



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“ELABORACIÓN DE MANUAL BÁSICO DE APLICACIÓN DE SANDBLASTING EN  
ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA NICARAGUA”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Max Bryan Tamariz Somarriba

Br. Boris Aarón Urrutia Machado

**Tutor**

Ing. Luis Gustavo Espinoza González

Managua, Junio 2022

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios primeramente, por ser mi apoyo en todas las etapas de mi vida, de la universidad y elaboración de este documento, a mi papá Máximo Tamariz QEPD, por haberme enseñado todo lo relacionado a las ciencias puras y exactas, como también haber sido un gran soporte para mí, a mi mamá Silvia Somarriba, por haberme ayudado con su comprensión y ánimos para seguir adelante, por haber sido de igual forma un sostén para mí, a mis hermanas por haber sido mi ejemplo y apoyo.

A todos mis compañeros de clase, por haber hecho de la universidad un buen lugar.

A mis profesores, que me enseñaron lo necesario para ser un profesional, en especial mi profesor de física II.

**Br. Max Bryan Tamariz Somarriba**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto es un logro más lo cual lo dedico a toda mi familia y amigos que fueron piezas clave en estos años de luchas y alegrías. pero principalmente a mi padre Edgar Urrutia y mi madre Hayda Luz Machado que fueron mi sostén moral, espiritual y financiero. De igual forma a la familia Payan Mojica porque siempre me brindaron esa mano amiga que necesite en mis momentos difíciles.

**Br. Boris Aarón Urrutia Machado.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por todo lo que ha hecho en mi vida, lo bueno y lo difícil.

Agradezco a mi familia, a mis padres y mis hermanas que me han formado como persona para ser lo que soy.

Agradezco a mi compañero de tesis, por ser un buen amigo y compañero, en la universidad y tesis.

Agradezco a mi tutor, él Ing. Luis Gustavo Espinoza G., por sus consejos y tutoría en este trabajo.

**Br. Max Bryan Tamariz Somarriba**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su bondades para conmigo en toda mi vida.

Agradezco a mis padres y mis hermanas por apoyarme en esta hermosa e inigualable experiencia.

Agradezco a mi compañeros de mi alma mater que siempre me apoyaron en las buenas y en las malas especialmente a mi compañero Max ya que él siempre me apoyo cuando acudía por su apoyo.

Agradezco a mis amigos por su apoyo moral y espiritual ya que ellos fueron un gran impulso para alcanzar este objetivo.

Agradezco a mi tutor él Ing. Luis Gustavo Espinoza G., por su arduo apoyo y esfuerzo todo con el fin de lograr este proyecto.

**Br. Boris Aaron Urrutia Machado.**

## RESUMEN

El presente documento monográfico de tipo manual, presenta una descripción general y básica de la aplicación en Nicaragua del procedimiento de sandblasting para el tratamiento de superficies de acero. El documento está estructurado de forma progresiva, aclarando primero las **definiciones** necesarias, aquí vemos cosas como: de qué trata el procedimiento, la importancia del mismo, herramientas y maquinaria usada para su aplicación, etc.

Siguiendo, vemos el apartado de abrasivos, donde se abordan los abrasivos usados y su forma de uso, así como algunas propiedades de los mismos.

Continuando, llegamos a la parte del método del sandblasting, aquí se abordan la identificación del grado de oxidación, selección del tipo de limpieza, selección del abrasivo, selección del compresor y la boquilla, acciones preliminares, es decir, las acciones necesarias para la aplicación del procedimiento, abordando la seguridad y el transporte de maquinaria y materiales. Por último, tenemos la aplicación del procedimiento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo I: Generalidades .....	1
1-1. Introducción .....	1
1-2. Antecedentes .....	2
1-3. Justificación .....	3
1-4. Objetivos .....	4
a.    Objetivo General: .....	4
b.    Objetivos Específicos: .....	4
1-5. Marco teórico .....	5
1.5.1. Definiciones generales .....	5
1.5.1.1. ¿Qué es el sandblasting? .....	5
1.5.1.2. Importancia de la limpieza. ....	5
1.5.1.3. Ventajas y desventajas del método de limpieza sandblasting para estructuras metálicas. ....	6
1.5.1.4. La corrosión .....	7
1.5.1.5. Grados de corrosión .....	15
1.5.1.6. Anclaje: .....	17
1.5.1.7. Medidor de anclaje: .....	19
1.5.1.8. Poros: .....	19
1.5.1.9. Diferencia entre tipo de limpieza y perfil de anclaje. ....	20
1.5.1.10. Clemco: .....	20
1.5.1.11. Filtro operario CPF-20 .....	23
1.5.1.12. Compresor de aire. ....	24
1.5.1.13. Boquilla de sandblasting: .....	24
1.5.1.14. Capucha de protección de Sandblasting: .....	29

1.5.1.15. Manguera de sandblasting:.....	30
1.5.1.16. Válvula de regulación manual:.....	31
1.5.1.17. Enfermedades por causa del sandblasting. ....	31
1.5.1.18. Sandblaster.....	34
1.5.1.19. Operador.....	34
1.5.2. Abrasivos.....	34
1.5.2.1. Propiedades y características del material abrasivo. ....	34
1.5.2.2. Factores que afectan el perfil de la superficie.....	38
1.5.2.3. Altura del perfil.....	38
1.5.2.4. Cribado del abrasivo.....	39
1-6. Diseño metodológico.....	42
1.6.1. Descripción del diseño investigativo.....	42
1.6.2. Procedimiento metodológico.....	42
1.6.2.1. Recolección de teoría e información.....	42
1.6.2.2. Realización de ayudas gráficas para el manual.....	43
1.6.2.3. Ordenamiento y redacción del documento final.....	44
1.6.3. Descripción del tipo de investigación.....	44
1.6.3.1. Fuentes de información.....	44
Capítulo II: Definición de procedimientos y normas.....	45
2-1. Normas que rigen la aplicación de sandblasting.....	47
2.1.1. Normas usadas en Nicaragua.....	49
2.1.1.1. Sspc-sp 5, “limpieza con chorro de metal blanco”:	49
2.1.1.2. Sspc-sp 6 “limpieza con granallado comercial”:	49
2.1.1.3. Sspc-sp 10, “limpieza con chorro casi blanco”:	50
Capítulo III: Materiales para sandblasting usados en nicaragua.....	52



3-1. Arena sílica .....	52
3-2. Óxido de aluminio .....	53
3-3. Granalla de acero (angular) y perdigón de acero (redondo) .....	53
Capítulo IV: Procedimientos en el sandblasting .....	57
4-1. Procedimiento 1: Identificar el grado de corrosión de la superficie de acero. .....	57
4-2. Procedimiento 2: Selección del tipo de limpieza .....	58
4-3. Procedimiento 3: Selección del abrasivo .....	59
4-4. Procedimiento 4: Selección del compresor y boquilla .....	60
4.4.1. Selección compresor: Presión y volumen.....	60
4.4.2. Selección de la boquilla.....	61
4.4.2.1. Modelo de compresores más utilizados.....	63
4-5. Procedimiento 5: Acciones preliminares .....	65
4.5.1. Selección de mangueras .....	65
4.5.2. Revisión de las condiciones del lugar de trabajo.....	66
4.5.3. Maquinaria y equipos .....	67
4.5.3.1. Levantar, cargar y mover el equipo.....	67
4.5.3.2. La importancia de la buena inspección y selección de los equipos. .....	68
4.5.3.3. Ubicación y desplazamiento de los equipos y herramientas correctamente.....	68
4.5.3.4. Verificación de los filtros de Aire.....	76
4.5.4. Traslado de piezas a limpiar (cuando aplique) .....	78
4.5.5. Equipamiento de la ropa y accesorios de seguridad.....	78
4.5.6. Ubicación de los trabajadores en sus puestos de trabajo .....	81
4-6. Procedimiento 6: Revisión de la seguridad en el proyecto .....	81

4.6.1. Peligro del chorro .....	81
4.6.2. Polvos.....	82
4.6.3. Operadores no calificados.....	83
4.6.4. Caídas y tropiezos.....	84
4.6.5. Precauciones para los oídos. ....	85
4.6.6. Cerramientos y contención.....	86
4.6.7. Pérdida por fricción.....	88
4-7. Procedimiento 7: Aplicación del procedimiento .....	91
4.7.1. Aplicación del chorro sobre la superficie .....	91
4.7.1.1. Procedimiento de parada.....	91
4.7.2. Verificación del tipo de limpieza y perfil de anclaje .....	93
4.7.3. Limpieza del lugar de trabajo. ....	95
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones .....	97
5-1. Conclusiones .....	97
5-2. Recomendaciones .....	98
Bibliografía.....	99
Glosario .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Corrosión atmosférica .....	7
Figura 2: Tanque corroído por ambiente industrial .....	8
Figura 3: Chapa de barco corroída por ambiente marino .....	8
Figura 4: Carro oxidado por el ambiente rural .....	9
Figura 5: Engranajes y torre de hierro oxidados por temperatura .....	10
Figura 6: Oxido generado por presión .....	11
Figura 7: Buje corroído por fricción.....	11

Figura 8: Tubería corroída por MIC .....	12
Figura 9: Acción del rocío y condensación .....	13
Figura 10: Factor de corrosión por localización .....	14
Figura 11: Acercamiento de metal antes y después del sandblasting .....	17
Figura 12: Tanque en proceso de sandblasting (gris claro zona ya tratada) .....	18
Figura 13: Medidores de anclaje .....	19
Figura 14: Poros en metal .....	19
Figura 15: Viga en proceso de limpieza .....	20
Figura 16: Clemco .....	21
Figura 17: Tipos de tolvas sandblasting .....	21
Figura 18: Tolva estacionaria .....	23
Figura 19: Filtro de aire .....	23
Figura 20: Compresor de aire.....	24
Figura 21: Boquilla de sandblasting.....	25
Figura 22: Distintos tamaños de boquillas de tungsteno y goma .....	28
Figura 23: Detalles de la geometría de una boquilla de sandblasting .....	28
Figura 24: Capucha de protección.....	30
Figura 25: Manguera de sandblasting .....	30
Figura 26: Válvula de regulación manual .....	31
Figura 27: Cribas para abrasivo de origen natural;.....	39
Figura 28: Pantalla (malla) para filtrar directamente al verter el abrasivo en el Clemco; a) Ubicada en el Clemco con abrasivo, b) Vista fuera del Clemco.....	40
Figura 29: Ejemplo de cribado de abrasivos .....	41
Figura 30: Procedimiento metodológico .....	42
Figura 31: Diagrama general de procedimientos en sandblasting.....	46
Figura 32: Normas usadas en Nicaragua; SP 6, SP 10, SP 5.....	51
Figura 33: Arena sílica.....	52
Figura 34: Oxido de aluminio blanco .....	53
Figura 35: Perdigones de acero .....	54
Figura 36: Algunos mallados de arena sílica.....	55
Figura 37: Tamaños de perdigones de acero .....	56

Figura 38: Algunos tamaños de óxido de aluminio .....	56
Figura 39: Diagrama para identificación del grado de corrosión.....	57
Figura 40: Diagrama selección del tipo de limpieza .....	58
Figura 41: Corte de manguera de sandblasting.....	65
Figura 42: Trabajador inspeccionando el área de trabajo .....	66
Figura 43: Equipo necesario para mover maquinaria (poleas). .....	67
Figura 44: Trabajador inspeccionando equipación EPP .....	68
Figura 45: Compresor de aire abierto.....	69
Figura 46: Filtro/separador de humedad .....	70
Figura 47: Polvo tóxico debido al chorreado .....	71
Figura 48: Advertencia para sobre acoples de diferentes marcas.....	73
Figura 49: Llenado del Clemco.....	73
Figura 50: Pasador y resorte de seguridad para acoples .....	74
Figura 51: Mangueras de colores para identificación .....	76
Figura 52: Filtro CPF de Clemco .....	77
Figura 53: Piezas trasladadas a sitio para aplicación de sandblasting.....	78
Figura 54: Traje de sandblasting .....	79
Figura 55: Antilátigos.....	79
Figura 56: Hombre muerto.....	80
Figura 57: Ropa de seguridad .....	80
Figura 58: Operador en chorreado (ver polvo adyacente).....	83
Figura 59: Señalización de riesgo de caída.....	84
Figura 60: Uso de tapón auditivo.....	85
Figura 61: Ejemplo de trabajo cerrado en exteriores (caso de limpieza de tanque) .....	86
Figura 62: Caso de cerramiento con plástico (limpieza de viga) .....	87
Figura 63: Diagrama de flujo de acciones preliminares.....	89
Figura 64: Diagrama y lista de chequeo resultante al finalizar las acciones preliminares y revisión de seguridad .....	90
Figura 65: Diagrama resumen de la aplicación de sandblasting .....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de grados de corrosión en la norma SSPC en acero desnudo ....	15
Tabla 2	Grados de corrosión en la norma SSPC para metal pintado .....	16
Tabla 3	Especificaciones técnicas de tolvas portátiles .....	22
Tabla 4	Especificaciones de tolva portátil usada en Nicaragua.....	22
Tabla 5	Rendimiento de boquillas con equipos convencionales.....	29
Tabla 6	Tabla de propiedades físicas de abrasivos no metálicos.....	37
Tabla 7	Especificaciones norma SSPC .....	47
Tabla 8	Altura aproximada del perfil de abrasivos más usados en Nicaragua* ..	55
Tabla 9:	Tabla de requerimientos de presión y flujo de aire de las boquillas .....	62

# **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

## **1-1. INTRODUCCIÓN**

El sandblasting es un proceso que consta en la limpieza y/o preparación de superficies de cualquier tipo, entre estos materiales está el Acero, metales como, por ejemplo: estaño, metales blandos para soldadura, aleaciones de aluminio, plomo y principalmente en Nicaragua acero inoxidable, y acero para estructuras.

Cuando hablamos en el caso de acero inoxidable, es por ejemplo en plantas hidroeléctricas para el mantenimiento de las aspas de las turbinas y en el caso de los aceros estructurales es más amplio, observamos grandes ejemplos en piezas de acero, por ejemplo: laminas lisa, perfiles de acero, tuberías, angulares y cerchas industriales entre otros.

Este procedimiento es clave cuando hablamos de proyectos grandes, ya que, si no es aplicado de forma correcta, tendremos problemas de adherencia de la pintura y claramente el material tendrá una menor calidad y tiempo de vida.

Uno de los aspectos más importantes y vitales en el sandblasting es el nivel de anclaje, porque prepara con anticipación las superficies, ya que la película de pintura o recubrimiento requiere un anclaje exacto al momento de su aplicación para no sufrir rupturas o despegues futuros. Con el fin de lograr las expectativas deseadas.

Del sandblasting depende en más del 70% la correcta preparación de la superficie, por este motivo en Nicaragua, es necesario un manual completo para la aplicación de este procedimiento, el cual es el presente trabajo, donde abordamos desde su definición hasta los cuidados básicos al momento de su aplicación, para el manejo del sandblasting.

## 1-2. ANTECEDENTES

Actualmente en Nicaragua no hay evidencia de existencia de documentación, de investigaciones o manuales que relacionen la ejecución de estas obras en nuestro país, pero si es posible encontrar documentación referente a este tema en investigaciones y tesis extranjeras.

Como por ejemplo la investigación “Evidencia científica en sandblasting y neumopatías” (Camargo, Fernández, Malo, & Santabasilisa, 2017), de Madrid, España; esta investigación aborda la problemática que plantean numerosos artículos científicos sobre la silicosis y el sandblasting, elaboran una investigación sobre los factores de riesgo y exponen tecnologías y métodos para prevención.

Existen otros trabajos monográficos como “Diseño y construcción de un prototipo de una estación de limpieza mecánica mediante el procedimiento de sandblasting...para una unidad de mantenimiento y transporte.” (Torres Jaramillo, 2013), entre otros. Estos trabajos no abordan la creación de un manual ni de pasos a seguir a como este trabajo pretende realizar.

Documentaciones como “BLAST OFF / la guía de chorro con abrasivo eficiente y segura” (Clemco Industries Corp, 1997), de Washington, Estados Unidos; esta guía aborda las temas de seguridad laboral, tipos de agregados y principales herramientas y sus eficiencia en la ejecución del chorreo.

### **1-3. JUSTIFICACIÓN**

En el ámbito de la ingeniería civil, específicamente en la parte final de un proyecto de obra vertical, horizontal (puentes de acero especialmente) u obras hidrosanitarias, es de suma importancia la etapa de aplicación de acabado para pintura y el posterior mantenimiento de dicha estructura. Para estas etapas del proyecto, existen procesos que ayudan en la preparación de las superficies, uno de ellos, viable y muchas veces único método más indicado que garantiza una alta calidad es el sandblasting.

Este procedimiento de sandblasting, tiene cierta complejidad de aplicación, y sigue unos pasos estrictos para que pueda ser efectivo y seguro para el personal que lo aplica, por ejemplo, hay diversidad de materiales para aplicación y acabados distintos en la superficie del material, y cuando hablamos de elementos estructurales que están sometidos a cargas variables todo tiempo es necesario que estén protegidos de la corrosión para su correcto funcionamiento, habiendo sido preparados correctamente para su protección por medio del método de sandblasting. Hablando del caso de marcos con perfiles de acero, están en movimiento constante y su capacidad estructural bajaría debido a una mala ejecución del sandblasting. Si en la etapa de limpieza se aplicó mal el abrasivo y el anclaje es variable y pobre, la pintura se caerá y oxidará el material. Si existe un manual que indique los pasos a seguir, el riesgo de que ocurra lo anterior es menor, asegurando de paso la seguridad de los trabajadores.

Por tanto, el sandblasting, si bien no es un método de tratamiento de superficies complejo, requiere de seguir ciertos pasos y normas específicas, que, si no son correctamente seguidas y ejecutadas, el trabajo saldrá mal, siendo este el objetivo del presente trabajo, realizar un manual que sirva de guía para la aplicación correcta del mismo en Nicaragua.



## **1-4. OBJETIVOS**

### **a. Objetivo General:**

Elaborar un manual para la aplicación de sandblasting en estructuras de acero aplicado en Nicaragua.

### **b. Objetivos Específicos:**

- Definir los procedimientos necesarios para la aplicación de sandblasting en estructuras de acero para mantenerse conforme a la normativa (SSPC) en la aplicación de sandblasting.
- Detallar los principales materiales que se emplean para realizar preparación de superficies con sandblasting en Nicaragua.
- Enseñar de forma breve y clara los procedimientos en las distintas actividades que son requeridas para la aplicación de sandblasting

## **1-5. MARCO TEÓRICO**

### **1.5.1. Definiciones generales**

Abordaremos las definiciones generales que son de importancia para el siguiente capítulo donde abordaremos los procedimientos para una buena aplicación de sandblasting.

#### **1.5.1.1. ¿Qué es el sandblasting?**

El sandblasting es el proceso de limpieza y preparación de superficies mediante un abrasivo expulsado a altas velocidades mediante un compresor de aire, el origen de la palabra de esta técnica proviene de las palabras “**sand**” que es arena y “**blast**” que es presión, que se interpreta como arena a presión, que popularmente es llamada “arenado o chorro de arena”.

Los abrasivos usados aquí en Nicaragua son tres: arena sílica, granalla de acero, óxido de aluminio, hablaremos más en detalle de estos en la sección de selección de abrasivo.

#### **1.5.1.2. Importancia de la limpieza.**

La preparación de la superficie es el paso más importante en el proceso para aplicar recubrimientos. Las superficies metálicas expuestas a ambientes atmosféricos, salpicaduras y derrames de sustancias químicas corrosivas o condiciones de inmersión están sujetas a degradación corrosiva y oxidación.

Los contaminantes, derivados de la corrosión y oxidación de las superficies metálicas deben ser removidos para lograr un perfil de superficie que asegure un anclaje y adherencia del recubrimiento. El realizar una limpieza inadecuada, deficiente o poco cuidadosa puede provocar fallas prematuras en las pinturas y provocar un mal desempeño en el recubrimiento, aunque las aplicaciones se realicen conforme a las indicaciones.

La superficie luego del proceso de sandblasting, presenta (en una visión microscópica) una serie de valles y vértices con profundidades que varían en milésimas de milímetros perfectamente uniforme. Es en esta base metálica áspera y micro rugosa que la película de pintura encuentra el mejor adherencia, cosa que ningún otro tipo de limpieza proporciona, por ejemplo la limpieza con chorro de agua no produce ningún anclaje sobre la superficie del acero y las limpiezas manuales o mecánicas solo la rayan de manera desigual.

#### **1.5.1.3. Ventajas y desventajas del método de limpieza sandblasting para estructuras metálicas.**

Las ventajas y desventajas que se tienen al momento de utilizar arena y granalla, como material abrasivo en el proceso de limpieza sandblasting para estructuras metálicas, son las siguientes:

##### ***Ventajas.***

1. Optimización de resultados, mayor uniformidad
2. Optimización de resultados, mayor uniformidad
3. Recorte de costos en mano de obra
4. Minimización de tiempos de trabajo, optimizando la mano de obra.
5. Reducción en los tiempos de mantenimiento.
6. Obtención de mayor anclaje y adherencia de recubrimientos.

##### ***Desventajas.***

1. Utilización de maquinaria especial.
2. Aumento de costos por el alquiler y/o compra de maquinaria y equipo.
3. Riesgo para la salud del personal (que van desde heridas, quemaduras hasta enfermedades irreversibles como la silicosis), sino se cuenta con el equipo de seguridad adecuado.
4. Capacitación del personal.
5. Generación de residuos y polvo.

#### **1.5.1.4. La corrosión**

Los tipos de corrosión más frecuentes se pueden clasificar de la siguiente manera:

##### **1.5.1.4.1. Atmosférica:**

La corrosión atmosférica es la que produce mayor cantidad de daño en el material y en mayor proporción. Grandes cantidades de metal de automóviles, puentes o edificios están expuestas a la atmosfera y por lo mismo se ven afectados por oxígeno y agua. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando está presente la sal, los compuestos de sulfuro y otros contaminantes.

**Figura 1: Corrosión atmosférica**



Fuente: *Metal oxidado [Fotografía]* (Metal oxidado [Fotografía], 2022)

##### **1.5.1.4.2. Ambiente Industrial.**

Son los que contienen compuestos sulfurosos, nitrosos y otros agentes ácidos que pueden promover la corrosión de los metales. En adición, los ambientes industriales contienen una gran cantidad de partículas aerotransportadas, lo que produce un aumento en la corrosión.

**Figura 2: Tanque corroído por ambiente industrial**



Fuente: *Protección de tanque contra la corrosión externa con Belzona [Fotografía]* (Belzona, 2000)

#### **1.5.1.4.3. Ambiente marino.**

Esta clase de ambiente se caracterizan por la presencia de cloruro de sodio (Sal) que favorece la corrosión de muchos sistemas metálicos.

**Figura 3: Chapa de barco corroída por ambiente marino**



Fuente: *CORROSIÓN DE METALES [Fotografía]* (Paitan Quispe, 2009)

#### **1.5.1.4.4. Ambiente Rural.**

En estos ambientes se produce la menor clase de corrosión atmosférica, se caracteriza por bajos niveles de compuestos ácidos y otras especies agresivas. Existen factores que influyen en la corrosión atmosférica. Estos son la presión, temperatura, la presencia de contaminantes en el ambiente y la humedad.

