeridos. La inspección tendrá como objetivo el comprobar que todos los procedimientos de operación sean ejecutados de acuerdo con lo prescrito, bajo las condiciones acordadas y dentro de las normas establecidas, y que el resultado final este dentro de los parámetros requeridos. Se sugiere que la inspección se haga con la presencia de un representante del dueño de la obra y de uno de la empresa ejecutora en caso de que la labor de inspección sea realizada por una empresa ajena a ambos entes. Ellos serán los encargados de firmar la hoja de inspección en la cual constaran los datos de la operación como, sección ejecutada, operador, hora de comienzo, hora de finalización, comentarios, etc., de manera que quede constancia de cualquier detalle de la inspección. Cabe anotar aquí, que la operación de chorreado abrasivo no se ejecutara por un lapso mayor de 7 a 8 horas, tiempo máximo recomendado para que el material limpio se mantenga así en condiciones climáticas favorables antes de aplicar el recubrimiento.

### 2.3.2 APLICACIÓN DE LA PINTURA

La pintura no es un producto terminado hasta que este ha sido aplicado al sustrato. Por esto la apropiada aplicación de la pintura es una parte crítica de un sistema completo de pintura. Las pinturas de alta calidad, como las que se utilizan en tanques, son más sensitivas a errores de aplicación y pueden fallar drásticamente, aun más que los sistemas convencionales de pintura, los cuales son mucho menos sensitivos a las variables de aplicación. Entonces, es imperativo seguir las instrucciones de preparación, mezclado y aplicación de forma explícita, particularmente cuando aplicamos un caro y sensitivo sistema de alta calidad. Una detallada especificación de los requerimientos generales de la aplicación de sistemas de alta calidad esta dado por la norma SSPC-PA-1 ( 19 ), cuyo sumario lo podemos observar en anexo # 1.

Se puede deducir la cantidad de factores que intervienen en el rendimiento de un sistema de pintura, a partir de aquellos que interviene y afectan la aplicación de la misma.

---

(19) "Shop, Field and Maintenance Painting", Systems and Specificacion , Structure Steel Painting Manual Vol. 2

### **Preparación de los materiales.**

Como las pinturas son pigmentos ellos pueden volverse no uniformes mientras esta almacenada. Durante largos periodos de almacenamiento, los pigmentos, que son mas densos que el vehículo, tienden a asentarse en el fondo de los contenedores. El componente liquido puede separarse y formar una delgada capa en al superficie, o formar una costra, especialmente en los contenedores a medio llenar. Debido a esto es necesario mezclar la pintura para darle a la misma uniformidad y homogeneidad, agitando el vehículo, dispersando capas que se pueden haber generado, removiendo costras, grumos y cualquier partícula de gran tamaño. La pintura si es almacenada a temperaturas altas o bajas, debe ser llevada a una temperatura moderada para su aplicación. Las pinturas de 2 o 3 componentes deben ser cuidadosamente mezcladas antes de ser usadas.

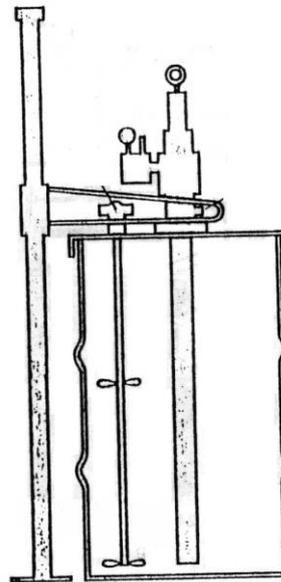
#### **a) Mezclado**

Existen dos maneras básicas de mezclar una pintura, la mecánica y la manual. Un mezclador mecánico es preferible porque es más rápido y produce una mezcla uniforme. Si el mezclado manual es necesario, no debe usarse embaces de mas de 2 galones.

Si existe una película en la superficie de la pintura, se debe remover cuidadosamente dicha película antes del mezclado para evitar la

formación de grumos o partículas gelatinosas. Dependiendo del tamaño de los contenedores, se dispone de los mezcladores; desde taladros de mano con accesorio de fijación hasta grandes unidades portátiles, las cuales pueden ser usadas para mezclar en tanques de 55 galones de pintura. La mayoría de estos accesorios son propelas, como las que se pueden observar en la figura en la figura # 2.5, con unas dimensiones típicas que varia de la siguiente manera:

Longitud de eje	11" a 36"
Diámetro de la propela	2" a 8"
Potencia	hasta ½ HP.



**Figura # 2.5 "MESCLADOR DE PINTURA PARA TANQUES"**

Estos mezcladores pueden ser taladros portátiles, eléctricos o neumáticos.

Los de múltiples propelas son usados generalmente en contenedores grandes como tanques para obtener un mezclado uniforme. Algunas de las propelas son de tipo retráctiles y pueden ser insertadas a través del agujero del tapón del tanque. Durante el mezclado estas se abren legando a un diámetro de 8". Cuando la operación termina, las hojas se contraen permitiendo removerlas a través del agujero del tapón del tanque.

Los agitadores de pintura pueden ser usados para mezclar pintura en contenedores de 5 galones o menos sin necesidad de abrirlos. Se debe evitar, en parte, este método con las pinturas de látex pues puede causar espumosis. Se debe evitar que la pintura "salpique" dentro del envase. La velocidad del aparato debe colocarse tan baja como sea posible para crear un movimiento de la pintura en forma de un leve remolino, o de depresión central, en la superficie. Un remolino grande debe ser evitado, especialmente con las pinturas de látex, pues podría resultar en aspiración de aire y espumosis. La espuma es extremadamente difícil de eliminar y su presencia podría resultar en la formación de burbujas o cráteres en la película de pintura aplicada.

Es recomendable raspar el fondo y los lados del envase para dispersar los pigmentos que pudiesen haberse asentado. Cuando se mezcle, la pintura debe lucir uniforme sin mostrar rayas o trazos de colores en la superficie.

Si el mezclado manual es necesario, se debe verter parte de la pintura en otro envase limpio. La pintura restante puede entonces ser fácilmente mezclado, después de lo cual la pintura separada puede ser vertida de regreso y mezclada. Es aconsejable seguir esta observación en el mezclado mecánico de manera de observar el fondo y los lados del envase.

Cuando se mezclan pinturas de 2 componentes, se debe revisar y mezclar cada uno de los componentes por separado. Entonces se mezclan los dos componentes lentamente hasta que la mezcla sea completamente de un color uniforme. A veces, los dos componentes son suministrados en diferentes colores así que un buen mezclado puede ser fácilmente determinado. No se debe mezclar mas de algunos galones a la vez si es que la reacción exotérmica causada por el mezclado puede ser tan alta como para solidificar la pintura en el envase.

Cuando uno de los componentes de la pintura es un polvo, por ejemplo, zinc, aluminio o bronce, se debe estar seguro que el componente líquido es completamente uniforme antes de proceder. Se debe seguir las instrucciones del fabricante tanto como si se añade el polvo al componente líquido o el componente líquido al polvo. Se deberá añadir el componente lentamente mientras se da una mezcla continua hasta que la pintura se vuelva uniforme, evitando la formación de grumos que pudiesen tapar los sistemas de equipos de rociado.

**b) Diluido.**

La dilución de la pintura no debe hacerse a menos que sea recomendado por el suministrador o necesario para la aplicación. Si la operación es frío, no diluya la pintura para hacer la operación más fácil. En su lugar, eleve la temperatura de la pintura a una temperatura entre los 10 - 33 °C. Cuando se diluye la pintura, primero se debe estar seguro que la pintura esta bien mezclada antes de añadir el diluyente. Entonces continúe mezclando hasta que la pintura este uniforme en consistencia. Revise que el diluyente sea el recomendado para ese producto.

Calentadores de pintura pueden ser usados para reducir la viscosidad para la aplicación con rociado, evitando la adición de diluyentes a la pintura. Siempre se debe observar las recomendaciones de seguridad para el manejo de esos productos con respecto a su inflamabilidad, toxicidad, temperatura etc.

No se recomienda aplicar una pintura caliente sobre metal frío. Mejores resultados se obtienen cuando ambos se encuentran a temperatura similar.

#### **c) Tamizado**

Con este procedimiento se logra separa aquellas partículas que no pudieron ser disueltas por medio del mezclado. El tamizado es especialmente recomendado si la pintura ha sido previamente usada (remanente de una operación) y a permanecido así durante un determinado periodo de tiempo o cuando va ha ser aplicado por método de rociado.

El tamizado se realiza una ves hecho el mezclado, diluido y otros pasos previos; puede ser hecho a través de una camisa de malla 80 o un tamiz comercial para pintura. Un método muy utilizado en nuestro medio es el emplear medias nylon en lugar de tamices por su barato costo y la facilidad para obtenerse

### **Condiciones atmosféricas.**

Las condiciones atmosféricas son muy importantes para un buen resultado en la aplicación de la pintura. Para la aplicación de la pintura se recomienda que la superficie se encuentre limpia y completamente seca.

Se debe evitar pintar cuando la temperatura este por debajo de los 8 °C y por encima de los 35 °C, si la humedad relativa esta por encima del 80%, durante la época de lluvia, cuando la velocidad del viento esta por encima de las 24 Km./hora o si la temperatura puede hacer que se presente congelación antes de que la pintura seque. Si se esta usando pinturas de laca, como aquellas de base en vinilo o resinas de caucho clorinado, se pueden aplicar a temperaturas tan bajas como -10 °C

Con lo anteriormente citado podemos decir que el criterio básico para la aplicación de la pintura en lo correspondiente a las condiciones atmosféricas, es que la misma debe ser aplicada cuando la temperatura del metal se encuentra 3 °C por encima de la temperatura de rocío (dew point) en ese momento.

La determinación de la temperatura de rocío se lo hace por medio de una tabla a partir de los valores presentes de humedad relativa y de la temperatura ambiente o con instrumentos de medición directa.

### **Métodos de aplicación**

Existen cinco métodos básicos de aplicación de pintura: con brocha, almohadillas de pinturas, rodillo, guante o rociado. La elección de uno de estos métodos dependerá directamente del tipo de recubrimiento a aplicar, de las áreas adyacentes potencialmente en peligro de daño debido a la pintura que escape del área de trabajo en el caso del método de rociado y el grado de capacitación del personal.

Cualquiera que sea el método escogido, las herramientas deberán de ser alta calidad y mantenidas en perfecto estado de funcionamiento. En nuestro caso, se tomara en cuenta si la labor de corresponde a una reparación de la pintura de una área grande del tanque, de una área pequeña específica o del pintado completo del mismo.

### **Método de Rociado (Spray)**

Este método es el usado de manera general en el pintado de tanques debido a la gran ventaja de producción que tiene por encima de los otros métodos y suele emplearse aun para reparaciones de áreas pequeñas. Este método es la manera más rápida de pintar grandes áreas estructurales. Esta eficiencia se la puede observar en la tabla # VIII

**TABLA VIII**  
**"PROMEDIOS TÍPICOS DE ÁREA RECUBIERTA  
 POR DÍA"**

<b>MÉTODO</b>	<b>SUPERFICIE [M<sup>2</sup>]</b>
Brocha	60
Rodillo	112 - 242
Rociado convencional	185 - 558
Rociado sin aire	279 - 744

En la tabla anterior se nota una diferenciación en lo correspondiente al método de rociado, y es que este método además de ser el más productivo, es también el más versátil, cosa que se demuestra por la variedad de equipos disponibles, y de ahí esta diferenciación entre uno y otro los cuales ponemos a continuación:

- Rociado con aire (convencional)
- Rociado sin aire - en caliente o en frío
- Rociado en Caliente - convencional o sin aire
- Rociado electrostático - convencional o sin aire
- Equipo de Rociado para aplicación de dos componentes



**Figura # 2.6 "PISTOLA DE ROCIADO CONVENCIONAL"**

La selección de uno u otro equipo dependerá de las condiciones del trabajo a realizar, y por supuesto de las recomendaciones del fabricante de la pintura, aunque existen sistemas capaces de tener un buen desenvolvimiento en varios de los métodos anteriormente nombrados.

