

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



## “TRATAMIENTO DE LIMPIEZA SUPERFICIAL EN ESTRUCTURAS DE ACERO AL CARBONO Y SU IMPACTO EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”

### INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

### INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

**MARIA LUISA SAYRE QUILLAS**

LIMA – PERÚ

2015

## **RESUMEN**

El tratamiento superficial es un proceso necesario para garantizar la aplicación de los recubrimientos en un metal. Las técnicas, los métodos, recomendaciones y alcances nos los brinda la Sociedad de Recubrimientos de Protección, SSPC.

Las normas dadas por la Sociedad de Recubrimientos de Protección (SSPC), permiten realizar el proceso de tratamiento superficial y recubrimiento tomando las buenas prácticas, permitiendo así el aseguramiento de calidad en obra.

Gracias al llamado boom de la construcción, se ha tenido impacto en la carrera de ingeniería química y su evolución, permitiendo aumentar las obras metálicas en el país.

El marco teórico cubre los conceptos a utilizar durante la presentación del tema; siendo el de mayor importancia el concepto de limpieza superficial, que es el proceso por el cual se le extrae todos los contaminantes que eviten que el recubrimiento pueda adherirse en la superficie del sustrato.

Los tipos de abrasivos a utilizar por la industria son varios donde se destaca el uso de tres: arena, escoria y granalla; las cuales se diferencian por precios, tecnología y valor agregado.

El desarrollo del tema sustenta el uso de estos tres abrasivos, así como ventajas y desventajas, precios, margen de ganancia y gastos, que permitan al usuario localizar el mejor método.

## INDICE

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>07</b>
<b>II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TECNICAS</b>	<b>10</b>
<b>2.1 LA INDUSTRIA DE LOS RECUBRIMIENTOS Y SU IMPACTO EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA</b>	<b>10</b>
<b>2.2 PROCESO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE ESTRUCTURAS</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1 Pre-tratamiento superficial</b>	<b>16</b>
2.2.1.1 Limpieza de defectos mecánicos	16
2.2.1.2 Aceites y grasas	17
2.2.1.3 La Humedad	18
<b>2.2.2 Tratamiento superficial</b>	<b>19</b>
2.2.2.1 Corrosión de materiales metálicos ferrosos	19
2.2.2.2 Óxidos	20
2.2.2.3 Pintura deteriorada	20
2.2.2.4 Método de limpieza	21
2.2.2.5 Ayuda visual para determinar el grado de la superficie	22
2.2.2.6 Equipo para limpieza con Chorro Abrasivo de Aire	23
2.2.2.7 Perfil y anclaje de los tipos de abrasivos	24
<b>2.2.3 Post-tratamiento superficial</b>	<b>24</b>
2.2.3.1 Sales solubles	25
2.2.3.2 Soldaduras y salpicaduras de soldadura	27
2.2.3.3 Medición de perfil de rugosidad	27
<b>2.3 PROCESO DE RECUBRIMIENTO DE ESTRUCTURAS</b>	<b>28</b>
<b>2.3.1 Aplicación con equipo de aspersion</b>	<b>30</b>
2.3.1.1 Rociado convencional con aire	30
2.3.1.2 Rociado sin aire	31
2.3.1.3 Rociado sin aire asistida por aire	32

2.3.2	Recubrimiento de las estructuras	33
<b>III.</b>	<b>DESARROLLO DEL TEMA</b>	<b>34</b>
3.1	CARACTERISTICAS DEL PROTOTIPO	34
3.2	IDENTIFICACIÓN DEL PROTOTIPO	34
3.3	CARACTERISTICAS DEL ABRASIVO	35
3.4	REALIZACIÓN DEL ENSAYO	36
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>40</b>
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>41</b>

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1</b>	Inversión de las estructuras metálicas terminadas en la construcción de una Planta concentradora.	<b>12</b>
<b>FIGURA 2</b>	Inversión para la obtención de las estructuras pintadas.	<b>13</b>
<b>FIGURA 3</b>	Etapas del tratamiento superficial.	<b>14</b>
<b>FIGURA 4</b>	Flujo del Proceso de Tratamiento Superficial	<b>15</b>
<b>FIGURA 5</b>	Elemento que presenta manchas de grasa	<b>18</b>
<b>FIGURA 6</b>	Lectura de barometro	<b>19</b>
<b>FIGURA 7</b>	Tipos de ataque que realizan desgaste y pérdida de material en la estructura	<b>20</b>
<b>FIGURA 8</b>	Limpieza con agua desionizada en el area de prueba.	<b>25</b>
<b>FIGURA 9</b>	Reposo del peroxido con la cinta	<b>26</b>
<b>FIGURA 10</b>	Lectura de la cinta	<b>26</b>
<b>FIGURA 11</b>	Restos de escoria en cordon de soldadura	<b>27</b>
<b>FIGURA 12</b>	Metodo de la cinta	<b>28</b>
<b>FIGURA 13</b>	Preparación de equipo de apersion	<b>31</b>
<b>FIGURA 14</b>	Aspecto visual del recubrimiento del sustrato	<b>33</b>
<b>FIGURA 15</b>	Perfiles obtenidos durante las pruebas	<b>36</b>
<b>FIGURA 16</b>	Prueba del polvo	<b>37</b>
<b>FIGURA 17</b>	Aplicación del recubrimiento	<b>37</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b>	Evaluación de Índice Mensual de la Producción Nacional: Diciembre 2014.	<b>10</b>
<b>TABLA 2</b>	Evolución sectorial-sector Manufactura 2014.	<b>11</b>
<b>TABLA 3</b>	Inversión con respecto a las partidas involucradas para el montaje de estructuras con recubrimiento.	<b>14</b>
<b>TABLA 4</b>	Condición inicial del acero antes de su preparación.	<b>23</b>
<b>TABLA 5</b>	Consideraciones para tomar en cuenta el tipo de método adecuado para el recubrimiento.	<b>29</b>
<b>TABLA 6</b>	Ventajas y desventajas sobre los tipos de sistemas de aspersor.	<b>32</b>
<b>TABLA 7</b>	Características del Objeto del ensayo.	<b>34</b>
<b>TABLA 8</b>	Características de la arena.	<b>35</b>
<b>TABLA 9</b>	Características de la escoria.	<b>35</b>
<b>TABLA 10</b>	Características de la granalla.	<b>35</b>
<b>TABLA 11</b>	Resultados del Tratamiento con Arenado.	<b>36</b>
<b>TABLA 12</b>	Resultados del Tratamiento con Escoriado.	<b>36</b>
<b>TABLA 13</b>	Resultados del Tratamiento con Granallado.	<b>36</b>
<b>TABLA 14</b>	Resultados de la evaluación del sustrato.	<b>38</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El país desde el año 2008 se ha visto con un fuerte énfasis en inversiones nacionales e internacionales en los rubros de minería, energético e hidrocarburos, logrando la expansión y aumento de capacidad de planta de estas, lo que trajo también aumento en inversiones del sector construcción; para hacer un paréntesis no necesariamente hablar de este sector es tomar como único material de construcción al concreto. En la construcción existe diferentes partidas una de ellas y no menos importante es el sector metalmecánico (estructuras y soportes de metal) que a su vez con lleva otra partida para su colocación en obra, los recubrimientos.

Esta tecnología, permite permeabilizar el acero dándole más años de vida, pero esto se lleva a cabo con una serie de etapas las cuales con llevan al aseguramiento de la vida útil del sustrato impermeabilizado.

El deterioro de las estructuras, maquinarias, equipos, por acción del medio que nos rodea es algo que podemos ver diariamente. En nuestros trabajos es recurrente escuchar hablar a personal de mantenimiento sobre el gasto que ocasionan y en las inversiones que hay que tomar para poder mitigarla.

Las pinturas como recubrimiento industrial fue una respuesta a estos problemas como: abrasión, corrosión, ataque químicos, erosión y corrosión atmosférica. Sin embargo no solo fue su importancia como protector del sustrato, también se pudo maximizar la inversión colocada en la partida recubrimiento.

Como se observa hay que darle la importancia a los recubrimientos aunque no fuesen el mayor porcentaje de materiales para la construcción en una obra.