**Figura 4: Carro oxidado por el ambiente rural**



Fuente: *Carro extraño y cubierto abandonado en el bosque [Fotografía]* (Alamy, 2022)

#### **1.5.1.4.5. Temperatura.**

La corrosión a altas temperaturas es una forma de corrosión que no requiere la presencia de un electrolito líquido. En la mayor parte de los ambientes industriales, la oxidación a menudo participa en las reacciones de corrosión a alta temperatura, independientemente del modo predominante de corrosión.

Cuando un metal se somete a temperaturas elevadas normalmente es difícil la presentación de una película líquida conductora sobre la superficie, por lo que no tiene un lugar un mecanismo de corrosión electroquímica, sino que se produce una reacción química entre el metal y el gas agresivo, normalmente el oxígeno.

Las características distintivas de este mecanismo respecto del electroquímico son los siguientes:

- No hay electrolito en el medio de reacción.
- Solamente es relevante a temperaturas elevadas, normalmente por encima de los 100 grados centígrados.
- Se suele producir un ataque del metal garantizado.
- El producto de corrosión primario es un óxido metálico
- El óxido se genera directamente en la superficie metálica, teniendo lugar la circulación de electrones e iones a través de la capa de óxido.

**Figura 5: Engranajes y torre de hierro oxidados por temperatura**



Fuente: *Monitoreo de corrosión [Fotografía]* (Ferrex, 2021)

#### **1.5.1.4.6. Presión.**

La presión afecta la velocidad de las reacciones químicas en la participan gases. Un claro ejemplo de esto, es la velocidad con que se oxidan los metales en lugares a nivel del mar.

**Figura 6: Oxido generado por presión**



Fuente: *Boya corroída [Fotografía]* (Pixabay, 2016)

#### **1.5.1.4.7. Corrosión por fricción.**

Es la que se produce por el movimiento relativamente pequeño (como una vibración) de dos sustancias en contacto, de las que una o ambas son metal. Este movimiento genera una serie de picaduras en la superficie de metal, las que son ocultadas por la corrosión y solo son visibles cuando esta es removida.

**Figura 7: Buje corroído por fricción**



Fuente: *Bearing Failure RCA: Fretting [Fotografía]* (Bearing-news, 2020)



#### **1.5.1.4.8. Corrosión microbiológica. (MIC)**

Es aquella corrosión en la cual organismos biológicos son la causa única de la falla o actúan como acelerante del proceso corrosivo localizado. La MIC se produce generalmente en medios acuosos en donde los metales están sumergidos o flotantes. Por lo mismo, es una clase común de corrosión. Los organismos biológicos presentes en el agua actúan en la superficies de metal, acelerando el transporte del oxígeno a la superficie de metal, acelerando o produciendo, en su defecto, el proceso de la corrosión.

**Figura 8: Tubería corroída por MIC**



Fuente: MIRC. *¿QUÉ ES LA CORROSIÓN MICROBIOLÓGICA?* [Fotografía] (Elektro-korrosion, 2014)

#### **1.5.1.4.9. Corrosión Figurante**

Esta corrosión es conocida también como corrosión bajo tensión, se presenta cuando un metal está sometido simultáneamente a la acción de un medio corrosivo y a tensiones mecánicas de tracción, entonces se forman fisuras que pueden ser transgranulares o intergranulares que se extienden hacia el interior del metal hasta que las tensiones se relajan o el metal finalmente se fractura.

**1.5.1.4.10. Algunos factores que afectan la corrosión al momento de la ejecución del sandblasting.**

- Lluvia.
- Rocío y condensación.
- Humedad.
- Temperatura.
- Viento.
- Localización particular.

**1.5.1.4.10.1. Lluvia:**

La lluvia se estanca en las imperfecciones de las superficies metálicas (grietas o hendiduras) lo cual causa aceleramiento de la corrosión por la acumulación de humedad en tales áreas.

**1.5.1.4.10.2. Rocío y condensación:**

El rocío y la condensación son factores indeseables desde el punto de vista de la corrosión si no están acompañados de lluvia frecuente, la cual va lavando o eliminando los contaminantes sobre las superficies metálicas expuesta.

La forma de rocío depende de la humedad relativa y del cambio de temperatura, cuanto más caliente y seca la atmosfera menor será el grado de condensación, por el contrario, con una humedad relativa alta basta una pequeña reducción de la temperatura para llevar a la atmosfera al estado de saturación.

**Figura 9: Acción del rocío y condensación**



Fuente: *Tubo con rocío [Fotografía]* (depositphotos, 2022)

#### **1.5.1.4.10.3. Humedad relativa:**

Es una de los factores más importantes en el proceso de corrosión atmosférica, está influenciado por la frecuencia y duración de los periodos de lluvia, rocío y niebla durante las cuales las superficies metálicas aparecen visiblemente húmedas y desarrollan la corrosión.

#### **1.5.1.4.10.4. Vientos:**

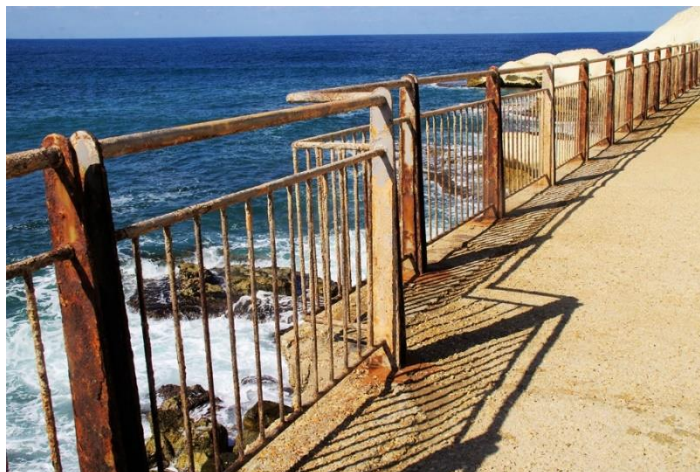
La dirección y velocidad del viento afecta la acumulación de partículas sobre las superficies de los metales, también el viento dispersa los contaminantes en el aire; la corrosión severa ocurre sobre la playas con viento.

Los fuertes vientos pueden traer contaminantes en el aire incluso llevar más allá tierra adentro; un sitio marino puede ser más agresivo por la presencia de vientos dominantes que traen contaminantes industriales, partículas de SO<sub>2</sub> al sitio marino.

#### **1.5.1.4.10.5. Localización:**

A medida que la distancia entre la fuente de emisión de contaminantes tal como: iones cloruro de los mares, el dióxido de azufre proveniente de las plantas industriales, etc., y el sitio de ensayo sea mayor, la velocidad de corrosión decrecerá, por el contrario, si la distancia es menor existirá un incremento en la velocidad de corrosión.

**Figura 10: Factor de corrosión por localización**

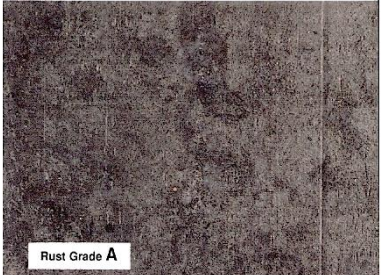





Fuente: *Cómo evitar la corrosión de cercos en zonas costeras [Fotografía]* (DeAcero, 2020)

### 1.5.1.5. Grados de corrosión

Los materiales de acero antes de la preparación de la superficie pueden encontrarse en cuatro diferentes condiciones de oxidación: A, B, C o D. Para superficies originales (antes de que tenga lugar ningún trabajo de limpieza) según la norma SSPC- VIS 1. Los grados de corrosión en metales sin pintura que se utilizan por las normas internacionales se detallan a continuación:

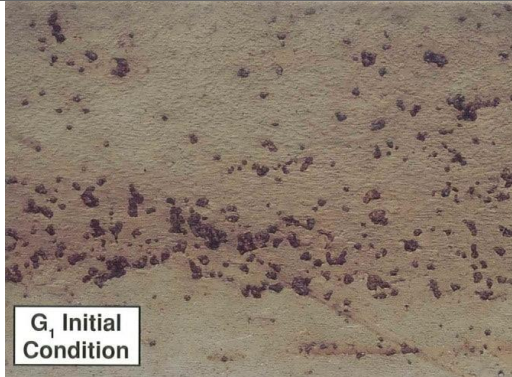


**Tabla 1 Tabla de grados de corrosión en la norma SSPC en acero desnudo**

Grado de corrosión	Descripción	Imagen
<b>A</b>	Superficie de acero completamente cubierta con escamas de laminado adheridas; poca o no visible oxidación.	
<b>B</b>	Superficie de acero con principio de corrosión y en la cual la capa de laminación comienza a despegarse.	
<b>C</b>	Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles.	
<b>D</b>	Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado en gran escala cavidades visibles.	

Fuente: Imágenes: *GUÍA PARA SSPC-VIS 1-condiciones iniciales del acero [Fotografías]* (SSPC, 2009), Tabla: Elaboración propia

Los grados de corrosión en metales con pintura que se utilizan por las normas internacionales se detallan a continuación:

**Tabla 2 Grados de corrosión en la norma SSPC para metal pintado**

Grado de corrosión	Descripción	Imagen
<b>G1</b>	Presencia de Oxidación extensa	
<b>G2</b>	Presencia de picado moderado	 <p data-bbox="1036 1182 1271 1213"><b>G<sub>2</sub> Initial Condition<sup>2</sup></b></p>
<b>G3</b>	Presencia de picado severo	 <p data-bbox="1040 1560 1260 1591"><b>G<sub>3</sub> Initial Condition</b></p>

Fuente: Imágenes: *HOW TO USE SSPC VIS GUIDES IN PRACTICE [Fotografía]* (Kta, 2017);  
 Información: *GUÍA PARA SSPC-VIS 1* (SSPC, 2009)

### 1.5.1.6. Anclaje:

Es la rugosidad que posea la lámina al ser procesada con sandblasting lo cual permite la adherencia de la pintura. En anclaje se mide en unidades de mil (milésima de pulgadas) o Mcr. (micrones)

Un perfil de 2 mil producido por un abrasivo redondo (perdigón de acero) tendrá una textura diferente a un perfil de 2 mil producido por un abrasivo angular (granalla de acero). De manera similar, una superficie pulida con un abrasivo pequeño a alta presión puede tener el mismo anclaje de perfil que una superficie pulida con un abrasivo grande a una presión más baja, pero el abrasivo pequeño producirá más picos.

La arena produce una superficie más irregular con muchos picos más pequeños entre picos grandes adyacentes. Son solo los picos más altos y los valles más bajos los que determinan la altura del perfil. Los abrasivos no metálicos crean perfiles con la máxima rugosidad.

**Figura 11: Acercamiento de metal antes y después del sandblasting**



Fuente: *Control del proceso de chorro de arena [Fotografía]* (Fabman, 2021)

La rugosidad de la superficie se puede medir cuantitativamente con un palpador (por ejemplo, un perfilómetro). Este es un dispositivo que arrastra una aguja alrededor de una pulgada (2.5 cm) de la superficie y calcula electrónicamente la distancia entre el pico más alto y el valle más bajo, el número de picos y la altura promedio del pico. También se encuentran disponibles versiones láser.

Cuanto más rugoso sea el perfil (más picos / valles), más interfaz metal / pintura estará disponible para la unión. Sin embargo, si los valles son demasiado profundos y estrechos, es posible que el revestimiento no pueda penetrar hasta el fondo de los valles, dejando así un vacío en el fondo de los pozos. Las superficies rugosas pueden ser ventajosas si el revestimiento puede mojar completamente la superficie.

**Figura 12: Tanque en proceso de sandblasting (gris claro zona ya tratada)**



Fuente: Elaboración propia

### 1.5.1.7. Medidor de anclaje:

Medidor de perfil de anclaje permite medir el perfil rugosidad de una superficie que ha sido preparada con abrasivo impulsado por aire o por medios mecánicos (sandblasting).

El medidor se usa al final del procedimiento de sandblasting, para comprobar el anclaje.

**Figura 13: Medidores de anclaje**

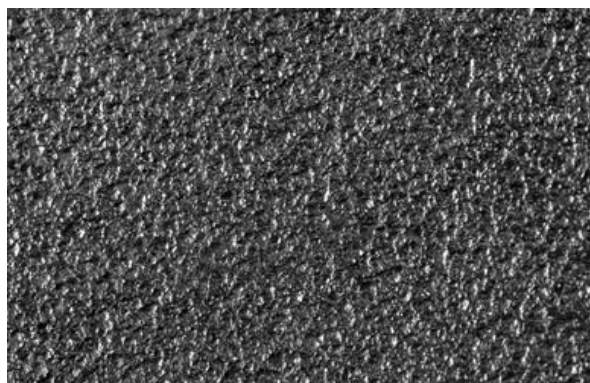


Fuente: Elaboración propia

### 1.5.1.8. Poros:

Son orificios microscópicos existentes en la superficie de acero y cualquier material.

**Figura 14: Poros en metal**



Fuente: Elaboración propia



#### 1.5.1.9. Diferencia entre tipo de limpieza y perfil de anclaje.

El tipo de limpieza se refiere a la exigencia de uniformidad y porcentaje total de cobertura del proceso de granallado o arenado del área a limpiar.

El perfil de anclaje se refiere al nivel de rugosidad que la superficie debe tener para que el recubrimiento que se vaya aplicar se adhiera fácilmente a la superficie.

La rugosidad se mide en mils (milésima de pulgadas) en el sistema inglés y en micrones (milésima de milímetros  $\mu\text{m}$ ) en el sistema internacional. El tipo de abrasivo definen el perfil de anclaje que se le impregna a la superficie.

**Figura 15: Viga en proceso de limpieza**



Fuente: Elaboración propia

#### 1.5.1.10. Clemco:

Todos los recipientes de arena para sopleteado tienen la misma función esencial, que es la de proporcionar una cantidad de abrasivo a una corriente de alta presión: la diferencia entre un equipo y otro es la capacidad de almacenamiento de abrasivo y el número de cámaras o depósitos que lo componga.

Los depósitos van desde los 50 a 400 o más litros de almacenamiento, en ocasiones se clasifican por los kilos de abrasivos que puedan almacenar, pero esto puede ser relativo debido a la diferencia entre los pesos volumétricos entre

arena sílica, granalla de acero, etc. Por lo que su clasificación por volumen puede ser más exacta.

**Figura 16: Clemco**



Fuente: *Contractor Abrasive Blast Machines [Fotografías]* (Clemco Industries, 2020)

**Figura 17: Tipos de tolvas sandblasting**



Fuente: *Classic Blast Machines [Fotografías]* (Clemco Industries, 2020)

### 1.5.1.10.1. Tipos de Tolvas de sandblasting.

#### Tolvas portátiles

**Tabla 3 Especificaciones técnicas de tolvas portátiles**

Modelo.	Dimensiones (diámetro* Altura).	Presion estandar de trabajo.	Capacidad Ft 3.	Portatil o estacionaria.
1028	10"x 28"	125 psi.	1/2 ft3	Portatil.
1042	10"x 42"	125psi.	1 ft3	Portatil.
1642	16"x 42"	150 psi	2 ft3	Portatil y estacionaria.
1648	16"x 48"	150 psi	3 ft3	Portatil y estacionaria.
2443	24"x 43"	150 psi	6 ft3	Portatil.
2452	24"x 52"	150psi	6ft3	Portatil y estacionaria.
2463	24"x 63"	150 psi	8 ft3	Portatil y estacionaria.
3054	30"x 54"	150 psi	7 ft3	Estacionario.
3079	30"x 79"	151 psi	14 ft3	Estacionario.

Fuente: Clemco Clásico - Máquinas de chorreado [Tabla Especificaciones] (Clemco Industries Corp, 2014)

La tolva más utilizada en Nicaragua es:

**Tabla 4 Especificaciones de tolva portátil usada en Nicaragua**

Modelo.	Dimensiones (diámetro* Altura).	Presion estandar de trabajo.	Capacidad Ft 3.	Portatil o estacionaria.
2452	24"x 52"	150psi	6ft3	Portatil y estacionaria.

Fuente: Clemco Clásico - Máquinas de chorreado [Tabla Especificaciones] (Clemco Industries Corp, 2014)

## Tolva estacionaria

**Figura 18: Tolva estacionaria**

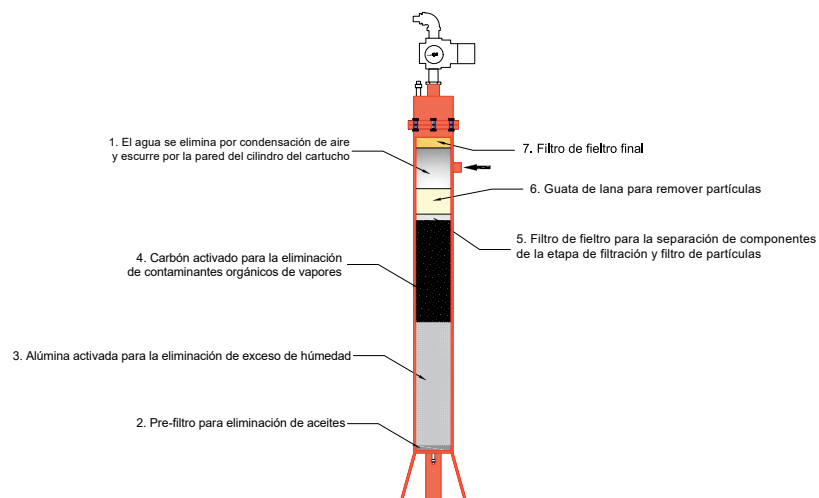


Fuente: *Classic Blast Machines [Fotografías]* (Clemco Industries, 2020)

### 1.5.1.11. Filtro operario CPF-20

El filtro CPF-20, elimina el vapor, la humedad y las partículas de aceite que puedan venir en la línea de aire del operario. Ofrece la mejor calidad de aire respirable y la máxima seguridad para el operario.

**Figura 19: Filtro de aire**



Fuente: Elaboración propia

### 1.5.1.12. Compresor de aire.

Parte del equipo necesario para la limpieza con chorro abrasivo es un buen compresor de aire; los compresores utilizados regularmente son equipos portátiles sin tanque de almacenamiento; en sí, son los mismos equipos usados para las rompedoras neumáticas, usualmente son a base de motores de gasolina o diésel y con capacidades de ser remolcados por carros de trabajo. Estos equipos se llegan a diferenciar por la capacidad de aire suministrado y la presión que sostienen. En algunas ocasiones es posible usar equipos estacionarios, pero solo será en función de la capacidad de los mismos pues solo unos cuantos pueden llegar a cumplir la demanda de aire necesario.

**Figura 20: Compresor de aire**



Fuente: *Serie 260 de Compresores de Aire Portátiles [Fotografía]* (Sullair , 2019)

### 1.5.1.13. Boquilla de sandblasting:

Es un componente de gran importancia en la limpieza de chorro con abrasivos, ya que está diseñado con un material muy resistente (tungsteno) con el fin de resistir la presión de aire y fricciones de la materia prima.

El rendimiento en la boquilla nos indica si hemos conseguido, o no, que el flujo de aire y abrasivo sea lo más óptimo posible.

Las boquillas aceleran el abrasivo y lo convierte en una fuerza muy efectiva de corte para los trabajos más duros. El tamaño, el tiempo, y el diseño de la boquilla ayuda a determinar la velocidad de producción y el acabado deseado. Invertir en la boquilla más adecuada para cada aplicación ahorra un gran dinero y aumenta la productividad.

**Figura 21: Boquilla de sandblasting**



Fuente: *Boquilla csd-6 de 3/8"* [Fotografía] (Aprosi Equipos, 2022)

#### **1.5.1.13.1. Materiales de las boquillas.**

El material de la boquilla fundamentalmente afecta a la vida de desgaste, lo cual es mucho más que cuanto va a durar es crítico en el consumo de aire.

Al desgastarse, el orificio se necesita más volumen de aire para mantener una presión de aire determinada. Una boquilla de 9.5mm (3/8") de orificio operando a 100 psi requiere unos 5.5m<sup>3</sup>/min de aire. Cuando el orificio se desgasta 1.5mm (1/16") el aire que se necesita es de unos 7.2m<sup>3</sup>/min, el -25% de aumento.

Se debe cambiar una boquilla cuando su orificio aumenta un 1.5mm de su tamaño original.

Además, aun cuando una boquilla desgastada aumenta el consumo de aire, lo más grave es que si se rompe parte de la boquilla, puede causar lesiones a personas.

Normalmente el material de las boquillas suele ser de hierro fundido, cerámica, tungsteno y carburo de boro.

Las boquillas de hierro fundido no se utilizan mucho debido a que desgasta después de 6 o 8 horas.

Las boquillas de cerámica son normalmente utilizadas con abrasivo no agresivos y con equipos ligeros, y en cabinas de mano.

El tungsteno es un material duro y pesado utilizado normalmente en muchas industrias debido a su resistencia al desgaste. Se fabrica por sinterización, proceso en el que se trabaja bajo grandes presiones y temperaturas, para producir los moldes de las piezas. Este proceso también hace que el tungsteno sea frágil. Las boquillas de carburo de tungsteno tienen una vida media de 300 horas utilizando abrasivos no reciclables.

El carburo de boro es el material más duradero para boquillas. Es especialmente efectivo cuando se utilizan abrasivos agresivos, tal como el óxido de aluminio. Con abrasivos no reciclables su vida media es de 1000 horas.

El precio de las boquillas de carburo de boro es dos o tres veces más que el precio de una boquilla de tungsteno, pero si se compara por hora de trabajo, el precio de la boquilla de boro será menor que el de una boquilla de tungsteno.

Algunos materiales de fabricación de boquillas son mejores con determinados abrasivos. Elija la boquilla de carburo de boro cuando utilice óxido de aluminio como abrasivo. Para la granalla metálica, balines de acero, o cualquier abrasivo de hierro, utilice las boquillas de carburo de tungsteno. La alta densidad de los abrasivos de acero daña cualquier otro tipo de boquillas.

Las boquillas de carburo son muy frágiles, por lo que suelen ir protegidas con carcasas fabricadas de metal, uretano o ambos materiales.

#### **1.5.1.13.2. *Diseño de las boquillas.***

La mayoría de los contratistas utilizan boquillas con entrada ancha en forma de cono, con salida no tan pronunciada, lo cual forma una boquilla tipo Venturi. La longitud del Venturi, así como los ángulos de entrada y salida, y el tamaño del orificio se calculan expresamente para lograr la máxima aceleración del abrasivo y aire.

El abrasivo entra por la boca ancha de la boquilla, pasa a través del orificio, y se expande rápidamente formando una fuente de gran poder a la salida de la boquilla.

Cuando la boquilla Venturi se desgasta 1.5mm (1/16") de su tamaño original, pierde su diseño Venturi y la fuerza de aceleración que su forma cónica le otorga. Una boquilla Venturi muy desgastada desperdicia aire y tiene una velocidad de salida, y patrón de chorro, similar al de una boquilla recta.

Una boquilla Venturi bien diseñada tiene un preciso orificio de entrada y de salida que acelera y dispersa el abrasivo uniformemente, proveyendo un acabado homogéneo. Las boquillas de Venturi mal diseñadas donde los ángulos de entrada y salida no estén correctamente calculados hace que el abrasivo se disperse, de tal manera que deje muchas zonas sin tocar. Esto requiere el patrón de chorro se mantenga más junto, lo cual aumenta el gasto de tiempo y abrasivo.

Las boquillas "colosales", con grandes patrones de chorreado exagerado, casi siempre produce resultados degradantes.