De todos los métodos, el de rociado convencional donde la pintura es atomizada por medio de aire a presión y el denominado "airless" donde la pintura se pulveriza por acción hidráulica desde una bomba accionada por aire, es los mas frecuentemente usados en la pintura de tanques en nuestro medio, y la selección de uno u otro dependerá de diversos factores y de las ventajas y desventajas que cada uno de ellos presente.

Una observación importante es la diferencia de presiones de operación, de donde se desprende su diferencia en seguridad, pues el rociado convencional trabaja en un rango entre los 50 psi y 90 psi, mientras que el "airless" tiene una presión de operación que varía entre los 1000 psi y los 6000 psi, lo cual influye en el equipo de compresor necesario para sus respectivos funcionamientos.



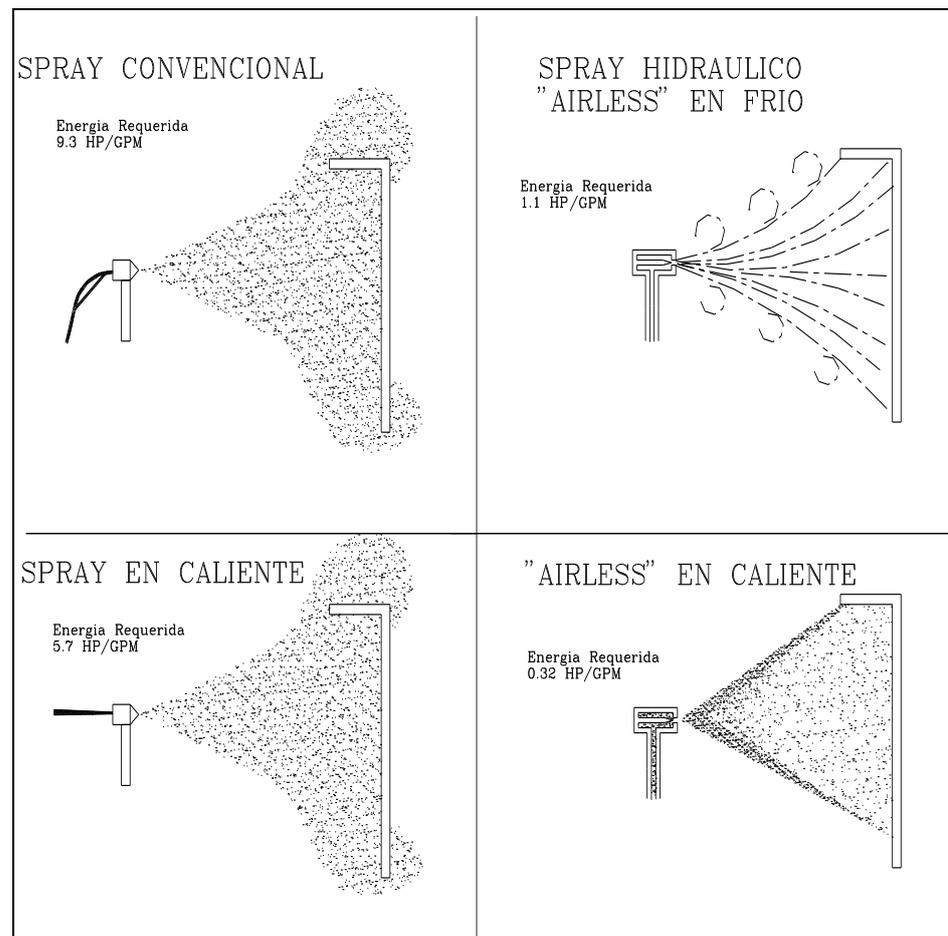
**Figura # 2.7 "EQUIPOS DE ROCIADO SIN AIRE"**

Una comparación de las diferentes características entre el método convencional y el sin aire se presenta en tal tabla # IX

**TABLA IX**  
**ROCIADO CONVENCIONAL vs ROCIADO**  
**"AIRLESS"**

	<b>Convencional</b>	<b>Airless</b>
Superficie cubierta [sq. ft/day]	4000-8000	6000-10000
Perdidas de pintura [%]	20-40	10-15
Portabilidad	Regular	Excelente
Mangueras	2	1
Penetración de esquinas y poros	Regular	Buena
Dilución antes de pintar	Usual	Algunas veces
Capa depositada de pintura	Baja	Alta
Humedad (compresor)	Posible	Ninguna
Versatilidad	Alta	Baja
Problemas de obstrucción	Poco	Posible
Seguridad durante la limpieza	Excelente	Pobre

De una forma general se muestra a continuación en la figura # 2.8, una comparación de los diferentes métodos de aplicación de pintura por rociado tomando en cuenta la energía necesaria para cada uno.



**Figura # 2.8 " CUADRO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE APLICACIÓN POR ROCIADO "**

Los otros métodos presentan nuevas y en algunos casos mayores ventajas, pero estas se ven contrapuestas a las dificultades por la disminución de versatilidad, seguridad, dificultad de acceso al método y el aumento del costo de operación.

El sistema "airless" es usualmente más rápido, limpio, económico y fácil de usar que el sistema convencional con aire. Así también la ausencia de aire

atomización de la pintura previene la potencial contaminación por aceite o agua desde el compresor

### **Técnica de aplicación con rociado.**

El procedimiento para pintado por medio de rociado varia levemente entre cada uno de los diferentes tipos de equipos aplicación de rociado y tipo de pintura empleada. La siguiente descripción para rociado convencional es esencialmente similar para todas.

⇒ Viscosidad de la pintura.- Se debe ajustar la viscosidad de la pintura solo cuando sea necesario, y siguiendo las instrucciones del fabricante. Excesivo diluido resultara en mayor "overrociado", chorreados, insuficiente espesor de pintura, insuficiente recubrimiento e inadecuada protección.

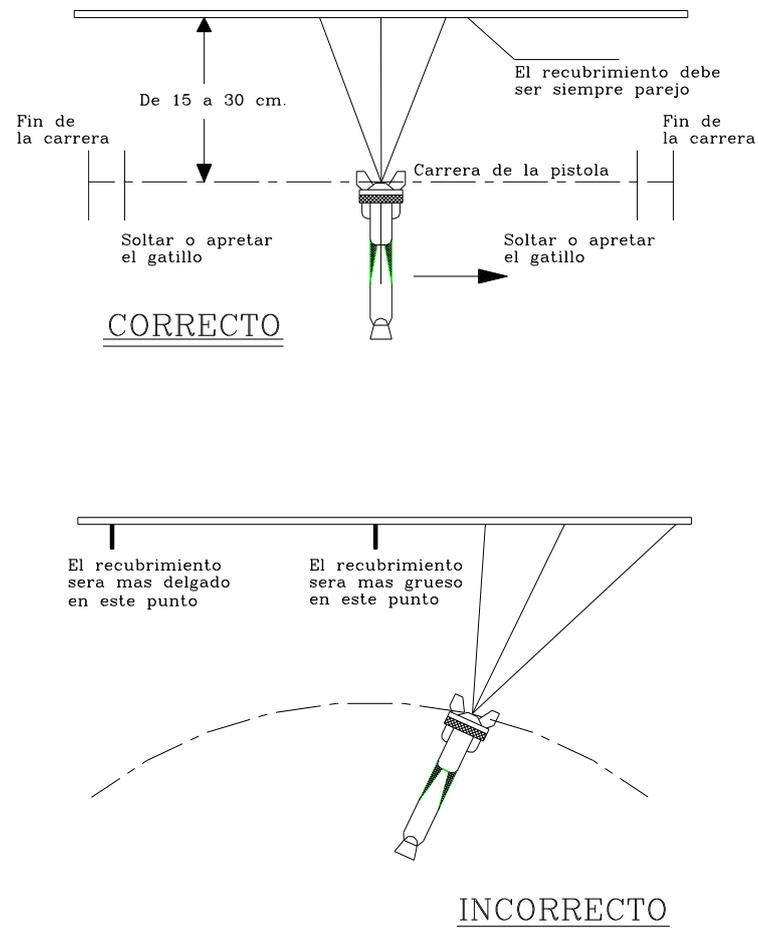
⇒ Presión de aire.- Siempre use la menor presión de aire suficiente para obtener el acabado deseado. Excesiva presión generara overrociado. Puede ser necesario aumentar la presión de aire cuando la pintura es viscosa o la manguera es mas larga de lo normal. Con rociado convencional, cierre la válvula de aire de atomización y ajuste la válvula de pintura en el recipiente de forma de alcanzar un chorro sólido de pintura de aproximadamente 60 cm desde la pistola. Gradualmente habrá la válvula de aire para alcanzar el acabado deseado.

⇒ Patrón de rociado.- En las pistolas de rociado convencional se puede ajustar el patrón de rociado girando la válvula de control de aire. Girando en sentido del reloj se obtiene un patrón redondeado y girándolo en sentido contrario se obtendrá un plano. Con la pistola de "airless", el patrón puede ser ajustado cambiando la boquilla o ajustado punta cuando sea del tipo ajustable.

⇒ Técnica de rociado.- Para alcanzar un área de aplicación con un recubrimiento uniforme sin chorreados, se debe mantener la pistola a las siguientes distancias de la superficie:

Rociado Convencional	15 a 20 cm.
Rociado Airless	25 a 30 cm.

Mantener la pistola muy cercana causara chorreado e irregularidades en la película debido al la presión de trabajo. Si se encuentra muy alejada, el resultado será una superficie "sucia" de apariencia. Algunos solventes se evaporan antes de que la pintura alcance la superficie creando partículas virtualmente secas de pintura las cuales no pueden fluir hacia la superficie. La pistola debe estar perpendicular en todo momento y nunca deberá estar girada. El giro de la misma hará que un lado del patrón este más cercano a la superficie con relación al otro, causando un recubrimiento no uniforme (figura 2.9).



**Figura # 2.9 " TÉCNICA DE APLICACIÓN CON ROCIADO "**

Se debe usar un movimiento de "brazo libre" apretando el gatillo antes de empezar una pasada y soltándolo justo después del final de la pasada. Se deben hacer movimientos en línea recta, paralelos a la superficie. Se debe detener 5 o 10 cm antes de un "filo".

Cuando se este pintando grandes áreas, se debe empezar desde una esquina superior y pintar toda la parte superior, retornar a punto inicial y traslapar la

primera área pintado justo lo suficiente para formar un recubrimiento uniforme con la siguiente sección a pintar. Con rociado convencional debe ser casi la mitad del primer patrón de pintado, pero con airless será un poco menor.

Cuando se pinta superficies horizontales, como el techo de un tanque, empiece en un lado cercado al borde y pinte hacia el otro lado, luego de regreso y así sucesivamente.

### 2.3.3 INSPECCIÓN

La inspección en el proceso de pintado implica algunas labores las cuales se desarrollan a distintos momentos a lo largo de la secuencia de diferentes pasos. La inspección suele comenzar con una reunión en la cual se establecen las reglas de inspección en el campo. El inspector es responsable de testificar, verificar, inspeccionar y documentar el trabajo en varios puntos de inspección. Adicionalmente a los puntos tratados a continuación se tendrá una inspección que se realizara de manera posterior para determinar fallas en recubrimiento

#### **Inspección previa a la preparación de superficie**

Antes de comenzar la preparación de superficie u otras actividades, debe ser necesario inspeccionar y determinar si se puede proceder a la preparación de superficie y pintado. Depósitos grandes de grasa, mugre, polvo, suciedad, restos de cemento y otros contaminantes deben ser removidos. La remoción de extensos depósitos de aceite y grasa previo la limpieza con sanblasting asegura que los mismos no se redepositarán en la las superficies recién limpiada.

