



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESTAURACIÓN SUPERFICIAL
UTILIZANDO EL MÉTODO DE SANDBLASTING PARA INCREMENTAR
LA PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS METAL MECÁNICAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentando para optar al grado académico de:

INGENIERA/O INDUSTRIAL

AUTORES:

MARÍA DANIELA CEDEÑO GIL

KARIN JOSUE MORENO CONSTANTINE

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESTAURACIÓN SUPERFICIAL
UTILIZANDO EL MÉTODO DE SANDBLASTING PARA INCREMENTAR
LA PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS METAL MECÁNICAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentando para optar al grado académico de:

INGENIERA/O INDUSTRIAL

AUTORES: MARÍA DANIELA CEDEÑO GIL

KARIN JOSUE MORENO CONSTANTINE

DIRECTOR: Ing. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE, MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, María Daniela Cedeño Gil & Karin Josue Moreno Constantine.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, MARÍA DANIELA CEDEÑO GIL y KARIN JOSUE MORENO CONSTANTINE, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de noviembre de 2022.



María Daniela Cedeño Gil
1207050145



Karin Josue Moreno Constantine
0850052465

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESTAURACIÓN SUPERFICIAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE SANDBLASTING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS METAL MECÁNICAS.**”, realizado por los señores: **MARÍA DANIELA CEDEÑO GIL y KARIN JOSUE MORENO CONSTANTINE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Daniela Carina Vásconez Núñez PRESIDENTA DEL TRIBUNAL		2022-11-14
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-14
Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-11-14

DEDICATORIA

A mi familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros son para ustedes incluyendo este, ya que siempre me motivaron para alcanzar mis anhelos. Dedico de manera especial a mi madre Margarita y a mi hermana Diana pues ellas fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mi ser las bases de responsabilidad y deseos de superación.

María

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres, a mi familia en general, a mis maestros, persona las cuales fueron parte de mi proceso de formación académica, que sin duda aportaron para mi crecimiento como persona y como profesional.

Karin

AGRADECIMIENTO

Un principal agradecimiento a Dios, a mi familia por su comprensión y motivación constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por acogerme en sus fuentes de conocimientos y formarme para poder servir a la sociedad. A todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de éste trabajo de titulación.

María

Agradezco a Dios, por nunca haberme dejado solo y siempre estar caminando de mi lado. A mi padre, que fue pieza clave en mi proceso de formación, que hoy no está conmigo, pero sé que está orgulloso de mí. A mi madre, por nunca desfallecer en las adversidades, que sin duda hoy en día lo es todo para mí. A mis hermanos, por el cariño brindado y el apoyo incondicional. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por los conocimientos impartidos a través de sus docentes de excelencia y calidad.

Karin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.3. Problema General de Investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.6. Justificación.....	4
1.6.1. <i>Justificación teórica</i>	4
1.6.2. <i>Justificación metodológica</i>	4
1.6.3. <i>Justificación práctica</i>	5
1.7. Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de investigación.....	6
2.2. Referencias teóricas.....	7
2.3. Corrosión.....	7
2.4. Tipos de corrosión.....	7
2.4.1. <i>Corrosión química</i>	7
2.4.2. <i>Corrosión electroquímica</i>	7
2.4.3. <i>Corrosión uniforme</i>	8
2.4.4. <i>Corrosión por picadura</i>	8

2.4.5.	<i>Corrosión galvánica</i>	8
2.4.6.	<i>Corrosión por aireación diferencial</i>	8
2.4.7.	<i>Corrosión en resquicio</i>	8
2.4.8.	<i>Corrosión intergranular</i>	9
2.4.9.	<i>Corrosión selectiva o desaleante</i>	9
2.4.10.	<i>Corrosión-erosión</i>	9
2.4.11.	<i>Tribocorrosión</i>	9
2.4.12.	<i>Corrosión bajo tensión</i>	9
2.5.	Naturaleza electroquímica de la corrosión	9
2.6.	Condiciones generales de la superficie de acero	10
2.6.1.	<i>SSPC-Vis 1</i>	10
2.6.2.	<i>ISO 8501-1</i>	11
2.7.	Preparación de superficies	11
2.8.	Principio de limpieza por Sandblasting	13
2.8.1.	<i>Arenado por presión</i>	13
2.8.1.1.	<i>Unidad de presión directa</i>	13
2.8.1.2.	<i>Unidad de vacío</i>	13
2.8.1.3.	<i>Unidad de succión</i>	13
2.8.1.4.	<i>Sistema de alimentación por chorro o Jet</i>	13
2.8.2	<i>Limpieza abrasiva centrífuga</i>	14
2.9	Técnica de limpieza abrasiva manual	14
2.10	Partes del equipo de limpieza abrasiva	14
2.10.1	<i>Mangueras</i>	14
2.10.2	<i>Acopladuras</i>	15
2.10.3	<i>Compresor de aire</i>	15
2.10.4	<i>Boquilla para limpieza abrasiva</i>	17
2.10.5	<i>Tolva de Sandblasting</i>	18
2.11.	Distribución del equipo	18
2.12.	Cabina de Sandblasting	18
2.13.	Preparación de superficie por chorro con medios abrasivos	19
2.13.1.	<i>Limpieza por chorro en seco</i>	19
2.13.2.	<i>Limpieza por chorro con hielo seco</i>	19
2.14.	Métodos aplicados previamente a la aplicación del Sandblasting	20
2.14.1.	<i>Limpieza con solventes</i>	20
2.14.2.	<i>Limpieza con herramientas manuales</i>	20
2.14.3.	<i>Limpieza con herramientas de poder</i>	20