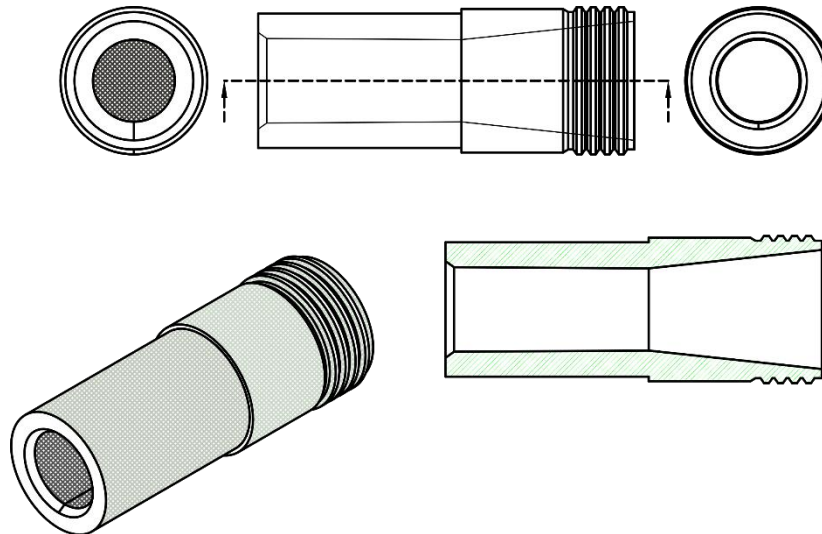


**Figura 22: Distintos tamaños de boquillas de tungsteno y goma**



Fuente: *BOQUILLAS PARA SANDBLAST DE GOMA Y CARBURO DE TUNGSTENO*  
[Fotografía] (Columbec tecnidefensa, 2019)

**Figura 23: Detalles de la geometría de una boquilla de sandblasting**



Fuente: Elaboración propia

### **1.5.1.13.3. Orificio de y tamaño de la boquilla.**

El tamaño del orificio de la boquilla dicta la cantidad de aire comprimido necesario para chorrear. Cuanto mayor es el orificio, mayor es la producción y mayor es el

consumo de aire. Utilice siempre la boquilla más grande que el tamaño del compresor le permita.

El compresor debe alimentar las demandas de las boquillas, el casco del operario y demás accesorios, además de tener la suficiente reserva para el compresor por el desgaste de la boquilla, y la pérdida de presión por fricción a lo largo de todo el sistema.

**Tabla 5 Rendimiento de boquillas con equipos convencionales**

TASA DE PRODUCTIVIDAD(M <sup>2</sup> /H)*	ORIFICIO BOQUILLAS.	CAPACIDAD COMPRESOR CFM Y HP A 100PSI
<b>HASTA -9.29.</b>	1/4"	185 cfm 40-50 hp
<b>9.38 - 14.86.</b>	5/16"	250 cfm 60-75 hp
<b>14.96 - 21.37</b>	3/8"	375 cfm 75-100 hp
<b>21.46 - 29.45</b>	7/16"	450 cfm 125 hp
<b>29.54 - 37.16</b>	1/2"	600 cfm 150 hp

\*La presión en la boquilla en su máxima productividad es a 100 psi y la menor a 80 psi  
Esta tabla solo es de referencia

Fuente: *Boquillas para Abrasivo* (Kennametal, 2017, pág. 6)

La pérdida de presión, ya sea por desgaste de la boquilla o restricciones de manguera, reducirá la producción.

#### **1.5.1.14. Capucha de protección de Sandblasting:**

La careta de chorro, conocida también habitualmente como casco para limpieza con chorro de arena, forma parte del equipamiento básico del cualquier equipo de protección individual (EPI) para operarios de limpieza a chorro.

Esta diseñado por materiales plásticos especiales para la obra, cuenta con protección visual desechable y conexión a oxígeno artificial.

**Figura 24: Capucha de protección**



Fuente: *Casco para Chorro De Arena HJJH [Fotografía]* (Amazon, 2019)

#### **1.5.1.15. Manguera de sandblasting:**

Las mangueras arenadores son mangueras reforzada de varias capas de hule natural sin alambre o refuerzos, que, por lo regular, tienen la propiedad de no generar carga eléctrica electrostáticas que nos puedan crear chispas en lugares peligrosos para ambientes de explosividad. También las mangueras están diseñadas para soportar la abrasión en el interior de ellas.

**Figura 25: Manguera de sandblasting**



Fuente: *Anti-Abrasion Industrial Sand Blast/Arenado la manguera de goma [Fotografía]* (Made-in.China, 2021)

Las extremidades de la manguera se usan conexiones de bronce de tipo “garra” y en el extremo final de la manguera una conexión con porta boquilla.

#### **1.5.1.16. Válvula de regulación manual:**

Están diseñadas con acero inoxidable y su función principal es regular el abastecimiento del agregado a la manguera de sandblasting.

**Figura 26: Válvula de regulación manual**



Fuente: *Válvula auto quantum [Fotografía]* (Aprosi equipos, 2021)

#### **1.5.1.17. Enfermedades por causa del sandblasting.**

El principal riesgo derivado es la sílice:

La arena sílice es un compuesto resultante del sílice y el oxígeno, tratado con diferentes procesos para obtener una calidad y un rendimiento óptimo para satisfacer las necesidades del usuario final. La sílice cristalina está formada por una unidad tetraédrica fundamental ( $\text{SiO}_2$ ) que consta de un ion central de silicio con iones de oxígeno adheridos en forma tridimensional a las esquinas del tetraedro. Todas las formas de sílice cristalina están compuestas por tetraedros unidos por átomos de oxígeno. (Wikipedia, 2021) (Sílice y Salud, 2019)

El chorreado se realiza al aire libre, en salas de chorreado o en cabinas. En el caso de un buque o una estructura de gran tamaño se ejecuta con unidades móviles de chorreado.

Durante la realización de esta tarea los granos de arena impactan con gran energía en las piezas metálicas objeto de tratamiento. La arena se fragmenta en partículas muy finas, liberándose al ambiente polvo de sílice cristalina.

Una parte importante de este polvo está formado por partículas de tamaños que corresponden a lo que se denomina “fracción respirable”, no visible a simple vista, que penetra hasta los alvéolos pulmonares, pudiendo causar daños graves en el sistema respiratorio.

Los efectos sobre la salud asociados con el polvo de sílice cristalina están relacionados con la capacidad fibrogénica de la sílice inhalada, la cual puede llevar a la ocurrencia de enfermedad pulmonar

La exposición a este elemento (el sílice) produce una enfermedad llamada silicosis:

La silicosis tiene varios estadios, que van desde la no manifestación de síntomas, síntomas generales, hasta síntomas respiratorios agudos, que pueden llevar a la muerte. Disminución de sus mecanismos de defensa a otras enfermedades.

La silicosis puede avanzar al estadio de mayor gravedad, aun cuando el trabajador ya no se encuentre expuesto a polvo de sílice y puede ser responsable directa o indirecta de la muerte del trabajador.

#### **1.5.1.17.1. Tipos de Silicosis**

##### **1.5.1.17.1. Formas clínicas:**

###### **1.5.1.17.1.1. Silicosis crónica:**

Es la forma más común de silicosis. Los cambios fibróticos en el pulmón ocurren después de 10-15 años de la inhalación de concentraciones elevadas de polvo de sílice. Puede continuar produciendo cambios fibróticos en el pulmón aún después

de que la exposición cesa. No produce síntomas y aún no afecta la función pulmonar. Puede ser simple y complicada. (Slice y salud, 2019)

**1.5.1.17.1.2. Silicosis acelerada:**

La silicosis acelerada es otra forma clínica, no bien definida, intermedia entre la aguda y la crónica. Clínicamente se parece a la forma aguda y anatomopatológicamente a la forma crónica. Es una forma clínica que aparece después de 2 a 5 años a partir de la primera exposición. Está causada por altos niveles de exposición. (Slice y salud, 2019)

**1.5.1.17.1.3. Silicosis Aguda:**

Es mucho menos común que la crónica. La silicosis aguda es una forma clínica rápidamente progresiva que puede evolucionar en corto período de tiempo después de una exposición intensa a sílice libre, y puede verse en trabajadores con chorro de arena. Se parece a la proteinosis alveolar.

La sintomatología puede presentarse y desarrollarse en un periodo comprendido entre las pocas semanas y hasta los cinco años tras la exposición inicial. Es una forma clínica de mal pronóstico. (Slice y salud, 2019)

**1.5.1.17.2. Tuberculosis pulmonar**

Las partículas de sílice pueden destruir o alterar el metabolismo del macrófago pulmonar, reduciendo de esta manera su capacidad para la defensa antibacterial. La exposición ocupacional al polvo de sílice hace al individuo expuesto aumente la susceptibilidad para desarrollar tuberculosis pulmonar.

**1.5.1.17.3. Cáncer pulmonar**

En 1997 la sílice cristalina fue categorizada como carcinógeno humano por la Agencia Internacional para la investigación del cáncer (IARC), y como posible carcinógeno humano por la ACGIH. El cáncer de pulmón es el único cáncer asociado a la exposición a sílice.

#### **1.5.1.18. Sandblaster**

El sandblaster es un trabajador encargado de la limpieza e inspección visual al momento de la aplicación del sandblasting, termina el grado de limpieza al momento de la ejecución y usa traje protector.

#### **1.5.1.19. Operador**

El operador es otro trabajador encargado de iniciar y finalizar las operaciones en los equipos afines a la limpieza con sandblasting

### **1.5.2. ABRASIVOS**

Los abrasivos son la sustancia encargada de limpiar, preparar y terminar la superficie mediante una erosión o desgaste controlado sobre la superficie del acero

#### **1.5.2.1. Propiedades y características del material abrasivo.**

Entre los factores (propiedades y características) que hay que tomar en consideración en la elección del material abrasivo para utilizarse en el proceso de limpieza sandblasting, están:

##### **1.5.2.1.1. Granulometría.**

La granulometría, la presión del aire suministrado y el pico de la tobera de salida, definen la profundidad o tamaño del valle que producirá el agregado en su impacto contra la superficie. Por lo que es importante definir previamente el tamaño de los granos a emplear, y así lograr el acabado deseado.

Los granos de mayor tamaño cortarían más rápido y más profundo, dejando picos muy marcados que probablemente sobresaldrán del recubrimiento, esto favorecería a la oxidación. Para compensar dicha diferencia entre valles más profundos y vértices más altos, se tendría que aplicar varias capas de recubrimiento, lo que incrementaría el tiempo de trabajo y el costo total.

Las partículas grandes remueven múltiples capas de pintura, corrosión pesada o lechada de concreto y dejan perfiles profundos en las superficies. Los abrasivos

de tamaño mediano remueven óxido ligero, pintura floja, y escamas de acero delgadas. Las partículas pequeñas dejan perfiles superficiales y son ideales para el chorreado en metales de poco calibre, madera, plástico, cerámica y otras superficies semi-delicadas, además son muy recomendables para marcar las superficies con algún logotipo que requiere de precisión en el corte del abrasivo.

#### **1.5.2.1.2. Densidad.**

La densidad es el peso del abrasivo por volumen. Por ejemplo, la densidad de la arena es de 1.5 kg/l, la granalla metálica tiene una densidad de 3.8kg/l.

La densidad del abrasivo es menor importancia que otras de sus características, a no ser que las densidades de dos materiales similares sean muy diferentes. Cuanto mayor sea la densidad del abrasivo, mayor será la fuerza con la que el abrasivo impactara en la superficie.

#### **1.5.2.1.3. Dureza.**

La dureza del abrasivo determina su efecto sobre la superficie a chorrear. Si el abrasivo tiene una mayor dureza que el sustrato, producirá un perfil en la superficie. Si tiene una menor dureza que el sustrato, pero una mayor dureza que el revestimiento, no producirá ningún perfil en la superficie. Si tiene menor dureza que el revestimiento, no eliminara el revestimiento, solo limpiara la superficie.

Los abrasivos de mayor dureza se utilizan principalmente cuando la limpieza de superficie es complicada, para remover oxido y escamilla, dejando a los abrasivos más blandos para trabajos más delicados.

#### **1.5.2.1.4. Impurezas y contaminación.**

En nuestro medio es más común el uso de arena proveniente del lecho fluvial, un abrasivo natural, el cual debe estar libre de contaminantes. Por lo que debe ser sometido a análisis, debido a que puede arrastrar contaminantes desde el lugar de origen, ríos, canteras, etc.



#### **1.5.2.1.5. Absorción y contenido de humedad.**

Es indispensable que la arena o el abrasivo a utilizar esté bien seco para que fluya muy bien en la tolva de gravedad que normalmente se utiliza para expulsar el abrasivo hacia la tobera, en caso contrario se obstruirán las líneas y se demorará la tarea. El material abrasivo debe ser sometido a un proceso de secado porque puede ser capaz de absorber humedad. Tal es el caso de la arena que consigue absorber la humedad muy fácilmente.

#### **1.5.2.1.6. Fragilidad**

Fragilidad es la capacidad del abrasivo a fragmentarse con facilidad, produciendo partículas más pequeñas como consecuencia del impacto. Mientras más frágil sea el abrasivo, menos veces puede ser reutilizado y más polvo generará.

La arena es extremadamente frágil debido a su composición de cuarzo y nunca debe ser reutilizada. En el primer uso, más del 80 por ciento de la arena se convierte en polvo con tamaños inferiores a la malla No. 300 (0,05 milímetros). Contaminando el ambiente y exponiendo al operador al desarrollo potencial de silicosis, una enfermedad pulmonar debilitante.

La mayoría de los abrasivos fabricados y derivados de un producto, pueden ser reciclados varias veces, al igual que algunos abrasivos naturales. La escoria de cobre y níquel se fractura en partículas más pequeñas que pueden ser reutilizadas. Además de crear cantidades bajas de polvo y facilitando así la recuperación el material. Muchas variables afectan la reutilización del abrasivo, tales como: la presión de aire, dureza de la superficie y la eficiencia del equipo.

#### **1.5.2.1.7. Rugosidad**

La rugosidad depende de la condición original del acero, de la intensidad y duración del arenado, así como del abrasivo utilizado. Cuando se chorrea acero que no presenta picadura ni herrumbre puede comprobarse que la distancia desde las crestas a los valles es bastante menor que el tamaño de las partículas del abrasivo.

**Tabla 6 Tabla de propiedades físicas de abrasivos no metálicos**

**TABLE 5  
PHYSICAL DATA ON NON-METALLIC ABRASIVES**

	Hardness (Mohs)	Shape	Specific Gravity	Bulk Density		Color	Free Silica (wt %)	Degree of Dusting	Reuse
				lb/ft <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>				
<b>Naturally Occurring Abrasives</b>									
Silica Sand	5	Rounded	2 to 3	100	1600	White	90+	High	Poor
Heavy Mineral Sand	5 to 7	Rounded	3 to 4	125	2000	Variable	<5	Medium	Good
Flint	6.5 to 7	Angular	2 to 3	80	1300	Lt. Gray	90+	Medium	Good
Garnet	7 to 8	Angular	4	145	2300	Pink	Nil	Medium	Good
Zircon	7.5	Cubic	4.5	185	3000	White	Nil	Low	Good
Kieserite	3.5	Angular	2.6	90	1400	White	Nil	Medium	Poor
Novaculite	4	Angular	2.5	100	1600	White	90+	Low	Good
<b>By-Product Abrasives</b>									
Boiler Slag	7	Angular	2.8	85	1400	Black	Nil	High	Poor
Copper Slag	8	Angular	3.3	110	1800	Black	Nil	Low	Good
Nickel Slag	8	Angular	2.7	85	1400	Green	Nil	High	Poor
Walnut Shells	3	Cubic	1.3	45	720	Brown	Nil	Low	Poor
Peach Shells	3	Cubic	1.3	45	720	Brown	Nil	Low	Poor
Corn Cobs	4.5	Cubic	1.3	30	480	Tan	Nil	Low	Good
<b>Manufactured Abrasives</b>									
Silicon Carbide	9	Angular	3.2	105	1700	Black	Nil	Low	Good
Aluminum Oxide	8	Blocky	4.0	120	1900	Brown	Nil	Low	Good
Glass Beads	5.5	Spherical	2.5	100	1600	Clear	67	Low	Good
Crushed Glass	6 to 8	Irregular	2.5	63 to 91	1000-1500	Gray	67	Low	Poor
Sodium Bicarbonate	2.5	Powder	2.2	60	960	White	Nil	None	Poor
Sponge	0.016	Granular	0.29-1.45	5 to 25	80 to 400	Various	Nil	Low	Good
Plastic Beads	3.5	Blocky		55	880	Various	Nil	Low	Fair
Dry Ice	Nil	Cylinder	62.4	50	800	White	Nil	Low	Poor

Fuente: SSPC-SP COM (SSPC, 2004)

### **1.5.2.2. Factores que afectan el perfil de la superficie**

El perfil de la superficie es una medida de la rugosidad de la superficie que resulta de la limpieza con chorro abrasivo. La altura del perfil producido en la superficie se mide desde el fondo de los valles más bajos hasta la parte superior de los picos más altos.

El espesor y tipo genérico de pintura a aplicar determina la altura de perfil mínima y máxima permitida. Luego se elige el tamaño del abrasivo para lograr ese perfil. SSPC-AB 1, "Abrasivos minerales y de escoria", define cinco grados abrasivos que producen alturas de perfil de 13 a 150 micrómetros (0,5 a 6,0 mils) (SSPC, 2004)

### **1.5.2.3. Altura del perfil**

Los estudios de SSPC han demostrado que los abrasivos metálicos más grandes que los que pasan a través de un tamiz de malla 16 (ASTM E 11) pueden producir un perfil que es demasiado profundo para cubrirlo adecuadamente con una sola capa de imprimación. En consecuencia, se recomienda evitar el uso de abrasivos más grandes siempre que sea posible. Sin embargo, cuando hay mucha cascarilla de laminación u óxido, es posible que se necesiten abrasivos de mayor tamaño.

En estos casos pueden ser necesarias dos manos de imprimación en lugar de la habitual. Alternativamente, si se aumenta la presión de la boquilla, un abrasivo de tamaño más pequeño puede eliminar la pintura pesada o incrustaciones con mayor eficacia que un abrasivo más grande a una presión más baja. Las presiones de boquilla más altas aún pueden producir perfiles más grandes.

La Tabla 8 proporciona el rango de alturas de perfil máximas y medias máximas que cabe esperar en buenas condiciones normales de funcionamiento (rueda y boquilla). A presiones de boquilla superiores a 760 kPa (110 psi), el perfil puede ser significativamente mayor. (SSPC, 2004)

#### 1.5.2.4. Cribado del abrasivo

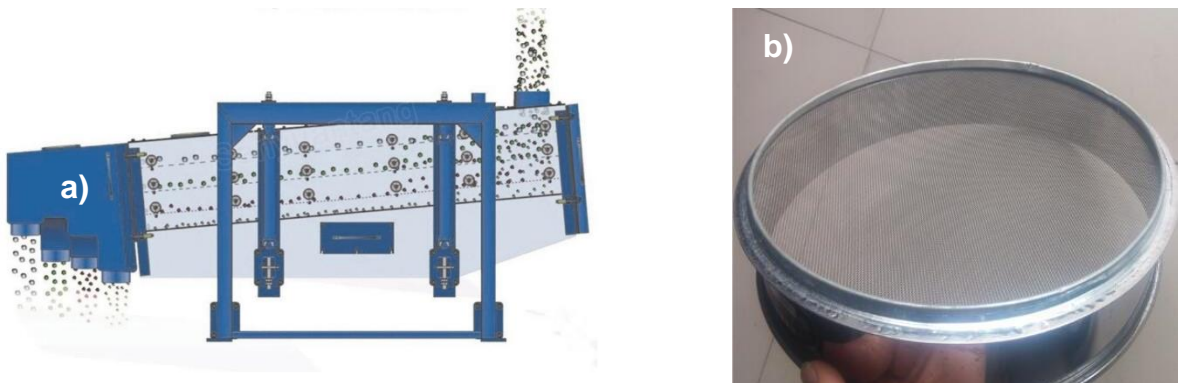
Existen 2 tipos de naturaleza en los agregados, lo cuales son: los agregados por origen natural y los agregados por origen industrial.

Agregados de origen natura son todos aquellos agregados que provienen de un punto exacto de la naturaleza, por ejemplo, la arena con silicios, granos de fruta entre otros. El cribado de este abrasivo es de carácter exigido ya que por su naturaleza contiene muchos desechos del ambiente, en caso de no ser realizada su limpieza el equipo de chorreado puede causar tapones de en el engranaje del equipo y en la boquilla del equipo.

Los abrasivos de origen industrial no se suelen realizar limpiezas ya que los abrasivos industriales vienen escribados desde fábrica. Normalmente la granulometría de un agregado industrial tiende a tamaño un poco más grandes que los agregados naturales, esto implica que la granulometría industrial se puede utilizar una segunda vez. Cuando se utiliza una segunda vez el abrasivo se debe realizar el cribado del mismo, ya que contiene desechos de la primer limpieza.

**Figura 27: Cribas para abrasivo de origen natural;**

**a) Criba automática, b) Criba manual**



Fuentes: a) *Arena de cuarzo máquina de cribado especial [Plano]* (Made-in-China, 2018); b) *220 250 300 325 400 500 mesh de malla de alambre de acero inoxidable [Fotografía]* (Made-in-China, 2015)

**Figura 28: Pantalla (malla) para filtrar directamente al verter el abrasivo en el Clemco; a) Ubicada en el Clemco con abrasivo, b) Vista fuera del Clemco**



Fuentes: a) *CLEMCO BLAST MACHINE SCREEN, 20 INCH DIAMETER* [Fotografía] (Sandblastingmachines, 2021), b) *CLEMCO BLAST MACHINE SCREEN, 24 INCH DIAMETER* [Fotografía] (Sandblastingmachines, 2021)

**Figura 29: Ejemplo de cribado de abrasivos**

<b>Agregado.</b>	<b>Malla.</b>
Arena de silicio. 	6-200.
Granalla de acero. 	10-270.
Oxido de Alunimion. 	12-320.
Elote de maiz. 	6-200.
Escoria de cobre. 	8-80.

Fuente: Elaboración propia

## 1-6. DISEÑO METODOLÓGICO

### 1.6.1. Descripción del diseño investigativo

Será una investigación descriptiva y documental, ya que, describiremos el proceso de aplicación del sandblasting detallando todas sus etapas, es documental porque nos documentaremos de bibliografía y webgrafía disponible, además de la experiencia de personas expertas en la materia.

El enfoque que usaremos será cualitativo, debido a que nos regiremos, haciendo uso de la investigación descriptiva y cualitativa, para la creación del manual con las normas que presiden el procedimiento.

### 1.6.2. Procedimiento metodológico

Figura 30: Procedimiento metodológico



#### 1.6.2.1. Recolección de teoría e información

Con el fin de lograr cumplir los objetivos planteados en el presente documento, debemos realizar una investigación y repaso de las normas y procedimientos empleados en la aplicación de sandblasting y pintura, este paso se divide, por tanto, en dos:

#### **1.6.2.1.1. Recopilación de información teórica:**

Esta información es aquella que se compone de características y propiedades de por ejemplo los abrasivos y las maquinarias que se pueden usar, sin incluir información de ensamble de las mismas, otro tema de suma importancia es el anclaje que es el fin mismo del sandblasting como paso anterior a la aplicación de pintura.