Pero hay que inmiscuirnos más en el proceso de cómo se recubre un sustrato; al iniciar el proceso hay que realizar un diagnóstico al sustrato, ello nos permitirá ver que tratamiento previo antes del recubrimiento, hay que aplicarle para poder elegir el tipo de limpieza, es allí donde se abren las puertas para otro mercado.

Estos mercados especializados en el tratamiento superficial han ido en aumento, siendo un pilar importante para que se asegure la aplicación y durabilidad del recubrimiento. Los costos varían debido al diagnóstico dado a la superficie a tratar, identificando el grado de superficie y el uso de cantidad de abrasivo.

Así como la inversión creció en este mercado, también aumentaron los métodos de tratamiento, aparecieron nuevas tecnologías, se innovaron en materiales incrustantes y se elevaron los costos como era de esperarse. Pero esto se justifica, ya que asegura que el sistema aplicado funcione de manera correcta, evitando que aparezcan fallas prematuras y otras que impliquen que la inversión en recubrir del sustrato sea en vano.

El ingeniero químico no solo puede enfocarse en las fallas identificadas debido a la corrosión, sino en toneladas y toneladas de material que en un año se tendrán que reparar (reproceso de estructuras); o en casos catastróficos una estructura básica para un sistema bajo presión que pueda causar un accidente, que no solo incluya pérdidas materiales si no humanas.

El pre-tratamiento del sustrato (lavado de superficie) es una buena practica que debería ser obligatoria, se encuentra recomendada en las SSPC, pero algunos empresarios ven como una inversión dado a la probabilidad; ya que este sub-proceso dependerá de un control de calidad antes de pasar por todo el proceso de recubrimiento, mayormente se descarta debido a que las estructuras no se encuentran en un ambiente no agresivo.

El tratamiento superficial se encuentra normado para diferentes estructuras, calificándolos con respecto al tipo de corrosión identificada en el sustrato y contaminantes que esten presentes en las estructuras. La NACE da algunos alcances para las buenas prácticas y mejoras en el método al aplicar el incrustante, pero hay que tener en claro que existen tres factores en juego: el método, el equipo, y no menos importante el operador.

Cada uno de estos sub-procesos corresponde al cumplimiento de un requisito normado por las SSPC, para el aseguramiento de que nuestro sistema funcione como esperamos; un salto a estos sub-procesos implicaría una gran probabilidad de falla al recubrir el sistema. Lamentablemente este no se puede observar hasta que el sustrato se encuentre en proceso de montaje o en peores circunstancias montado, es por ello que se recurre al mercado especializado en tratamiento superficial.

Luego de ello viene el proceso de aplicación de la pintura, que trae consigo la destreza del pintor; al igual que el tratamiento superficial existen variantes de métodos dados por las normas SSPC, pero el estudio no se enfocara a fondo.

Como se habló en un párrafo anterior el factor humano es un factor crítico ya que su destreza es la única que no se podrá predecir según este estudio, como ingenieros químicos por ahora podemos evaluar los parámetros de los equipos, intervenir en el método de aplicación del abrasivo, seleccionar el mejor incrustante, hacer un buen diagnóstico y tener fe en nuestros criterios. El cumplimiento de los controles de calidad y aplicar una gestión de aseguramiento de calidad llevaran a aprovechar al máximo nuestra inversión.

## II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TECNICAS

### 2.1 LA INDUSTRIA DE LOS RECUBRIMIENTOS Y SU IMPACTO EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA

El metal y las aleaciones de hierro, elementos que procesados arrojan un amplio universo de productos; desde artefactos electrónicos a colosales estructuras metálicas. La industria dedicada a su manufactura, montaje y mantenimiento es la llamada industria metalmeccánica.

A diferencia de países desarrollados, Latinoamérica todavía se encuentra en vía de desarrollo; pero el sector de manufactura (incluido la industria metalmeccánica) en nuestro país ha significado un crecimiento, otorgando un 16.52 del indice mensual de producción nacional. (ver tabla 1)

Tabla 1. Evaluación de Índice Mensual de la Producción Nacional: Diciembre 2014.

Sector	Ponderación 1/100	Variación Porcentual 2014/2013	
		Dic	Ene-Dic
<b>Economía total</b>	100.00	0.54	2.35
<u>DI-Otros Impuestos a los productos</u>	8.29	1.81	0.84
<u>Total Industrias (Producción)</u>	91.71	0.43	2.49
Agropecuario	5.97	0.82	1.36
Pesca	0.74	-65.81	-27.94
Minería e Hidrocarburos	14.36	-5.17	-0.78
Manufactura	16.52	-12.43	-3.29
Electricidad, Gas y Agua	1.72	4.28	4.89
Construcción	5.10	4.98	1.68
Comercio	10.18	4.52	4.42
Transporte, Almacenamiento , Correo y Mensajería	4.97	1.66	2.67
Alojamiento y Restaurantes	2.86	3.93	4.53
Telecomunicaciones y Otros servicios de Información	2.66	8.01	6.50
Financiero y Seguros	3.22	12.83	12.60
Servicios Prestados a Empresas	4.24	6.51	6.60
Administración Publica, Defensa y otros	4.29	4.15	3.96
Otros Servicios 2/	14.89	4.49	4.68

Fuente: INEI

Según los resultados del INEI para el cierre del 2014, la actividad de productos metálicos para uso estructural registró un aumento del 10.01%, parcialmente explicadas por la mayores ventas de construcciones prefabricadas a Panama, Colombia, Chile, Arabia Saudita, Ecuador, Venezuela, de materiales de andamiaje, encofrado, apuntalamiento de fundición de hierro o acero. Estos datos se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Evolución sectorial-sector Manufactura 2014.

	<b>Porcentaje de crecimiento</b>
<b>Manufactura</b>	<b>-3.29%</b>
<b>Subsector Fabril Primario</b>	<b>-10.00%</b>
Harina y conservas de pescado	-37.90%
Metales preciosos y no ferrosos	-5.20%
Productos De refinación de petróleo	3.00%
<b>Subsector fabril No primario</b>	<b>-1.00%</b>
<u>Bienes de consumo</u>	-2.60%
Prendas de vestir	-9.50%
Muebles	-6.20%
Productos Farmacéuticos	-1.70%
Jabones y detergentes	2.20%
Conservación d frutas y legumbres	9.30%
<u>Bienes intermedios</u>	15%
Productos Metálicos uso estructural	10.00%
Productos plásticos	7.90%
Industria de hierro y acero	4.80%
Fabricación cemento, cal y yeso	4.30%
<u>Bienes de capital</u>	-21.00%

Fuente: INEI

El crecimiento progresivo del sector minero en estos últimos veinte años ha propiciado el suministro de equipos, herramientas y estructuras de acero para las más de 390 unidades mineras en operación. La metalmecánica tiene una importante oportunidad en los más de 400 proyectos potenciales esperados para el 2014-2015.

Pasando a otro terreno debido a las cifras de crecimiento en la fabricación de estructuras metálicas, para satisfacer la alta demanda; la industria de recubrimientos también se ve favorecida no necesariamente con indicadores que contribuyen al PBI, ya que la mayoría de pinturas industriales se importan.

La necesidad de buscar un control a la corrosión u oxidación de estas estructuras lleva a seleccionar el control con menor costo ya que esta partida adicional no necesariamente actúa en el montaje de la estructura, si no en la vida útil de esta.

En la revista ENERGINAS 02-2012 el gerente de Universal Colors menciona: “Un puente que no se pinta se cae. Un puerto que no se pinta se deteriora. Un tanque que no se pinta tendrá mucho menos resistencia” (pag. 97).

Tal reflexión es una realidad que afronta pérdidas en los sectores: construcción, pesquero, hidrocarburos, minero, etc.

La figura 1 nos da un alcance de la cantidad de inversión de estructuras metálicas como producto terminado (incluido el recubrimiento) en la construcción de una planta concentradora.