2.15.	Normas usadas para limpieza superficial	21
2.16.	Tipos de limpieza en superficie metálicas	21
<i>2.16.1.</i>	<i>Limpieza al metal blanco</i>	<i>21</i>
<i>2.16.2.</i>	<i>Limpieza al metal casi blanco</i>	<i>22</i>
<i>2.16.3.</i>	<i>Limpieza comercial</i>	<i>22</i>
2.17.	Abrasivos para la limpieza superficial	23
<i>2.17.1.</i>	<i>Tipos de abrasivos</i>	<i>24</i>
<i>2.17.2.</i>	<i>Selección del abrasivo</i>	<i>25</i>
2.18.	Seguridad laboral	26
<i>2.18.1.</i>	<i>Ropa del operador y suministro de aire</i>	<i>26</i>
<i>2.18.2.</i>	<i>Seguridad del operador durante el proceso de Sandblasting</i>	<i>26</i>
<i>2.18.3.</i>	<i>Tolva y accesorios</i>	<i>27</i>
<i>2.18.4.</i>	<i>Contaminación de la arena al medio ambiente</i>	<i>27</i>
2.19.	Perfil de anclaje	27
<i>2.19.1.</i>	<i>Comparadores y cupones</i>	<i>28</i>
<i>2.19.2.</i>	<i>Cintas de réplica.</i>	<i>28</i>
<i>2.19.3.</i>	<i>Micrómetro de profundidad (profilómetro).</i>	<i>28</i>
2.20.	Efecto del ambiente en la limpieza abrasiva	29
<i>2.20.1.</i>	<i>Temperatura del aire</i>	<i>29</i>
<i>2.20.2.</i>	<i>Humedad relativa</i>	<i>29</i>
<i>2.20.3.</i>	<i>Temperatura del punto de rocío</i>	<i>29</i>
<i>2.20.4.</i>	<i>Deshumidificadores</i>	<i>30</i>

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1.	Enfoque de investigación	31
3.2.	Nivel de investigación	31
3.3.	Diseño de investigación	31
<i>3.3.1.</i>	<i>Diseño de elementos en SolidWorks 2020</i>	<i>32</i>
<i>3.3.1.1.</i>	<i>Diseño de plataforma</i>	<i>32</i>
<i>3.3.1.2.</i>	<i>Diseño de cabina de Sandblasting</i>	<i>33</i>
<i>3.3.1.3.</i>	<i>Diseño de compresor de aire</i>	<i>35</i>
<i>3.3.2.</i>	<i>Descripción técnica de equipos que se incluirán en la plataforma</i>	<i>36</i>
<i>3.3.2.1.</i>	<i>Compresor de aire</i>	<i>36</i>

3.3.2.2.	<i>Tolva</i>	37
3.3.2.3.	<i>Mangueras y acoples</i>	37
3.3.2.4.	<i>Material abrasivo</i>	39
3.3.2.5.	<i>Filtro de aire CPF</i>	40
3.3.2.6.	<i>Casco de Sandblasting</i>	40
3.3.2.7.	<i>Boquilla de Sandblasting</i>	41
3.3.3.	<i>Características de operación del diseño experimental</i>	42
3.3.3.1.	<i>Especificaciones del equipo de Sandblasting</i>	42
3.3.3.2.	<i>Especificaciones de materia prima</i>	42
3.3.3.3.	<i>Especificaciones del equipo de control de calidad</i>	42
3.3.4.	<i>Montaje de los elementos básicos en la plataforma</i>	42
3.3.4.1.	<i>Diagrama de ensamble del equipo de Sandblasting</i>	44
3.3.4.2.	<i>Flujograma del proceso de Sandblasting</i>	45
3.3.4.3.	<i>Características del proceso de Sandblasting</i>	46
3.3.5.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	46
3.3.6.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	46
3.4.	Tipo de estudio	47
3.5.	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	47
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación	49

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	51
4.1.	Diseño de experimento	51
4.2.	Análisis de riesgos según matriz INSHT actual	44
4.3.	Análisis de riesgos según matriz INSHT aplicado el diseño de plataforma	46