En esta parte solo se cubren conceptos meramente teóricos del sandblasting, es una parte breve del documento.

#### **1.6.2.1.2. Recopilación de información técnica:**

En este apartado ya se toma la información teórica a la mano y se aplica al procedimiento, es decir ya se toma en cuenta el uso adecuado de la maquinaria empleada, la cantidad de materiales, la forma de aplicación del chorro, los cuidados y medidas de seguridad a tener en cuenta con los diversos factores, entre otras cosas.

Es la parte más extensa del documento, pues es el corazón del manual.

Para la recolección de esta información requerimos el uso de las fuentes de información planteadas más adelante.

#### **1.6.2.2. Realización de ayudas gráficas para el manual**

Este es un paso importante, ya que la recolección de imágenes propias y de fuentes externas, así como la elaboración de gráficos e ilustraciones para la completa asimilación del contenido son esenciales, es conocido por la pedagogía que el uso de recursos visuales ayuda a una debida retención de la información en estudio, por esta razón, este paso es esencial y necesario ya después de tener la información recopilada.



### **1.6.2.3. Ordenamiento y redacción del documento final**

Este es el paso final de la elaboración del documento, en este agruparemos la información y la ordenaremos de forma lógica, aplicando las correcciones que correspondan.

### **1.6.3. Descripción del tipo de investigación**

El tipo de investigación será aplicado, esto es así, porque consiste en la elaboración de un manual para la aplicación de sandblasting.

#### **1.6.3.1. Fuentes de información**

##### **1.6.3.1.1 Primarias:**

- Normas SSPC-SP (Steel Structures Painting Council – Surface Preparation), estas normas rigen la preparación de las superficies bajo diversos métodos en las que se incluyen al acero por sandblasting, (Steel Structures Painting Council, 2004).
- Libro Blast off 2, guía de chorro abrasivo, (CLEMCO INDUSTRIES CORP, 2008)

##### **1.6.3.1.2. Secundarias:**

- Internet, ocuparemos esta fuente para información variada adicional
- Propia, en base a la experiencia.

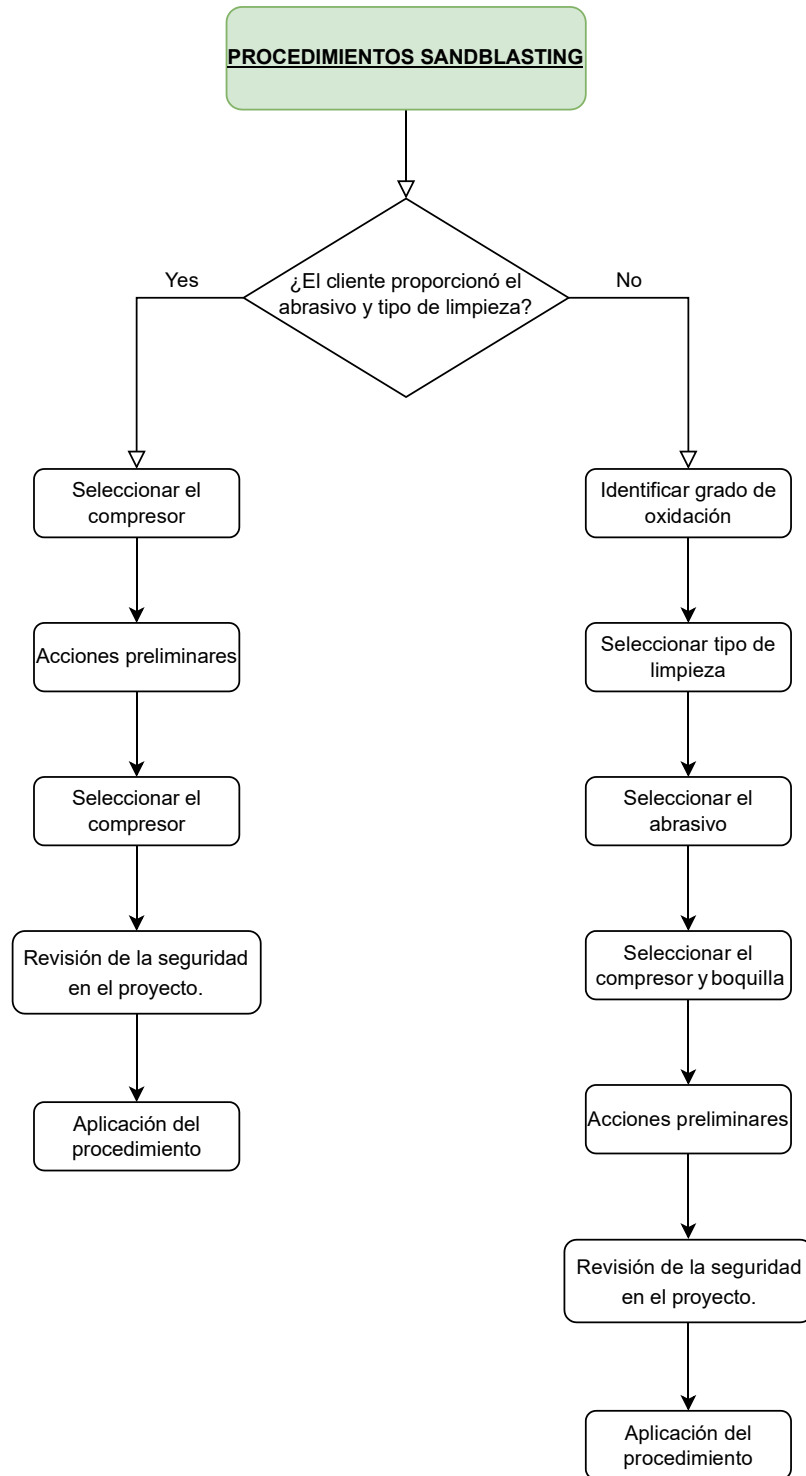
## **CAPÍTULO II: DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y NORMAS**

En la aplicación del proceso de sandblasting, contamos con los procedimientos básicos que estarán en cualquier proyecto, estos son los siguientes:

1. Procedimiento 1: Identificación del grado de corrosión de la superficie a limpiar, tratar y dar termino: en este procedimiento se identifica la condición inicial del acero a tratar mediante la norma.
2. Procedimiento 2: Selección del tipo de limpieza: se seleccionará el tipo de limpieza según la condición inicial del acero obtenida en el procedimiento anterior.
3. Procedimiento 3: Selección del abrasivo: posterior a tener el tipo de limpieza, se busca obtener el abrasivo indicado, para lograr ser eficientes y hacer rendir el material abrasivo.
4. Procedimiento 4: Selección del compresor y boquilla: con el material abrasivo ya seleccionados se pasa a seleccionar el compresor y boquilla que puedan conseguir un alto rendimiento.
5. Procedimiento 5: Acciones preliminares: en este procedimiento se realizan todas aquellas actividades preparatorias pre-chorreado, para mantener el espacio de trabajo seguro y ser lo más eficiente posible.
6. Procedimiento 6: Revisión de la seguridad en el proyecto: acá se verifican únicamente todos los posibles riesgos para el trabajador y equipo/maquinaria, de igual forma se considera el medio ambiente por el tema de cerramientos.
7. Procedimiento 7: Aplicación del procedimiento: ya se han tomado todos los pasos necesarios y se está listo para chorrear, en este apartado se aborda el chorreado como tal.

Los pasos del 1 al 3, puede que el cliente los realice y nos los proporciona para que sean ejecutados los pasos desde el 4 en adelante, sin embargo, hay ocasiones que se deberá realizar desde el 1 y por este motivo describimos los pasos 1-3 en el manual abordados de una manera básica y general.

Figura 31: Diagrama general de procedimientos en sandblasting



Fuente: Elaboración propia

## 2-1. Normas que rigen la aplicación de sandblasting

Existen dos normas más usadas en Latinoamérica, estas son:

- Norma SSPC (Steel Structures Painting Council), Pittsburg USA: Su metodología está basada en comparar la superficie con el patrón de la norma que está en fotos.
- Norma SIS 05 5900 (Swedish Standards Institution), Stockholm Suecia: En esta se compara la superficie con un patrón de transparencias que incluye la norma.

Adicional a estas tenemos:

- La NACE (National Association of Corrosion Engineers)
- La ISO (International Standards Organization)

En **Nicaragua** la norma usada es la **SSPC** que está dividida en especificaciones:

**Tabla 7 Especificaciones norma SSPC**

<b>Especificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>SP 1, Limpieza con solvente</b>	Eliminación de aceite, grasa, suciedad, tierra, sales y contaminante mediante solvente, vapor, álcali, emulsión o vapor. (No produce anclaje)
<b>SP 2, Limpieza con Herramienta manual</b>	Eliminación de óxido, capa de laminación y pintura suelta mediante burilado manual, raspado, lijado y cepillado con escobilla metálica. (No produce anclaje, solo raya superficialmente el acero)
<b>SP 3, Limpieza con Herramienta mecánica</b>	Eliminación de óxido, capa de laminación y pintura (todos sueltos) al grado especificado, mediante herramienta eléctricas o neumáticas, cepillado con escobilla metálica y esmerilado. (No produce anclaje, solo raya superficialmente el acero)
<b>SP 5, limpieza con Chorro abrasivo a grado (Metal blanco)</b>	Eliminación total de óxido, capa de laminación, pintura y materia extraña (todos visibles) mediante limpieza con chorro abrasivo (seco o húmedo) usando arena, perdigón o granalla. (Para atmósferas muy corrosivas en donde se justifique un alto costo de limpieza). (Si produce anclaje).

Especificación	Descripción
<b>SP 6, limpieza con chorro abrasivo a grado</b>	Limpieza con chorro abrasivo hasta que al menos dos tercios del área de la superficie comercial esté libre de todos los residuos visibles. (Para condiciones en las cuales se requiere una superficies perfectamente limpia). (Si produce anclaje).
<b>SP 7, limpieza con chorro abrasivo a grado (Arenado ligero)</b>	Limpieza con chorro abrasivo de todos los residuos (excepto los adheridos firmemente) de capa de laminación, óxido y recubrimientos. (Si produce anclaje).
<b>SP 8, limpieza por medios químico</b>	Eliminación completa de óxido y capa de laminación mediante decapado ácido o decapado electrolítico. (No produce anclaje)
<b>SP 10, limpieza con chorro abrasivo a grado metal casi blanco.</b>	Limpieza con chorro cercana a la limpieza a metal blanco, hasta que al menos un 95% del área de la superficie esté libre de todos los residuos visibles. (Para ambientes con alta humedad, atmósfera química, ambientes marinos u otros ambientes corrosivos). (Si produce anclaje).
<b>SP 11, limpieza mediante herramienta eléctrica a metal desnudo</b>	Eliminación completa de todo óxido, capa de laminación y pintura mediante herramientas eléctricas, con perfil de superficie resultante, no igual al producido por sandblasting (rendimiento menor al sandblasting).
<b>SP 12, limpieza con chorro de agua a altas presiones</b>	Eliminación completa de pinturas y recubrimientos que se encuentran aplicados sobre superficies metálicas. No produce perfil de anclaje.
<b>SSPC-VIS 1</b>	Fotografías de referencia patrón; complemento recomendado para la especificación con chorro abrasivo seco SSPC de preparación de superficies SSPC-SP 5,6,7,10 y 12.
<b>Vis 2, Método estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas</b>	Una escala numérica geométrica para evaluar el grado de oxidación de acero pintado. Ilustrado mediante fotografías en color y diagramas de punto en blanco y negro.
<b>SSPC-VIS 3</b>	Guía y referencia fotográfica para superficies de acero preparadas por medio de herramientas manuales y mecánicas.
<b>SSPC-VIS 4/NACE VIS 7</b>	Guía y referencia fotográfica para superficies de acero preparadas por medio de chorro de agua.

Fuente: *Preparación de superficies - norma SSPC* (CyM Materiales SA, 2015)

### **2.1.1. Normas usadas en Nicaragua**

Las normas más usadas en Nicaragua son 3: SSPC-SP 6, SSPC-SP 10, SSPC-SP 5; en orden de aparición es el grado de limpieza, de menos limpio a más limpio. Explicaremos brevemente las 3:

#### **2.1.1.1. SSPC-SP 5, “limpieza con chorro de metal blanco”:**

La limpieza con chorro de metal blanco se usa generalmente para exposiciones en atmósferas muy corrosivas y para servicio de inmersión donde se requiere el mayor grado de limpieza y se requiere un alto costo de preparación de la superficie garantizado. (SSPC, 2004, págs. 2-13)

La limpieza con chorro hasta metal blanco dará como resultado un alto rendimiento de los sistemas de pintura debido a la eliminación completa de todo el óxido, cascarilla de laminación y materias extrañas o contaminantes visibles de la superficie. En atmósferas ordinarias y uso general, el metal blanco rara vez se justifica. (SSPC, 2004, págs. 2-13)

El uso de este grado de granallado sin oxidación posterior es particularmente difícil en los ambientes donde más se necesita como preparación para pintar; por ejemplo, en ambientes químicos húmedos. La limpieza con chorro de metal blanco debe realizarse en un momento en el que no se produzca contaminación ni oxidación, y cuando sea posible pintar rápidamente. Una buena regla es que no se debe preparar más superficie para pintar de la que se puede recubrir el mismo día. (SSPC, 2004, págs. 2-13)

#### **2.1.1.2. SSPC-SP 6 “limpieza con granallado comercial”:**

La limpieza con granallado comercial debe emplearse para todos los fines generales en los que se requiera un grado alto, pero no perfecto, de limpieza con granallado. Eliminará todo el óxido, toda la cascarilla de laminación y toda otra materia perjudicial de la superficie, pero permitirá que quede una gran cantidad de manchas de óxido, cascarilla de laminación o pintura aplicada previamente. La

superficie no tendrá necesariamente un color uniforme, ni todas las superficies estarán uniformemente limpias. La ventaja de la limpieza con chorro comercial radica en el menor costo para proporcionar un grado de preparación de la superficie que debería ser adecuado para la mayoría de los casos en los que se cree que es necesaria la limpieza con chorro. Sin embargo, si es posible que la limpieza comercial a chorro resulte en una superficie insatisfactoria para el servicio, se debe especificar SSPC-SP 10 (casi blanco) o SSPC-SP 5 (metal blanco). (SSPC, 2004, págs. 2-13)

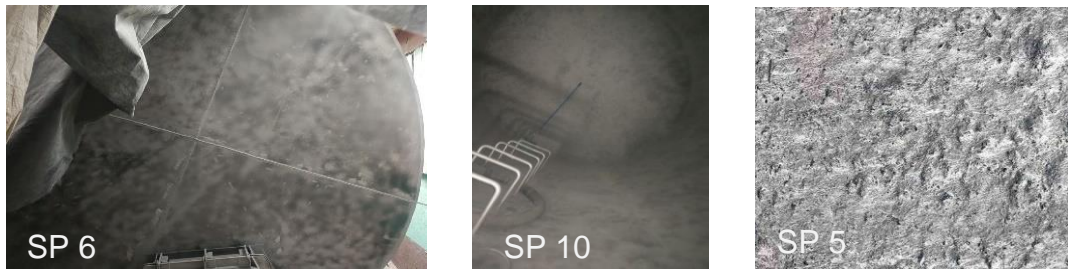
### **2.1.1.3. SSPC-SP 10, “limpieza con chorro casi blanco”:**

En muchas exposiciones que involucran una combinación de alta humedad, atmósfera química, ambiente marino u otro ambiente corrosivo, se descubrió que el uso de SSPC-SP 5 "Limpieza con chorro de metal blanco" era demasiado costoso debido a la cantidad desproporcionadamente grande de trabajo requerido para eliminar los últimos vestigios de rayas y sombras. Hay muchas aplicaciones en las que estos rastros se pueden tolerar sin una pérdida apreciable en la vida útil del recubrimiento. Por lo tanto, se demostró la necesidad de un grado de granallado superior al SSPC-SP 6 pero inferior al SSPC-SP 5. El estándar de limpieza por chorro casi blanco fue desarrollado para llenar esta necesidad. La limpieza con chorro casi blanco se puede emplear para todos los propósitos generales donde se requiere un alto grado de limpieza de la superficie. Eliminará todo el óxido, la cascarilla de laminación y otras materias perjudiciales de la superficie, pero se permite que permanezcan las rayas y las manchas. La superficie no tendrá necesariamente un color completamente uniforme, ni todas las superficies estarán uniformemente limpias. Sin embargo, es explícito en esta norma que las sombras, rayas o decoloraciones, si las hubiere, sean leves y estén distribuidas uniformemente sobre la superficie, no concentradas en puntos o áreas. La ventaja de la limpieza con chorro casi blanco radica en el menor costo de preparación de la superficie que es satisfactoria para todas las condiciones de servicio excepto las más severas. Dependiendo de la condición inicial del acero nuevo o previamente pintado, se ha estimado que la limpieza con chorro casi

blanco se puede realizar a un costo de 10 a 35% menos que el de SSPC-SP 5. Estos números son solo estimaciones. y no se cumplirá en todos los casos.

La descripción verbal que exige que al menos el 95 % de la superficie sea equivalente a SSPC-SP 5 se basa en un gran número de observaciones visuales y un número limitado de mediciones de reflectividad de la luz.

**Figura 32: Normas usadas en Nicaragua; SP 6, SP 10, SP 5**



Fuente: Elaboración propia



## **CAPÍTULO III: MATERIALES PARA SANDBLASTING USADOS EN NICARAGUA**

A como hemos visto en la sección de abrasivos **1.5.2. ABRASIVOS** , los abrasivos son el material principal para la realización de la limpieza y generación de perfil de anclaje , en estas sección veremos los abrasivos más usados en Nicaragua.

### **3-1. Arena sílica**

Este es el tipo de arena más usado , principalmente porque es económico y ampliamente disponible . Uno de sus puntos en contra es que se rompe con facilidad y crea polvo que puede resultar dañino para el operador . El sílice se presenta usualmente en forma de pequeñas partículas de cuarzo.

Es el componente principal para la fabricación de vidrio, a partir de esta molécula se pueden producir fracciones granulométricas.

Propiedades: Dureza: 5, forma: redondeada, gravedad específica: 2-3, densidad a granel: 1600 kg/m<sup>3</sup>, color: blanca , porcentaje de sílice libre: +90%, grado de polvo: alto, reuso: pobre.

**Figura 33: Arena sílica**



Fuente: *Arena de Sílice [Fotografía]* (Flexicon, 2022)

### 3-2. Óxido de aluminio

Es un medio muy duro y angular que puede proporcionar un chorro extra grueso. Por esa razón se utiliza principalmente para la limpieza profunda, desbarbado, esmerilado y pulido de metales de construcción dura.

Algunas ventajas del óxido de aluminio son que es de bajo costo, viene en una variedad de tamaños y se puede reciclar varias veces.

Propiedades: Dureza: 8, forma: angular y en bloque, gravedad específica: 4.0, densidad a granel: 1900 kg/m<sup>3</sup>, color: café/blanco, porcentaje de sílice libre: 0%, grado de polvo: bajo, reúso: bueno.

**Figura 34: Óxido de aluminio blanco**



Fuente: *Óxido de aluminio blanco [Fotografía]* (Rosber, 2020)

### 3-3. Granalla de acero (angular) y perdigón de acero (redondo)

Los disparos de acero son granos de acero angulares, están hechos de acero al carbono. Se utilizan principalmente para trabajos pesados de sandblasting, como la preparación para el recubrimiento epoxi, la eliminación de recubrimientos duros, el desbarbado, etc.

Entre las principales ventajas de este medio se encuentran la alta calidad y la superficie resultante lisa que produce. Además, existe una amplia variedad de tamaños y durezas de este medio, lo que lo hace adecuado para varias aplicaciones diferentes.

Propiedades: Dureza: 4.5-6, forma: angular y redonda (perdigón de acero), gravedad específica: 7.4 (redonda), 7.6 (angular), densidad a granel: 3500 kg/m<sup>3</sup>, color: ceniza oscuro, porcentaje de sílice libre: 0%, grado de polvo: bajo, reúso: muy bueno.

**Figura 35: Perdigones de acero**



Fuente: *Cast Steel Shot 0.1-3.0mm [Fotografía]* (Mayfaly Machinery, 2019)

**Tabla 8 Altura aproximada del perfil de abrasivos más usados en Nicaragua\***

**ALTURA DEL PERFIL**

<b>ABRASIVO</b>	<b>25 µm 1 mil</b>	<b>37 µm 1.5 mil</b>	<b>50 µm 2 mil</b>	<b>63 µm 2 mil</b>	<b>75-100 µm 3-4 mil</b>
ARENA SÍLICA	30/60 mesh	16/35 mesh	16/35 mesh	8/35 mesh	8/20 mesh
GRANALLA DE ACERO	G80	G50	G40	G40	G25
PERDIGÓN DE ACERO	S110	S170	S280	S280	S330
GRANATE	80 mesh	36 mesh	36 mesh	16 mesh	16 mesh
OXIDO DE ALUMINIO	100 grit	50 grit	36 grit	24 grit	16 grit

\* Estas alturas de perfil son típicas si la presión de la boquilla está entre 620 y 700 kPa (90 y 100 psi).