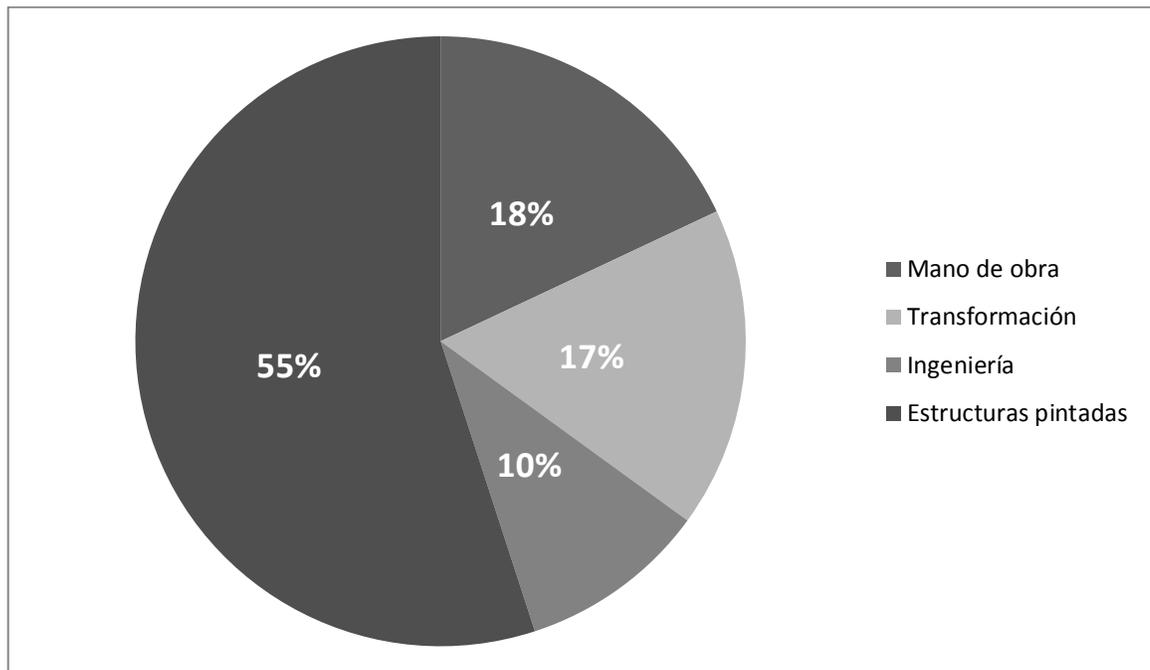


Figura 1. Inversión de las estructuras metálicas terminadas en la construcción de una Planta concentradora.

Fuente: Revista Universal Colors.

Como se observa la inversión en la compra de los materiales metálicos incluidos el revestimiento es el 55% de la inversión total tomando en cuenta que todos los materiales son netamente metálicos.

Con respecto al recubrimiento en la inversión sobre las estructuras metálicas, tenemos que el tratamiento superficial corresponde al 25% de la inversión total, dado por el servicio que otorga la industria metalmeccánica, los costos por compra del sistema de recubrimiento elegido corresponde a un 20%, y un 5% a la inspección el cual le dará el aseguramiento de calidad, con el fin de cumplir con los requisitos normados por las SSPC, y las otorgadas por el cliente, ver figura 2.

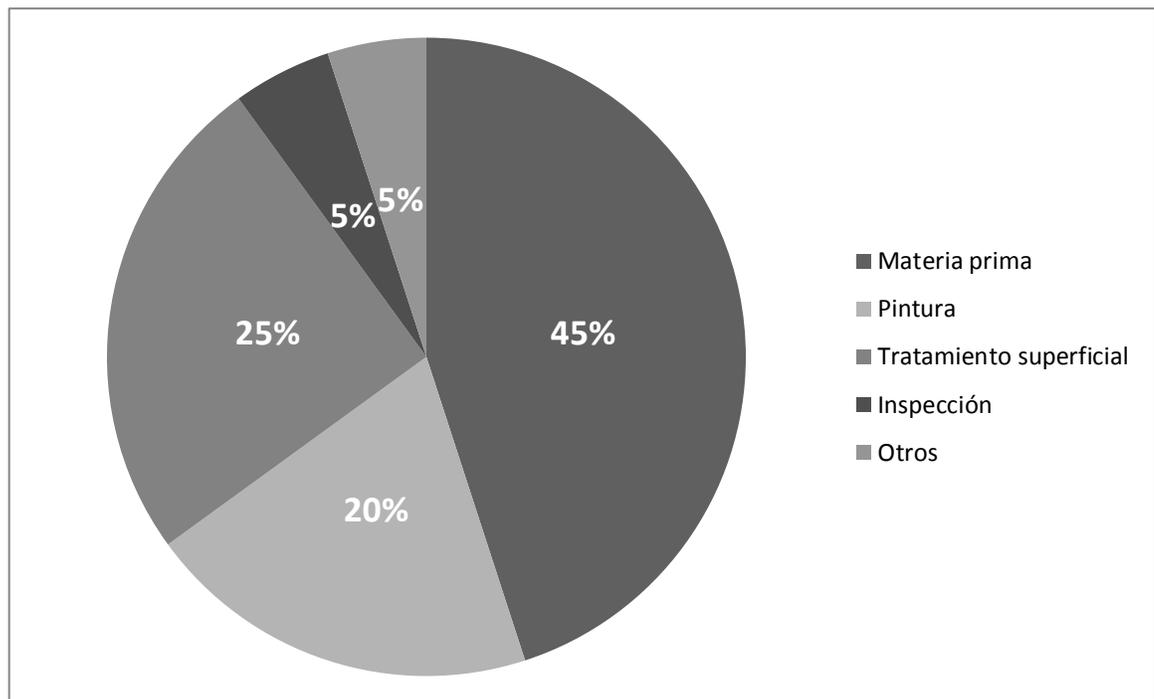


Figura 2. Inversión para la obtención de las estructuras pintadas.

Fuente: Revista Universal Colors.

Si tomamos una inversión total de 1'000,000.00 USD de dólares tendríamos la siguiente repartición de inversión por partidas siguiendo los porcentajes de las Figuras 1 y 2.

Tabla 3. Inversión con respecto a las partidas involucradas para el montaje de estructuras con recubrimiento.

<b>Partida</b>	<b>Monto</b>
Mano de obra	180000
Transformación	170000
Ingeniería	100000
Materia prima	247500
Pintura	110000
Tratamiento superficial	137500
Inspección	27500
Otros	27500
<b>Inversión Total</b>	<b>1'000000.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.2 PROCESO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE ESTRUCTURAS

Para el caso de estudio se ha dividido de la siguiente manera, ya que es una actividad común en la mayoría de las metalmecánicas del país, que no solo involucra ahorro de tiempo sino reproceso:

- Pre-Tratamiento Superficial
- Tratamiento Superficial
- Post-Tratamiento Superficial



Figura 3. Etapas del tratamiento superficial.