CONCLUSIONES	48
---------------------------	-----------

RECOMENDACIONES	50
------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Selección del tamaño de boquilla en relación al volumen y presión requerida.	17
Tabla 1-4:	Datos del perfil de anclaje	51
Tabla 2-4:	Análisis de varianza arena fina.....	51
Tabla 3-4:	Análisis de varianza arena gruesa.....	51
Tabla 4-4:	Análisis de varianza totales de los dos factores.....	52
Tabla 5-4:	Tabla ANOVA.....	52
Tabla 6-4:	Tabla de Diferencia Mínima Significativas.....	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Distribución del equipo.....	18
Ilustración 1-2:	Cabina industrial de granallado	19
Ilustración 1-3:	Vista isométrica de la plataforma	32
Ilustración 2-3:	Vista frontal de la plataforma	32
Ilustración 3-3:	Vista lateral derecha de la plataforma.....	33
Ilustración 4-3:	Vista isométrica de la cabina de Sandblasting	33
Ilustración 5-3:	Vista lateral izquierda	34
Ilustración 6-3:	Vista frontal	34
Ilustración 7-3:	Vista isométrica	35
Ilustración 8-3:	Vista frontal	35
Ilustración 9-3:	Vista lateral derecha.....	36
Ilustración 10-3:	Compresor de aire LS-25S.....	36
Ilustración 11-3:	Tolva de Sandblasting.....	37
Ilustración 12-3:	Manguera de Sandblasting.....	38
Ilustración 13-3:	Acople CSB	38
Ilustración 14-3:	Acople NSB	39
Ilustración 15-3:	Arena Sílica.....	39
Ilustración 16-3:	Filtro de aire CPF.....	40
Ilustración 17-3:	Casco L-905	41
Ilustración 18-3:	Boquilla Venturi	41
Ilustración 19-3:	Vista isométrica del montaje de la plataforma.....	42
Ilustración 20-3:	Vista frontal del montaje de la plataforma.....	43
Ilustración 21-3:	Diagrama de ensamble.....	44
Ilustración 22-3:	Flujograma del proceso.....	45
Ilustración 23-3:	Característica del proceso	46
Ilustración 24-3:	Perspectiva isométrica de las probetas.....	47
Ilustración 25-3:	Vista lateral de las probetas	48
Ilustración 26-3:	Arena fina	48
Ilustración 27-3:	Arena gruesa	49
Ilustración 1-4:	Interacción entre tamaño de arena y presión.....	53
Ilustración 2-4:	Matriz INSHT Actual	44
Ilustración 3-4:	Matriz INSHT después de aplicar el diseño de la plataforma.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	COMPRESOR DE AIRE ATLAS COPCO XAS 375 CFM
ANEXO B:	FILTRO DE AIRE CPF
ANEXO C:	TOLVA PARA ARENADO
ANEXO D:	ENTRADA DE AIRE A LA TOLVA DE ARENADO
ANEXO E:	SALIDA DE AIRE DE LA TOLVA DE ARENADO
ANEXO F:	BOQUILLA DE ARENADO #6 DE 3/8"
ANEXO G:	CASCO DE ARENADO
ANEXO H:	CONEXIÓN DE FILTRO CPF A CASCO DE ARENADO
ANEXO I:	OPERADOR DE SANDBLASTING
ANEXO J:	OPERACIÓN DE ARENADO INTERNO
ANEXO K:	OPERACIÓN DE ARENADO EXTERNO
ANEXO L:	SUPERFICIE DESPUÉS DE REALIZAR LA LIMPIEZA SUPERFICIAL
ANEXO M:	MICRÓMETRO PARA MEDIR RUGOSIDAD EN LOS TESTIGOS
ANEXO N:	PROBETA 1
ANEXO O:	PROBETA 2
ANEXO P:	PROBETA 3
ANEXO Q:	PROBETA 4
ANEXO R:	PROBETA 5
ANEXO S:	PROBETA 6
ANEXO T:	PROBETA 7
ANEXO U:	PROBETA 8
ANEXO V:	PROBETA 9
ANEXO W:	PROBETA 10
ANEXO X:	PROBETA 11
ANEXO Y:	PROBETA 12
ANEXO Z:	PROBETA 13
ANEXO AA:	PROBETA 14
ANEXO BB:	PROBETA 15
ANEXO CC:	PROBETA 16
ANEXO DD:	PROBETA 17
ANEXO EE:	PROBETA 18
ANEXO FF:	PROBETA 19
ANEXO GG:	PROBETA 20

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de restauración superficial utilizando el método de Sandblasting para incrementar la productividad en empresas metal mecánicas. La metodología usada fue un enfoque cualitativo de alcance descriptivo. el desarrollo de la perspectiva teórica se basó en la revisión de documentación académica, para llevar a cabo el estudio con la aplicación del método Sandblasting, primero se realizó una evaluación completa de la zona a ser tratada, como: el ambiente que rodea a la estructura, el grado de limpieza requerido y especificado para la aplicación del revestimiento, a su vez fue necesario elegir el equipo del tamaño apropiado, así como la selección de componentes y accesorios compatibles. asegurando una operación eficiente y resultados satisfactorios. Los resultados fueron bajo disposición de un sistema de restauración superficial que pudo mantener altos índices de calidad, confiabilidad y productividad dentro de una empresa, incluyendo en el proceso los aspectos externos que son la seguridad de los miembros de la empresa y la higiene industrial. Por lo que se concluye que el sistema de reparación superficial permite incrementar los índices de eficiencia, calidad, productividad y confiabilidad en empresas metal mecánicas. Se recomienda que, para realizar las pruebas de control de calidad, los instrumentos de medición estén correctamente calibrados y con la respectiva certificación de calibración.

Palabras clave: <SISTEMA DE RESTAURACIÓN SUPERFICIAL> <MÉTODO SANDBLASTING> <PARTÍCULAS ABRASIVAS> <PRODUCTIVIDAD> <CALIDAD> <MANTENIMIENTO>.

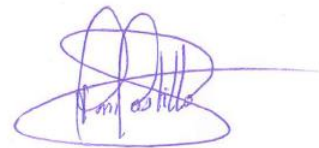
2252-DBRA-UPT-2022



SUMMARY

The objective of this research work was to design a surface restoration system applying the Sandblasting method to increase productivity in metal-mechanical companies. The methodology was a qualitative approach of descriptive scope, the development of the theoretical perspective was based on the review of academic documentation, to carry out the study with the application of the Sandblasting method, first a complete evaluation of the area to be treated was required, such as: the environment surrounding the structure, the degree of cleanliness required and specified for the application of the coating, in turn it was necessary to choose the appropriate size equipment, as well as the selection of compatible components and accessories, ensuring efficient operation and satisfactory results. The results were under disposition of a surface restoration system that was able to maintain high indexes of quality, reliability and productivity within a company, including in the process the external aspects that are the safety of the members of the company and the industrial hygiene. Therefore, it is concluded that the surface repair system allows to increase the efficiency, quality, productivity and reliability indexes in metal-mechanical companies. It is recommended that, in order to carry out the quality control tests, the measuring instruments should be correctly calibrated and with the respective calibration certification.

Keywords: <SURFACE RESTORATION SYSTEM>, <SANDBLASTING METHOD>, <ABRASIVE PARTICLES>, <PRODUCTIVITY>, <QUALITY>, <MAINTENANCE>.

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Mónica Paulina Castillo Niama', with a long horizontal line extending to the right.

Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama
C.I 060311780-5

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de restauración superficial utilizando el método de Sandblasting para incrementar la productividad en empresas metal mecánicas. Este método de limpieza de estructuras metálicas tiene varios beneficios como: minimiza los tiempos de trabajo en limpieza, reduce tiempos de mantenimiento, mejora notablemente la uniformidad de la superficie a la que se aplique, consigue mayor pureza de material con un mínimo esfuerzo.