Esto es particularmente importante cuando existe reciclaje de abrasivo, de modo que el material usado no se contamine, pues esta contaminación se

depositara en metal posteriormente limpiado con el mismo abrasivo. Esta remoción de materiales o materias extrañas que puedan afectar posteriores procedimientos, esta en concordancia con los pasos posteriores indicados en la recomendación de preparación de superficie SSPC-SP 1 (20).



**Figura # 2.10 " MEDICION DE HUMEDAD Y TEMPERATURA "**

---

(20) "Solvent Cleaning", Good Painting Practice, Structure Steel Painting Manual Vol.1

### **Medición de condiciones ambientales**

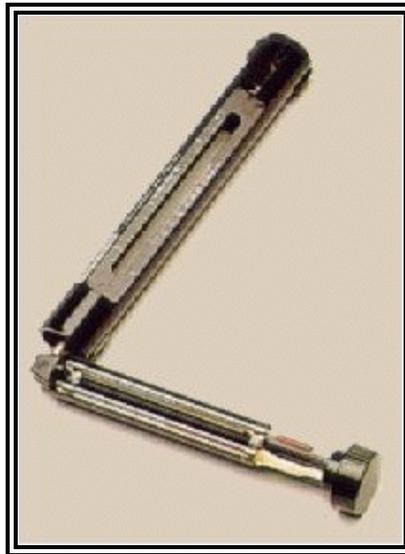
Es bien sabido que la preparación de superficie y el pintado deben ser hechos solamente bajo condiciones ambientales adecuadas de temperatura, humedad y punto de rocío (figura # 2.10). Para la mayoría de las pinturas catalizadas un valor mínimo de temperatura debe ser alcanzado para su aplicación. Algunos recubrimientos ricos en zinc, del mismo modo, requieren un mínimo de humedad relativa para alcanzar su eficiencia.

Otras condiciones ambientales que podrían afectar las operaciones de pintado deben ser notadas como el potencial industrial o la contaminación por residuos químicos arrastrados por el viento o en vapores, agua pulverizada arrastrada en la brisa por torres de enfriamiento, escapes de vapor o líneas de químicos y la contaminación normal de una planta o de operaciones adyacentes a la zona de trabajo.

El inspector deberá ser consciente de las condiciones atmosféricas y de los cambios de climas en las jornadas de trabajo, especialmente si el trabajo se realizara en exteriores, de modo que se alcancen las condiciones requeridas

En donde se emplee calentadores de fuego, será ideal que el calentador se aplique de manera indirecta de modo que la superficie no sea contaminada por productos de la combustión. Del mismo modo enfriadores y otro tipo

de calentadores para controlar las condiciones ambientales se deberá tener en cuenta que su acción no interfiera en la correcta ejecución del trabajo o que contaminen la película de pintura depositada. También se tendrá que ver que las condiciones de operación sean seguras para la operación. La ventilación, cuando sea requerida, deberá ser suficiente para suministra aire a todas las áreas de trabajo. De las normas de seguridad se hablara con mas detalle mas adelante.



**Figura # 2.11 " PSYCOMETRO "**

Las condiciones ambientales de temperatura de aire, humedad relativa y punto de rocío son determinadas por medio del uso de instrumentación. Estos incluye psycómetros (figura # 2.11) o instrumentos que proporcionen una lectura directa de humedad o punto de rocío. Las medidas con esto

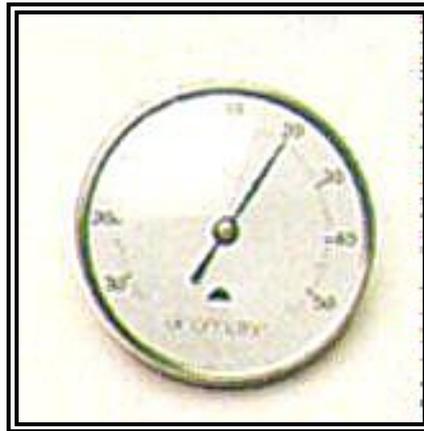
instrumentos son tomadas antes de que el trabajo comience cada día y periódicamente durante el día. Se recomienda una frecuencia mínima de toma de lecturas de condiciones ambientales de cada 4 horas, o más frecuente si las condiciones ambientales tienden a desmejora.

Existen dos tipos de psicómetros algunos que incluyen lecturas digitales, cada uno de los cuales presenta requerimientos, ventajas y limitaciones que deberán ser tomadas en cuenta a la hora de realizar las mediciones. Por medio de psicómetros obtenemos dos medidas de temperatura denominadas temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, debido a que una es tomada a través de un paño saturado de agua. Con estos valores se va a una tabla en donde se obtiene el valor del punto de rocío.

El punto de rocío se define como la temperatura a la cual la humedad se condensa. Este parámetro es importante para el posterior trabajo de la pintura pues la humedad condensada causara que una área recién limpiada por medio de sandblasting se corroa, o que una fina, y generalmente invisible película de agua que de atrapada entre capas de pintura causando la posterior falla prematura de la pintura.

De manera coordinada, la industria ha establecida un factor arbitrario de seguridad de temperatura de punto de rocío/temperatura de superficie.

Una limpieza final por medio chorreado abrasivo o una aplicación de pintura no debe ser ejecuta a menos que la temperatura de la superficie sea como mínimo 3 °C mayor que el punto de rocío en ese momento.

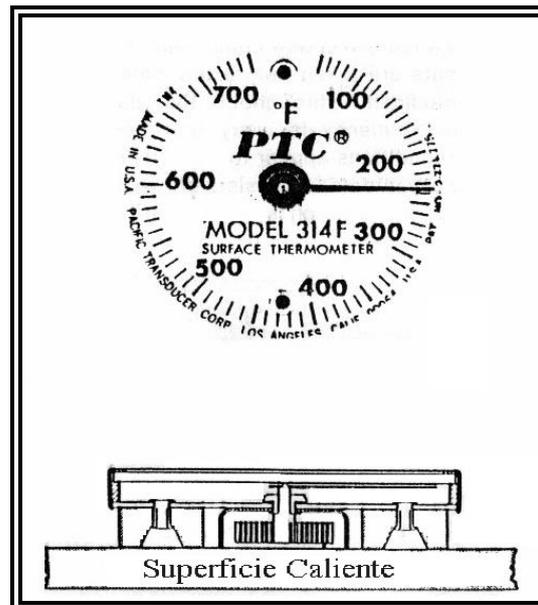


**Figura # 2.12 "TERMÓMETRO DE SUPERFICIE"**

Teóricamente hablando una temperatura de superficie solo infinitesimalmente mayor que el punto de rocío sería suficiente para que no exista condensación, de modo que el factor de seguridad de 3 °C se estableció para compensar el error que se pueda dar en las lecturas de los instrumentos. Diferentes tipos de instrumentos de campo son usados para la medición de la temperatura de superficie a pintar.

Uno de los más comunes es el termómetro de superficie mostrado en la figura # 2.12, el cual consiste en un elemento bimetálico de ensado encerrado en una carcasa. El instrumento incluye dos imanes en el lado de

censado para adherirse a las superficies ferrosas (figura # 2.13). Dos o tres minutos son requeridos para que la temperatura del instrumento se estabilice.



**Figura # 2.13 "TERMÓMETRO DE SUPERFICIE"**

Otro Instrumento de campo utilizado son las termocuplas de lectura directa. estos instrumentos censan tocando la superficie, resultando en una lectura directa en solo unos segundos

En general, las lecturas de temperatura de superficie y de condiciones ambientales deberán hacerse en el sitio de trabajo, sin embargo, se debe considerar el punto mas frío de la estructura por que un problema de

relación temperatura de superficie/punto de rocío puede ocurrir en ese punto primero.

Las consideraciones de la temperatura del aire y de la superficie serán importantes de manera de asegurar que la pintura no será aplicada fuera de sus limitaciones de temperatura, en áreas muy frías o muy calientes, debido a esto las mediciones serán tomadas en los puntos mas fríos o más calientes de la superficie a pintar. Los requerimientos típicos para condiciones ambientales de pintado están dadas por la especificación citada en la referencia #19

### **Evaluación del equipo de preparación de superficie.**

En lo que corresponde a equipos para preparación de superficie, tenemos diferente puntos bastante claros en los que los podemos dividir; estos son:

- Compresores de aire
- Maquina de chorreado abrasivo
- El Material abrasivo
- Mangueras y boquillas

### Compresores de aire

Cuando se usa un compresor de aire, ya sea para limpieza por chorreado, o en operación con equipos de rociado o herramientas neumáticas, el compresor debe estar apropiadamente dimensionado para tener un volumen disponible para mantener las presiones requeridas (figura # 2.14). Los suministradores de equipos de este tipo poseen tablas y gráficos que permiten la selección de compresores y de accesorios para el sanblasting como mangueras, boquillas, etc. sobre la base del consumo y la presión de trabajo requerida.



**Figura # 2.14 "EQUIPOS DE COMPRESORES DE AIRE MOBILES"**

El aire comprimido usado para la limpieza y el pintado debe ser chequeado para ver la presencia de contaminantes. Trampas de aceite y de humedad

(figura # 2.15) deben ser colocadas adecuadamente de forma que se asegure que el aire es suficiente y libre de aceite de modo que no interfiera en el trabajo.



**Figura # 2.15 "FILTRO DE ACEITE"**

Maquina de chorreado abrasivo

Este artefacto es el encargado de mezclar el abrasivo proporcionalmente con la corriente de aire y es considerado un recipiente a presión por su modo de operación (figura # 2.16). La válvula de cantidad de abrasivo regula el flujo de abrasivo en la corriente de aire y es una de las consideraciones que afecta la eficiencia del trabajo.

Generalmente mucho abrasivo inyectado resulta en una disminución de la producción y en el aumento del costo de abrasivo. Sería ideal que la

maquina estuviera equipada con un sistema que permita apagarla desde la boquilla cuando esta se atasque. Como el tanque de esta maquina es un recipiente presurizado, deberá cumplir con las condiciones de construcción dadas por los códigos de envases a presión.



**Figura # 2.16 "MAQUINAS DE CHORREADO ABRASIVO"**

*El material abrasivo*

Uno de las principales cosas que se debe tener en cuenta con el material abrasivo, es que se encuentre libre de humedad y limpio de elementos ajenos al mismo. Se deberá almacenar el material que no se emplee en un lugar libre de humedad y si es posible no se lo colocara sobre la tierra

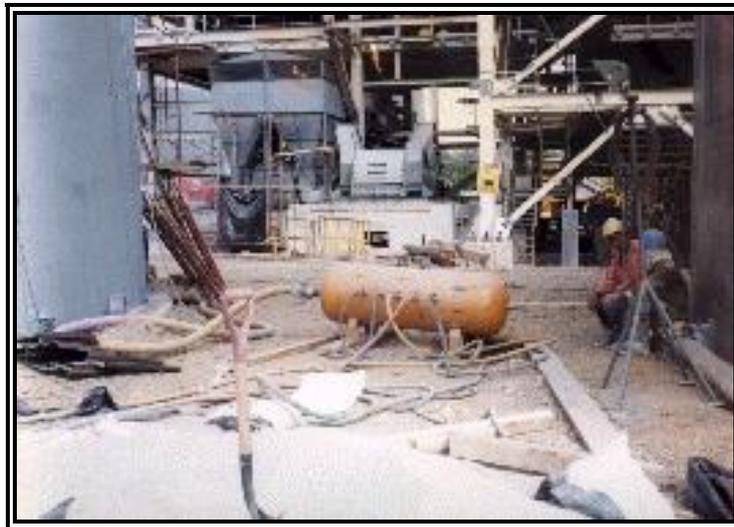
A pesar de no haber un instrumento para revisar la limpieza del abrasivo usado, una inspección debe ser hecha para asegurarse de que no este mojado o contaminado.