Fuente: SSPC-SP COM, 6.2.1 PROFILE HEIGHT (SSPC, 2004, págs. 2-20)

**Figura 36: Algunos mallados de arena sílica**



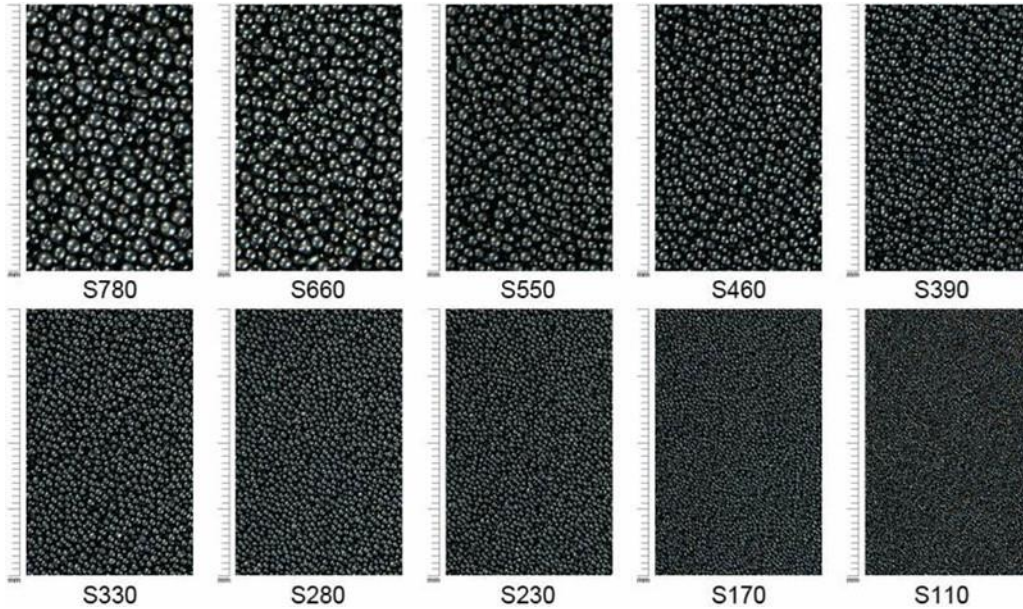
a) Malla 30/60

b) Malla 8/20

c) Malla 16/30

Fuente: a) Arena 30-60 [Fotografía] (Antracitas de cundinamarca, 2021); b) Arena de cuarzo 8/20 [Fotografía] (Pires todo piedra, 2021); c) Arena Sílica Malla 16/30 [Fotografía] (Grupo CyR - arena y gravas sílicas, 2018)

**Figura 37: Tamaños de perdigones de acero**



Fuente: *Cast Steel Shot 0.1-3.0mm [Fotografía]* (Mayfaly Machinery, 2019)

**Figura 38: Algunos tamaños de óxido de aluminio**



Fuente: a) *POLVO ESMERIL ÓXIDO DE ALUMINIO (STD) GRANO 100 (1KG) [Fotografía]* (Ilesa, 2021); b) *36 Grano – café Blast abrasivos de óxido de aluminio medios de comunicación, grueso [Fotografía]* (Amazon, 2018); c) *Negro de óxido de aluminio [Fotografía]* (Made in China, 2016)

## CAPÍTULO IV: PROCEDIMIENTOS EN EL SANDBLASTING

### 4-1. Procedimiento 1: Identificar el grado de corrosión de la superficie de acero.

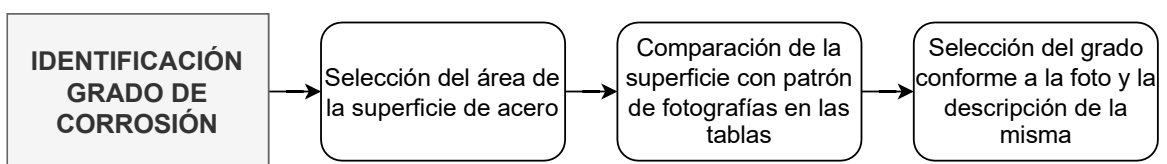
Para seleccionar el grado de corrosión debe ir a la sección **1.5.1.5. Grados de corrosión**, a la **Tabla 1 Tabla de grados de corrosión en la norma SSPC en acero desnudo**

y **Tabla 2 Grados de corrosión en la norma SSPC para metal pintado** donde encontrará las fotografías de referencia, según la norma SSPC-VIS ,1 para identificar el grado de corrosión en la superficie.

Pasos a seguir para la realizar este procedimiento:

- Seleccione el área a evaluar su grado de corrosión, esta puede ser pequeña o grande, será conforme a su criterio.
- Compare la superficie con el patrón de fotografías en las **Tablas 1 y 2** (Dependerá si es pintada o no la superficie la tabla que usará).
- Seleccione un grado de oxidación, conforme a la fotografía y su descripción.

**Figura 39: Diagrama para identificación del grado de corrosión**



Fuente: Elaboración propia

## 4-2. Procedimiento 2: Selección del tipo de limpieza

Para seleccionar el tipo de limpieza debe remitirse a la sección **2-1. Normas que rigen la aplicación de sandblasting** y a la sección **2.1.1. Normas usadas en Nicaragua**, que hablan de las normas usadas en Nicaragua e internacionalmente, para poder conocer el uso de cada una de ellas y así, según lo que el cliente requiera y pueda costear, elegir el tipo de limpieza.

Deben tenerse en cuenta dos factores:

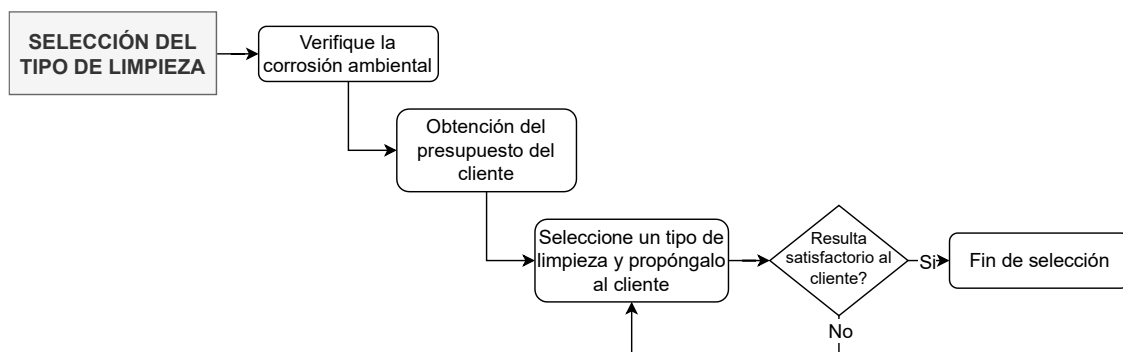
1. Costo que esté dispuesto a pagar el cliente
2. La corrosividad del ambiente

Esto es así debido a que mientras más grado de limpieza se alcanza, más alto es el costo del proyecto, pero cuando más corrosivo se el ambiente, más alto grado de limpieza es necesario.

Pasos a seguir para la realizar este procedimiento:

- Verifique la corrosividad del ambiente (si es húmedo, químico, salino, etc.).
- Consultar con el cliente el presupuesto para el proyecto.
- Conforme a la corrosividad del ambiente y el presupuesto del cliente, determine un tipo de limpieza adecuado y realice la propuesta al cliente.
- Realice una nueva elección del tipo de limpieza si el cliente no aprueba su primer propuesta, de lo contrario omita este paso.

**Figura 40: Diagrama selección del tipo de limpieza**



Fuente: Elaboración propia

### 4-3. Procedimiento 3: Selección del abrasivo

La selección del tamaño y tipo de abrasivo que producirá el más eficaz y económicamente acabado superficial deseado no es una ciencia exacta debido a las muchas variables involucradas . Normalmente el abrasivo en cada proyecto es seleccionado por los siguientes factores:

- La naturaleza del acero que se limpia, es decir, la dureza y el grado de oxidación que puede haberse desarrollado antes de la limpieza con chorro de arena (condición inicial del acero).
- El propósito básico de la limpieza por chorro, que puede incluir edificaciones nueva o mantenimiento y programas de reparación.
- El tipo de acabado superficial deseado, es decir, el grado de limpieza y altura del perfil requerido para cumplir con especificación o requisito de la pintura a aplicar.
- La condición económica de cada proyecto.
- Las condiciones del sitio de trabajo.

En general, seleccione el abrasivo de menor tamaño que producirá los resultados de limpieza deseados. Comúnmente, esto le dará al operación de limpieza más rápida y económica.

Si tiene dudas acerca de los abrasivos y el perfil de anclaje que generan, diríjase a la **Tabla 8 Altura aproximada del perfil de ...**, en ella encontrará el tamaño del abrasivo y el valor aproximado de la altura de perfil que genera



#### **4-4. Procedimiento 4: Selección del compresor y boquilla**

Para la selección del compresor y boquilla, hay que recordar que ambos componentes están muy relacionados, ya que uno influye en el otro, por este motivo, y sabiendo que el componente más caro es el compresor, es recomendable elegir este primero, pensando en la boquilla más grande que usted pueda tener.

El compresor de aire debidamente seleccionado debe estar en capacidad de producir un flujo o volumen suficiente de aire a la presión requerida de todos los componentes a los que tendrá de surtir.

El utilizar una línea de aire debida mente dimensionada constituye un factor crítico para sacar el mayor provecho de su compresor y su sistema de arenado.

Los factores a tener en cuenta para seleccionar el compresor son la presión y el volumen de aire suministrado.

##### **4.4.1. Selección compresor: Presión y volumen.**

La capacidad de un compresor se mide en presión y volumen. La presión se expresa en libras por pulgada cuadrada (PSI). La mayoría de las herramientas neumáticas de pistones o diafragmas consumen aire comprimido de forma intermitente. Un equipo de chorro demanda una mayor cantidad de aire comprimido, que cualquier herramienta neumática.

El aire a elevada presión no es suficiente, un equipo de chorro necesita también un suministro constante de aire a alta presión y en gran caudal.

Cuanto mayor sea la presión del aire, mayor será el volumen de aire que fluye a través de la boquilla. Si el compresor no genera el volumen de aire que necesita la boquilla, nunca se alcanzara la presión que se necesita en la boquilla.

La máquinas de chorro estándar tiene una presión máxima de trabajo de 125 psi. Aunque las manguera y otros componentes tengan una mayor presión de trabajo, nunca exceda la presión de trabajo del trabajo.

La adecuada presión de trabajo se determina por las condiciones de la superficie, el abrasivo utilizado y el acabado requerido.

Pasos para la selección del compresor:

- Determine la cantidad de equipos que suplirá junto a su consumo, esto incluye la boquilla, si no sabe que boquilla tendrá puede estimar, conforme a las tablas: **Tabla 5 Rendimiento de boquillas con equipos convencionales** y **Tabla 9: Tabla de requerimientos de presión y flujo de aire de las boquillas**
- Seleccione el compresor que pueda suplir todos los equipos.

En la Tabla 9, encontrará las aproximaciones de las boquillas en su uso diario.

#### **4.4.2. Selección de la boquilla**

En caso de contar ya con su compresor y debe elegir una boquilla, debe saber lo siguiente: cuando elegimos la boquilla de sandblasting lo principal que tenemos que analizar es si el suministrador de presión, en este caso, el compresor industrial es el apto para las exigencias que exige la boquilla.

Para encontrar la boquilla óptima para su producción, determine qué presión de boquilla (PSI) necesita mantener para un sandblasting productivo y qué volumen de aire puede suministrar su compresor por minuto (CFM)

Una mayor capacidad de aire le permite usar una boquilla de mayor diámetro interior, lo que le permite aplicar más abrasivo en el objetivo

Para elegir la boquilla a usar puede usar la **Tabla 9: Tabla de requerimientos de presión y flujo de aire de las boquillas** y seguir estos pasos:

- Busque la presión y caudal que su compresor puede suministrar
- Seleccione la boquilla inmediata inferior a esos valores.

Por ejemplo, se tiene un compresor capaz de suministrarnos hasta 125 psi para la boquilla y 185 cfm (ft<sup>3</sup>/min), debemos elegir una boquilla de 1/4", ya que la de 5/16" exige 190 cfm

**Tabla 9: Tabla de requerimientos de presión y flujo de aire de las boquillas**

Orificio de boquilla	Aire, potencia y requerimientos de abrasivos	50 psi	60 psi	70 psi	80 psi	90 psi	100 psi	125 psi
1/4"	Aire [ft <sup>3</sup> /min]	50	55	60	70	75	80	95
	Potencia [Hp]	10	12	13	16	17	18	25
	Abrasivo [Lb/h]	270	300	350	400	450	500	675
5/16"	Aire [ft <sup>3</sup> /min]	80	90	100	115	125	140	190
	Potencia [Hp]	17	20	25	27	28	30	36
	Abrasivo [Lb/h]	470	530	600	675	750	825	1000
3/8"	Aire [ft <sup>3</sup> /min]	110	125	145	160	175	200	275
	Potencia [Hp]	25	29	32	35	40	45	57
	Abrasivo [Lb/h]	675	775	875	975	1060	1100	1350
7/16"	Aire [ft <sup>3</sup> /min]	150	170	200	215	240	255	315
	Potencia [Hp]	35	40	45	50	55	60	70
	Abrasivo [Lb/h]	900	1000	1200	1300	1400	1550	1800
1/2"	Aire [ft <sup>3</sup> /min]	200	225	250	275	300	340	430
	Potencia [Hp]	45	50	55	63	70	75	95
	Abrasivo [Lb/h]	1200	1350	1500	1700	1850	2025	2525

Fuente: *Boquillas para Abrasivo, Tabla de requerimientos boquillas...* (Kennametal, 2017, pág. 7)

#### 4.4.2.1. Modelo de compresores más utilizados.

A modo de guía rápida proporcionamos los modelos más utilizados que son los que son más prácticos y versátiles al momento de su traslado y capacidad de abastecimiento de aire para la realización de la limpieza y el abastecimiento del aire de respiración del operario, ya que las localización que se encuentra la superficie en estado de oxidación puede variar su relieve.

Los compresores industriales más utilizados en Nicaragua:

- Compresor P185.

**Figura. 1 Compresor P185**



Fuente: *Compresor Aire Sullair 185 Cfm 200 Psi. Folio 8702 [Fotografía]* (Mercado libre, 2019)

#### **Especificaciones:**

Caudal de aire – cfm (m<sup>3</sup>/min)185.

Presión nominal de funcionamiento – psi (bar)100.

Intervalo de presiones – psi (bar)80 – 125 (5.5 – 8.6)

Tamaño de la salida de aire – in (mm)0,75 (19,0)

Salida de aire: 2

- Compresor P260.

**Figura. 2 Compresor P260**



Fuente: *Alquiler Compresor de Aire Sullair 260 CFM [Fotografía]* (Renthal Machinery & Services, 2015); *Doosan P260/HP220WYM [Fotografías]* (Lectura specs, 2021)

**Especificaciones:**

Caudal de aire – cfm (m<sup>3</sup>/min)185

Presión nominal de funcionamiento – psi (bar)100 (7.0)150 (10.3)

Intervalo de presiones – psi (bar)80 – 125 (5.5 – 8.6)80 – 175 (5.5 – 12.1)

Tamaño de la salida de aire – in (mm)0.75 (19.0).

Salida de aire: 2.

## 4-5. Procedimiento 5: Acciones preliminares

### 4.5.1. Selección de mangueras

En las mangueras de sandblasting es necesario analizar muy bien la distancia que tendrá manguera a utilizar ya que debido a su alto grosor es muy complicado su manipulación al momento de la aplicación del chorro del sandblasting. En algunos casos el sandblasteador puede sufrir caídas o peligros eminentes debido a ella.

**Figura 41: Corte de manguera de sandblasting**



Fuente: *Información general sobre el proceso de Sandblasting y la preparación de superficies:*  
[Fotografía] (Columbec Tecndefensa, 2019)

Es importante verificar el grosor y textura de una manguera de sandblasting ya que en su interior se introduce la presión de aire de 20 psi hasta 145 psi, la cual su nivel de peligrosidad aumenta al realizar la combinación con el abrasivo. Una manguera desgastada provocará una fuga inminente, si dicha manguera se encuentra muy cerca de un trabajador puede causar lesiones muy seria en su cuerpo por dicha presión y por su abrasivo que contiene.

#### **4.5.2. Revisión de las condiciones del lugar de trabajo.**

Los lugares de trabajo presentan sus propios peligros potenciales. La mayoría de peligros son fáciles de identificar, pero algunos pueden pasar desapercibidos. En cualquier caso, se debe prestar atención a cualquier posibilidad de peligro para los trabajadores. Los empleadores, ingenieros de seguridad y supervisores deben identificar las amenazas contra la seguridad y tomar las precauciones necesarias antes de empezar el trabajo.

Antes de instalar el equipo, mire detenidamente alrededor del lugar de trabajo utilizando el sentido común para encontrar posibles problemas. Si tiene dudas acerca de cualquier situación, tome todos los pasos necesarios para eliminar el peligro. Es imposible listar todos los posibles peligros que puedan existir en lugares de trabajo; sin embargo, algunos de los más importantes se discuten en esta sección.

**Figura 42: Trabajador inspeccionando el área de trabajo**



Fuente: Elaboración propia

### 4.5.3. Maquinaria y equipos

#### 4.5.3.1. Levantar, cargar y mover el equipo.

Carga, descargar y mover el equipo del lugar de almacenamiento al lugar de trabajo se debe realizar con equipo de elevación mecánica. El equipo de chorreado es pesado y voluminoso para moverlo; por lo tanto, la manipulación indebida puede producir lesiones corporales. Antes de mover las máquinas de chorreado, debe asegurarse de que estén vacías de abrasivo. No intente mover manualmente las máquinas de abrasivo de dos ruedas que contengan abrasivos, porque el peso será demasiado difícil de manipular.

**Figura 43: Equipo necesario para mover maquinaria (poleas).**



Fuente: *¿Qué son los tecleros y los winches?* [Fotografía] (Csbeaver, 2017)

Antes de cargar el equipo, es necesario desconectar todas las mangueras y enróllelas para evitar que se dañen durante el transporte. Ponga las mangueras pequeñas y piezas en cajas para mantenerlas limpias y evitar que se pierdan en el lugar de trabajo.

Descargue en el lugar de trabajo de la misma manera que la carga. Encuentre un lugar nivelado y sin objetos para colocar el equipo, y utilice la maquinaria de elevación mecánica para descargar. Utilice también estas maquinarias para mover el equipo al lugar de trabajo



No mueva nunca manualmente las máquinas de chorreado en superficies cubiertas de material suelto o en superficies mojados. Estas condiciones pueden hacer que se resbale, tropiece u otras lesiones.

#### **4.5.3.2. La importancia de la buena inspección y selección de los equipos.**

**Figura 44: Trabajador inspeccionando equipación EPP**



Fuente: ¿Qué es un sistema de protección contra caídas? [Fotografía] (OIPS, 2018)

La selección de los equipos y herramientas es de vital importancia en la ejecución de un proyecto, ya que cuando se realiza una buena evaluación, se ejecutan estudios correctos para evitar aglomeraciones de equipos, herramientas innecesarias y desperdicios de materias primas.

#### **4.5.3.3. Ubicación y desplazamiento de los equipos y herramientas correctamente**

La ubicación correcta de las herramientas y equipos ayudan a tener un mejor control a la hora de la ejecución de la actividad del sandblasting por ende se recalcaría que este es una de los factores claves para la productividad del proyecto.

#### **4.5.3.3.1. Ubicación del equipo de chorreado**

Tome tiempo para inspeccionar el área por si hubiera posibles peligros como agua, cables eléctricos y obstáculos. Si el equipo de chorreado se instala para un trabajo en el exterior, asegúrese de que el compresor de aire se coloque contra el viento respecto al área de chorreado para evitar que el polvo entre en la toma de aire del compresor.

**Figura 45: Compresor de aire abierto**



Fuente: *Kaeser Mobilair M 171 [Fotografía]* (Lectura specs, 2021)

El compresor de aire debe tener el tamaño suficiente como para proporcionar el volumen y presión de aire requeridos para el sistema de chorreado, y debe estar en perfectas condiciones de funcionamiento. El ajuste de la presión en el compresor no debe exceder la presión de trabajo máximo de las máquinas de chorreado. Las máquinas de chorreado convencionales tienen una presión de trabajo máxima de 125 psi. Algunas maquinas tienen un régimen más alto.

Antes de acoplar la manguera de aire del compresor a la máquina de chorreado, abra el grifo de descompresión en las válvulas de control. El grifo de descompresión se debe abrir siempre que se termine una sesión de chorreado.

Es especialmente importante abrir el grifo de descompresión cuando la boquilla y manguera de chorreado las mueve alguien que no sea el operador de chorreado mientras el compresor de aire está funcionando.

La ubicación correcta del Clemco sería en un lugar que posea techo, esto porque en caso de lluvias o humedades de brisa el abrasivo interno no sufriría ninguna humedad, en caso que no fuese así se corren más riesgos al humedecer el producto lo cual produciría muchos retrasos laborales.

El alargamiento de las mangueras ya sea de aire o de sandblasting deben ser lineales para aportar un buen desplazamiento del aire y del abrasivo.

#### **4.5.3.3.2. Instalación del filtro/separador**

Añada un separador/filtro de humedad de tamaño apropiado y un regulador de presión a la toma de aire en la máquina de chorreado. Muchos de ellos, sin embargo, están diseñados para volúmenes de aire mucho más bajos que el requerido para el chorreado de abrasivo, a pesar que puede proporcionar una presión alta. Consulte con el proveedor para asegurarse de que estos accesorios tienen la capacidad de volumen requerido.

**Figura 46: Filtro/separador de humedad**



Fuente: 3/8" Filtro de partículas Separador de humedad [Fotografía] (Amazon, 2016)

El filtro/separador de humedad debe estar diseñado y ser del tamaño adecuado para eliminar líquidos y humedades excesiva del suministro de aire.

Antes de colocar la manguera de aire del compresor, instale los cables de seguridad de acero en la salida del compresor donde la manguera de aire se

conecta, y en el exterior opuesto de la manguera de aire donde se conecta a la tubería de la máquina de chorreado. Cuando se utilizan múltiples secciones de manguera de aire, instale cables de seguridad de acero encada punto de conexión.

#### **4.5.3.3. Inspección del aire natural para ubicación de equipos**

El principal imprevisto indirecto y también incontrolable es el aire, ya que el aire puede servir de aislante de polvo para los equipos y trabajadores o también servir de principal problema visual o respiración para los trabajadores o filtros de los equipos.

**Figura 47: Polvo tóxico debido al chorreado**



Fuente: *Abrasive blasting and Sand blasting on historic building [Fotografía]* (Dreamstime, 2020)

Por eso es lo principal que el ingeniero residente o el técnico encargado en la obra tiene que meditar siempre buscar la mejor forma para trabajar en favor del aire para lograr que su proyecto sea productivo.

#### **4.5.3.3.4. Inspección de mangueras y acoples**

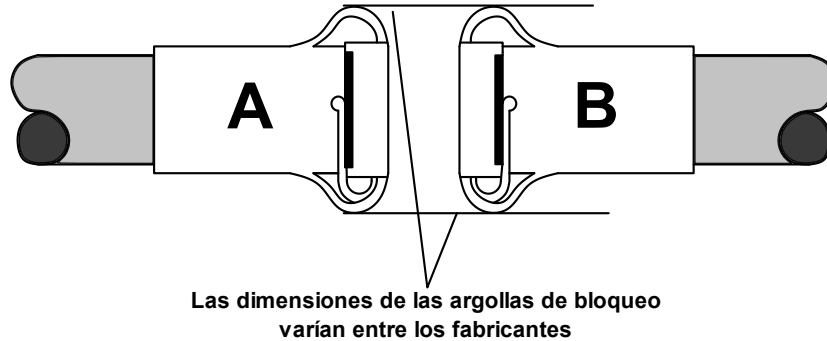
Extienda la manguera de chorreado desde la máquina de chorreado hasta el área de trabajo, compruebe los acoples y soportes de boquillas por si están desgastados, dañados, sucios o les falta junta. Cuando los acoples o soportes de boquillas (extremos de la mangueras) necesitan cambiarse, siga estas indicaciones: ponga el extremo de la manguera en una superficie plana. Humedezca la manguera y un cuchillo muy afilado para que el corte sea fácil y limpio. Corte la manguera a unas 6 in del acople existente. Corte la manguera de manera que el extremo quede liso y recto y asiente uniformemente contra el reborde interno del acople o soporte de la boquilla.

El resultado de las tolerancias flojas es un ajuste flojo entre los conectores y la manguera. Es totalmente esencial obtener un anclaje ajustado entre los conectores y la manguera para minimizar el riesgo de separación accidental que podría causar lesiones graves. No use cinta adhesiva para compensar un adjunte inadecuado. Vuelva a cortar y remplazar la manguera y cambie los conectores hasta obtener un ajuste adecuado.

La práctica más segura es **NO** mezclar diferentes marcas de acoples de manguera. La combinación de materiales diferentes y condiciones cambiantes de los moldes afectan la eficacia de la sujeción cuando se mezclan piezas de varios fabricantes. Para asegurarse que los acoples siempre conectan de manera segura, utilice una sola marca de acople en la manguera de chorreado.

**Figura 48: Advertencia para sobre acoples de diferentes marcas**

## **NO MEZCLE MARCAS ACOPLES DE LA MANGUERA**



Fuente: *Blast off [Ilustración]* (Clemco Industries Corp, 1997)

### **4.5.3.3.5. Llenado del Clemco**

El llenado del Clemco se realiza ya con el agregado cribado, de forma manual, introduciéndolos en el orificio de entrada del agregado.