Debido al desgaste diario y a la exposición a la que se someten las maquinarias, plataformas y equipos cada vez que son usados, es necesario proporcionar mantenimiento superficial bajo las debidas especificaciones con el propósito de asegurar el correcto funcionamiento.

En la aplicación del método de Sandblasting se pretende lograr la optimización de tiempos de mantenimiento, y así mismo, el alargamiento de vida útil de los elementos y equipos en empresas, reduciendo recursos económicos en la ejecución del mantenimiento al evitarse la contratación de mano de obra externa, porque parte del diseño del sistema de restauración superficial es dimensionar y establecer un espacio en el que se puede realizar la operación y a su vez distribuir los elementos dentro de él. De esta manera, aumentar la capacidad de producción, disponibilidad de los equipos y alta confiabilidad.

Para garantizar el acabado superficial del método de Sandblasting, se realizarán pruebas de control de calidad en el metal. De esta manera, se mide el perfil de anclaje necesario requerido para la aplicación de revestimiento o pintura en la superficie tratada.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La limpieza superficial con material abrasivo es un método que se ha realizado durante mucho tiempo en el área de las industrias. De generación en generación han existido mejoras en los componentes de los materiales abrasivos y en los distintos elementos de los equipos para realizar el Sandblasting que son; la pistola de Sandblasting, el compresor, la manguera y la boquilla. Además, es de conocimiento que, dentro de los procesos de mantenimiento en empresas metal mecánicas, la limpieza superficial de las maquinarias todavía se realiza con un proceso de limpieza manual, donde específicamente se usan herramientas manual mecánicas, los cuales no son completamente recomendados ya que no existe un ataque abrasivo profundo a la corrosión u óxido en los diferentes metales.

Cabe recalcar que el proceso de Sandblasting es aplicado para mejorar la superficie, la forma final del área aplicada o su acabado según las especificaciones requeridas y su ejecución se enfoca en el aumento de la producción, evitando así extensos paros de plantas. Uno de los factores más importantes en la protección anticorrosiva de una instalación utilizando recubrimientos, es la correcta limpieza o preparación de superficies. Si la superficie por recubrir está contaminada con aceite, humedad, suciedad, polvo, herrumbre, escamas de laminación o cualquier otro material suelto, el recubrimiento no podrá adherirse firmemente y su eficiencia de protección será nula, lo que implica que el proceso de restauración superficial no resulte exitoso.

En base a esto se debe difundir la validez y factibilidad de la mejora de los procesos de limpieza sobre todo para el mantenimiento de superficies usando la metodología de granallado, evitando extensos paros de planta y el aumento de la productividad, poniendo énfasis en la seguridad general, estándares de calidad indicados por la norma SSPC (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA) y requerimientos para la aplicación de recubrimientos.

1.2 Limitaciones y delimitaciones

- **Limitaciones**

Se realizará el experimento únicamente en materiales de acero al carbono.

- **Delimitaciones**

Se concluirá con la demostración de que el método de Sandblasting es eficiente en la limpieza superficial de empresa metal mecánicas.

1.3 Problema General de Investigación

En las restauraciones superficiales, no existen sistemas optimizados para la limpieza de superficies metálicas oxidadas que sean eficientes.

1.4 Problemas específicos de investigación

- Excesivos tiempos en la limpieza de superficies metálicas.
- Alto consumo de recursos.
- Contaminación ambiental.
- Productividad en las empresas metal mecánicas.
- Seguridad en la ejecución de procesos de limpieza superficial.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de restauración superficial utilizando el método de Sandblasting para incrementar la productividad en empresas metal mecánicas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Obtener información sobre el principio del funcionamiento del método Sandblasting utilizando motores de búsqueda y bases de datos para tener un dominio del tema.

- Plantear un sistema de reparación superficial eficiente utilizando el método de Sandblasting orientado a incrementar los índices de calidad, confiabilidad y productividad dentro de una empresa.
- Evaluar a través de pruebas de funcionalidad y experimentos para determinar la eficiencia del sistema.

1.6 Justificación

El diseño de un sistema de restauración superficial mediante el método de Sandblasting es de gran importancia puesto que cuenta con una serie de ventajas que las empresas metal mecánicas deben conocer como: minimiza la frecuencia de mantenimientos en las estructuras, consigue mayor pureza del material, obtiene mayor anclaje y adherencia de recubrimientos, aumenta la vida útil de la estructura. En todo establecimiento industrial siempre se busca estar en constante innovación, mediante esta propuesta se pretende tener un impacto innovador en el proceso de limpieza de superficies utilizando la técnica de Sandblasting, que deje de lado la obsoleta técnica de limpieza manual.

La presente investigación es viable, pues se dispone de los recursos humanos y de fuentes de información necesarios para llevarla a cabo.

Con la presente propuesta el principal beneficiario será la empresa y conjuntamente los operarios en el área de mantenimiento, debido a que el Sandblasting ayuda a alargar el uso y funcionamiento de los equipos, tuberías, estructuras, que se encuentren sometidas a condiciones ambientales severas, lo cual hace que se acelere el proceso de corrosión y se disminuya el tiempo de mantenimiento de los equipos; incluso en ciertos casos hace que su funcionalidad se vea drásticamente reducida.

1.6.1 Justificación teórica

La calidad del acabado superficial va a depender de la presión suministrada a la boquilla de salida, y también, del tipo de material abrasivo que se ocupará en el proceso de Sandblasting.

1.6.2 Justificación metodológica

El método de Sandblasting es sistemático y ordenado, cuenta con un estándar de calidad, sigue procedimientos establecidos, es de ejecución simple y está basado en normativas de aplicación.

1.6.3 Justificación práctica

La aplicación del método de Sandblasting está enfocado en reducir el tiempo de preparación de superficie, aumentar la calidad de la superficie a tratar, optimización del proceso y que exista seguridad durante la ejecución de este método.