Fuente: Imágenes del taller Azoler

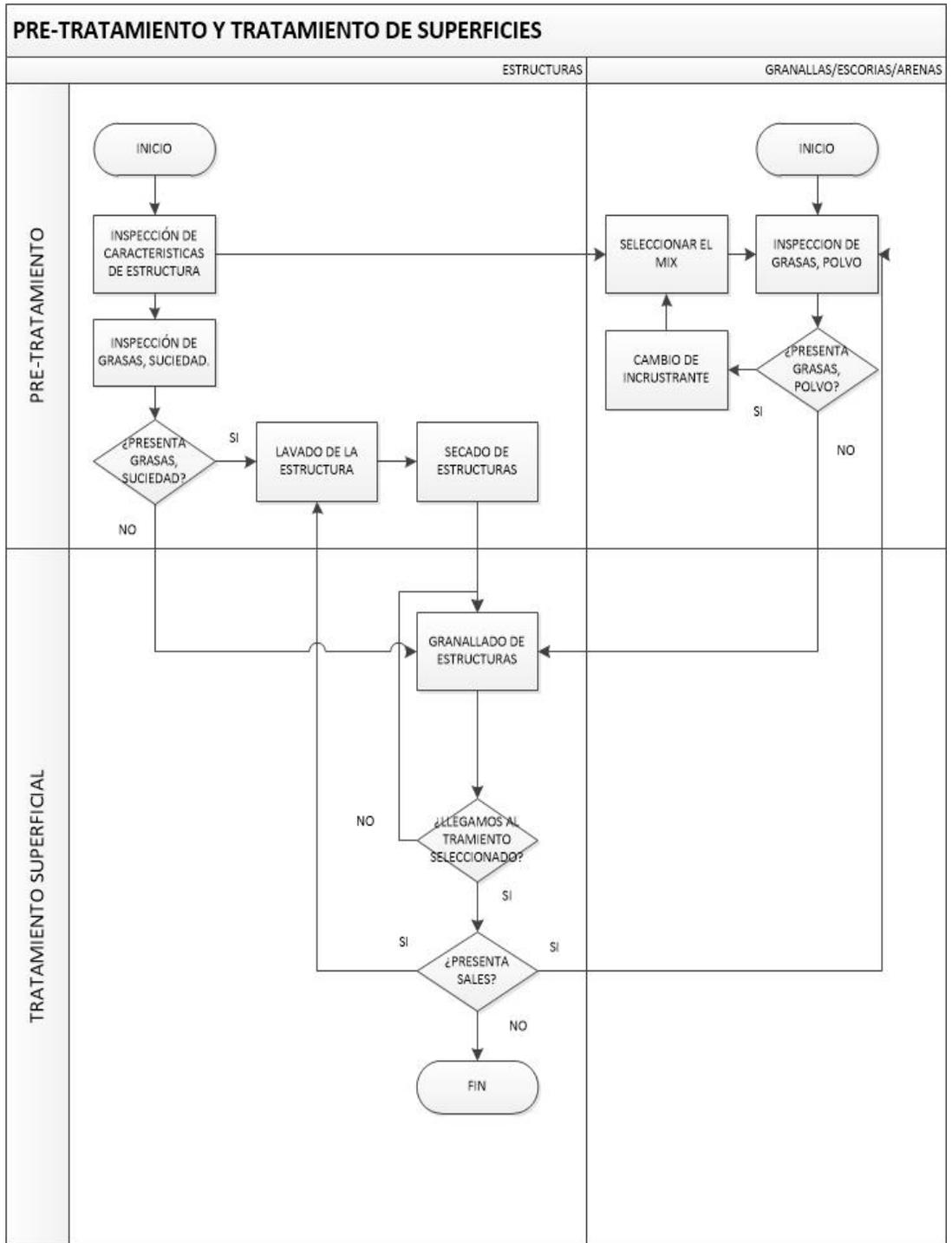


Figura 4. Flujo del Proceso de Tratamiento Superficial

Fuente: Elaboración propia.

El éxito de un trabajo de pinturas no solo depende de una adecuada aplicación de ellas, sino que en mayor medida se debe a la preparación o trabajos previos que se realicen en la superficie antes de pintarla.

Por “Preparación de superficies” se entiende la limpieza que se efectúa antes de aplicar la pintura, con el objeto de eliminar todo agente contaminante, partículas sueltas o mal adheridas, que sean ajenas o no a la superficie, dejándola apta para recibir el recubrimiento.

A menudo la preparación de superficies de acero para su pintado requiere un proceso de tres pasos:

- a) Pre-limpieza inicial de grasas, aceite, suciedad, defectos mecánicos de la superficie.
- b) Limpieza con herramientas manuales/ motrices/agua presurizada o chorro abrasivo.
- c) Creación o variación del perfil de superficie.

**2.2.1 Pre-tratamiento superficial.-** En esta etapa se realiza la limpieza de los defectos metalmecánicos (solo aquellos que se pueden observar a simple vista como son bordes puntiagudos, cordones discontinuos, etc.), luego se realiza la limpieza de grasas y aceites.

**2.2.1.1 Limpieza de defectos mecánicos.-** Los recubrimientos tienden a hacerse delgados y alejarse de los bordes agudos y de las proyecciones, dejando poco o nada de recubrimiento para proteger la subsiguiente lamina de acero inferior, incrementando así la falla del recubrimiento. Otros rasgos de acero que son difíciles de recubrir y proteger apropiadamente son las ranuras, porosidades de soldadura, laminaciones, etc.

El alto costo de remediar estas imperfecciones de superficie requiere sopesar los métodos de los arreglos, tales como el redondeo de los bordes o limados, frente a una posible falla del recubrimiento.

Los contaminantes de baja adherencia, tales como los residuos de escoria de soldaduras, salpicaduras sueltas de soldadura y algunas laminaciones menores de superficie, pueden ser removidas por el chorro abrasivo. Estos si no se limpian en la etapa del tratamiento superficial se harán evidentes después. Por ello, la programación de tales trabajos de reparación de la

superficie debe hacerse antes, durante y después del inicio de las operaciones preliminares de la preparación de superficies.

La norma a utilizar en este punto:

SSPC-SP2 Limpieza con herramienta manual: esta norma menciona del uso de herramientas como cinceles, martillos, espátulas, para remover aquellos residuos sueltos, ya que aquellos que se encuentren de forma adherente se realizaran con otra norma. El estándar considera que el residuo es adherente si no puede ser levantado con una espátula, es un criterio un tanto subjetivo; por ejemplo las rebabas, escorias semi-sueltas o salpicaduras podrán ser removidos con este tipo de limpieza.

SSPC-SP3 Limpieza con herramienta motriz: similar a la limpieza con herramienta manual, estas pueden ser: lijadoras, cepillos de metal, martillos astilladores, limadoras de disco. Es necesario tener cuidado al usar herramientas motrices para evitar una excesiva rugosidad de la superficie, ya que las crestas y las hendiduras contribuyen a la falla de la pintura por que los bordes agudos pueden estar no protegidos por un adecuado espesor de la pintura. Un exceso de pasadas de cepillo metálico también puede perjudicar el desempeño de la pintura, ya que la superficie (en particular las escamas) es fácilmente reducible a un acabado liso y llano, al que la pintura no se adhiere.

- 2.2.1.2 Aceites y grasas.- La presencia de aceites y grasas sobre una superficie que se desea proteger es altamente perjudicial y debe eliminarse con otros grados de limpieza.

Es común apreciar estos contaminantes sobre las superficies, ellos pueden provenir de un simple contacto con las manos de una persona o de aceites lubricantes utilizados en las máquinas o herramientas durante el proceso de fabricación.

Aun las películas delgadas de grasa y aceite, que podrían no ser tan fácilmente visibles, pueden evitar una firme adhesión del recubrimiento de alto rendimiento. Los depósitos visibles de grasa y aceite deben ser removidos con solvente, según lo descrito por la SSPC-SP1; esto debe

realizarse antes de hacer la limpieza con el chorro ya que el abrasivo puede esparcir la grasa o aceite por toda la superficie sin retirarlos.

SSPC-SP1 Limpieza con solvente, se usa principalmente para remover aceite, grasa, suciedad, tierra, compuestos de trabajo y otros compuestos orgánicos similares. Debido a los costos mayormente se usa la limpieza con agua y detergente, este es un método muy suave de limpieza con solvente. Este método rara vez tiene efectos adversos en los sustratos.



Figura 5. Elemento que presenta manchas de grasa

Fuente: Imágenes del taller Azoler

- 2.2.1.3 La Humedad.- Debido a la limpieza con solvente que incluya agua, puede haber presencia de humedad. La superficie de acero debe estar seca antes de la limpieza con abrasivos; la humedad puede producir óxido instantáneo antes de ingresar a la cámara de granallado y antes de pintar; ello con el fin de evitar que se oxide el material abrasivo (dependiendo del material del abrasivo).



Figura 6. Lectura de barometro.  
Fuente: Imágenes del taller FGA.

2.2.2 **Tratamiento superficial.-** Básicamente aquí se realiza la limpieza del óxido y escamas de laminación con el uso chorro de abrasivos hasta llegar a cumplir el requerimiento de limpieza dado por el cliente.

2.2.2.1 Corrosión de materiales metálicos ferrosos.-

La corrosión se puede definir como la degradación de un material a causa de la acción del ambiente en el cual está inmerso.

Como ejemplo tenemos: la oxidación del hierro y sus aleaciones a temperatura ambiente, la oxidación del acero a altas temperaturas, la grafitación de la fundición del hierro, el picado de los aceros inoxidable en presencia de los iones del Cl<sup>-</sup>, el deterioro del concreto frente a los sulfatos.