Cuando se usa sistemas de reciclado de abrasivo, una prueba simple de presencia de aceite o grasa debe ser hecha. Agregue una pequeña cantidad de abrasivo en un envase transparente con agua y cierre con tapa. Sacuda vigorosamente el envase y luego inspeccione la superficie del agua en busca de una película o de trazos de aceite o grasa lo que indicara que el abrasivo esta contaminado. Abrasivo pulverizado y suciedad pueden ser determinados de la misma manera. El abrasivo "refinado" se mantendrá por tensión superficial en el menisco y la suciedad del abrasivo coloreara el agua o le causara turbiedad. Sin embargo contaminantes solubles en el agua, como la sal, no podrán ser detectados de esa forma.

Si existe la presencia de contaminantes solubles en agua, un papel de prueba de pH colocado en el envase nos indicara si son ácidos o alcalinos. Si es neutral, añadir una gota de solución del 5% de nitrato de plata al agua. La formación de un precipitado blanco indicara la presencia de cloruros, Alternativamente, se puede dejar que el agua se evapore y buscar cristales de sal.

### Mangueras y boquillas

En el uso de mangueras se debe evitar los cambios de sección, las restricciones y dobleces de las líneas (figura #2.17) deben ser eliminados y se debe mantenerlas líneas lo mas corto posible para evitar la fricción y lo consecuente perdida de presión.



**Figura # 2.17 "MALA DISPOSICION DE MANGUERAS"**

Por la misma razón los acoples internos deben ser evitados. Por propósitos de seguridad los acoples deberán estar asegurados con alambre entre ellos para asegurar el cierre, y las boquillas deberán estar equipadas con un cable aterrizado.

Existe una gran variedad de tamaños de boquillas, tipos, y longitudes disponibles. La boquilla específica elegida dependerá del trabajo de limpieza específico. Boquillas fisuradas, resquebrajadas o desgastadas aunque no se encuentren fisuradas, reducirán el régimen de limpieza. Como regla práctica, una boquilla que se encuentre desgastada más del 25% de su diámetro interior original debe ser desechada. El desgaste de las boquillas puede ser determinado por medio de calibrados para estas boquillas que suelen ser suministrados por el vendedor de las mismas. El número marcado en la boquilla corresponde al tamaño original de la misma. Las boquillas están designadas en 1/16 de pulgada, así una boquilla número 8 tendrá un diámetro interno de 1/2 pulgada.

La presión óptima de trabajo de una boquilla es entre 90 y 100 psig. La presión de trabajo debe ser determinada preferiblemente en la boquilla más que el medidor del compresor pues este no toma en cuenta las pérdidas en las mangueras debidas a fricción, dobleces de las mangueras y a los diferentes filtros y trampas de aceite y agua. La presión de aire en la boquilla puede ser determinada por medidores de presión del tipo de aguja hipodérmica adecuado para este tipo de aparato y la lectura se tomara durante la operación de soplado.

### **Determinación de limpieza y perfil de rugosidad de superficie**

Todas las superficies deben ser inspeccionadas después de una preparación de superficie para asegurar su concordancia con las especificaciones. La SSPC en sus estándares describen la apariencia de varios tipos de métodos de preparación de superficie, porcentaje de superficie a ser limpiada, tipo de residuos remanentes permitidos en la superficie, y más. Es importante recalcar que la inspección se deberá realizar la inspección de forma que dure un tiempo dentro de lapso máximo permitido de exposición de la superficie limpiada para evitar la formación de corrosión antes de la imprimación.

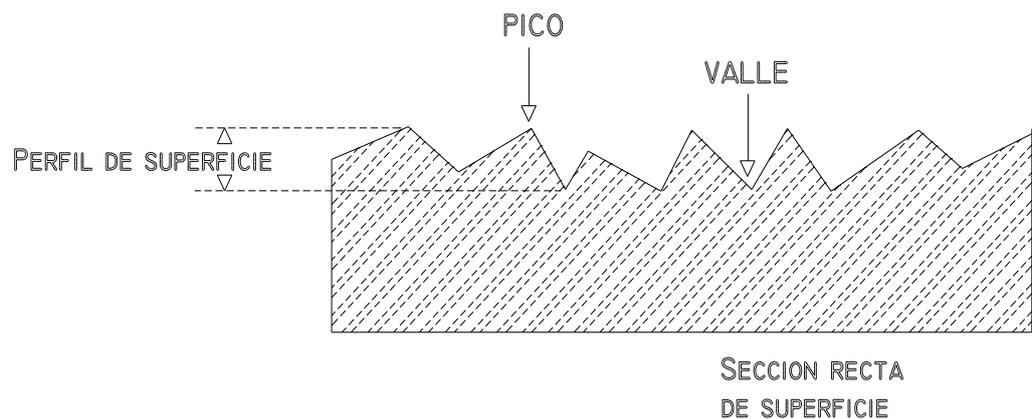
Estas definiciones se encuentran complementadas por gráficos y fotografías en los estándares Suizos, de la NACE para estos trabajos y de las recomendaciones (21) de la SSPC.

El perfil de rugosidad debe ser medido o estimado tomando en cuenta que la rugosidad de una superficie limpiada por chorreado abrasivo es similar pero no igual al de la superficie originalmente limpia.

---

(21) "Visual Standard for abrasive blast cleaned steel"  
"Standard method of evaluating degree of rusting on painted steel surfaces"  
"Visual Standard for power and hand tool cleaned steel"

El perfil de rugosidad es definido como el máximo promedio de profundidad entre picos y valles causado por el impacto de las partículas abrasivas sobre la superficie (figura # 2.18). La importancia de este parámetro radica en que incrementa el área en la que la pintura se puede adherir, proporciona un soporte mecánico, resultando en una buena adhesión. Como regla general, los recubrimientos de película gruesa requerirán una rugosidad mayor que las películas de pintura más delgadas.

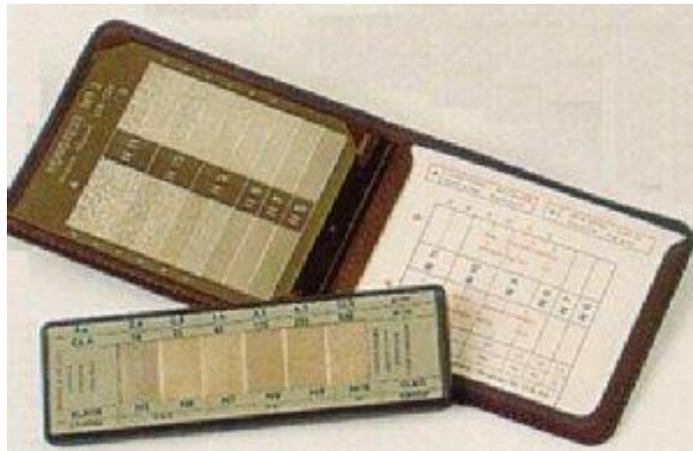


**Figura # 2.18 "PERFIL DE RUGOSIDAD"**

La determinación del perfil de rugosidad es generalmente hecha en campo usando uno de tres instrumentos: un comparador de superficies, un medidor de rugosidad o rugosímetro y una cinta o "tape" de medición o llamado de replica.

El primer método consiste en la utilización de modelos patrones de las diferentes rugosidades estandarizadas las cuales son comparadas con la superficie por medio de un amplificador de 5 o 10 aumentos. Cada una de esas probetas patrones son hechas generalmente en nickel de alta pureza electroformado y son fiel copia de unos patrones maestros estándares (figura #2.19).

Cada una de esas probetas son comparadas con la superficie hasta encontrar aquella más próxima al perfil de la misma. Existen 3 tipos de juegos de probetas que varían en función del tipo de abrasivo utilizado pues los perfiles cambia su apariencia en virtud de los mismos, de ese modo tendremos juegos para arena, perdigones o granalla.



**Figura # 2.19 "COMPARADORES DE RUGOSIDAD DE SUPERFICIE"**

Otro instrumento usado para la medición de la rugosidad es el micrómetro de profundidad o rugosímetro (figura 2.20), que consiste en una aguja cónica que se proyecta fuera de una base plana de aproximadamente un centímetro de diámetro. El instrumento es calibrado sobre un espejo o un plato de vidrio para establecer girando su carátula el punto cero en donde coincida con el puntero.

Teóricamente cuando el instrumento es colocado sobre la superficie a medir, la base del mismo se sostendrá sobre los picos mientras que la aguja se proyectará a los valles. De ese modo se toman una determinada cantidad de mediciones y el perfil estará dado por el valor promedio de esas mediciones.



**Figura # 2.20 "MICRÓMETRO DE PROFUNDIDAD"**

También se puede determinar el perfil de rugosidad usando las cintas o tapes de replica. El tape de replica consiste en una película de emulsión de burbujas adherida a una película de 50 micras de un producto denominado MYLAR®.



**Figura # 2.21 "CINTA DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD"**

La cinta (figura 2.21) es presionada contra la superficie limpiada, con el lado de la emulsión hacia abajo, y se procede a presionar la cinta con un instrumento delgado y romo, como la tapa de una pluma por ejemplo. Los picos del perfil romperán las burbujas y finalmente tocarán, sin alterar, el espesor del MYLAR® pues este es incompresible. La cinta es removida y medida usando un micrómetro ligero de resorte (figura # 2.22), el cual proporcionará una lectura desde la superficie más alta o exterior del

MYLAR® a los grupos de emulsión que no están totalmente colapsos y que corresponderán a los valles del perfil. La lectura total del micrómetro es ajustada el valor con respecto al espesor de la película de MYLAR® restando 50 micras de los resultados suministrados del promedio máximo de lecturas directas. Estas cintas se encuentran disponibles para mediciones de hasta 50 micras y para mediciones desde 60 micras hasta 113 micras aproximadamente.

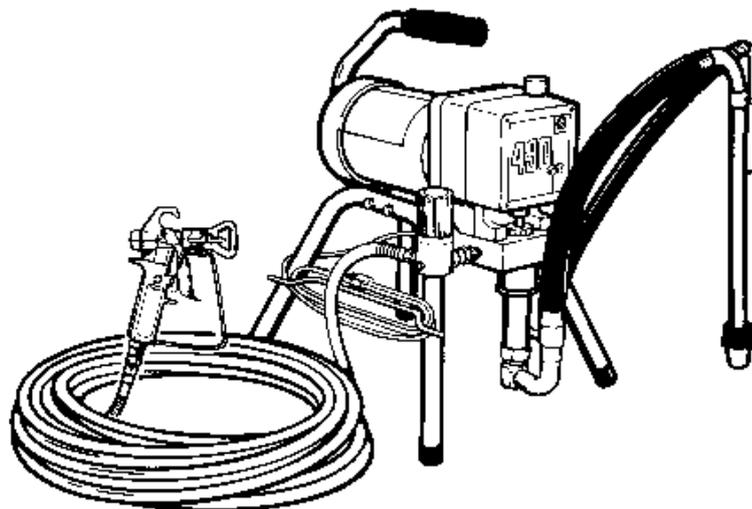


**Figura # 2.22 "MICRÓMETRO"**

Las cintas retendrán la impresión indefinidamente, suministrándoles un almacenamiento en una área fresca y sin sufrir presiones aplicadas, de modo que pueden mantenerse como un archivo permanente para futuras referencias.