1.7 Hipótesis

El método Sandblasting permite incrementar la productividad en el proceso de restauración superficial en las empresas metal mecánicas.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

La limpieza que se realiza a la estructura con un chorro abrasivo, corresponde a un procedimiento eficiente y eficaz que se comprende en la actualidad, para poder obtener la superficie de un material metálico independiente de impurezas, escorias y restos contaminantes, el proceso de limpieza mediante el chorro por abrasivo esta descrito y establecido como la acción de la impulsión del material a una alta celeridad de una cantidad de partículas de metal, también pueden ser no metálicas, dependiendo de las especificaciones; es así que por medio del empleo del aire seco, comprimido y a una tensión con el único objetivo de erosionar por toda la superficie del elemento estructural hasta que se pueda conseguir la pureza deseada o apropiada. (Davila Zuñiga, y otros, 2018 pág. 35)

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. (Moscoso, 2018 pp. 12-15).

La técnica de Sandblasting que se estudia para la empresa Construcciones Industriales Tapia, con el diseño de un prototipo básico de limpieza de superficies se ha obtenido una reducción de tiempos de operaciones al eliminar retrabajos en la jornada laboral cuando se aplica la técnica de Sandblasting, según sus resultados se observa un ahorro de un 47% en tiempos extras de uso de personal con los datos obtenidos con anterioridad previo al estudio, logrando una calidad en su proceso y beneficio para la empresa. (Lugo, 2017 pág. 20)

El Sandblasting es una técnica que posee varios usos comunes como preparar superficies a pintar o recubrir; remover oxidación e impurezas; quitar pintura; matizar metales no ferrosos; pulir materiales opacos; deslavar mezclilla, dar anclaje o rugosidad a superficies lisas; entre otras. (Apaza Apaza, 2019 pág. 22)

El Sandblasting consiste en impulsar partículas de un abrasivo utilizando un equipo de propulsión de aire comprimido. Esta técnica es utilizada para realizar limpieza y pulido de superficies, motivo por el cual tiene diferentes implementaciones en diversas industrias, como la construcción naval, la construcción de infraestructuras civiles, la industria automotriz o en aquellas donde sea necesario la preparación superficial y la pintura. En construcción, se utilizan diferentes tipos de abrasivos, los cuales son aplicados por sistema de chorro. (Beltrán Vela, 2020 págs. 13-15)

2.2 Referencias teóricas

Para lograr el entendimiento del proyecto de investigación es necesario definir ciertos términos que ayudarán a su comprensión.

2.3 Corrosión

Es considerada como la reacción existente en un material con el medio ambiente, comúnmente trae consigo una deterioración del material y sus propiedades. La corrosión puede estar presente en los metales de diferentes formas, las cuales son importantes de entender. De esta manera, podemos aplicar métodos de prevención a la corrosión. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 1)

2.4 Tipos de corrosión

2.4.1 Corrosión química

Según el mecanismo de corrosión, la corrosión química consiste en la oxidación de metales a alta temperatura ubicadas en atmósferas gaseosas, creando una película sólida de productos reaccionantes sobre la superficie metálica. La corrosión química es un tipo de corrosión que se genera en ausencia de electrolito, a su vez, tiene mayor relevancia cuando se trabaja a temperaturas elevadas. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 1)

2.4.2 Corrosión electroquímica

Según el mecanismo de corrosión, la corrosión electroquímica, se debe a la actuación de pilas electroquímicas, donde el metal sufre disolución en las regiones anódicas. Se da en presencia de un electrolito, a temperaturas moderadas. Por lo tanto, la corrosión está situada en las regiones anódicas del metal, ya que las catódicas están protegidas. Es de vital importancia acotar, que los electrones circulan a través del metal, desde el ánodo hasta el cátodo. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 2)

2.4.3 Corrosión uniforme

Según la morfología del ataque, se considera que afecta a toda la superficie por igual y así mismo, se pierde superficie por igual. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 2)

2.4.4 Corrosión por picadura

Según la morfología del ataque, es una forma localizada de ataque corrosivo. Se identifica por la formación de agujeros o picaduras en la superficie del metal. De esta manera, se habla que es una corrosión, la cual se produce en medios donde hay presencia de iones agresivos como los haluros. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 2)

2.4.5 Corrosión galvánica

Según la morfología del ataque, sucede cuando dos o más metales diferentes se ponen en contacto eléctrico en el mismo electrolito. Se da la presencia de una fuerza impulsora, la cual ocasiona un flujo de corriente. De esta forma, el metal con un potencial de corrosión más positivo se polariza catódicamente, reduciendo la velocidad de corrosión. Por lo tanto, la de miembro más negativo, se polariza anódicamente, aumentando la velocidad de corrosión. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 2)

2.4.6 Corrosión por aireación diferencial

Según la morfología del ataque, tiene interferencia cuando una pieza metálica se encuentra bajo efecto de una diferencia de concentración de oxígeno, es decir, al hecho de encontrarse semienterrada. La parte menos oxigenada actuará como ánodo, y la más oxigenada como cátodo. De esta manera, debido al flujo electrónico provocado por la diferencia de potencial electroquímico, la zona anódica sufre la corrosión. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 2)

2.4.7 Corrosión en resquicio

Según la morfología del ataque, es ocasionado en las juntas de metales, en efecto con una pieza metálica y un tornillo, debido a la presencia de una aireación diferencial. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 2)

2.4.8 Corrosión intergranular

Según la morfología del ataque, se encuentra relacionado con la segregación de un elemento específico o la formación de un compuesto en el borde del grano de una aleación. La corrosión está presente donde la concentración del elemento necesario para resistir la corrosión ha disminuido, por lo general, el porcentaje de cromo en los aceros inoxidable. De esta manera, se convierten en zonas anódicas. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 3)

2.4.9 Corrosión selectiva o desaleante

Según la morfología del ataque, está basado en la eliminación preferencial de un elemento de una aleación sólida.