Existen varios tipos de corrosión, las cuales para fines de estudio solo nos concentraremos en aquellos donde se encuentre expuesto al ambiente y no se encontraran inmersos, el ambiente a elegir no será agresivo por ende no habrán iones cloruros presentes ni sulfatos.

La corrosión en las estructuras que ya se encuentran elaboradas puede manifestar una película delgada, fina y adherida a la superficie base del metal a la que simplemente mancha y la hace perder brillo, lo cual puede considerarse favorable ya que puede proteger o dificultar la continuación de

la acción destructiva del proceso de corrosión. En otras circunstancias los productos de corrosión forman una capa porosa de mayor espesor que no ofrece ninguna protección y adicionalmente genera unas condiciones de mala apariencia en el área atacada; para este último caso la corrosión es continua y no se detiene.

En conclusión se realiza un proceso de recubrimiento ya que el sustrato tiene una tendencia a oxidarse o corroerse.

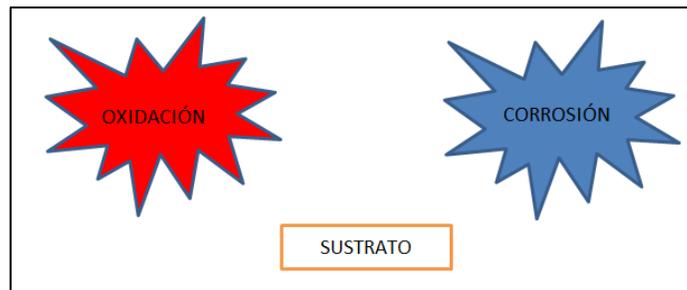


Figura 7. Tipos de ataque que realizan desgaste y pérdida de material en la estructura.

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2 Óxidos: consiste en los productos de la corrosión del acero (óxidos de hierro). Ya sea que estén sueltos o relativamente fijos en la superficie, deben ser correctamente retirados para lograr un desempeño satisfactorio del recubrimiento. No es una buena base para la aplicación de recubrimientos por que se expande y se vuelve porosa a medida que el hierro reacciona con el agua y con el oxígeno (corrosión).

2.2.2.3 Pintura deteriorada: Toda pintura vieja y suelta debe ser asimismo retirada antes del pintado de mantenimiento. Antes de retirar cualquier pintura vieja debe determinarse si este contiene cantidades significativas de plomo u otra sustancia tóxica. En dicho caso, se debe tomar precauciones especiales para proteger la salud de los operarios, otras personas en la zona y el medio ambiente.

2.2.2.4 Método de limpieza: El método de limpieza más usado es el del chorro con abrasivo seco, existen más métodos los cuales también son eficientes (chorro de agua, chorro abrasivo con agua) pero son más costosos y son menos frecuentes en uso en las metalmecánicas.

Chorro abrasivo.- La limpieza por chorro abrasivo es a menudo el método preferido para preparar el acero y otras superficies metálicas para su limpieza. La limpieza de chorro abrasivo de aire de estructuras metálicas usualmente incrementa notablemente el tiempo de servicio de sus recubrimientos a comparación con aquellas limpiadas con otros métodos. El impacto de partículas abrasivas a alta velocidad puede quitar por completo el óxido, las escamas de laminación, la suciedad y los recubrimientos antiguos, pero no la grasa ni el aceite, las cuales deben ser limpiadas con solventes antes de aplicar el chorro. La limpieza por chorro abrasivo también produce una aspereza que le da a la superficie la textura y favorece la firme adhesión del recubrimiento.

SSPC-SP7/NACE 4 Limpieza con Chorro Abrasivo de grado Ligero.- También requiere limpieza con solvente, retirar toda la grasa, el aceite, la suciedad, el polvo, las escamas de laminación sueltas, el óxido y la pintura visible (sin magnificación). No quita las escamas de laminación, el óxido y la pintura muy adheridos. Los requerimientos son similares a los de la limpieza con herramientas manuales y motrices. Este método es usado preferentemente en ambientes húmedos con pinturas que humectan bien las superficies.

SSPC-SP14/NACE 8 Limpieza con chorro Abrasivo de Grado Industrial.- Requiere que se retire toda la grasa, el aceite, la suciedad, el polvo, las escamas de laminación sueltas, el óxido y las pinturas visibles (sin magnificación). Se aceptan que queden trazas de residuos de escamas de laminación, óxido y pintura muy adheridos en un 10% de cada 6400 mm<sup>2</sup> de superficie, si están muy espaciadamente distribuidos. Este es muy usado

preferentemente en ambientes húmedos con pinturas que humectan bien las superficies.

SSPC-SP6/NACE 3 Limpieza con Chorro Abrasivo de Grado Comercial.- También requiere limpieza con solvente; retirar toda la grasa, el aceite, la suciedad, el polvo, las escamas de laminación, la pintura y otros materiales extraños visibles (sin magnificación). Sin embargo, no más de una porción de área de 9 pulgadas cuadradas puede tener óxido muy espaciado, consistente en ligeros sombreados, pequeñas líneas o decoloraciones menores debidas al óxidos, escamas de laminación o a restos de pinturas previamente aplicadas.

SSPC-SP 10 Limpieza con chorro Abrasivo Cercano al metal Blanco.- Requiere limpieza por solvente, es el segundo más alto en nivel limpieza. Quitar toda la grasa, el aceite, la suciedad, el polvo, las escamas de laminación, la pintura y otros materiales extraños visibles (sin magnificación). No más del 5% de cada porción de área de 9 pulgadas cuadradas puede tener óxidos muy espaciados, consistente en ligeros sombreados o decoloraciones debidas al óxido, escamas de laminación o a restos de pinturas previas.

SSPC-SP5/NACE 1 Limpieza con Chorro Abrasivo al Metal Blanco.- También requiere limpieza con solvente; es el grado más alto de limpieza. Quitar toda la grasa, el aceite, la suciedad, el polvo, las escamas de laminación, la pintura y otros materiales extraños visibles (sin magnificación).

#### 2.2.2.5 Ayuda visual para determinar el grado de la superficie:

Para hacer uso de cualquier grado de limpieza debemos establecer la condición inicial del acero, usando los estándares. Los aceros en distintas condiciones iniciales aparecen significativamente diferentes de un proceso similar a otro.

Tabla 4. Condición inicial del acero antes de su preparación

Condición	Descripción
Condición A	Completamente cubierto con escamas de laminación adheridas; poco o ningún óxido visible.
Condición B	Cubierto con escamas de laminación y con óxido.
Condición C	Completamente cubierto con óxido; poca o ninguna picadura.
Condición D	Completamente cubierto con óxido y picaduras visibles.
Condición E	Previamente pintado; pintura de color ligero aplicada sobre la superficie limpiada con chorro abrasivo, pintura mayormente intacta.
Condición F	Previamente pintado, pintura rica en zinc aplicada sobre la superficie limpiada con chorro abrasivo, pintura mayormente intacta.
Condición G	Pintura aplicada sobre acero con escamas de laminación; sistema sometido a fuerte interperie, muy ampollado o muy corroído.

Fuente: Elaboración propia

Después de determinar el grado inicial apropiado del acero, se debe comparar el acero limpieza con los estándares correspondientes a tal grado. Estos estándares están disponibles para grados de limpieza y de condiciones de la A-D para la limpieza con chorro abrasivo y de la A-G para la limpieza motriz.

#### 2.2.2.6 Equipo para limpieza con Chorro Abrasivo de Aire:

El equipo para limpieza con chorro abrasivo posee cinco componentes básicos:

- Compresor de aire
- Manguera de aire

- Máquina de chorreado
- Manguera de abrasivo
- Boquilla

#### 2.2.2.7 Perfil y anclaje de los tipos de abrasivos:

Abrasivos minerales naturales. La sílica se encuentra disponible disponible en la naturaleza, siendo barata y efectiva. Pero existe preocupación por sus efectos nocivos a la salud, lo que restringe su uso. La estauroлита, un abrasivo de arena natural no silicada es más cortante y produce menos polvo. El granate es un abrasivo angulado natural y fuerte que puede ser reciclados varias veces. Las clases y grados de abrasivos minerales están definidos en el SSPC-AB 1, Tipo I.