**Figura 49: Llenado del Clemco**



Fuente: 2452 [Captura de vídeo] (Youtube, 2018)

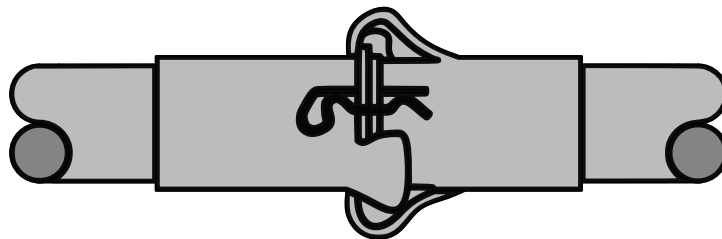
#### **4.5.3.3.6. Correcta instalación de acoples**

No utilice tornillos que no sean de la longitud y forma de rosca correcta para instalar los acoples. Los tornillos más largos podrían penetrar el tubo de caucho interno, permitiendo así que el abrasivo desgaste los orificios de los tornillos. Los tornillos que sobresalen también interfieren con el flujo del abrasivo.

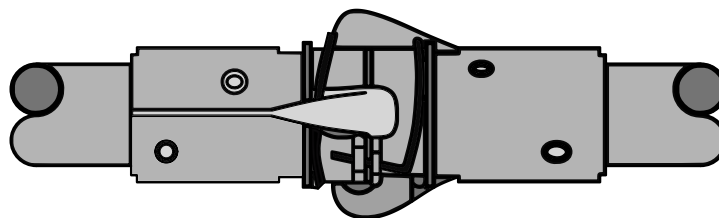
Inserte los tornillos, pero no los apriete en exceso, porque podrían rajar el caucho y debilitar la fuerza del tornillo. Los tornillos cortos y los que tiene la forma de rosca incorrecta no proporcionarían suficiente agarre y podrían hacer que los acoples o soportes de boquillas se soltaran de la manguera. El fallo de acople y soporte de manguera podría causar lesiones graves debidas al abrasivo que sale a alta velocidad de una manguera de chorreado que este sacudiendo descontroladamente. Remplace las juntas del acople y porta boquillas cuando muestren cualquier señal de desgaste o distorsión.

**Figura 50: Pasador y resorte de seguridad para acoples**

#### **PASADOR DE SEGURIDAD PARA ACOPLE**



#### **RESORTE DE SEGURIDAD PARA ACOPLE DE NILÓN**



Fuente: Fuente: *Blast off [Ilustración]* (Clemco Industries Corp, 1997)

Cuando se conecten **secciones múltiples de manguera** de chorreado, instale **cables de seguridad en cada conexión**. Dicho cable evita lesiones debida a mangueras presurizadas que den sacudidas, en caso de que se separen accidentalmente. Los cables de seguridad son vitalmente útiles para soportar el peso de la manguera de chorreo cuando se cuelga verticalmente para alcanzar un sitio elevado. No se debe de fiar de los acoples de manguera para soportar el peso de la manguera de chorreado. Están diseñados para resistir la presión interna del aire, no la carga de tensión.

**Cuando los acoples están conectados, inserte pasadores de seguridad** por los orificios de la brida de los acoples en contacto. Los pasadores de seguridad evitan a los giros de la manguera de chorreado durante su uso en campo.

#### ***4.5.3.3.7. Uso de mangueras***

En aplicaciones en las que se utilice más de una máquina de chorreado o maquinas con múltiples operadores, instale juegos de identificación de mangueras codificadas por colores en las mangueras de chorreado. Ayuda a distinguir con exactitud la manguera de chorreado de un operador, la conexión de la máquina de chorreado a otras. El uso de estos juegos es específicamente importante en máquinas en máquinas de chorreado en grupo, donde las estaciones de dos a cuatro operadores están cerca una de la otras. Hay una clara posibilidad de cruzar inadvertidamente las mangueras de chorreado, lo que activaría la boquilla de chorreado incorrecta.

Los juegos de identificación por colores brindan obvios beneficios de seguridad. A cada operador de chorreo se le asigna un color específico, ayudando así a asegurar que utilice solamente la manguera y boquilla marcada con el color asignado. Los juegos de identificación por colores también facilitan a los ayudantes de múltiples maquinas a hacer los ajustes de las válvulas.



**Figura 51: Mangueras de colores para identificación**



Fuente: *Mangueras [Fotografía]* (Gitan International Trading S.A, 2016)

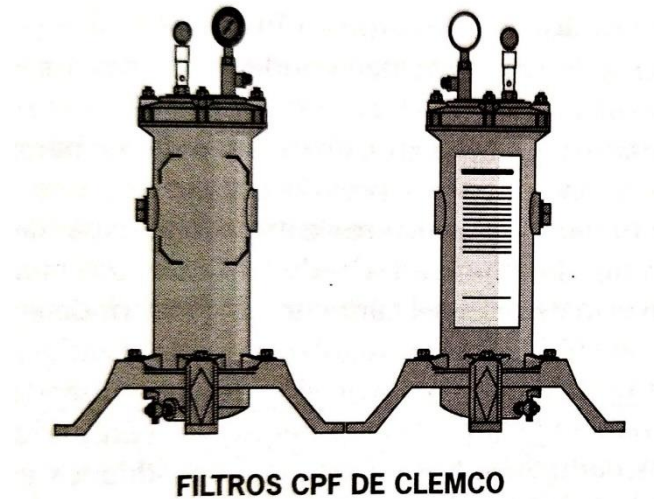
Cundo todas las piezas están montadas en la máquina, haga una prueba solamente con aire. no cargue abrasivo en la maquina ahora mismo. Arranque el compresor de aire, siga las instrucciones del fabricante y presurice la manguera de aire a la máquina de chorreado. Comprueba la función del control remoto pulsando y soltando la palanca del control remoto varias veces, permitiendo que el aire entre en la máquina y se purgue. Cuando se obtenga un tiempo de respuesta satisfactorio, la máquina está lista para funcionar.

#### **4.5.3.4. Verificación de los filtros de Aire.**

El uso de filtros en la línea para asegurar la capacidad de aire respirado. Los filtros eliminan el aceite, el vapor de agua y las partículas con tamaños superiores a los 0.5 micrones.

La utilización de filtros de alta capacidad y eficiencia específicamente diseñados para tratar el aire de respiración al operario. Estos filtros deben de tener cartuchos fácilmente recambiables: **verifique los cartuchos y cámbielos de ser necesario.**

**Figura 52: Filtro CPF de Clemco**



Fuente: *Blast Off [Ilustración]* (Clemco Industries Corp, 1997)

El filtro debe de llevar un indicador de presión para regular la presión de aire. El indicador marcará una bajada de presión a medida que el filtro se sature por alguna fuga en las conexiones: **verifique el indicador de presión antes de iniciar el chorreado, durante y al finalizar**. La válvula de escape expulsará aire si la presión es demasiado alta del filtro.

Un compresor viejo descargará cantidades anormales de aceite y humedad. En climas extremadamente calurosos y húmedos el aire del compresor contiene gran cantidad de vapor de agua que se condensará en las líneas de aire y en los filtros.

Verifique que la posición de este filtro esté siempre fuera de contacto con las emisiones de gas del compresor de aire.

Compruebe antes de iniciar el chorreado que las líneas estén debidamente conectadas para evitar problemas de estallo de mangueras o daños al filtro.

#### **4.5.4. Traslado de piezas a limpiar (cuando aplique)**

Generalmente el cliente proporciona el sitio para aplicación de sandblasting, pero en ocasiones no es el más apropiado y deberá solicitar un sitio para realizar el trabajo y trasladará las piezas. En estos casos debe hacerse con el debido cuidado para no dañar las piezas y entregar un buen trabajo.

**Figura 53: Piezas trasladadas a sitio para aplicación de sandblasting**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.5.5. Equipamiento de la ropa y accesorios de seguridad.**

El aire a alta velocidad puede producir serias heridas a un operario no protegido adecuadamente. Él debe utilizar guantes de lona o cuero, y un delantal. Si el operario trabaja cerca de piezas de trabajo pesadas, también será necesaria la utilización de unas botas de seguridad.

La ropa ligera no ofrece ningún tipo de protección. La ropa de seguridad protege al operario del abrasivo que sale rebotando.

El traje de chorro llevara cuero, lona u otro material resistente en las zonas que estén más expuestas al rebote del abrasivo, que normalmente son las mangas.

El mejor traje de chorro combina poco peso, durabilidad y protección. Normalmente los trajes enteros de cuero, o de goma, son demasiado pesados y dan mucho calor, por lo que el operario no puede trabajar durante largos periodos.

**Figura 54: Traje de sandblasting**

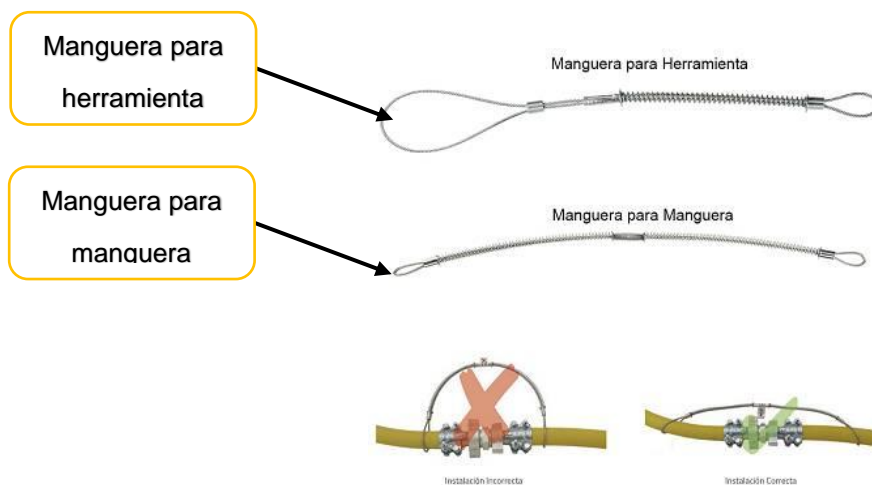


Fuente: *Blast Off [Ilustración]* (Clemco Industries Corp, 1997)

Equipos que se utilizan para asegurar la actividades del sandblasting:

- Antilátigos.

**Figura 55: Antilátigos**



Fuente: *Cables de seguridad para mangueras: evitan... las maneja [Fotografías]* (Feria Virtual Interpresas, 2019)

Es un dispositivo que se usa para que las mangueras en caso de emergencia no suelten y de un golpe de látigo.

- Hombre muerto

Dispositivo remoto para caso de una eventualidad o emergencia, al ser presionado detiene todos los procesos.

**Figura 56: Hombre muerto**



Fuente: *disparador neumático marco (hombre muerto) [Fotografía]* (Kebco equipos industriales, 2021)

- EPP (Equipamiento de protección personal).

Equipamiento de seguridad para el operario de sandblasting, incluye guantes, capucha, malla para el pelo, traje protector en caso de usar arena como abrasivo, etc.

**Figura 57: Ropa de seguridad**



Fuente: *Equipos de Protección Personal Clemco [Fotografía]* (Grupoequipa, 2021)

- Capucha de sandblasting.
- Seguro de mangueras de aire.

#### **4.5.6. Ubicación de los trabajadores en sus puestos de trabajo**

El sandblaster y el operador deben estar correctamente posicionados antes de empezar a trabajar sobre la superficie de aplicación, así evitaremos que ocurran accidentes tanto del personal como daños a las máquinas y herramientas.

### **4-6. Procedimiento 6: Revisión de la seguridad en el proyecto**

#### **4.6.1. Peligro del chorro**

Los peligros potenciales del chorro son: el aire comprimido a alta presión a través del sistema, abrasivos propulsados a través de la boquilla, impurezas en el aire que se respira, polvo tóxico proveniente de los abrasivos y revestimientos eliminados, ruido a altos decibelios producidos por las boquillas y los motores del compresor, impactos potenciales en la cabeza, además de otra serie de peligros asociados con el trabajo a realizar.

Puesto que los operadores de chorreado normalmente se mueven mientras realizan su trabajo, se deben tomar precauciones especiales para mantener la superficie de trabajo limpia y sin obstáculos. Los operadores pueden que tengan un campo de visión limitado; puede que estén preocupados por la manipulación de la manguera de chorreado pesada y presurizada y es fácil que no se den cuenta de los obstáculos que podrían dificultar su movimiento.

Las superficies en las que se utilizan plataformas, andamios, elevadores de tijera, o elevadores de personal deben estar niveladas, secas, sin obstrucciones ni agujeros y en cumplimiento con otras condiciones recomendadas por el fabricante y las normas de seguridad.

Las superficies de trabajo deben estar sin agua, aceites, grasa, abrasivos y cualquier otra sustancia que pueda hacer que el operador se resbale. Se deben quitar los objetos como herramientas, tuercas y pernos, que pueden hacer que el operador se tropiece. Las mangueras de aire y de abrasivo se deben poner fuera de la trayectoria del operador. Se deben reparar los agujeros que se deben cubrir con materiales planos apropiados. En general, el operador necesita que el área

de trabajo este lo mejor posible y sin obstáculos que puedan crear peligro al moverse.

Son necesarios controles remotos para una operación segura y eficiente. Una máquina de sandblasting debe tener control remotos que permita parar rápidamente el proceso, cuando el mango del control sea liberado. Este sistema es crítico para evitar lesiones en caso que el operario perdiese el control de la boquilla, por eso su inspección debida es de vital importancia.

Asegurarse de que un casco de inyección de aire no solamente suministra aire para respirar, sino que también protege la cabeza y la cara de partículas y trozos que reboten, así como el abrasivo mismo, que atenué el ruido y que permita y que permita un campo amplio de visión no obstruido.

#### **4.6.2. Polvos**

El polvo de los revestimientos a eliminar, puede contener plomo, el cual es extremadamente peligroso tanto para el operador como para cualquier persona que se encuentre en las inmediaciones. en muchas ocasiones, las superficies a tratar, poseen revestimientos potentemente tóxicos no conocidos, por ello tanto el operador como el personal próximo a la zona deberá de utilizar respiradores.

La inhalación o ingesta del polvo de plomo puede ocasionar desordenes cerebrales, esterilidad, alta presión arterial y otras enfermedades.

**Figura 58: Operador en chorreado (ver polvo adyacente)**



Fuente: *Preparación de superficies metálicas [Fotografía]* (Sika, 2015)

Los polvos más tóxicos para el sistema respiratorio son los de tamaño microscópico. Permanecen durante mucho tiempo en el aire, antes de depositarse en el suelo o antes de que el viento los arrastre hacia otro lugar.

Cierre la zona de trabajo y sus alrededores para evitar que personas ajenas a la obra puedan entrar. El personal de seguridad deberá de medir la cantidad de polvo en la atmosfera para delimitar la zona de trabajo. El tiempo, la humedad, la dirección y velocidad del viento, la composición del abrasivo, el tipo de elemento a eliminar u otros factores determinan el tamaño del área de trabajo.

En ambiente cerrado todo el personal deberá de llevar puestos su equipos de respiración todo el tiempo. El recinto deberá de tener una buena ventilación para evitar la acumulación de polvo en el ambiente y hacer que esta sea la mínima.

#### **4.6.3. Operadores no calificados.**

Los operadores de chorreado no capacitados ni cualificados implican un accidente inminente. No se debe permitir que el personal monte, opere o repare equipos de chorreo hasta que haya sido completamente instruido en el proceso de chorreado, las funciones del equipo y los procedimientos de seguridad. La capacitación incluye la lectura y comprensión de todos los manuales impresos suministrados



con el equipo, así como charlas específicas de seguridad y la demostración práctica de los equipos.

#### **4.6.4. Caídas y tropiezos.**

Tome precauciones en el lugar de trabajo para eliminar obstáculos peligrosos en la superficie que podrían interferir con la movilidad del trabajador. Los operadores del chorreado que lleven cascos tienen un campo de visión limitado y no están siempre conscientes de las condiciones de la superficie. Son susceptibles de tropezar y de caer cuando la superficie de trabajo está mojada, desigual, inestable y llena de mangueras u otras obstrucciones.

Los peligros de caída y tropiezos se pueden evitar teniendo áreas de trabajo limpias y lisas. Los orificios de las superficies. Quitar el agua, aceite y otros líquidos para evitar que se derramen. Aspire o barre el abrasivo derramado o suelto. Instale materiales de soporte adecuados sobre las superficies en pasillos irregulares. Disponga las mangueras de chorreado de manera que no se dificulte el movimiento del personal. Proporcione a los operadores de chorreo la mayor cantidad de superficie de trabajo limpia y vacía.

**Figura 59: Señalización de riesgo de caída**



Fuente: *Salud Laboral - Accidentes con baja* [Imagen] (Confederación General del trabajo SFF, 2011)

En el trabajo donde hay que estar elevado, los operadores de chorreado deben estar equipados con arneses de seguridad para evitar las caídas. Asegure las mangueras de chorreado atándolas al andamio o a plataformas del personal, a fin de evitar lesiones por mangueras que se caen sobre el personal que esté trabajando debajo o en área cercanas.

#### **4.6.5. Precauciones para los oídos.**

El ruido de las boquillas para chorreado del abrasivo puede ser lo suficientemente fuerte como para dañar los oídos de los operadores del chorreado y otros en el lugar de trabajo.

El ruido excesivo puede provenir de muchas otras fuentes en el lugar de trabajo, especialmente cuando se trabaja en recintos donde el sonido queda atrapado por paredes y techos. Los compresores de aire y otras máquinas se suman al volumen de ruido, y todos ellos pueden alcanzar un nivel dañino.

Los trabajadores del lugar no deben estar expuesto a niveles de ruido que excedan los 80 decibelios como promedio sopesado en ocho horas. Consecuentemente los operadores de chorreo y otro personal en el área del chorreado deben llevar protección en los oídos. El tipo de protección debe estar basado en ellas lecturas de ruidos por parte del ingeniero de seguridad.

La falta de la protección adecuada puede producir daños permanentes a los oídos.

**Figura 60: Uso de tapón auditivo**



Fuente: *Earplug icon vector illustration [Ícono]* (Shutterstock, 2021)

#### 4.6.6. Cerramientos y contención.

Hay varias razones para encerrar las operaciones de chorreado de abrasivo; entre otros están los controles del medio ambiente y eficiencia en la producción. Sea cual sea el motivo, los cerramientos deben cumplir con los reglamentos de seguridad y del medio ambiente.

Un beneficio sustancial hacia el medio ambiente para encerrar un operador de chorreado es la eliminación de sustancias de polución en el aire y el agua de los alrededores. La fuente principal de polvo peligroso es las sustancias eliminadas con el chorreado. Estas sustancias pueden ser tóxicas e incluyen asbestos, plomo y otras pinturas de metales pesados.

**Figura 61: Ejemplo de trabajo cerrado en exteriores (caso de limpieza de tanque)**



Fuente: Elaboración propia

En operaciones de chorreado abiertas y sin controlar, el polvo puede desplazarse en áreas amplias y, si la concentración es muy alta, puede contaminar estructuras, tierras, aguas y otros lugares sensibles del medio ambiente. En la proximidad de trabajos de chorreado, el viento puede depositar capas finas de polvo en coches y casas.

En las aplicaciones en el campo, las operaciones de chorreado pueden contenerse con tiendas hechas de tela resistente, vinilo o materiales de caucho. Las tiendas se utilizan en los lugares de trabajo donde las piezas se pueden traer para el chorreado y pintado antes de su instalación.

Un ejemplo típico es el chorreado y pintado de estructuras de acero en una tienda antes de montarlas para proyectos de construcción. La tienda, no solamente contiene los contaminantes, sino que también elimina posible peligro de salud y molestia a los trabajadores en el área de trabajo.

**Figura 62: Caso de cerramiento con plástico (limpieza de viga)**



Fuente: Elaboración propia

Las tiendas deben estar equipadas con tomas de aire atmosférico debidamente diseñadas y salidas para el polvo recogido a fin de tener ventilación adecuada.

Cerramientos evitan la contaminación atmosférica y ambiental del abrasivo y del polvo.

Los cerramientos se utilizan extensivamente en puentes, edificios, depósitos de almacenamiento, barcos y otras estructuras grandes. Son especialmente beneficiosos cuando las capas tóxicas se deben eliminar con chorreado.

#### **4.6.7. Pérdida por fricción.**

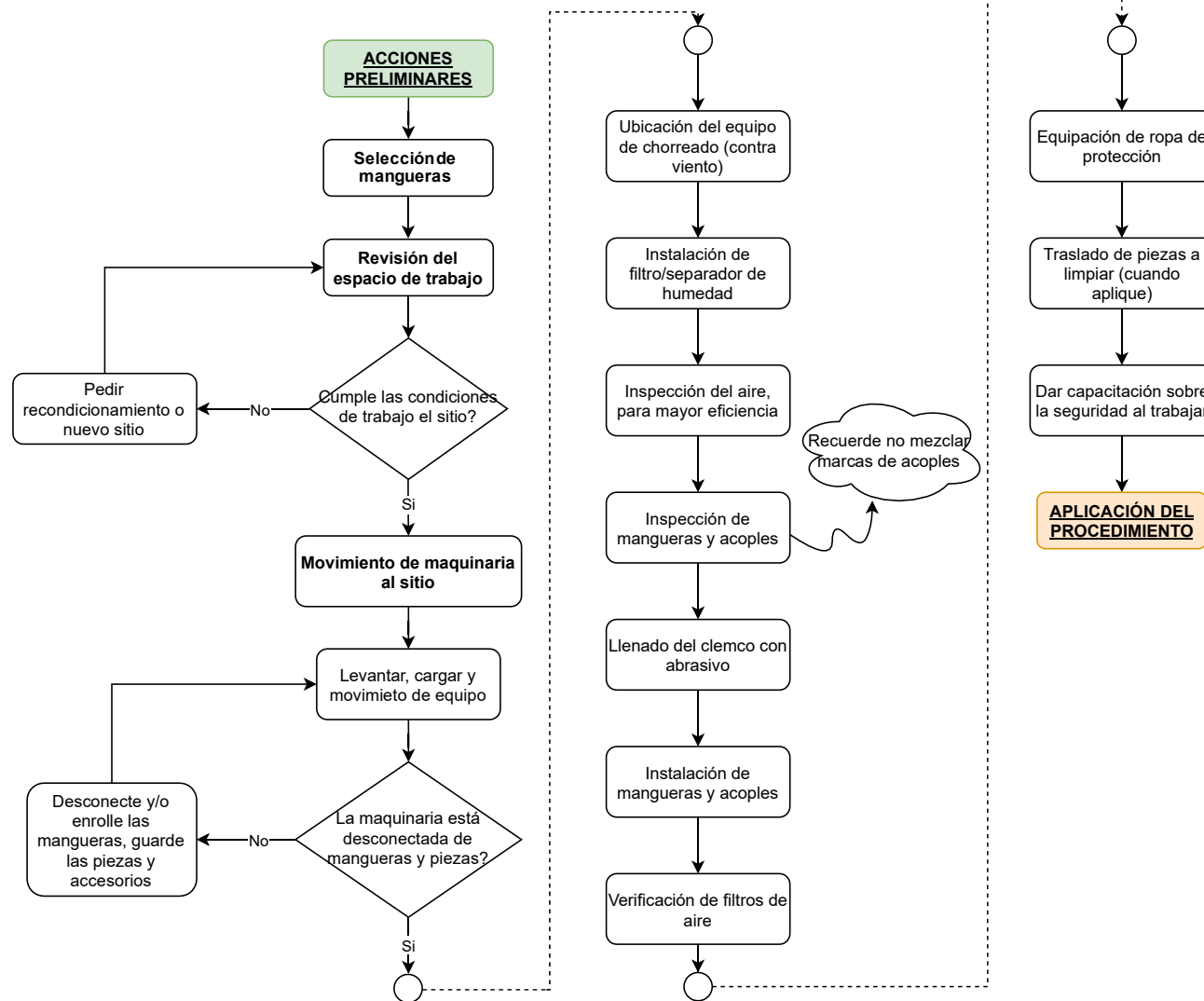
El uso de mangueras de tamaño inadecuado no origina únicamente pérdidas de presión, sino que cuanto menor el diámetro, mayor el desgaste. El flujo del abrasivo tiende siempre a ser recto. Cuando la manguera se curva o se dobla, las partículas del abrasivo chocan con la pared de caucho comienzan a chocarse entre sí a lo largo de toda la manguera, lo que provoca caídas de presión denominadas perdidas por fricción.