2.4.10 Corrosión-erosión

Según la morfología del ataque, es consecuencia de la acción conjunta de la corrosión y la erosión a la que el material metálico está sometido. Por ejemplo, la velocidad de flujo del electrolito es más rápida, o si el medio corrosivo contiene partículas sólidas en la capacidad de erosionar la superficie del metal. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 3)

2.4.11 Tribocorrosión

Según la morfología del ataque, es considerada a la acción conjunta de la corrosión y fenómeno de desgaste. Es la forma de corrosión ubicados en los implantes metálicos en el cuerpo humano. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 3)

2.4.12 Corrosión bajo tensión

Según la morfología del ataque, es el resultado de la acción conjunta de la corrosión y tracciones mecánicas, que, a su vez, se encuentran sometidas a tensiones expuestas a un medio corrosivo. También así, pueden iniciar grietas que crezcan a tensiones inferiores al límite elástico del material. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 3)

2.5 Naturaleza electroquímica de la corrosión

Es la ciencia que estudia los procesos y factores que intervienen a la transferencia de cargas mediante las fases químicas. Las reacciones de transferencia de iones involucran la transferencia

de estas especies cargadas, del electrodo al electrolito o viceversa. Las reacciones de transferencia de electrones tienen que ver con la transferencia de carga entre los iones en el electrolito, ocurre típicamente de forma heterogénea en la superficie del electrodo.

La corrosión húmeda o electroquímica, es un proceso que relaciona el material y una disolución acuosa. De igual manera, para que la corrosión tenga lugar dentro de este proceso, debe darse de forma simultánea una reacción de oxidación y una reacción de reducción, ambos en presencia de un electrolito. De esta forma, la corrosión surge del acoplamiento de dos reacciones electroquímicas en la misma superficie. (Lucas Granados, y otros, 2018 pág. 7)

Por lo tanto, la corrosión de un metal es el proceso electroquímico en el cual dicho metal reacciona con su medio ambiente, para que exista corrosión de haber:

- Una zona donde se produzca la reacción de oxidación, que actúe como ánodo.
- Una zona donde se produzca la reacción de reducción que actúe como cátodo.
- Un conductor electrónico capaz de transportar los electrones desde el ánodo hasta el cátodo.
- Un conductor iónico para mantener la corriente de iones fluyendo y para funcionar como medio para la reacción electroquímica.

2.6 Condiciones generales de la superficie de acero

2.6.1 SSPC-Vis 1

La presente norma plantea cuatro grados de oxidación antes de la preparación de la superficie, se encuentra desde el rango de calamina intacta hasta acero oxidado y con picaduras. (NACE, 2007 pág. 540)

Estos grados son:

- Grado de Oxidación A: superficie de acero, cubierta con calamina adherente, poca herrumbre no visible.

- Grado de Oxidación B: superficie de acero completamente cubierta con calamina y con herrumbre.
- Grado de Oxidación C: superficie de acero completamente cubierta con herrumbre, pocas picaduras no visibles.
- Grado de Oxidación D: superficie de acero completamente cubierta con herrumbre, picaduras visibles.

2.6.2 ISO 8501-1

Se especifica en la presente norma cuatro grados de oxidación, designados como A, B, C y D. (NACE, 2007 pág. 541) Estos grados se definen con una descripción escrita:

- A: superficie de acero completamente cubierta con calamina adherente, pero con poca herrumbre
- B: superficie de acero con principio de oxidación y la calamina desprendida
- C: superficie de acero donde la calamina se ha oxidado y desprendido de la superficie, con picaduras ligeras visibles
- D: superficie de acero donde la calamina se ha oxidado y desprendido, con picaduras visibles.

2.7 Preparación de superficies

En cada proceso de recubrimiento a realizar en una superficie, exige una limpieza inicial y preparación de la superficie que será tratada, de todo esto depende el éxito del sistema de recubrimiento. De esta manera, las superficies necesitan una superficie limpia para que se logre una estabilidad a largo plazo. Se ha estimado que el 75% de todas las fallas prematuras de recubrimientos son originadas por una inapropiada preparación de superficies.

Las actividades de preparación de superficie antes de la aplicación de recubrimientos incluyen:

- Una valoración o inspección de las condiciones presentes en la superficie, incluyendo defectos de diseños y fabricación.
- Limpieza previa o remoción de depósitos visibles en la superficie como grasas y aceites.
- Trabajos para remediar o mejorar defectos de fabricación.
- Preparación de la superficie para eliminar todo tipo de contaminantes presentes en la superficie.
- Existen factores que afectan a la vida útil de un recubrimiento, tales como: herrumbre, calamina, laminaciones de óxido.

El patrón de anclaje puede ser muy bajo, es decir, no lo suficientemente rugoso para la aplicación del recubrimiento y con esto causan la pérdida de la adhesión de la pintura. Por lo tanto, la inspección de la limpieza en la superficie es un proceso que debe estar en constante supervisión. (NACE, 2007 pág. 264)

Entre los diferentes métodos de preparación de la superficie, se detallan técnicas disponibles más empleadas en las industrias, tales como:

- Limpieza abrasiva
- Limpieza con solventes.
- Limpieza con herramientas manuales
- Limpieza con herramientas de poder
- Chorro de agua, usando “waterjetting”
- Limpieza abrasiva húmeda, usando agua con abrasivos inyectados “waterblasting”

Cada una de estas técnicas debe ser controlada mediante especificaciones y normas disponibles para cada procedimiento. (NACE, 2007 pág. 285)