Abrasivos de escoria. Las escorias de cobre, níquel, carbón, que son subproductos industriales, son de rápida acción, pero tienen una alta tasa de desperdicio y no pueden ser recicladas. Las clases y grados de estos abrasivos de escoria están definidos en el SSPC-AB 1, Tipo II.

Abrasivos metálicos. Los abrasivos de acero redondo y angular son efectivos, duros y libres de polvo. Debe ser conservado seco para prevenir su oxidación. En realidad todos los abrasivos deben ser guardados en sus envases originales sellados hasta su uso. En el SSPC-AB 2 existen estándares para la limpieza de los abrasivos ferrosos reciclados. Los estándares para los abrasivos de acero recientemente fabricados o reciclados están en el SSPC-AB 3.

Abrasivos sintéticos. El óxido de aluminio y el carburo de silicón son abrasivos no metálicos con propiedades de limpieza similares a los metálicos, pero sin problemas de óxido que los afecte. Son duros, rápidos y bajos en polvo, pero son caros.

2.2.3 **Post-tratamiento superficial.**- Limpieza de aquellos defectos mecánicos que debido al óxido no se pudieron observar bien a simple vista (escorias, restos de soldadura),

limpieza de polvo debido al traslado desde la cámara de granallado al taller de pintado.

2.2.3.1 Sales solubles.- Las sales solubles son depositadas desde la atmosferas sobre las superficies. Si permanecen en la superficie después de la limpieza, pueden atraer la humedad que pueden atravesar el recubrimiento produciendo ampollas (ampollamiento osmótico). Las sales, particularmente los cloruros, pueden así mismo acelerar la reacción corrosiva y la corrosión sub-película.

SSPC-TU4 Métodos de Campo para la recuperación y el análisis de sales solubles en sustratos.- métodos descrito en esta norma.

La SSPC recomienda realizar la limpieza de las sales solubles por lavado motriz u otro método antes de la limpieza con herramienta motriz o chorro abrasivo. Pero mayormente estas son medidas al final, ya que al tener la estructura granallada, arenada, etc. Se coloca en un ambiente que podría estar contaminado, al igual que los abrasivos debido al tiempo de uso de estos.

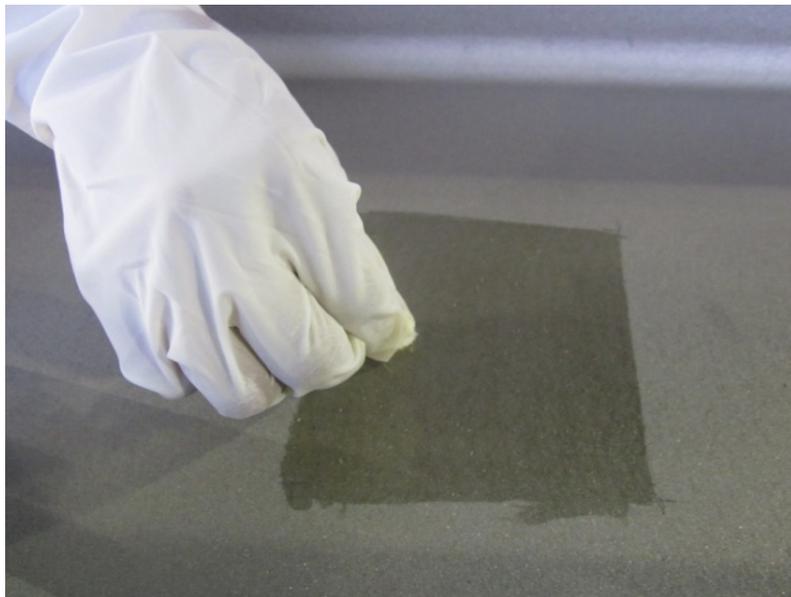


Figura 8. Limpieza con agua desionizada en el area de prueba.

Fuente: Imágenes del taller Azoler



Figura 9. Reposo de la muestra con la cinta.  
Fuente: Imágenes del taller Azoler



Figura 10. Lectura de la cinta.  
Fuente: Imágenes del taller Azoler

2.2.3.2 Soldaduras y salpicaduras de soldadura.- las salpicaduras de soldadura que no se observaban a la vista en la etapa de metal-negro (estructura sin limpiar) deben ser tratadas en un tiempo de 30 minutos o en todo caso la limpieza ha sido deficiente realizar un reproceso en la zona identificada.



Figura 11. Restos de escoria en cordón de soldadura.

Fuente: Imágenes del taller Azoler

2.2.3.3 Medición de perfil de rugosidad.- El perfil de rugosidad es el resultado de medir la aspereza de la superficie limpiada. Es la distancia perpendicular máxima que existe entre la sucesión de picos y valles con referencia a una línea central del perfil, que se producen en la superficie de acero por efecto del chorro abrasivo, expresado en mils o micrones. Se le describe según su profundidad y textura. El impacto del abrasivo sobre la superficie, además de crear el perfil de rugosidad aumentando el contacto metal-pintura, también incrementará la adherencia específica al crearse los sitios o puntos reactivos en la superficie metálica. Si bien es cierto que a mayor rugosidad del perfil, mayor área de contacto metal-pintura habrá disponible para la adhesión. Sin embargo, si los valles son demasiados profundos, el recubrimiento puede tener dificultades para penetrar en la parte inferior de estos, dejando espacios vacíos, que generan micro áreas de riesgo corrosivo. Así mismo, los picos pronunciados no podrán ser

recubiertos eficientemente con la capa del imprimante, dejándolos expuestos o cerca de la superficie, lo que provocaría una oxidación prematura conocida como “pitting” o picaduras puntuales.



Figura 12. Metodo de la cinta  
Fuente: Imágenes del taller Azoler

### **2.3 PROCESO DE RECUBRIMIENTO DE ESTRUCTURAS:**

Una recomendación de prácticas para la aplicación de los recubrimientos sobre superficies de acero en talleres, en el campo y del imprimado de mantenimiento, es presentada SSPC-PA, Guía 1. La Guía 4 SSPC-PA, describe el repintado de mantenimiento con sistemas de pintura al óleo y la Guía 5 SSPC-PA describe los programas de pintado de mantenimiento.

Las opciones básicas de método para aplicar recubrimientos son brocha, rodillo y aspersión. Tanto en el pintado por el contratista como por usuario, el aplicador tiene la opción de escoger el método de aplicación y debe decidir cuál es el mejor para el trabajo particular. Debe seguirse las siguientes consideraciones al seleccionar el método más apropiado.

Tabla 5. Consideraciones para tomar en cuenta el tipo de método adecuado para el recubrimiento.

Consideración	Descripción
Pertinencia para recubrimientos específicos	Algunos recubrimientos, como los de zinc inorgánicos, solo pueden ser aplicados con éxito mediante aspersión. Los recubrimientos viscosos, que producen VOC, presentan con frecuencia problemas especiales de aplicación.
Pertinencia para los componentes estructurales y específicos.	La aplicación con brocha es generalmente preferida en vez de otro método en áreas estrechas, como tubos, escaleras y pasamanos.
Apariencia deseada (brillo, color y textura).	Podrían requerirse un equipo especial para el acabado deseado.
Velocidad, facilidad y economía del método de aplicación.	La economía normalmente dicta la elección de un sistema que pueda hacer el trabajo rápidamente con ninguna o pocas deficiencias que deben ser corregidas más adelante.
Simplicidad del equipo y capacitación necesaria del operario.	Algunos equipos son muy especializados y requieren capacitación especial.
Requerimientos de seguridad del medio ambiente	El material, el equipo y las operaciones deben cumplir todas las disposiciones de seguridad y ambientales. Podrían requerirse un equipo de transferencia de alta eficiencia para evitar una aspersión excesiva en superficies que no serán pintadas. Por lo general se requiere un plan de seguridad para proteger a los operarios.
Clima	Siempre es mejor aplicar los recubrimientos en un ambiente cerrado, con control climático, de ser posible. Esto resulta en un trabajo mejor, es más aceptable ambientalmente y se puede hacer en cualquier condición climática.

Fuente:Elaboración propia.