### **Inspección del equipo de aplicación.**

Como ya tenemos conocimiento, los equipos de aplicación de pintura por pulverización están clasificados en: convencionales, aquellos que usan aire, y lo denominados "airless" que no lo utilizan. En el primer caso la pintura es atomizada con aire que es alimentado por medio de mangueras a presiones relativamente bajas, el que es dirigido directamente al fluido hacia la boquilla para atomizarlo. Se pueden obtener diferentes patrones de pintado manipulando la boquilla en estos equipos pues son de tipo variable y se deberá utilizar solo la mínima presión necesaria para atomizar la pintura.



**Figura # 2.23 "EQUIPO DE ROCIADO SIN AIRE"**

El sistema sin aire utiliza presiones ente los 1000 y 3000 psig y produce una presión hidráulica en la pintura que al pasar por la boquilla la atomiza. A diferencia del anterior los patrones de pintado solo se pueden modificar cambiando la boquilla usada, aunque ya se encuentran en el mercado ciertas boquillas para este tipo de pistola que permite un grado de variación.

Los diferentes fabricantes de pinturas y de equipos presentan las recomendaciones e indicaciones para el uso adecuado de un determinado tipo de método, boquilla y presiones para un sistema de pintura en particular. Estas indicaciones deberán ser seguidas y no se deberá utilizar otro tipo de boquilla o pistola a menos que se halla consultado su uso previamente.

El problema predominante en las pistolas es atribuible a la mala limpieza y mantenimiento, del mismo modo a las mangueras que puede tener atascamiento por aglomeración de pintura u otros materiales. Mucho cuidado se debe tener al limpiar las boquillas de las pistolas pues su orificio es fácilmente deteriorado por mala manipulación.

### **Inspección del mezclado de pintura y de aplicación.**

El mezclado de la pintura a pesar de no ser uno de los puntos mas tenidos en cuenta dentro de las operaciones, es probablemente uno de los más

incidentes en el resultado final. Un mezclado inadecuado o impropio afectara la habilidad final de recubrimiento para resistir al ambiente. Sin embargo existen medios para segura que todos los componentes de una pintura sean adicionados, mezclados apropiadamente y que cualquier tiempo de inducción necesario sea alcanzado. No se deberá utilizar para esto envases que tengan fisuras o goteos especialmente cual se mezclan pinturas catalizadas pues algunos de los componentes necesarios para su completo curado puede haber goteado y una adecuada proporción no seria alcanzada. El mezclado deberá efectuarse hasta que la pintura se vuelva homogénea libre de grumos líneas polvos y aglomeraciones de pigmentos en su superficie. Estos cuidados se acentúan en mayor proporción en el uso de pintura multi-elementos, de polvos metálicos, imprimantes ricos en zinc, etc. y en caso de haber sido adquiridos en sets, cada set deberá ser utilizado y mezclado totalmente. En caso de que quedasen componentes, deberá consultarse a los fabricantes para asegura si un mezclado parcial puede ser ejecutado satisfactoriamente.

Los diluyentes son muchas veces utilizados y deben ser correctamente mezclados con la pintura. El tipo y cantidad de diluyente estará en concordancia con las recomendaciones del fabricante de la pintura. La cantidad de diluyente adicionada a la pintura deberá ser registrada por el inspector pues este reduce el volumen de sólidos contenidos en la pintura mezclada.

La medición de la viscosidad de la pintura nos indica el grado de dilación al que ha sido llevada la pintura de modo que se mantenga en posteriores mezclas de pintura.

Una de las formas más prácticas de medir la viscosidad es por medio de una copa de viscosidad o copa Zahn, de volumen conocido y con un orificio de diámetro estandarizado en el centro del fondo de la misma. Generalmente son disponibles 5 tamaños de orificios y el fabricante deberá indicar el utilizado para la medición de su pintura. Esta especificación está dado por el número de copa Zahn usada y un tiempo en segundos. El procedimiento consiste en introducir la copa limpia en el envase de pintura de forma que se sumerja totalmente y luego sacarla rápidamente hasta que el fondo de la copa se encuentre unos 5 cm. sobre la superficie de pintura; con un cronometro se empieza a tomar el tiempo desde que la orilla de la copa deja la superficie de la pintura. La pintura fluirá en un chorro sólido a través del agujero de la copa. En el momento que el chorro se interrumpa y empiece a ser discontinuo se detiene el cronometro. El tiempo que halla transcurrido deberán estar en concordancia con valor preestablecidos por el fabricante. Por ejemplo, un fabricante especificara que la pintura deberá para por una copa Zahn No. 3 en un tiempo entre 20 y 30 segundos para que este en condiciones apropiadas de aplicación.

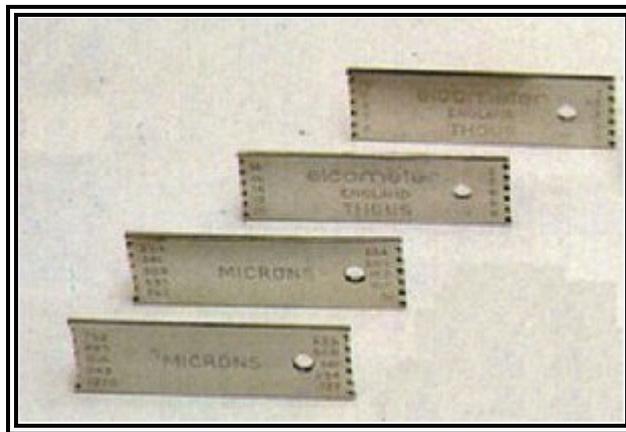
La medición de viscosidad por medio de este procedimiento proporciona una rápida y eficaz lectura en campo, indicando cualquier cambio significativo de la viscosidad entre una y otra cantidad de pintura preparada, sin embargo el aplicador de la pintura, por su experiencia, es generalmente el mejor juez para determinar la condición óptima para que la pintura no produzca chorreados o grumos. Cabe anotar que algunos tipos de pintura de muy alto contenido de sólidos no pueden ser medidos por este método. En esos casos el suministrador deberá indicar el método adecuado para la prueba de la misma.

En lo que corresponde a la aplicación, el cual es la labor más visible en la operación de protección con pintura, se suele decir que la mejor especificación no está tan buena como el hombre detrás de la pistola de pintura, por eso el inspector deberá tener un amplio conocimiento de las diferentes técnicas de pintado y de los puntos importantes a ser tomados en cuenta. Estas técnicas las aclaramos en “**Técnica de aplicación con rociado**” de la sección 2.3.2.

### **Determinación de espesor de película.**

Cuando decimos espesor de película podemos referirnos a dos tipos: el espesor de película húmeda o al de película seca (wft y dft respectivamente por su nombre en inglés.)

Las lecturas de espesor de película húmeda se usan como una ayuda para el pintor y el inspector para el control de la cantidad de pintura depositada de forma que se alcance el espesor requerido en seco. Este tipo de medición es considerada un guía para el espesor mientras que la lectura de película seca será para el registro del trabajo.



**Figura # 2.24 "MEDIDORES DE ESPESOR DE PELÍCULA HÚMEDA "**

El medidor de espesor de película húmeda es generalmente una platina con muescas estandarizadas (figuras # 2.24 y 2.25). Este consiste en dos puntos

en los extremos que están en el mismo plano con diferentes puntos entre ellos de diferentes longitudes progresivas entre ellos. Cada uno está indicando una distancia entre él y el plano que forman los 2 puntos en los extremos.



**Figura # 2.25 " MEDIDORES DE ESPESOR DE PELÍCULA HÚMEDA TIPO HEXÁGONO"**

El instrumento es presionado firmemente y perpendicular sobre la película de pintura húmeda y luego se retira. En todos los casos, los puntos de los extremos se mancharán con la pintura, y adicionalmente algunos de los puntos intermedios también resultarán manchados. El espesor húmedo será considerado entre el último punto manchado y el siguiente punto limpio. Si ninguno de los puntos resulta manchado o si todos lo están. Será necesario utilizar una cara distinta del medidor, pues el espesor húmedo se encuentra fuera del rango de la cara utilizada.

Cuando se usa estos instrumentos, es necesario mantenerse lejos de las irregularidades superficiales que pudiesen distorsionar las lecturas. Si las lecturas se van a realizar sobre superficies curvas, es importante que el medidor sea utilizado a lo largo de la curva en vez de a lo ancho para que la curvatura de la misma no afecte las mediciones. El medidor deberá ser limpiado concienzudamente antes de cada medición para asegurar la precisión de las lecturas.

Los medidores de película húmeda son útiles solo si se conoce que tan densa es la pintura aplicada. La relación wft/dft esta basada en el porcentaje de sólidos por volumen de un material específico a ser aplicado (%spv). La antigua teoría de doblar dft para determinar el valor del wft es solamente aplicable cuando el spv del material a aplicar es de 50 %.

La formula básica esta dada por:

$$DFT = WFT * \%SPV$$

de donde obtenemos:

$$WFT = DFT / \%SPV$$

La formula tendrá tanta precisión como sea preciso el valor de sólidos por volumen de la pintura. El porcentaje podría cambiar si es que se adiciona a la pintura un diluyente. En esos casos, el volumen total de material es

incrementado sin un incremento correspondiente de la cantidad de sólidos. De esto obtendremos una pintura con una baja cantidad de sólidos. Así cuando comparamos una pintura diluida con una no diluida para alcanzar un espesor de película seca comparable, veremos que un mayor espesor de película húmeda será necesario aplicar en el caso de la pintura diluida. La siguiente formula incorpora este factor para determinar el wft cuando la pintura es diluida.

$$\text{WFT} = \frac{\text{DFT}}{\frac{\% \text{SPV}}{(100\% + \% \text{ de diluyente adicionado})}}$$

Debido al valor de wft es dependiente de los sólidos por volumen, y este valor es considerado “de fabrica”, es esencial que las lecturas de wft sean tomadas tan pronto como la pintura es aplicada. Actualmente, durante la aplicación con pistola de rociado, en el tiempo que transcurre entre que la pintura deja la pistola y alcanza la superficie, algo del solvente ya se habrá evaporado, cambiando el porcentaje de sólidos por volumen levemente. Para aplicaciones practicas este cambio no es muy significativo, sin embargo, tanto mas se espere antes de tomar la lectura menor será la precisión de la misma. Para pintura altamente pigmentadas (high built),

como por ejemplo los imprimantes ricos en zinc, o de secado rápido, obtener lecturas de wtf puede ser imposible.



**Figura # 2.26 "EQUIPO MAGNÉTICO DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PELÍCULA SECA"**

Para la medición de espesores de película seca sobre sustratos ferrosos se utilizan generalmente instrumentos magnéticos (figura #2.26). Para sustratos no ferrosos, equipos de corrientes de Eddy son usados. La calibración de los medidores magnéticos de espesores deberá ser hecha en concordancia con la norma SSPC-PA (22).

---

(22) "SSPC Method for measurement of dry paint thickness with magnetic gage"

A pesar de que el estándar es elaborado para medidores magnéticos, muchos de las técnicas de operación y calibración se aplican a los instrumentos de corrientes de Eddy.

Las lecturas son tomadas para suministrar, con una razonable precisión, datos para determinar si el espesor de película seca deseado o especificado ha sido alcanzado. Sin embargo, no es posible medir cada centímetro cuadrado de la superficie.

El estándar de la SSPC (24) establece que cuando se usa medidores magnéticos, 5 mediciones separadas deben ser hechas por aproximadamente cada 10 metros cuadrados de área. Cada medición consiste en un promedio de 3 lecturas hechas con el instrumento una a continuación de otra.