2.8 Principio de limpieza por Sandblasting

Es un proceso que consiste en remover el óxido, calamina u otros contaminantes superficiales, obteniendo a su vez una superficie rugosa. Se realiza proyectando una corriente de partículas abrasivas a alta velocidad contra la superficie a ser preparada. De esta manera, la superficie tiende a ser desgastada por el impacto de las partículas abrasivas. (NACE, 2007 pág. 322)

Las diferentes partículas abrasivas pueden proyectarse por alimentación directa desde un recipiente presurizado hacia una corriente de alta presión o por proyección centrífuga desde propulsores de rápida rotación. (NACE, 2007 pág. 323)

2.8.1 Arenado por presión

2.8.1.1 Unidad de presión directa

En este sistema el abrasivo se impulsa a presión desde el recipiente de presión (tolva), a través de la línea de arenado, dicho sistema es móvil. De esta manera, es considerado un método de alta productividad usados para trabajos pesados. (NACE, 2007 pág. 323)

2.8.1.2 Unidad de vacío

En este sistema se utiliza cuando el material se sopla y se recupera inmediatamente por un vacío, dicho sistema es móvil. Así mismo, es considerado un método muy costoso en el cual se usa para casos especiales donde el objetivo es la remoción de pinturas a base de plomo. (NACE, 2007 pág. 324)

2.8.1.3 Unidad de succión

La arena es impulsada desde la tolva hacia la boquilla, ninguna presión es aplicada a la tolva de arenado, dicho sistema es móvil. El sistema para sacar el abrasivo del depósito de alimentación viene de una reducción de presión a través del mecanismo de Venturi. Por lo tanto, se usa a velocidades más bajas y para trabajos ligeros. (NACE, 2007 pág. 324)

2.8.1.4 Sistema de alimentación por chorro o Jet

El abrasivo se sopla hacia la parte interna de un tubo vertical, y hacia la parte externa a través de un codo en la manguera. Dicho método es móvil y se utiliza específicamente para abrasivos finos.

Los recipientes de arenados normalmente son de presión, donde se pueda alimentar en una corriente de aire comprimido, presurizando el contenedor de abrasivos. (NACE, 2007 pág. 324)

2.8.2 Limpieza abrasiva centrífuga

Este sistema se encuentra diseñado para grandes cantidades de acero, en donde se trabaja en una base continua e incluyen un sistema de bandas transportadoras. De esta manera, este sistema usa ruedas giratorias con aspas, las cuales ayudan a propulsar el abrasivo. Estas estaciones de limpieza son estáticas y cuenta con un sistema de recuperación y reciclado de abrasivo.

Es considerado para tareas repetitivas de granallado en un lugar fijo. Así mismo, este método se emplea cuando el trabajo puede llevarse hacia el equipo. De esta manera, se aplica a superficie grandes y planas donde la unidad de granallar puede manejarse con facilidad en la superficie. (NACE, 2007 pág. 326)

2.9 Técnica de limpieza abrasiva manual

La limpieza abrasiva manual debe cubrir sistemática y completamente la superficie, realizando movimientos a la boquilla a velocidades constantes en trayectorias rectas. El estándar para la limpieza debe someterse a la especificación requerida.

Una condición que debe ser siempre considerada es que la boquilla debe quedar casi en un ángulo recto con respecto a la superficie y con una ligera inclinación para evitar que el abrasivo rebote hacia el operador. Existe la excepción en aquellas superficies con capas gruesas de calamina o con recubrimientos de aluminio o zinc, puesta que estas se deben limpiar inicialmente con un ángulo más bajo. Es indispensable que el operador tenga conocimiento que esta técnica, aunque remueve la capa de recubrimiento existente, produce un perfil superficial reducido, producto al ángulo de impacto. Para lograr el perfil de anclaje correcto se requiere un arenado final a ángulos rectos de la superficie. (NACE, 2007 pág. 327)

2.10 Partes del equipo de limpieza abrasiva

2.10.1 Mangueras

Son parte relevante del proceso de limpieza abrasiva. Se usan dos clases de mangueras:

- Manguera de suministro de aire

Su función es llevar aire desde el compresor a la unidad de limpieza abrasiva. Es recomendación el uso de un diámetro no menor que 31 mm. El tamaño recomendado debe triplicar o cuadruplicar al del orificio de la boquilla.

- Manguera de limpieza abrasiva

Se subdivide en dos tipos:

- De cuatro capas: Es adecuada para entornos industriales en donde la manguera sea sometida a abuso externo.
- De dos capas: Ofrece mayor flexibilidad.

El tamaño y la longitud de las mangueras de abrasivo se relacionan directamente con su eficacia y estas no pueden ser demasiado grandes. (NACE, 2007 págs. 328 - 329)

2.10.2 Acopladuras

Son usadas exclusivamente para ajuste externo. Las juntas y sellos deben estar en las correctas condiciones, deben repararse prontamente en caso de la existencia de fugas. Las acopladuras son hechas de dos materiales:

- Latón: Ofrece mayor duración.
- Aluminio: Ligero y fácil empleo.

Deben asegurarse o conectarse correctamente para asegurar el acople y para evitar que el conector se abra en caso de quedar atrapado en superficies irregulares. (NACE, 2007 pág. 330)

2.10.3 Compresor de aire

Esta máquina tiene como función producir cantidades de aire comprimido, es decir, debe proporcionar suficiente volumen de aire para conservar la presión requerida en la boquilla. Cuenta con tres piezas, las cuales deben ser de tipo y tamaño adecuado para el caudal del compresor:

- Mangueras de aire y de abrasivos
- Acopladuras de la manguera
- Boquillas de arenado

El aire comprimido es una fuente común de poder para el funcionamiento de; la maquinaria de arenado, equipo de atomización de pintura, etc. Un compresor funciona atrayendo el aire atmosférico, lo presuriza y suministra el aire en el receptor (es el recipiente a presión).