Los factores que afectan la eficiencia de transferencia de la pintura incluyen:

- Tamaño del Objeto
- Forma del Objeto
- Tipo de equipo para la aplicación
- Distancia de la pistola al objeto
- Presión en la pistola

A menor tamaño y mayor complejidad del objeto, es menor la eficiencia de transferencia.

De igual modo, a mayor presión de atomización, menor eficiencia de transferencia.

Para fines de estudio, tomaremos como ejemplo a estructuras que tengan un metraje de 20 m<sup>2</sup> hacia mayores áreas, ya que los sistemas de aspersión son los más usados, debido a su rentabilidad por el cumplimiento de plazos.

### **2.3.1 Aplicación con equipo de aspersión**

La aspersión es un buen sistema de aplicación para casi todos los tipos de recubrimientos, y la opción usual para la mayoría de los recubrimientos industriales. Es bueno para recubrimientos con alto contenido de sólidos y de zinc inorgánico, que son difíciles de aplicar con brocha o rodillo.

Se han desarrollado muchas variaciones de equipos de aspersión y procedimientos de aplicación recientemente para exigencias cambiantes. Se comentara alguno de ellos:

2.3.1.1 Rociado convencional con aire.- La aspersión convencional con aire fue el primer método de pintura por aspersión usado y es aun el más empleado hoy. El aire comprimido atomiza la pintura hacia fuera de la boquilla y la impulsa hacia el objeto. La pintura es llevada hacia la boquilla por sifón o por presión. La aspersión convencional con aire ofrece la atomización y el acabado más fino y la mayor versatilidad, pero también produce el mayor desperdicio de pintura.

Las partes básicas del equipo de aspersión convencional con aire

- El compresor de aire.

- El tanque de pintura (recipiente de presión).
- Manguera para el aire y el fluido.
- Pistola de aspersión.

2.3.1.2 Rociado sin aire.- En el rociado sin aire la atomización es producida por el forzamiento de la pintura a través de un pequeño orificio mediante una alta presión hidráulica, que normalmente es de 10 a 24 MPa. Ofrece una tasa de producción más alta y, en consecuencia, mayor economía que con la aspersión convencional con aire.

Las partes básicas del equipo de aspersión sin aire son:

- Bombas hidráulicas de alta presión.
- Contenedor de pintura (recubrimiento).
- Manguera de alta presión.
- Pistola de aspersión de aire.



Figura 13. Preparación de equipo de aspersión.

Fuente: Imágenes del taller Azoler

2.3.1.3 Rociado sin aire asistida por aire.- La aspersión sin aire asistido por aire atomiza la pintura mediante una combinación de presión hidráulica y presión de aire. Lo normal es una presión de fluido entre 500 y 1000 psi y una presión de aire de entre 10 y 15 psi. La asistencia de aire produce gotas más finas que las obtenidas con aspersión normal sin aire. También permite la reducción de la presión hidráulica en un 50% o más, dándole así el operario una mayor eficiencia de transferencia y más control.

Tabla 6. Ventajas y desventajas sobre los tipos de sistemas de aspersor.

Tipo de aspersor	Ventajas	Desventajas
Rociado convencional con aire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomización y acabado más finos.</li> <li>• Buen control por parte del operario, versatilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja eficiencia de transferencia.</li> <li>• Bajo avance.</li> <li>• Se produce pulverizado (overspray).</li> <li>• Los materiales viscosos pueden presentar problemas.</li> </ul>
Rociado sin aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta tasa de avance.</li> <li>• Buena aplicación de materiales de alta viscosidad.</li> <li>• Sobre pulverizado reducido.</li> <li>• Altos costos de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presiones de aspersión peligrosamente altas.</li> <li>• Poco control del operario.</li> <li>• Acabado de baja calidad.</li> <li>• Altos costos de mantenimiento.</li> </ul>
Rociado sin aire asistida por aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomización más fina.</li> <li>• Menos fugas y derrames.</li> <li>• Buena eficiencia de transferencia.</li> <li>• Mejor control del operario.</li> <li>• Capaz de producir acabados más finos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de mantenimiento.</li> </ul>

Fuente: Elaboracion propia

### 2.3.2 Recubrimiento de las estructuras

El espesor de un recubrimiento es lo más importante en este proceso. Si es demasiado delgado no proporcionara la protección adecuada. Una película demasiado gruesa puede reducir la flexibilidad significativamente, causando arrugas o un curado incompleto u otros efectos adversos.

La SSPC-PA 1 recomienda realizar un franjeado en las zonas más vulnerables, como los bordes, filos y soldaduras, antes o después de aplicar el recubrimiento en toda la superficie. Debido a que la pintura se retrae en los bordes y filos reduciendo su espesor en esas zonas, el pintado de ellas en franjas proporciona un espesor adicional a la película protectora. Por estética se realiza ese franjeado antes de la aspersion. Finalmente la aplicación con el método elegido.



Figura 14. Aspecto visual del recubrimiento del sustrato.

Fuente: Imágenes del taller FGA

### III. DESARROLLO DEL TEMA:

El estudio se centra en evaluar de forma económica y rendimiento a los distintos tipos de abrasivos, las cuales son los más usados en la industria metalmecánica:

- Granalla metálica
- Escoria de metal (cobre)
- Arena

Para simplificar solo se tratará de lograr la limpieza superficial mayor correspondiente a la norma establecida como SSPC-SP5 Limpieza chorro abrasivo al metal blanco.

Para ello necesitaremos caracterizar prototipos, a los cuales realizaremos los ensayos con los distintos tipos de limpieza superficial.

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO

Para cada tipo de prueba superficial se realizarán tres prototipos, permitiendo así tener valores estadísticos; las cuales se estandarizarán para tener las características siguientes:

Tabla 7. Características del Objeto del ensayo

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA	IMAGEN
El sustrato presenta óxido tipo A y tipo B, no presenta ningún tipo de picadura (óxido tipo C).	“Técnicas Metálicas” Panamericana Sur.	

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROTOTIPO

Los prototipos se identificarán con el siguiente código:

**PRO-00Y-XXX**

PRO: PROTOTIPO

00Y: 001, 002, 003 relación numérica de prototipo

XXX: Tipo de tratamiento superficial (GRA, ARE, ESC, ORI)

### 3.3 CARACTERISTICAS DEL ABRASIVO

Características de los abrasivos:

Tabla 8. Características de la arena.

CARACTERISTICAS:	PROCEDENCIA:	IMAGEN:
<p>Arena lavada 0% sales, su composición en un 100% de sílice libre. El abrasivo recién se va usar.</p> <p>Partículas &lt; malla de 2mm</p>	<p>Playa santa maría, taller de granallado Azoler.</p>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Características de la escoria.

CARACTERISTICAS:	PROCEDENCIA:	IMAGEN:
<p>Escoria de cobre-hierro. La escoria ya tiene un uso por lo que el porcentaje de polvo corresponde a un 7% siendo esta tamizada y disminuida a un 3 %.</p> <p>Partículas &lt; malla de 2mm</p>	<p>Taller de granallado Azoler.</p>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Características de la granalla.

CARACTERISTICAS:	PROCEDENCIA:	IMAGEN:
<p>Granalla esférica 80 conformado por aleaciones de hierro y zinc.</p> <p>E abrasivo es nuevo por lo tanto tienen 0% de polvo y 0% de sales.</p>	<p>Taller de granallado Azoler.</p>	

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 REALIZACION DEL ENSAYO

Se realizo los siguientes ensayos a los prototipos, medida de perfil, toma de tiempo de realizacion de limpieza superficial y prueba de polvo.

Tabla 11. Resultados del Arenado

ABRASIVO	ARENA		
PROTOTIPO	01	02	03
TIEMPO	5 min	6 min	5.2 min
PERFIL	2.3	2.4	2.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Resultados del Escoriado

ABRASIVO	ESCORIA		
PROTOTIPO	01	02	03
TIEMPO	4.2 min	5 min	4.3 min
PERFIL	2.6	2.5	2.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resultados del Granallado

ABRASIVO	GRANALLA		
PROTOTIPO	01	02	03
TIEMPO	3 min	2.8 min	3 min
PERFIL	3	2.9	2.8

Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Perfiles obtenidos durante las pruebas.