El promedio de las 5 mediciones deberá estar dentro del espesor especificado a alcanzar, mientras que cada una de las mediciones independientemente podrán ser de hasta el 80% del espesor especificado. Las lecturas, las que promediadas darán el valor de una medición, podrá encontrarse fuera de rango por una cantidad considerable.

Para una mayor apreciación de esta norma ponemos a continuación un ejemplo. Se especifica un dft de 250 a 300  $\mu\text{m}$ . Las 5 mediciones dieron los datos que se observan en la tabla X

**TABLA X**  
**“VALORES DE ESPESOR DE PELÍCULA SECA”**

<b>Medición</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio de lecturas</b>
<b>#</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>(<math>\mu\text{m}</math>)</b>
1	270	285	290	281
2	250	180	170	200
3	175	220	215	225
4	310	160	290	253
5	270	315	295	293

<b>Promedio de mediciones</b>	250.4
-------------------------------	-------

Esta medición nos dará un resultado aceptable porque el promedio de las 5 mediciones es de 250.4  $\mu\text{m}$  que se encuentra dentro de la especificación. De acuerdo con la SSPC-PA 2, a menos que exista otra especificación, la medición de 200  $\mu\text{m}$  sería aceptable pues corresponde justamente al 80% del valor especificado de espesor, y la lectura de 160  $\mu\text{m}$  es aceptable

porque se prevé que alguna lectura podrá encontrarse fuera de rango por una cantidad considerable.

Los instrumentos de medición de dft pueden ser de cuatro clase: Magnéticos-mecánicos o llamados de banana (figura 2.27), magnéticos digitales, de corrientes de Eddy y destructivos.



**Figura # 2.27 "EQUIPO DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PELÍCULA SECA TIPO BANANA"**

### **Inspección de continuidad de espesor de película.**

Después de que todas las capas de pintura han sido aplicadas, el inspector debe verificar que la pintura no presente mellas, muescas, raspaduras, arañazos, burbujas o los denominados "pinholes" que son poros que no se aprecian a simple vista.

Este tipo de prueba se realiza por medio de un equipo denominado “de chispa” o “holiday”. Esta prueba puede ser requerida después de la aplicación de una de las capas o al final de la última capa. Usualmente cuando se especifica esta prueba, se realiza la misma antes del tiempo de curado de la pintura termine de forma que cualquier reparación del material aplicado con una adición exitosa.

Los detectores de chispa son generalmente de tres tipos: de esponja húmeda de bajo voltaje, de alto voltaje DC, y del tipo electrostática AC. Estos trabajan aplicados sobre la película de pintura deslizándolos por encima de la misma. Los dos métodos más comunes usados son: el test de "Esponja Húmeda" y el test de chispa o "Jeep".

El primero, de bajo voltaje, es utilizado para hallar discontinuidades en recubrimientos no conductores aplicados sobre sustratos conductores. Este equipo es apropiado para usarse en películas de espesor de hasta 500  $\mu\text{m}$  de espesor. Consiste en el detector por sí mismo, un cable de tierra, un electrodo de esponja.

Se ejecuta fijando firmemente el cable de tierra al sustrato desnudo; el equipo portátil generara un sonido de alarma cuando la sonda que se deslizada por la superficie pintada, pasa por encima de un agujero, porosidad o sopladura de la película. La sonda consiste en una esponja

saturada de solución de 5% de sal de mesa (electrolito) y 2% de detergente (surfactante) en agua. Cuando la pintura tiene un espesor entre las 250 y 500  $\mu\text{m}$ , un agente humectante no jabonoso (como el Eastman Kodak Photo-Flo) puede ser adicionado para mejorar la capilaridad del electrolito.

Cuando se tienen recubrimientos de más de 500  $\mu\text{m}$ , un equipo de alto voltaje deberá ser usado. El test de chispa o "Jeep" es usado para detectar porosidades y áreas de deficiente adherencia de película de pintura en este tipo de recubrimientos no conductivos sobre sustratos conductivos con voltajes tan altos como 20000 voltios y más. La falla es detectada por la formación de una chispa acompañada por un chasquido o un sonido de crujido generado entre la superficie pintada y el electrodo.

En este caso el voltaje normal de operación será igual a 1000 veces la raíz cuadrada del espesor especificado de pintura. Otra regla utiliza es la de aplicar 100 voltios por cada 25  $\mu\text{m}$  de exceso de espesor sobre los 500  $\mu\text{m}$ . Es importante usar el voltaje adecuado correspondiente al espesor de película examinado de forma que no se produzcan falsas detecciones o daños en la pintura.

Los inspectores que usen equipos detectores "holiday" deben estar seguros de que este equipo no sea usado en pinturas de zinc, superficies metalizadas y/o pinturas de aluminio como las de vinilo - aluminio puente pueden

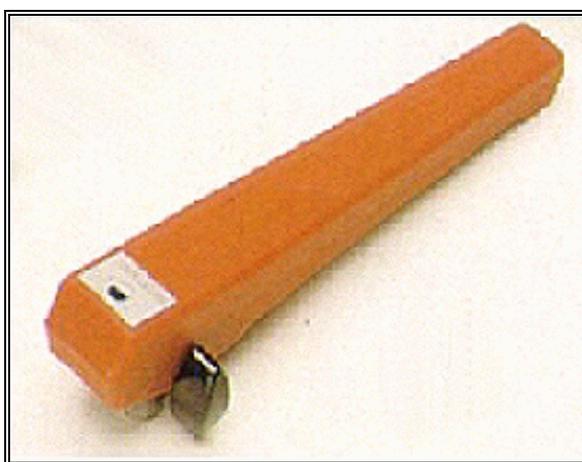
presentarse problemas. Los inspectores deben tener cuidado de ciertos miembros estructurales que no llevan sellado de soldadura o que va rellenos como los soportes de techo, superficies puntiagudas etc., superficies que no permiten pintarse apropiadamente. Como resultado, una examinación de estos miembros indicara una falla del sistema de pintura. Cuando se van a inspeccionar pinturas conductoras aplicadas sobre substratos de acero, los instrumentos de medición tipo AC Tesla electrostático de serpentín son generalmente usados. Estos equipos son de voltaje variables pero no requiere del uso de un cable de tierra.

### **Prueba de adherencia de campo**

Ocasionalmente según recomendaciones, es requerido un test de adherencia de la pintura “in situ” después de su aplicación. Existen diferentes métodos de pruebas de adhesión que van desde el uso de un estilete hasta elaboradas unidades de pruebas. El uso de un estilete o navaja generalmente requiere una evaluación subjetiva de la adherencia del recubrimiento basado en la experiencia previa.

Generalmente, con un corte hecho en la pintura y tratando de levantar la película con la hoja de la navaja puede dar una idea de si la adhesión es la adecuada o no.

De forma de limitar la subjetividad para la elaboración de esta prueba, se emplea el estándar establecido por la ASTM. Esta norma establece una serie de cortes dependiendo el espesor de la película a probar ( 23 ). Estos cortes serán hechos por medio de una herramienta especial (figura # 2.28) en unos casos, la cual permite elabora una serie de cortes paralelos distanciados de la forma requerida por la norma.



**Figura # 2.28 "HERRAMIENTA PARA PRUEBA DE ADHESIÓN"**

Luego sobre estos cortes se aplica firmemente una cinta adhesiva que luego se la retira rápidamente de un tirón. El estado en que queden los cortes por desprendimientos de la pintura después del retiro de la cinta es comparado con unos gráficos y determina si la pintura pasa o no la prueba.

---

(23) ASTM D-3359 "Measuring Adhesion By Tape Test"

Este tipo de ensayos son los más prácticos para la evaluación pues no requieren de mayor preparativos y son de fácil ejecución y gran portabilidad. Además de los ensayos enunciados existen instrumentos que aplican un esfuerzo de tensión de adhesión de la pintura en libras por pulgada cuadrado eliminando así en alto grado la subjetividad de la prueba. Obviamente el valor aplicado deberá estar en concordancia con el valor estipulado por el suministrador o fabricante de la pintura. Lamentablemente este tipo de instrumentos no se encuentran en uso generalizado.

## 2.4 RESPECTO A CODIFICACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Todo personal involucrado en preparación de superficie, aplicación de recubrimientos e inspección debe tener conocimientos de los procedimientos y equipos de seguridad, así como de su apropiado uso de manera de estar prevenido contra los riesgos provenientes de estas operaciones. Antes de comenzar cualquiera de estas operaciones, se recomienda de manera prioritaria la lectura de todas las leyes federales, estatales, municipales o de institutos que rigen este tipo de operaciones en el lugar en donde se desarrollara el trabajo, así como la lectura de las hojas de datos de manejo de materiales, de datos técnicos de los productos empleados y las recomendaciones de los fabricantes.



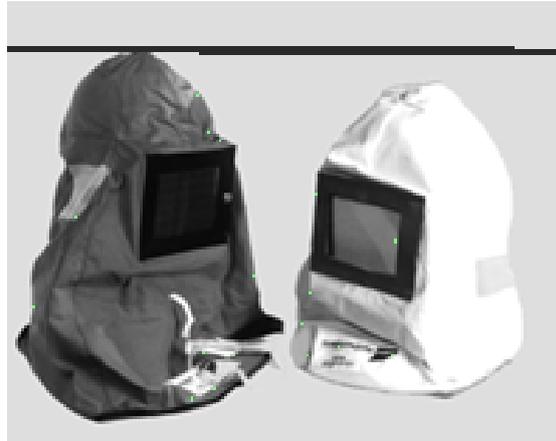
**Figura # 2.29 "TRABAJO CON SEGURIDAD "**

El aspecto de la seguridad en lo correspondiente al chorreado abrasivo. En el lugar de trabajo todas las personas deben estar advertidas de los riesgos a la salud por mala puesta a tierra del equipo, el polvo abrasivo, contaminación, peligros de trabajar con altas presiones, etc., además de los riesgos correspondientes al

trabajo con andamios, si es que fuesen utilizados. Los requerimientos de seguridad deberán estar en concordancia con los reglamentos federales o de los organismos rector de estas actividades en el país, así como con las recomendaciones de los fabricantes de pintura y de los documentos de procedimientos establecidos. Un chequeo de las precauciones necesarias debe incluir pero no necesariamente debe limitarse a lo siguiente:

**a) Apropiaada puesta a tierra.-** Cuando se trabaja con chorreado de aire abrasivo, existe una gran acumulación de electricidad estática. Con el uso de boquillas anti-estáticas, esta electricidad no crece y es disipada inmediatamente, sin embargo, se deben tomar precauciones cuando se trabaja con materiales volátiles o inflamables. Un ejemplo se puede dar al reparar un tanque de almacenamiento de petróleo. En dichos caso el equipo y la sección a ser limpiada deben ser puestos a tierra. En casos extremos la boquilla y el operador deben ser puestos a tierra con la parte a ser limpiada.

**b) Suministro de Aire.-** Con compresores lubricados con aceite, sean movidos por motores eléctricos o de explosión, un filtro de carbón, filtro de partículas o un cartucho de filtrado químico debe ser usado para suministrar aire respirable al operador. En algunos casos se recomienda una fuente separada de suministro de aire para el operador.