Las curvas en la manguera también causan pérdidas por fricción. El aire y el abrasivo fluye mejor en línea recta. Si la manguera tiene muchas curvas, se producirá una notable caída en la presión, y la manguera sufrirá un mayor desgaste en las zonas curvadas.

Mucho trabajo requiere de esas curvas en la manguera, pero si esas curvas son lo menos pronunciadas posibles, se incrementará la vida útil de la manguera y se reducirá la pérdida por fricción.

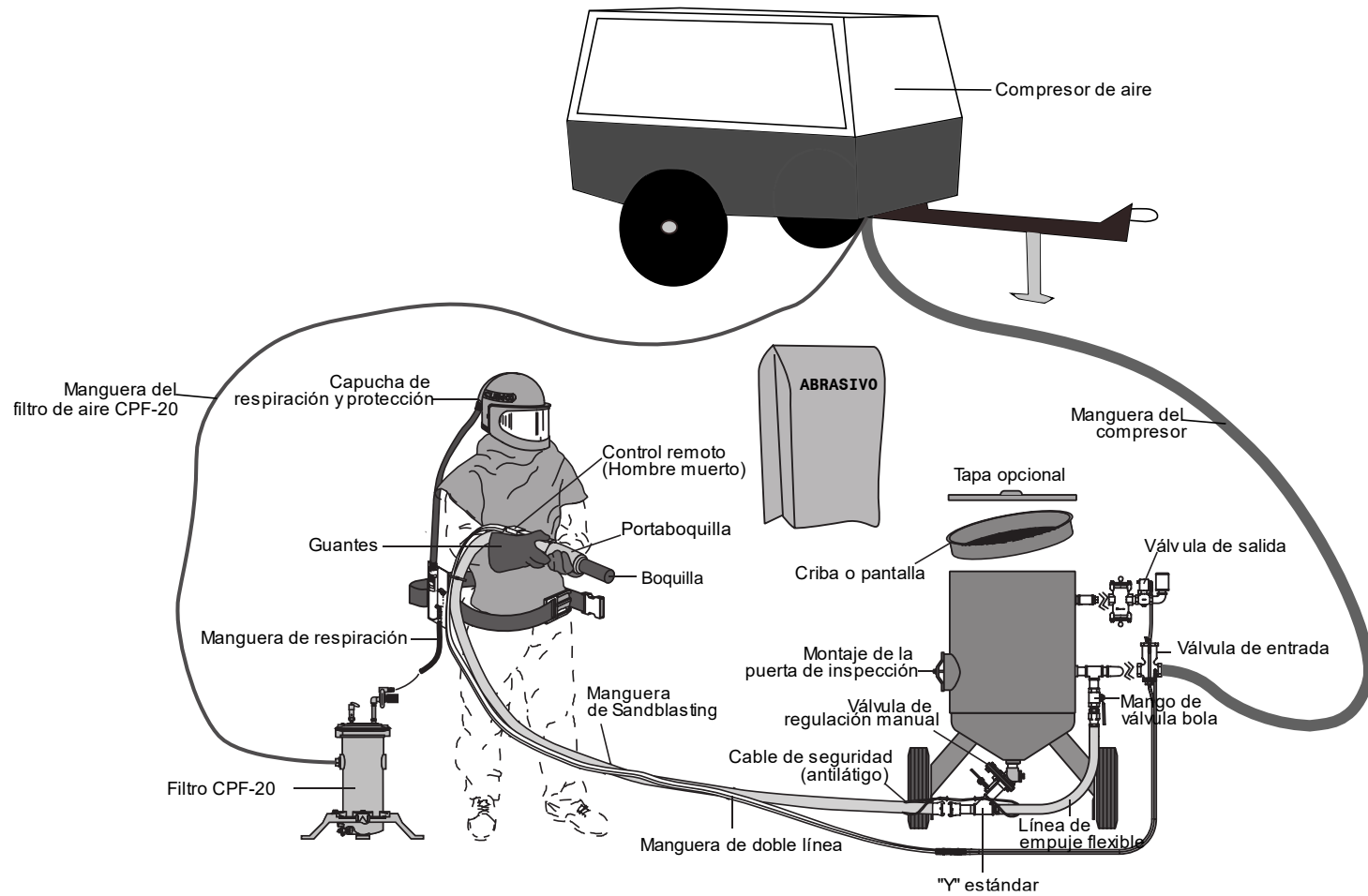
Nunca chorree con una manguera enrollada que el desgaste será alto. En los equipos de chorro, la manguera es el componente que con mayor frecuencia se reemplaza. Esto representa un elevado gasto, por lo que siempre deberá de elegir el tamaño y la longitud adecuada, además de los acoples que mejor se adecuen.

Figura 63: Diagrama de flujo de acciones preliminares



Fuente: Elaboración propia

**Figura 64: Diagrama y lista de chequeo resultante al finalizar las acciones preliminares y revisión de seguridad**



Fuente: Diagrama: Elaboración propia; imágenes (menos compresor): 6-CUFT CLASSIC BLAST MACHINE SYSTEMS [Ilustraciones] (Clemco Industries Corp, 2020)

## 4-7. Procedimiento 7: Aplicación del procedimiento

En este procedimiento se abordarán los pasos para realizar la preparación de la superficie, habiendo ya realizado todos los pasos anteriores.

Para aplicar este procedimiento requerirá los siguientes pasos:

- Aplicación del chorro sobre la superficie
- Verificación del tipo de limpieza y perfil de anclaje
- Limpieza de la zona de trabajo

### 4.7.1. Aplicación del chorro sobre la superficie

Para la aplicación del chorro de arena debe considerar el grado de limpieza que le solicitaron y si le solicitaron un anclaje específico para la pintura posterior, con estos datos usted sabrá aproximarse al tiempo en el que mantendrá el chorro sobre la superficie.

Procure mover el chorro de forma uniforme sobre la superficie, en movimientos coherentes, es decir, si comienza moviendo la boquilla para dirigir el chorro horizontalmente no continúe de forma vertical o circular más adelante, el acabado final será no uniforme, especialmente en trabajos con limpieza SP-5 que es una limpieza más profunda

Debe procurar mantener un ritmo de trabajo uniforme conforme a la **Tabla 5 Rendimiento de boquillas con equipos convencionales** en la sección **1.5.1.13.3. Orificio de y tamaño de la boquilla.**

#### 4.7.1.1. Procedimiento de parada.

Para detener el chorreado, suelte la palanca de control remoto. Si se nota la mínima demora en tiempo de reacción de la palanca o el cierre, compruebe si hay polvo o acumulación de suciedad alrededor de los pasadores antes de reanudar el chorreado. También, pruebe la tensión en los resortes de la palanca, y reemplácelos inmediatamente si no responden rápidamente.



Cuando se suelta la palanca del mango, habrá un lapso de tiempo momentáneo para que la presión de aire se purgue de la boquilla. Las válvulas del control remoto actúan rápidamente para cerrar el aire a la máquina de chorreado, pero la presión de aire que queda en la manguera de chorreado debe escapar por la boquilla. El operador debe sujetar la manguera de chorreado hasta que la presión de aire de la boquilla baje a cero. Cuanto más larga sea la manguera más tiempo se tardará en despresurizarla. El tiempo variará según el tamaño de la boquilla, pero no excederá unos segundos. Las boquillas grandes harán escapar la presión de aire de la manguera más rápidamente que las pequeñas.

Cuando todo el aire haya salido, la manguera se debe poner en el suelo con cuidado, nunca se debe dejar caer ni tirar porque se podría dañar la boquilla y la unidad de la palanca de control remoto. Mantenga el mango alejado de polvo y suciedad para evitar que se atore el orificio. La acumulación de polvo y suciedad en la unidad del mango podría interferir con el movimiento libre del mango y palancas de seguridad.

Antes de quitarse el casco alimentado por aire, abra el grifo de descompresión de seguridad en el control remoto. Esto evita la activación accidental de la máquina de chorreo. Con el grifo de descompresión abierto, la unidad del mango se puede oprimir, pero el control remoto no funciona porque no hay aire que llegue al mango. El grifo de descompresión debe cerrarse solamente inmediatamente antes de empezar el chorreado.

Al final del día de chorreado, vacíe siempre la máquina. Si se deja abrasivo en la máquina por la noche puede absorber humedad.

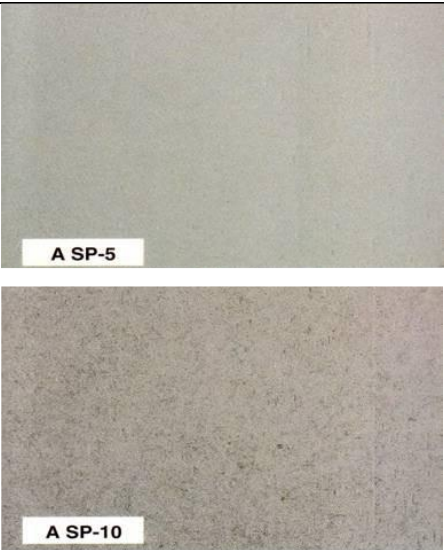
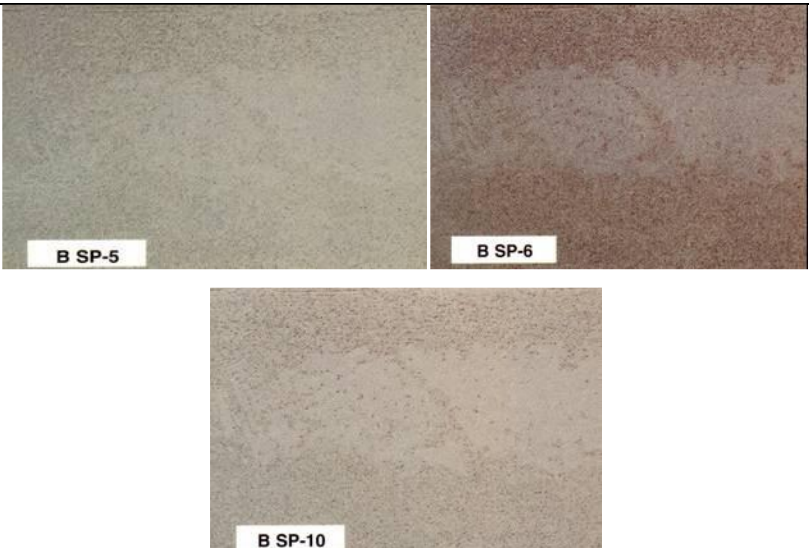
Cualquier desgaste que se pueda medir en el acople la eficiencia de la conexión y el diseño de seguridad del acople; consecuentemente es vital inspeccionar antes de volver a conectar la manguera, y reemplaza inmediatamente cuando haya cualquier señal de desgaste.



Cuando se interrumpe el chorreado por cualquier motivo, los operadores de chorreado y todo el personal de la zona de chorreado deben permanecer con los

cascos alimentados por aire puesto. El polvo peligroso queda por el aire bastante después de que se termina el chorreado; por lo tanto, el personal debe seguir llevando protección respiratoria en todo momento en el lugar de trabajo.

**4.7.2. Verificación del tipo de limpieza y perfil de anclaje**

Para verificar el tipo de limpieza deseado (recuerde la sección : **2.1.1. Normas usadas en Nicaragua**) solo es necesaria una inspección visual junto a la norma adicional SSPC-SP VIS 1 conforme a la condición inicial del acero en la sección **1.5.1.5. Grados de corrosión:**

Grado corrosión	Estándar Visual
<b>A*</b>	
<b>B</b>	

Grado corrosión	Estándar Visual
<b>C</b>	
<b>D</b>	

Fuente: GUÍA PARA SSPC-VIS 1 [Fotografías] (SSPC, 2009)

Para la verificación del perfil de anclaje, debe ser con el aparato medidor de anclaje en la sección **1.5.1.7. Medidor de anclaje.**

### **4.7.3. Limpieza del lugar de trabajo.**

Cuando se termine un trabajo, siga los procedimientos de parada descritos en el manual del usuario del equipo. Ponga con cuidado las mangueras en el suelo, e inmediatamente abra el grifo de descompresión de seguridad. No se quite el equipo de protección respiratoria. Apague la válvula de suministro del compresor de aire que lleva a la máquina de chorreado. Si los controles remotos de mantener la presión están montados en la máquinas de chorreado, despresurice la máquina. Desconecte y enrolle la manguera de chorreado asegurándose de que la manguera con el color correcto se guarda con su correspondiente máquina de chorreado.

Antes de apagar el suministro de aire para respirar, lleve a cabo las tareas de limpieza del abrasivo antes de quitarse el equipo de protección respiratoria. El abrasivo usado y pulverizado en el área de chorreado tiene un alto contenido de partículas de polvo, que se pueden inhalar durante el proceso de limpieza.

Todas las personas en el área de chorreado deben llevar durante la limpieza respiradores de suministro de aire debidamente clasificados. La limpieza puede ser más peligrosa que el chorreado por la alta concentración de abrasivo pulverizado. Todos el personal involucrado en la limpieza debe llevar cascos de alimentación de aire aprobados.

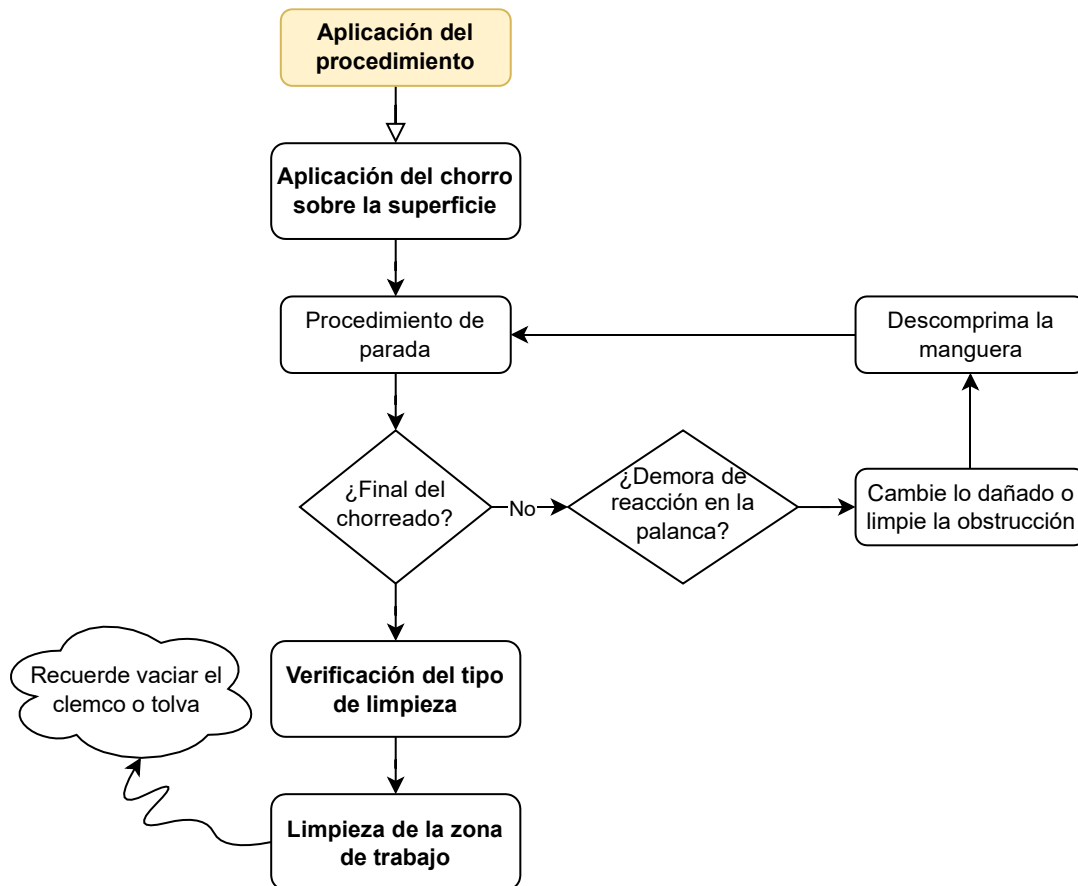
Cualquier movimiento del abrasivo pulverizado, especialmente si se barre o se mueve con pala, crea gran cantidad de partículas en el aire de las cuales la mayoría son respirables.

Utilice métodos de recuperación por aspiradoras para quitar el abrasivo y los desechos usados en el área de chorreado. Excepto durante breves periodos de tiempo o en áreas difíciles de alcanzar, no utilice área comprimido para soplar abrasivo y polvo del área de chorreado. Excepto durante breve periodos de tiempo o en áreas difíciles de alcanzar, no utilice aire comprimido para soplar abrasivos y polvo del área de chorreado. La limpieza por aire de alta potencia genera nubes de polvo en el lugar de trabajo, aumentando el tiempo de limpieza. También crea

un peligro para respirar a cualquier que no esté debidamente protegido con un respirador en la zona cercana.

Al terminar la limpieza del abrasivo, el ingeniero de seguridad debe probar la atmosfera de la zona de chorreado con un motivo de polvo para detectar la presencia de polvo. Cuando el aire está limpio, el operador y todo el personal en la zona de chorreado deben aspirarse la ropa. La ropa se contamina de polvo que se desalojara cuando se quite. La limpieza por aspirador asegura que se captara el polvo y se sellara hasta que se pueda deshacer del debidamente.

**Figura 65: Diagrama resumen de la aplicación de sandblasting**



Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5-1. CONCLUSIONES**

De acuerdo a lo expresado en el trabajo concluimos lo siguiente:

Hemos elaborado un manual para la aplicación de sandblasting en estructuras de acero aplicado en Nicaragua, donde han sido abordados los aspectos básicos y generales del procedimiento.

Se han definido los procedimientos necesarios para aplicar el proceso de sandblasting en estructuras de acero, siempre apegados a las normas que rigen este rubro (SSPC), así mismo, hemos precisado los materiales usados en Nicaragua que son usados para la preparación de las superficies con sandblasting, de la misma manera, ha sido enseñado, de forma breve y clara, los procedimientos para cada actividad requerida en la aplicación del sandblasting.

En conclusión, se ha demostrado que la forma más eficaz y con mejores resultados y acabados para el tratamiento de superficies metálicas de acero es el procedimiento mediante chorro de arena o **sandblasting**.

## 5-2. RECOMENDACIONES

Al momento de comenzar un proyecto de sandblasting lo principal es solicitar la norma de limpieza **SSPC** requerida con el tipo de abrasivo que corresponda en la obra del proyecto adjuntado o realizar la propuesta al cliente del mejor tipo de limpieza **SSPC y abrasivo** a usar. Por ejemplo, las norma SSPC-SP10, SSPC-SP6 entre otras y en caso de los abrasivos, ya sea, con arena con silicio, granalla metálica entre otros materiales.

Es de suma importancia realizar inspección visual en la obra, con el fin de prepararse a las diversas dificultades u obstáculos que se presentaran al momento de la ejecución de chorreado.

Recuerde realizar la inspección mecánica en los equipos con el fin de evitar lesiones graves o pérdidas de extremidades en los operarios.

La elección de los equipos juega un papel fundamental al momento de analizar la productividad de la obra, la mala elección de los equipos causa una baja productividad, descontrol mental, estrés, cansancio, malgasto de tiempo y más dinero, por tanto, elija un equipo compresor suficiente para el trabajo. Si se elige por ejemplo, un compresor que no satisface a la boquilla de chorreado elegida, la productividad será nula, causando pérdida de la materia prima: ya sea combustibles, abrasivos, mano de obra entre otros factores.

El suministro de los EPP adecuadas juega un papel de gran importancia porque brinda una mayor comodidad y seguridad a todo el personal de chorreado al momento de la ejecución de la obra.

Al momento de la ejecución del sandblasting es de suma importancia estar atento a las actividades del sandblaster, con el fin de apoyarlo en alguna actividad que lo amerita.

Al momento de finalizar la Aplicación del sandblasting es de gran importancia medir el anclaje de las superficie ya sandblasteadas con el fin de llevar lecturas de la superficie para pintura posterior de la estructura tratada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alamy. (2022). *Carro extraño y cubierto abandonado en el bosque [Fotografía]*. Obtenido de Alamy: <https://c8.alamy.com/comp/R3YHW9/virginia-creeper-covering-old-abandoned-pontiac-old-car-city-usa-white-georgia-R3YHW9.jpg>
- Amazon. (Diciembre de 2016). *3/8" Filtro de partículas Separador de humedad [Fotografía]*. Obtenido de Amazon: <https://www.amazon.com/-/es/partículas-Separador-humedad-Compresor-Comprimido/dp/B01N6FMNG9>
- Amazon. (17 de Marzo de 2018). *36 Grano – café Blast abrasivos de óxido de aluminio medios de comunicación, grueso [Fotografía]*. Obtenido de Amazon: <https://www.amazon.com/-/es/36-Grano-abrasivos-aluminio-medios-comunicación/dp/B07BJC1HN6?th=1>
- Amazon. (2019). *Casco para Chorro De Arena HJJH [Fotografía]*. Obtenido de HJJH : <https://www.amazon.es/HJJH-Suministro-Seguridad-Protector-Pulverización/dp/B08238J2JX>
- Antracitas de cundinamarca. (2021). *Arena 30-60 [Fotografía]*. Obtenido de Antracitas de cundinamarca: <https://antracitasdecundinamarca.com/producto/arenas/>
- Aprosi equipos. (2021). *Válvula auto quantum [Fotografía]*. Obtenido de Aprosi equipos: [https://www.aprosi.com.mx/sand-blast/valvula-auto-quantum.html#descripcion\\_producto](https://www.aprosi.com.mx/sand-blast/valvula-auto-quantum.html#descripcion_producto)
- Aprosi Equipos. (2022). *Boquilla csd-6 de 3/8" [Fotografía]*. Obtenido de Aprosi: <https://www.aprosi.com.mx/sand-blast/boquilla-csd-6-de-3-8.html>
- Bearing-news. (Marzo de 2020). *Bearing Failure RCA: Fretting [Fotografía]*. Obtenido de bearing-news: <https://www.bearing-news.com/bearing-failure-rca-fretting/>



Belzona. (2000). *Protección de tanque contra la corrosión externa con Belzona [Fotografía]*. Obtenido de Belzona: <https://khia.belzona.com/es/view.aspx?id=4098>

Camargo, Fernández, Malo, & Santabasilisa. (Enero de 2017). *Evidencia científica en sandblasting y neumopatías*. Obtenido de Google: [https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEWjuofPmw6TvAhUQwlkKHdGjA5wQFjACegQIAxAD&url=http%3A%2F%2Fscielo.isciii.es%2Fpdf%2Fmesetra%2Fv62n245%2F09\\_revision.pdf&usg=AOvVaw3j3\\_3QkILZ9VNx-DGwVHDw](https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEWjuofPmw6TvAhUQwlkKHdGjA5wQFjACegQIAxAD&url=http%3A%2F%2Fscielo.isciii.es%2Fpdf%2Fmesetra%2Fv62n245%2F09_revision.pdf&usg=AOvVaw3j3_3QkILZ9VNx-DGwVHDw)

Clemco Industries. (Febrero de 2020). *Classic Blast Machines [Fotografías]*. Obtenido de Clemco Industries: <https://clemcoindustries.com/products/blast-machines/classic-blast-machines/>

Clemco Industries. (Julio de 2020). *Contractor Abrasive Blast Machines [Fotografías]*. Obtenido de Clemco Industries: <https://clemcoindustries.com/products/blast-machines/contractor-blast-machines/>

Clemco Industries Corp. (1997). *Blast off*. Washington: One cable car drive.