Fuente: Imágenes del taller FGA

Al finalizar la medida del perfil, se realiza la prueba de polvo con el fin de ver la cantidad de partículas contaminantes que se encuentran presentes y que evitaren que se pueda recubrir satisfactoriamente el sustrato, los valores de este ensayo para cada tipo de incrustante se observan en tabla 13.

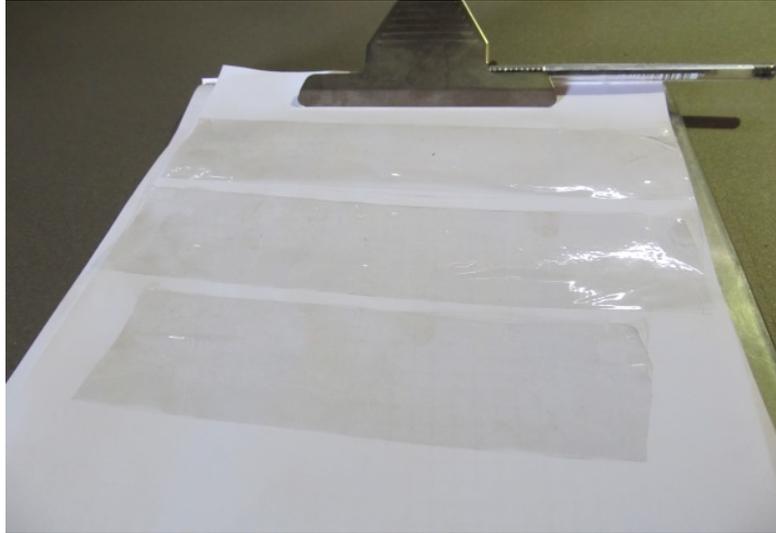


Figura 16. Prueba del polvo.  
Fuente: Imágenes del taller FGA

Finalmente se da pase al recubrimiento con un equipo de aspersión asistida con aire.



Figura 17. Aplicación del recubrimiento  
Fuente: Imágenes del taller FGA

Tabla 13. Resultados de la evaluación del sustrato

Tipo de limpieza superficial	Costos (S./m <sup>2</sup> )	Obtención	Reutilización	Tratamientos previos	Contaminación	Aspecto visual/Ensayos no destructivos
arena	6-8	Es el abrasivo natural de más amplia disponibilidad.	Solo dos veces	Debe ser sometido a análisis debido a los contaminantes que arrastra de su lugar de origen (sales).	Debido a su composición, al partirse finamente la sílice libre que es una de las causas irreversibles que se denomina silicosis, lo que hace extremar los requerimientos de seguridad.	Prueba de sales: mayor a 2.5 Prueba de polvo: mayor al 32 o 35% Inspección visual: Sucio presenta manchas oscurecidas en un 30% del sustrato.
escoria	13	Se obtiene como desperdicio	Cuatro veces	Debe ser sometido a análisis debido a los contaminantes que arrastra de su lugar de origen (sales).	Al ser desperdicios de otras manufacturas, la escoria viene sucia con polvo y otros contaminantes. Por su gran peso genera poco polvo.	Prueba de sales: menor a 2.5 Prueba de polvo: mayor al 5 o 10% Inspección visual: Sucio presenta manchas oscurecidas en un 10% del sustrato.
granalla	14	Se obtienen a través de un proceso tecnológico y composiciones químicas controladas.	300-1000 veces dependiendo del desgaste del grano.	Será sometido a pruebas o análisis después de haber sido utilizado.	Al ser partículas de acero templado y revenido no provocan ningún problema de contaminación cuando se trabaja con acero. Por su gran peso genera poco polvo.	Prueba de sales: menor a 1.5 Prueba de polvo: menor al 5 o 3% Inspección visual: Limpio presenta manchas oscurecidas en un 1% del sustrato o en otros casos no se presenta.

Fuente: Elaboración propia

#### **IV. CONCLUSIONES:**

1. Los resultados visuales entre el granallado y arenado, se obtiene superficies mucho más limpias en corto tiempo con respecto al arenado.
2. Los perfiles más altos fueron observados en el proceso de tratamiento superficial granallado, estos se pueden evitar dando una dirección no perpendicular de los incrustantes al sustrato.
3. Los perfiles más bajos fueron obtenidos con el método de arenado.
4. La prueba de sales debe darse obligatoriamente cuando se arena o se escoria, debido a que las sales se encuentran naturalmente en las arenas, y en la escoria se presenta mayormente por contaminación debido a que es un material reciclado.
5. La prueba de polvo indica la cantidad de polvo atribuido al abrasivo en el proceso de limpieza superficial, fue un 0% en el caso del granallado y en el caso del arenado fue del 35%, esto se puede observar en las cintas adhesivas tomadas a los sustratos que fueron sometidos al tratamiento superficial.
6. El granallado de materiales puede realizarse con granallas esféricas y/o triangulares, o en otros casos un mix de estos; ello dependerá del tipo de perfil a utilizar.
7. Si se tiene volúmenes altos de fierro negro para limpieza superficial en un día se puede arenar 125 m<sup>2</sup>, terminar de escoriar 175 m<sup>2</sup> y granallar 300 m<sup>2</sup>, asumiendo un día de 8 horas con un equipo de aspersion asistido por aire.
8. El aporte de este estudio es dar a conocer al ingeniero de producción el tipo de abrasivo adecuado a partir del tiempo (plazo para entrega de producto final) y la cantidad de elementos (m<sup>2</sup>) que tendrán que ser limpiados.

## **V. RECOMENDACIONES:**

1. La prueba de polvo debe realizarse después de haber pasado un a limpieza con compresor de aire; así solo obtenemos el porcentaje de polvo adherido.
2. Las cintas utilizadas para medir los perfiles deben ser utilizadas solo una vez y estas no deben estar sucias ni dobladas; la presentación correcta de la cinta ayudara a tener un buen registro del perfil.
3. Se recomienda que el medidor de rugosidad sea calibrado en lo posible al comenzar cada día.
4. La prueba de sales en el método de arenado y escoriado debe realizarse al comenzar una faena, debido al alto contenido de sales de los abrasivos.
5. Se recomienda el uso de granalla para la limpieza superficial, eso se observa en la evaluación debido a la mayor limpieza que presenta.
6. Se recomienda utilizar el método de granallado para aquellas obras donde sea estricta la seguridad y salud ocupacional debido a que estos presentan menos contaminantes que afecten a los operadores.
7. Hay que considerar tener cuidado en el tiempo de sometimiento de los abrasivos durante nuestra limpieza superficial ya que estos pueden afectar el perfil de rugosidad deseado aumentándolo y haciendo que usemos mayor cantidad de recubrimiento o evitando que recubramos toda el área.
8. El lavado de estructuras puede omitirse cuando el lugar donde se ha fabricado la estructuras no contiene sales, así se reduce el tiempo para poder recubrir la estructura; pero se recomienda lavarlas ya que si presentase sales al inicio puede contaminar todo el abrasivo y las siguientes estructuras a limpiar.

## VI. BIBLIOGRAFÍA:

1. **Acevedo, J.** (2012, abril). Pinturas Industriales: protección que da vida. Revista ENERGIMINAS, pp. 97
2. **Acevedo, J.** (2012, abril). Pinturas Industriales: protección que da vida. Revista ENERGIMINAS, pp. 98-99
3. **Drisko, R. y Palmer, F.** (2005, marzo). Unidad 3 Preparación de la superficie para el pintado Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras Industriales.
4. **Drisko, R. y Palmer, F.** (2005, marzo). Unidad 1 Corrosión y Control de la corrosión. Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras Industriales.
5. **Drisko, R. y Palmer, F.** (2005, marzo). Unidad 4 Aplicación de Recubrimientos. Fundamentos de Recubrimientos Protectores para estructuras Industriales.
6. **Instituto Nacional de Estadística e Informática** (2015, enero). Producción Nacional Ene-Dic 2014. **Informe Técnico N°2** 1-2 [en línea]. Disponible en: [http://www.inei.gob.pe/media/principales\\_indicadores/informe-tecnico-n02\\_produccion\\_dic2014\\_1.pdf](http://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/informe-tecnico-n02_produccion_dic2014_1.pdf) [2014, 15 marzo]