**Figura # 2.30 "CASCOS DE PROTECCION"**

Este suministro debe ser monitoreado o "testeado" regularmente con un detector de monóxido de carbono para asegurar la calidad de los mismos.

c) Polvo Abrasivo.- El tipo de abrasivo usado en la operación de limpieza garantiza la correspondiente toma de medidas para resguardar la salud. Como ejemplo, la arena de sílice, uno de los abrasivos mas empleados, produce un polvo que sin el uso de un apropiado aparato de protección respiratoria puede causar después de algunos años una enfermedad llamada silicosis. A pesar de que las partículas mayores a 10 (no son realmente respirables, el polvo incomodo debe ser evitado con equipo adecuado). Aunque los abrasivos metálicos no contiene sílice libre, estos se "rompen" hasta formar un polvo que debe ser evitado.

d) Polvo contaminaste.- Este polvo es generalmente subestimado y puede ser mas problema que el polvo abrasivo. Este polvo en una combinación entre el polvo abrasivo y las partículas que están siendo removidas del metal, por esto los equipos de protección deberán ser capaces de proteger al operador de contaminantes como pintura vieja de plomo, derivados de alquitrán y varios óxidos metálicos descompuestos.

En la mayoría de las operaciones de limpieza por soplado, el área confinada a polvo contaminante y abrasivo es de aproximadamente 55 m. de radio desde la boquilla. Todo los trabajadores dentro de esta área deberán contar con mascararas adecuadas que le suministren aire limpio.

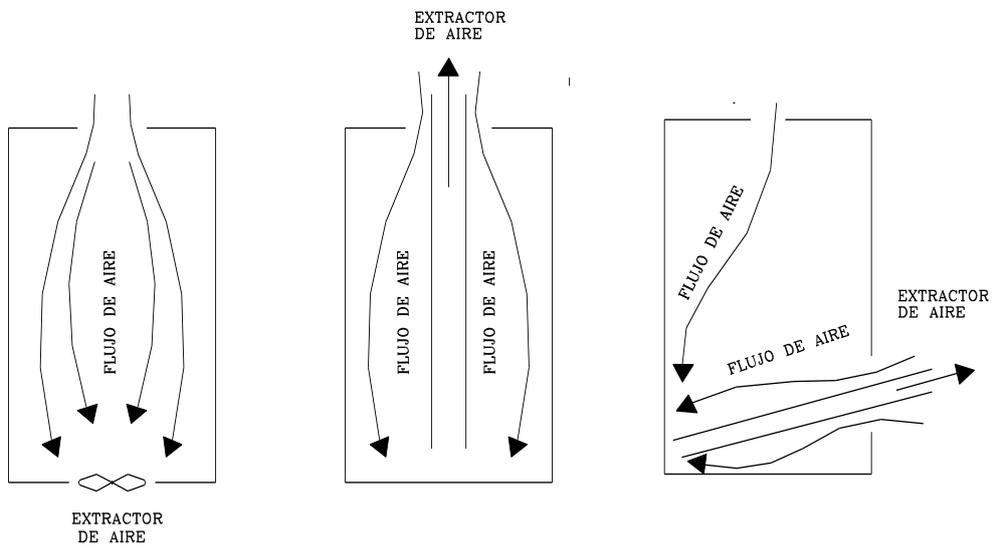
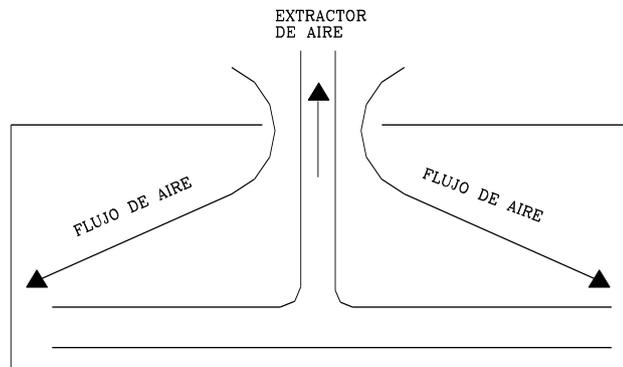
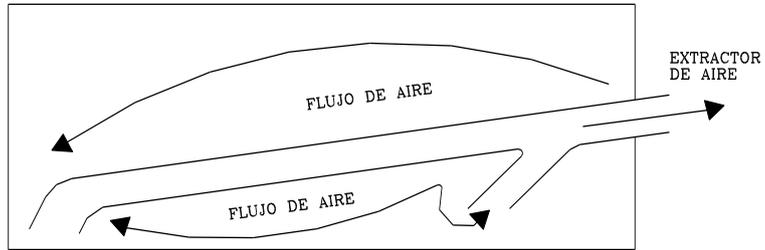
e) Peligro de trabajar con equipo de alta presión.- Cualquier equipo de presión debe estar diseñado de acuerdo al código ASME para requerimientos de trabajo con presión y deberá estar marcado. Presiones excesivas producirán saltos de presión a lo largo de las mangueras que deben ser evitadas para mantener las condiciones de seguridad. Los contenedores de presión deben ser anualmente inspeccionados. El personal debe estar completamente familiarizado con su uso y operación. Estos recipientes deben ser despresurizados antes de ser inspeccionados o movilizados de lugar.

Una visión mas detallada y profunda de las recomendaciones y procedimientos de seguridad se puede observar en el documento del cual hemos extraído este pequeño grupo de recomendaciones (24), que se encuentra en el anexo # 2. En dicha publicación se encontrara recomendaciones en referencia a manipulación de materiales de recubrimientos y solventes, manejo de equipos de aplicación, uso de escaleras y cuerdas, montaje de andamios, protección personal, uso de respiradores y una serie de puntos adicionales, como el de ventilación.

En lo que compete a seguridad, las personas que responsabilizaran de la operación de trabajos como los descritos se pueden apoyar en una serie de documentación que va desde las normas establecidas por instituciones internacionales,

---

(24) SSPC-PA Guide 3, A Guide to Safety in Paint Application, Structure Steel Painting Manual Vol. 2



### **Figura # 2.31 " DISPOSICIÓN DE VENTILACIÓN DE TANQUES "**

reglamentos estatales o nacionales, hasta documentos de recomendaciones de suministradores de productos, los cuales pueden adicionar información practica y accesible como material didáctico incluso, como por ejemplo el cuadro de ventilaciones recomendadas que ponemos a continuación.

Para un conocimiento más profundo de en lo referente a practicas de seguridad puede ser encontrada en el siguiente material de referencia

- NACE Publicacion 6D-163 , A Manual For Painter Safety
- OSHA Regulations , 29CFR1910
- NACE Publicacion TPC-2 , Coatings and Linings For immersion Service

# **CAPÍTULO III**

**“REGISTROS DE CONTROL EN PINTURAS  
APLICADOS A TANQUES”**

### 3.1 FICHA DE TECNICA PARA CALIFICACION DE PERSONAL

De modo de obtener una idea rápida del perfil que se requiere para la ejecución de un cargo dentro de lo correspondiente a todo el proceso que ya hemos visto, presentamos a continuación una serie de fichas con los requerimientos para el personal necesitado.

La calificación de un candidato dependerá de la satisfacción de los requerimientos para un determinado nivel. Así, tendremos para cada uno de los niveles los siguientes requerimientos.

#### **Aprendiz**

- Ser mayor de 18 años.
- Deberá tener una educación, entrenamiento y experiencia proporcional que asegure la comprensión de los procedimientos, especificaciones y aspectos técnicos escritos en las áreas en las que la persona va a ser considerada para calificación.
- El aprendiz deberá poseer habilidades mecánicas y el conocimiento requerido para la operación de un equipo de compresión de aire.

#### **Ayudante**

- Esta persona deberá demostrar habilidades matemáticas y de lectura así

como de comprensión que aseguren el entendimiento de especificaciones y procedimientos técnicos para aquellas áreas en las va a ser considerada para calificación.

- Un mínimo de 40 horas de entrenamiento adquirido en un centro de entrenamiento reconocido como tal de forma que el individuo tenga una preparación en seguridad de trabajo, uso de herramientas manuales, etc.

## **Operador**

- Esta persona deberá cumplir con los requerimientos de calificación de ayudante y tener un mínimo de 4 años de experiencia en trabajos satisfactorios. El entrenamiento será adquirido a través de un empleador y/o un centro de entrenamiento reconocido en los procesos que se desea calificar.
- Reconociendo el hecho de que existe una variedad de aplicaciones, el operador deberá conocer todos los tipos de preparación de superficie y de recubrimientos así como sus procedimientos de aplicación, usados por el empleador

## **Supervisor**

- Esta persona tiene que cumplir con los requerimientos de calificación de

operador y poseer la experiencia y entrenamiento para ser un supervisor.

- Este entrenamiento es obtenido por medio de uno de los siguientes métodos (en todos los casos, el individuo deberá haber participado en entrenamiento de otras personas)
  - a) El candidato se habrá graduado de un instituto técnico de 2 años. El candidato deberá haber sido calificado como operador por un mínimo de 2 años, haber pasado un examen escrito y práctico, y haber sido un elemento de contribución en el proceso de entrenamiento o programa pertinente al trabajo desarrollado por la compañía calificadora.
  - b) El candidato debe haber sido calificado como operador por un mínimo de 5 años, haber pasado un examen escrito y práctico, y haber sido un elemento de contribución en el proceso de entrenamiento o programa pertinente al trabajo desarrollado por la compañía calificadora.
  - c) El candidato puede ser designado por el empleador de haber aprobado exitosamente una examinación escrita y práctica en concordancia con el procedimiento de calificación del empleador. Algunas organizaciones tienen los recursos para delegar estas funciones a ingenieros en corrosión y, en tales instancias, éste individuo debe ser calificado por pruebas prácticas y escritas para suministrar credibilidad para todo el proceso de control de calidad y garantía pertinente al trabajo desarrollado por la compañía calificadora.

### **3.2 Ficha Técnica de Preparación de Superficie**

En el desarrollo de una obra grande, como es el pintado de tanques de grandes dimensiones, se debe tener de antemano especificado los parámetros que deberán observarse en la ejecución de una operación de modo que la persona que vaya a ejecutar el trabajo tenga una visión rápida y clara de los mismos. En el caso de la preparación de superficie los parámetros principales son:

- El grado de limpieza requerido.
- Tipo de abrasivo a utilizarse.
- Parámetros del equipo, como presión etc.
- Parámetros del equipo de chorreado abrasivo, como tipo de boquilla, etc.

Adicionalmente a esta información, mas información puede agregarse según el criterio del supervisor que elabore la ficha en base a lo que considere necesario deba constar en la operación o para el registro posterior de datos.

### **3.3 Ficha Técnica de Aplicación de Pintura**

En la operación que corresponde a la aplicación de la pintura los datos requeridos deberán ser todos aquellos que especifique el sistema de pintura que se va a proceder a emplear así como los que intervengan en la manipulación del material y las condiciones en las que deberá encontrarse el material en el momento de la aplicación.

Ninguno de los valores que se encuentran registrados deberá ser modificado pues estarán basados en las especificaciones de los suministradores del producto lo cual coaccionaría cambios en los valores de rendimientos y en la calidad del recubrimiento final. Cualquier cambio se realizara por parte del supervisor previa consulta con el fabricante del producto.

En la mayoría de los casos la ficha de aplicación de la pintura será elaborada y suministrada directamente por el proveedor, y de forma acertada, vendrá adjunta a la ficha técnica del producto de modo que se pueda consultar cualquier interrogante acerca del mismo de manera inmediata.

Un ejemplo de este tipo de ficha se muestra en la figura # 3.1

OBRA :  
 LOCALIZACION :  
 FECHA :

pag. 1 de 2.

SISTEMA DE PINTURA

PRODUCTO	CÓDIGO	RENDIMIENTO		MÉTODO DE APLICACIÓN			ESPESOR DE PELÍCULA		REPINTADO	
		Teórico	Practico	Brocha	Rodillo	Pistola	Húmeda	Seca	Min.	Max.

DATOS DE PREPARACIÓN

PRODUCTO	CÓDIGO	COLOR	CATALIZADOR	PROPORCIÓN DE MEZCLADO (VOLUMEN)	DURACIÓN DE LA MEZCLA	DILUYENTE	PROPORCIÓN DE DILUCIÓN	PUNTO DE INFLAMA.