Clemco Industries Corp. (2014). *Clemco Clásico - Máquinas de chorreado*. Washington: Clemco Industries Corp.

Clemco Industries Corp. (2020). *6-CUFT CLASSIC BLAST MACHINE SYSTEMS [Ilustraciones]*. Washington: Clemco Industries Corp.

Columbec tecniddefensa. (2019). *BOQUILLAS PARA SANDBLAST DE GOMA Y CARBURO DE TUNGSTENO [Fotografía]*. Obtenido de columbec: <http://www.columbec.com/equipos-y-soluciones-industriales/sandblasting/286-boquillas-sandblast-goma-carburo-tungsteno>

Columbec Tecniddefensa. (2019). *Información general sobre el proceso de Sandblasting y la preparación de superficies: [Fotografía]*. Obtenido de

Columbec: <http://www.columbec.com/informacion-general-sandblasting-y-preparacion-superficies>

Confederación General del trabajo SFF. (Noviembre de 2011). *Salud Laboral - Accidentes con baja [Imagen]*. Obtenido de Confederación General del trabajo SFF: [http://www.sff-cgt.org/areas/salud\\_laboral/revista\\_sl/A4%20-%20BOLETIN%20SL%2015.pdf](http://www.sff-cgt.org/areas/salud_laboral/revista_sl/A4%20-%20BOLETIN%20SL%2015.pdf)

Csbeaver. (Septiembre de 2017). *¿Qué son los tecles y los winches? [Fotografía]*. Obtenido de Csbeaver: <https://csbeaver.com/blog/que-son-tecles-winches/>

CyM Materiales SA. (Agosto de 2015). *Preparación de superficies - norma SSPC*. Obtenido de CyM Materiales SA: <https://cym.com.ar/intranet/Preparacion-de-superficies-norma-SSPC-granallado-cymmateriales-shotblasting.pdf>

DeAcero. (Noviembre de 2020). *Cómo evitar la corrosión de cercos en zonas costeras [Fotografía]*. Obtenido de DeAcero: <https://blog.deacero.com/como-evitar-la-corrosion-de-cercos-en-zonas-costeras>

depositphotos. (2022). *Tube con rocío [Fotografía]*. Obtenido de depositphotos: [https://st2.depositphotos.com/3654771/11226/i/450/depositphotos\\_112267904-stock-photo-dew-drops-on-black-steel.jpg](https://st2.depositphotos.com/3654771/11226/i/450/depositphotos_112267904-stock-photo-dew-drops-on-black-steel.jpg)

Dreamstime. (2020). *Abrasive blasting and Sand blasting on historic building [Fotografía]*. Obtenido de Dreamstime: <https://www.dreamstime.com/abrasive-blasting-sand-historic-building-young-trained-man-safety-equipment-image136474583>

Elektro-korrosion. (2014). *MIRC. ¿QUÉ ES LA CORROSIÓN MICROBIOLÓGICA? [Fotografía]*. Obtenido de Elektro-korrosion: <https://elektrokorrosion.com.ar/2020/04/07/mirc-que-es-la-corrosion-microbiologica/>

- Fabman. (2021). *Control del proceso de chorro de arena [Fotografía]*. Obtenido de Fabman: <https://www.fabmann-es.com/metal-surface-treatment/sandblasting.html>
- Feria Virtual Interpresas. (2019). *Cables de seguridad para mangueras: evitan derrames accidentales y situaciones de riesgo para el personal que las maneja [Fotografías]*. Obtenido de Feria Virtual Interpresas: <https://www.interempresas.net/Automocion/FeriaVirtual/Producto-Cables-de-seguridad-para-mangueras-Dixon-Manguera-manguera-manguera-herramientas-155138.html>
- Ferreprox. (Julio de 2021). *Monitoreo de corrosión*. Obtenido de Ferreprox [Fotografía]: <http://ferreprox.mx/monitoreo-de-corrosion-2/>
- Flexicon. (2022). *Arena de Sílice [Fotografía]*. Obtenido de Flexicon: <https://www.flexicon.es/Materiales-Manejados/Arena-de-Silice.html>
- Gitan International Trading S.A. (2016). *Mangueras [Fotografía]*. Obtenido de Gitan International Trading S.A: <https://www.gitanintl.com/copy-of-home>
- Grupo CyR - arena y gravas sílicas. (2018). *Arena Sílica Malla 16/30 [Fotografía]*. Obtenido de Arena sílica: <http://arena-silica.com/producto/arena-silica-malla-1630/>
- Grupoequipa. (2021). *Equipos de Protección Personal Clemco [Fotografía]*. Obtenido de Grupoequipa: <https://grupoequipa.com/clemco/producto/equipos-de-proteccion-personal-clemco/8>
- IngePint. (2019). *Grados de corrosión [Fotografía]*. Obtenido de IngePint: <https://www.ingepint.cl/grados-corrosion-acero/>
- Ilesa. (2021). *POLVO ESMERIL ÓXIDO DE ALUMINIO (STD) GRANO 100 (1KG) [Fotografía]*. Obtenido de Ilesa: <https://www.ilesa.cl/polvo-esmeril-oxido-de-aluminio-std-100-115513/p>

Kebco equipos industriales. (2021). *DISPARADOR NEUMÁTICO MARCO (HOMBRE MUERTO)* [Fotografía]. Obtenido de Kebco equipos industriales: <https://www.almacendelpintor.com/controles-a-distancia/164-control-neumatico-kwikfire-150-gatillo-hombre-muerto-sandblasting.html#review-product>

Kennametal. (2017). *Boquillas para Abrasivo*. Ontario; Bogotá: Kennametal.

Kta. (12 de Mayo de 2017). *HOW TO USE SSPC VIS GUIDES IN PRACTICE* [Fotografía]. Obtenido de Kta: <https://kta.com/kta-university/using-sspc-visual-guides/>

Lectura specs. (2021). *Doosan P260/HP220WYM* [Fotografías]. Obtenido de Lectura specs: <https://www.lectura-specs.es/es/modelo/equipos-de-hormigon-generacion-y-maquinaria-ligera/compresores-compresores-portatiles-diesel-electr-gasolina-doosan/p260-hp220wym-11729374>

Lectura specs. (2021). *Kaesar Mobilair M 171* [Fotografía]. Obtenido de Lectura specs: [https://www.lectura-specs.com/en/model/structural-and-civil-engineering-equipment/air-compressors-portable-air-compressors-diesel-electric-gasoline-kaesar/mobilair-m-171-404&as\\_qdr=y15](https://www.lectura-specs.com/en/model/structural-and-civil-engineering-equipment/air-compressors-portable-air-compressors-diesel-electric-gasoline-kaesar/mobilair-m-171-404&as_qdr=y15)

Made in China. (2016). *Negro de óxido de aluminio* [Fotografía]. Obtenido de Made in China: [https://es.made-in-china.com/co\\_dfsweet/product\\_Sand-Blasting-Emery-Grit-Black-Fused-Alumina-Black-Aluminum-Oxide\\_eynsrousy.html](https://es.made-in-china.com/co_dfsweet/product_Sand-Blasting-Emery-Grit-Black-Fused-Alumina-Black-Aluminum-Oxide_eynsrousy.html)

Made-in.China. (2021). *Anti-Abrasion Industrial Sand Blast/Arenado la manguera de goma* [Fotografía]. Obtenido de Made-in.China: [https://es.made-in-china.com/co\\_risingrubberpvchose/product\\_Industrial-Anti-Abrasion-Sand-Blast-Sandblasting-Rubber-Hose\\_rnhihyseg.html](https://es.made-in-china.com/co_risingrubberpvchose/product_Industrial-Anti-Abrasion-Sand-Blast-Sandblasting-Rubber-Hose_rnhihyseg.html)

Made-in-China. (2015). *220 250 300 325 400 500 mesh de malla de alambre de acero inoxidable* [Fotografía]. Obtenido de Made-in-China: [https://es.made-in-china.com/co\\_zhongbaowiremesh/product\\_220-250-300-325-400-500-Mesh-Stainless-Steel-Wire-Mesh-Laboratory-Test-Seives\\_eyohssyhy.html](https://es.made-in-china.com/co_zhongbaowiremesh/product_220-250-300-325-400-500-Mesh-Stainless-Steel-Wire-Mesh-Laboratory-Test-Seives_eyohssyhy.html)

- Made-in-China. (2018). *Arena de cuarzo máquina de cribado especial [Plano]*.  
Obtenido de Made-in-China: [https://es.made-in-china.com/co\\_xxsanyuantang/product\\_Silica-Sand-Quartz-Sand-Special-Screening-Machine-Gyratory-Sifter-Machine-Vibrating-Screen\\_uosuugrngy.html](https://es.made-in-china.com/co_xxsanyuantang/product_Silica-Sand-Quartz-Sand-Special-Screening-Machine-Gyratory-Sifter-Machine-Vibrating-Screen_uosuugrngy.html)
- Mayfaly Machinery. (Octubre de 2019). *Cast Steel Shot 0.1-3.0mm [Fotografía]*.  
Obtenido de Mayflay: <https://www.mayflay.com/product/detail/105.html>
- Mercado libre. (2019). *Compresor Aire Sullair 185 Cfm 200 Psi. Folio 8702 [Fotografía]*.  
Obtenido de Mercado libre mx: [https://vehiculo.mercadolibre.com.mx/MLM-948341837-compresor-aire-sullair-185-cfm-200-psi-folio-8702-\\_JM](https://vehiculo.mercadolibre.com.mx/MLM-948341837-compresor-aire-sullair-185-cfm-200-psi-folio-8702-_JM)
- Metal oxidado [Fotografía]*. (2022). Obtenido de elmejor10: <https://www.elmejor10.com/pintura-para-hierro-exterior/>
- OIPS. (27 de Noviembre de 2018). *¿Qué es un sistema de protección contra caídas? [Fotografía]*. Obtenido de Oips: <https://www.oips.com.co/sistema-proteccion-caidas/>
- Paitan Quispe, A. (Mayo de 2009). *CORROSIÓN DE METALES [Fotografía]*.  
Obtenido de monografías : <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/corrosion-metales/corrosion-metales.pdf>
- Pires todo piedra. (2021). *Arena de cuarzo 8/20 [Fotografía]*. Obtenido de Pires todo piedra: <https://www.pirestodopiedra.com.ar/producto/arena-de-cuarzo-8-20/>
- Pixabay. (Octubre de 2016). *Boya corroída [Fotografía]*. Obtenido de Pixabay: <https://pixabay.com/es/photos/boya-corroído-oxidado-metal-acero-1754262/>
- Renthal Machinery & Services. (2015). *Alquiler Compresor de Aire Sullair 260 CFM [Fotografía]*. Obtenido de Renthal Machinery & Services:

<https://renthalservices.com/alquiler/compresores-aire-12/alquiler-compresor-de-aire-sullair-260-cfm-49>

Rosber. (Agosto de 2020). *Óxido de aluminio blanco [Fotografía]*. Obtenido de Rosber: <https://rosber.com/productos/oxido-de-aluminio-blanco/>

Sandblastingmachines. (2021). *CLEMCO BLAST MACHINE SCREEN, 20 INCH DIAMETER [Fotografía]*. Obtenido de Sandblastingmachines: <https://sandblastingmachines.com/clemco-blast-machine-screen-20-inch-diameter/>

Sandblastingmachines. (2021). *CLEMCO BLAST MACHINE SCREEN, 24 INCH DIAMETER [Fotografía]*. Obtenido de Sandblastingmachines: <https://sandblastingmachines.com/clemco-blast-machine-screen-24-inch-diameter/>

Shutterstock. (2021). *Earplug icon vector illustration [Ícono]*. Obtenido de Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/earplug-icon-vector-illustration-1247857702>

Sika. (16 de Septiembre de 2015). *Preparación de superficies metálicas [Fotografía]*. Obtenido de Sika: <https://col.sika.com/dms/getdocument.get/cdbd8223-6802-3c99-a058-a013daac9e7b/PREPARACION%20DE%20SUPERFICIES%20%202008.pdf>

Sílice y Salud. (2019). *La sílice*. Obtenido de Sílice y Salud: <https://www.siliceysalud.es/index.php/el-polvo-y-la-scr/la-silice/>

Slice y salud. (2019). *Tipos de silicosis* . Obtenido de Slice y salud: <https://www.siliceysalud.es/index.php/el-polvo-y-la-scr/efectos-para-la-salud/tipos-signos-y-sintomas/>

SSPC. (2004). *SSPC-SP COM* . SSPC.

SSPC. (2009). *GUÍA PARA SSPC-VIS 1*. Pitsburg: SSPC.

Sullair . (30 de Abril de 2019). *Serie 260 de Compresores de Aire Portátiles [Fotografía]*. Obtenido de America Sullair: <https://america.sullair.com/es/news/sullair-introduces-260-series-portable-air-compressors-tier-3-markets>

Torres Jaramillo, S. R. (2013). *Diseño y construcción de un prototipo de una estación de limpieza mecánica mediante el procedimiento de sandblasting...para una unidad de mantenimiento y transporte*. Ecuador: ESPE.

Wikipedia. (Agosto de 2021). *Óxido de silicio(IV)*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Óxido\\_de\\_silicio\(IV\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Óxido_de_silicio(IV))

Youtube. (14 de Noviembre de 2018). *2452 [Captura de vídeo]*. Obtenido de Hodge Clemco Ltd: <https://www.youtube.com/watch?v=BfRwylGwTD4>

## **Glosario**

**Psi:** La libra de fuerza por pulgada cuadrada es una unidad de presión perteneciente al sistema anglosajón de unidades.

**Abrasivo:** Agente utilizado para la limpieza con abrasivo, que puede ser arena, granalla mecánica, etc.

**Acoples:** Accesorio que se coloca a cada lado de la manguera de abrasivo, que permite la unión de esta con la máquina de chorro u otras mangueras. Normalmente se fabrican en bronce, aluminio o nylon.

**Ángulos de chorro:** El ángulo que forma la boquilla con la superficie.

**Boquilla:** Orificio a través del cual se acelera el aire y el abrasivo.

**CO (Monóxido de carbono):** Gas inodoro, incoloro y mortal producido por combustión. Algunos compresores producen CO como derivado de la combustión de los lubricantes. Todos los compresores tienen el potencial de captar el CO del exterior y enviarlos a través de las líneas de aire. Todas las fuentes de aire para operario deben de monitorizarse con detectores de CO.

**Cuarto de chorreado:** Cerramiento estructural utilizando para chorrear.

**Caída de presión:** Pérdida de presión de aire/ abrasivo, debido principalmente a la largura excesiva de las mangueras o al tamaño de las mismas.

**Corrosión:** Deterioración debida a la interacción con el medioambiente, normalmente debido a la oxidación. El chorro abrasivo elimina la corrosión existente, mientras que los revestimientos reducen la velocidad de oxidación del material.

**Carburo de boro:** Material con el que se fabrican las boquillas. Se recomienda la utilización de boquillas de este material cuando se utiliza el óxido de aluminio y el carburo de silicio como abrasivo.



**Carburo de tungsteno:** Material con el que se fabrican las boquillas. Se recomienda utilizarlo con cualquier tipo de abrasivo a excepción del óxido de aluminio y el carburo de silicio.

**Carburo de silicio:** Material con el que se fabrican las boquillas. Se recomienda utilizarlo con abrasivo microesfera de vidrio y óxido de aluminio.

**Grado casi blanco:** Uno de los cinco grados de limpieza. También se conoce con el nombre de SSPC-SP10.

**Grado blanco:** Uno de los cinco grados de limpieza. También se conoce con el nombre de SSPC-SP5.

**Chorro comercial:** Uno de los cinco grados de limpieza de chorro aceptados. También se conoce con el nombre de SSPC-SP6 (Consejo de pintura de estructura de acero).

**Contaminantes:** Cualquier sustancia extraña en el abrasivo que provoca que este se ensucie o que disminuya su efectividad.

**Inyector de aire:** Orificio en las pistolas que succiona por el que se controla el flujo de aire comprimido con relación al orificio de la boquilla y asegura una buena mezcla de aire y abrasivo. El tamaño del inyector determina el consumo de aire. La boquilla debe de ser dos veces el diámetro del inyector.

**Limpieza por chorro de abrasivo:** Limpieza de una superficie con abrasivo, ya sea con aire o por inercia mecánica.

**Abrasivo:** Componente del sistema de chorro, que devuelve el abrasivo reutilizable al silo o la máquina de chorro, después de haberle quitado el polvo y los contaminantes. Durante el chorro, el abrasivo utilizado pasa través de la cual elimina los contaminantes por fuerza. El abrasivo limpio se devuelve para su reutilización, y el polvo y los contaminantes quedan atrapados en el colector de polvo.

**Manguera de aire:** Manguera de goma para suministrar aire, disponible en varios tamaños.

**Malla fina:** Término comercial para designar abrasivos con un tamaño de malla de entre 60 y 100.

**Mils:** Unidad de medida que equivale a 0.001 pulgadas. La medida de la rugosidad se mide en mils. 1 mil equivale a 25 micras.

**NACE:** Asociación nacional de ingenieros de la corrosión. Se trata de un organización compuesta por varias compañías e individuos, con el interés común de controlar la corrosión.

**Orificio:** Cuando se utiliza en referencia a las boquillas o a los inyectores de aire, es el punto dentro de la boquilla (es el diámetro más pequeño), por el cual se mide el tamaño de la boquilla.

**Palanca de control remoto:** Control de parada o arranque, que puede operar neumática o eléctricamente. Va conectado a las válvulas de apertura y cierre de la máquina de chorro, de manera que estas se cierran cuando el operario presiona la palanca.

**Perfil de anclaje:** Contorno de una superficie vista de lado. Perfil, rugosidad de superficie o patrón de anclaje. Textura de una superficie a la que se adhiere un revestimiento. Normalmente se mide en mils o micras usando un perfilómetro.

**Portaboquilla:** Acople especial que va en la punta de la manguera que permite unir la boquilla a la manguera.

**Preparación de la superficie:** La limpieza de la superficie es de especial importancia, cuando la superficie se está preparando para aplicarle un revestimiento posterior. Para obtener información detallada de las especificaciones apropiadas contacte al SSPC.

**Presión de Aire:** Fuerza cinética generada por el compresor de aire, medida habitualmente en libras por pulgadas al cuadrado (PSI) o en bar en el sistema métrico.

**Presión de chorro:** Presión de aire en la punta de la boquilla y se mide con el indicador de aguja.

**Profundidad de perfil:** Distancia media (normalmente medida en mils) entre el punto más alto de los picos y el más bajo de los valles de un perfil.

**Punto de rocío:** Temperatura a la cual el vapor empieza a condensarse en forma de líquido. Un punto de rocío alto puede incrementar la posibilidad de formación de óxido en las superficies chorreadas.

**Revestimientos:** Son sustancias, como las pinturas, barnices, polvos, u otros materiales que se aplican para proteger o mejorar el aspecto de una superficie. La limpieza por chorro de abrasivo es una forma muy eficaz de eliminar estos revestimientos y de preparar la superficie para la aplicación de otros nuevos. Las especificaciones de los revestimientos dictan muchas veces como se debe de chorrear esa superficie.

**Fricción:** fuerza que existe entre dos superficies ásperas en contacto, que se opone al deslizamiento. Se genera debido a las imperfecciones, que en mayor parte son microscópicas, entre las superficies en contacto.

**Rugosidad:** Conjunto de irregularidades que posee una superficie. La mayor o menor rugosidad de una superficie depende de su acabado superficial. Este, permite definir la microgeometría de las superficies para hacerlas válidas para la función para la que hayan sido realizadas.

**SSPC:** La sociedad para revestimientos de protección. los contratistas de chorro y pintura fabricantes de revestimientos, fabricantes de equipos de pintura, compañías de inspección u otras organizaciones forma esta organización con el interés común de la fabricación y mantenimiento de estructuras de acero.

**Silo:** Recipiente de almacenaje donde permanece el abrasivo hasta que se lo necesita.

**Hombre muerto:** Los sistema que mantiene la presión permanente, mantiene la máquina de chorro presurizada hasta que se despresuriza de forma manual. Este

tipo de sistema se utiliza en máquinas que tienen múltiples salidas, y en máquinas que doble cámara. Los sistemas que liberan la presión permiten que la máquina de chorro se despresurice en el momento que el operario suelta la palanca de control remoto.

**Semi- Automático:** Aquel equipo en el que el hombre toma la menor parte posible, en el ciclo de trabajo.

**Suministro de aire:** Proveniente del compresor. En las operaciones de chorro, los resultados están en proporción directa con la cantidad de aire y presión que pasa a través de la boquilla.

**Tamaño de la malla:** Termino que describe el tamaño de las partículas de abrasivo. Para asegurar la uniformidad en el corte, los granos de abrasivos se miden a través de unos tamices estandarizados a través de los cuales pasa el grano de abrasivo. Por ejemplo: la granalla 24 pasara por un tamiz que tenga 24 orificios por pulgada, pero no pasara por un tamiz que tenga 30 orificios por pulgada.

**Tasa de producción:** La medida (normalmente en unidades de pies cuadrado o metros cuadrados) del área de la superficie limpia. Existen muchos factores que pueden afectar a las tasas de producción, incluyendo la presión de aire, tamaño de boquilla, tipo y forma de abrasivo.

**Tiempo de fatiga:** Periodo de tiempo en el cual un metal puede sufrir una tensión repetida, antes de que se rompa. El tiempo de fatiga se puede aumentar mediante el "shot peening" o alivio de tensiones.

**Traje de chorro:** Ropa protectora que protege al operario contra el rebote del abrasivo.

**Uso intermitente:** Termino que se refiere a un uso normal del chorro abrasivo, de una a dos horas por días.

**Válvulas de aire:** Válvula de control de aire en el sistema de líneas de aire.

**Volumen de aire:** Cantidad de aire de presión dada en PSI, o la cantidad de aire en m<sup>3</sup> a una presión dada(bar).

**Venturi:** Pequeña restricción del diámetro interno, en el centro de la boquilla, que resulta en un incremento en velocidad del aire.