**Figura # 3.1 “FICHA DE APLICACION DE PINTURA**

### 3.4 Ficha Técnica de Inspección

En lo correspondiente a inspección ya habíamos acotado que es un proceso que implica una serie de puntos los cuales se desarrollan en distintos momentos a lo largo de todo el proceso de pintado de un tanque. Así podemos resumir los puntos de inspección en la siguiente secuencia:

**Primero.** Una inspección previa de la superficie antes comenzar cualquier trabajo.

**Segundo.** Evaluación del equipo de chorreado abrasivo y del equipo de aire.

**Tercero.** La medición de condiciones ambientales antes de la preparación de superficie.

**Cuarto.** Determinación de la limpieza y del perfil de anclaje obtenido en la superficie.

**Quinto.** Una inspección del equipo de aplicación de pintura.

**Sexto.** Supervisan del manejo de la pintura: mezclado, diluido, etc.

**Séptimo.** Supervisión de la aplicación de la pintura. Determinación del espesor de película húmeda.

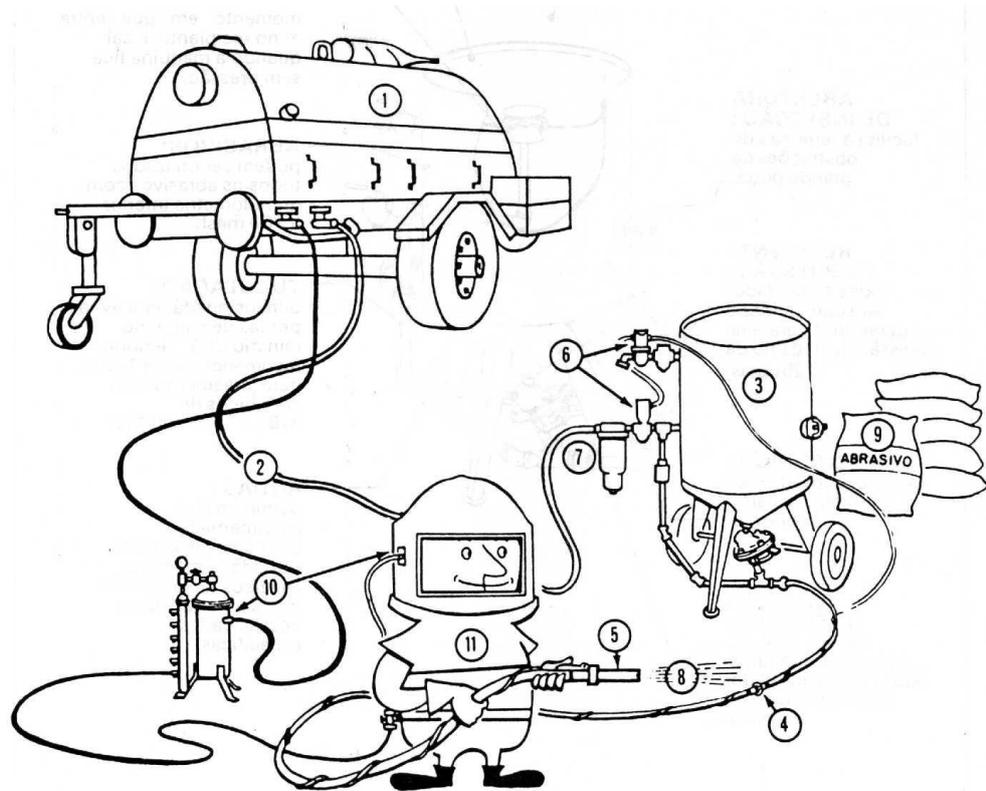
**Octavo.** Determinación del espesor de película seca.

**Noveno.** Prueba de continuidad de la película de pintura.

**Décimo.** Prueba de adherencia.

Esta sería la secuencia resumida de los puntos de inspección. Como se puede apreciar no es un proceso que se realice de corrido pues algunas veces entre punto y punto debe realizarse alguna actividad. Un ejemplo de ello es la preparación de superficie. La inspección del equipo deberá llevarse a cabo antes de la ejecución y la inspección del trabajo posteriormente. Los factores básicos a ser considerados en la inspección del equipo de chorreado abrasivo pueden ser resumidos en la figura # 3.2 en donde se enumera:

1. Un adecuado y eficiente suministro de aire.
2. Mangueras de aire y válvulas de gran apertura.
3. Máquina de chorreado de alta producción.
4. Medidas correctas de las mangueras de chorreados, que sean antiestáticas, acoplamiento rápido insertados en la superficie externa de la manguera para no reducir el flujo.
5. Boquillas de alta producción tipo venturi.
6. Válvulas neumáticas de control remoto para seguridad.
7. Un eficiente separador de humedad.
8. Alta presión en la boquilla.
9. Un abrasivo adecuado para el caso.



**Figura # 3.2 “FACTORES BASICOS PARA LA INSPECCION DEL EQUIPO DE SOPLADO ABRASIVO”**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el transcurso del desarrollo de este trabajo, el cual contó con la colaboración de personal que se desarrolla profesionalmente dentro del campo del pintado de tanques de almacenamiento de combustible, se pudo observar que la falta de recurso técnicos a la hora de ejecutar obras de este tipo es el principal obstáculo a sobrellevar.

Esta falencia de recursos técnicos parte desde la falta de difusión de estándares desarrollados o adoptados en el país, o en muchos casos la inexistencia de ellos, que especifiquen los procedimientos correctos o más adecuados para la ejecución de un proceso de preparación de superficie o pintado. Esto obliga a la búsqueda y empleo de normas extranjeras las cuales son muchas veces de difícil acceso en el medio.

También es de suma importancia aclarar que adicionalmente a la falta de especificaciones con respecto a métodos de procesos, tampoco existen para el control de calidad de los trabajos y de haberlos, no existe una entidad que tenga como función capacitar a personal para que se desarrolle en las funciones de Supervisor de Calidad o Inspector, de modo que aún teniendo un estándar no exista nadie autorizado para certificar la calidad con que se ejecuto un obra o del acabado y condición de un pintura aplicada.

Como el auge de la industria de construcciones metal-mecánicas, no solo de tanques si no de estructuras, etc., se encuentra en avance, es necesario establecer una institución que de el aval de calidad sobre dichos procesos y a su vez, capacite personal para la supervisión, inspección, y ejecución de los distintos procedimientos que se vean involucrados, de forma que se evite que la carencia de estos elementos impida el avance de la industria relegándola a un segundo plano en competitividad al no contar con una certificación de calidad sobre su trabajo ejecutado, lo que implica pérdidas económicas para el país y una traba más para su desarrollo tecnológico.

Buscar que la ejecución de las operaciones de control y realización de un obra de pintado de tanques de combustible sean mas eficientes, así como presentar las fichas recomendadas para emplear en los procesos son unas de las finalidades de este trabajo, presentamos a continuación unos modelos de formatos desarrollados a partir de documentos de referencia, consulta con profesionales del medio y aportes de la experiencia de trabajo.

FICHA DE PERSONALpag. 1 de 2.

FOTO

## DATOS PERSONALES

APELLIDOS	:	
NOMBRES	:	
DOMICILIO	:	
TELÉFONO	:	

## DATOS DE LA EMPRESA

FECHA DE INGRESO	:	
ÁREA ASIGNADA	:	
CATEGORÍA	:	
JEFE INMEDIATO	:	
FECHA DE SALIDA	:	

## DATOS TÉCNICOS

CAPACITACIÓN PREVIA	
LUGAR	
TIPO DE OPERACIÓN	
LUGAR	
TIPO DE OPERACIÓN	

pag. 2 de 2.

EXPERIENCIA PREVIA	
LUGAR	:
TIEMPO	:

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

---

---

FIRMA AUTORIZADA

## FICHA DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

OBRA : pag. 1 de 1.  
 LOCALIZACIÓN :  
 FECHA :

### DESCRIPCIÓN

PRE-TRATAMIENTO:	TIPO DE SUPERFICIE	MÉTODO DE LIMPIEZA	GRADO DE PREPARACIÓN

### PARÁMETROS DE TRABAJO

SUPERFICIE	
TIPO DE ABRASIVO	
RECICLADO	
EQUIPO	
DIÁMETRO DE BOQUILLA	
PRESIÓN DE TRABAJO	
CAUDAL DE AIRE REQUERIDO	
CONSUMO DE ABRASIVO	

### OBSERVACIONES

---



---



---



---



---



---

\_\_\_\_\_  
ELABORADO POR

## FICHA DE INSPECCIÓN DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

OBRA : pag. 1 de 1.  
 LOCALIZACIÓN :  
 FECHA :

Cuerpo del tanque	Área a preparar	
-------------------	-----------------	--


OPERADOR				
MAQUINA				
HORA DE COMIENZO				
HORA DE FINALIZACIÓN				
RUGOSIDAD ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{\mu}$ max.	$\bar{\mu}$ min.	$\bar{\mu}$ media	Promedio

OBSERVACIONES

---



---



---



---



---



---

\_\_\_\_\_  
INSPECTOR

\_\_\_\_\_  
FIRMA AUTORIZADA

## FICHA DE INSPECCIÓN DE APLICACIÓN DE PINTURA

OBRA : pag. 1 de 2.  
 LOCALIZACIÓN :  
 FECHA :

Cuerpo del tanque	Área a pintar
-------------------	---------------


RECUBRIMIENTO	
OPERADOR	

MAQUINA	TIPO	PRESIÓN DE TRABAJO

HORA DE COMIENZO	
HORA DE FINALIZACIÓN	

OBSERVACIONES

---



---



---



---



---

\_\_\_\_\_  
INSPECTOR

\_\_\_\_\_  
FIRMA AUTORIZADA

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. ISO/DP 9223, Corrosion of metals and alloys. Classification of corrosivity of atmospheres
2. CYTED. Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica (MICAT)
3. QUITO, J. El Ecuador dentro del marco del proyecto Micat.
4. SSPC, Steel Structures Painting Council
5. NACE, National Association of Corrosion Engineers
6. PATINA. Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmósfera
7. "Paints for anticorrosion service", Good Painting Practice, Structure Steel Painting Manual Vol. 1
8. Normas de la American Water Works Association
9. Sistemas and Specificacion , Structure Steel Painting Manual Vol. 2
10. "Quality control of paints - as manufactured". Good Painting Practice, Structure Steel Painting Manual Vol. 1
11. ASTM. American Society For Testing And Material , Standards
12. Federal Test Method Standard No. 141
13. PETROBRAS, CARBOLINE
14. "Standard Procedure For Evaluating Qualifications Of Painting Contractors", Structure Steel Painting Manual Vol. 2
15. NACE RP0495-95: Guidelines for Qualifying Personel as Abrasive Blasters and Coating and Lining Aplicators in the Rail Industries
16. SSPC-SP COM Jul. 15, 1995

17. J.R. Allen & C. Calabrese, Corrosion, Vol 34, No. 10, Oct. 1978
18. A.N. McKelvie, Evaluation of Varios Cleaning Processes for Steel, PRA.
19. "Shop, Field and Maintenance Painting", Sისტems and Specificacion , Structure Steel Painting Manual Vol. 2
20. "Solvent Cleaning", Good Painting Practice, Structure Steel Painting Manual Vol.1
21. Respectivamente
  - "Visual Standard for abrasive blast cleaned steel"
  - "Standard method of evaluating dregree of rusting on painted steel surfaces"
  - "Visual Standard for power an hand tool cleaned steel"
22. "SSPC Method for measurement of dry thicknesss with magnetic gage
23. ASTM D-3359 "Measuring Adhesion By Tape Test"