- Accesorios esenciales del compresor
 - Separador de agua y aceite: Es requisito la instalación de trampas de agua y aceite, junto con post enfriadores y filtros en las líneas de aire, las cuales deben estar bajo mantenimiento. Estos se operan con tapones de drenaje en una posición parcialmente abierta, por ende, la humedad acumulada se puede dispersar.
 - Filtros: Contienen carbono y suministran aire purificado a la escafandra.
 - Secadores: Eliminan el agua del aire comprimido con el propósito de evitar que el abrasivo se humedezca.
 - Absorbente: Es un filtro que absorbe la humedad en el aire comprimido para prever la condensación en la pieza de trabajo.
 - Refrigerante: Elimina el agua por el enfriamiento del aire y extrayendo la humedad de la corriente de aire.
 - Separador Centrifugo: Mediante la fuerza centrífuga realiza la eliminación del agua.
 - Intercambiador de calor enfriado por agua: Enfría el aire caliente del compresor a fin de que la humedad sea eliminada de la corriente de aire.
 - Receptor auxiliar: Actúa como depósito de aire comprimido, el cual se alimenta al tanque auxiliar desde uno o más compresores.

- Prueba de papel secante: Involucra el uso de papel blanco absorbente colocado en la corriente de aire que se descarga directamente del compresor. Se usa para verificar visualmente cualquier residuo de aceite o agua en el aire comprimido que se usará en la limpieza abrasiva. (NACE, 2007 pág. 335)

2.10.4 Boquilla para limpieza abrasiva

- Tamaño: El tamaño máximo de la boquilla a usarse depende directamente de la capacidad del compresor que la alimenta, de la velocidad del arenado y del consumo de aire. En la siguiente tabla se puede observar la relación de los diferentes tamaños de la boquilla, los volúmenes de aire y las presiones.

Tabla 1-2: Selección del tamaño de boquilla en relación al volumen y presión requerida.

Tamaño del Orificio de la Boquilla		Volumen de aire requerido (ft ³ /min)				
		60 psi	70 psi	80 psi	90 psi	100 psi
¼ pulg.	#4	67	76	85	94	103
³ / ₈ pulg.	#6	151	171	191	211	232
½ pulg.	#8	268	304	340	376	413

Fuente: (NACE, 2007 pág. 338)

- Calidad: Para la obtención de un arenado más eficaz se puede usar boquillas producidas con aleaciones especiales resistentes al desgaste.
- Diseño: Las boquillas Venturi son preferencia debido a que duran mucho más tiempo, dan una velocidad más alta de abrasivo con un consumo económico de aire.
- Materiales usados para el revestimiento: Con referencia al revestimiento interior de la boquilla, debe ser duradero y resistente a la abrasión.
- Cuidado y seguridad: Debe existir la verificación de la inexistencia de grietas y desgaste.
- Presión del aire: Para medir la presión de aire en la boquilla se usa el medidor de aguja hipodérmica, insertándose en la manguera de arenado mientras se encuentre en operación. (NACE, 2007 págs. 338-342)

2.10.5 Tolda de Sandblasting

Tolda es el contenedor semejante a un embudo voluminoso, su función es de depósito y canalización del arenado, conectada a una manguera la cual conduce al compresor de aire. (Valencia Urrego, 2017 pág. 22)

2.11 Distribución del equipo

Para la distribución del equipo de trabajo, se opta por un espacio exclusivo para la limpieza superficial mediante el Sandblasting. Con el propósito de ordenar y mantener todo lo necesario para realizar el proceso cerca del alcance del operador, facilitando el proceso.

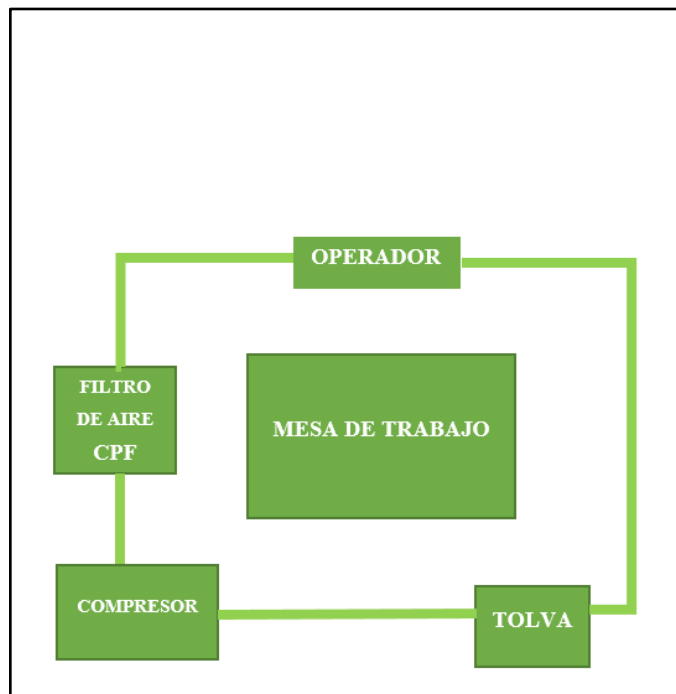


Ilustración 1-2: Distribución del equipo

Realizado por: Cedeño, M.; Moreno, K. 2022

2.12 Cabina de Sandblasting

Es necesario establecer un lugar adaptado y cerrado, acotando que será útil para la no contaminación de la arena. Una ventaja de usar un espacio cerrado para realizar el proceso de limpieza por chorro abrasivo es que se puede reciclar la arena utilizada siempre y cuando ésta no se contamine con agua u otros agentes externos.

De acuerdo con la frecuencia de uso de la cabina, se acumulará una cantidad de polvo por lo que es recomendable y necesario una limpieza de la cabina posterior a cada uso para evitar que las piezas o materiales a tratar se contaminen y esto sea un inconveniente para realizar el proceso de Sandblasting.



Ilustración 2-1: Cabina industrial de granallado

Realizado por: (Cym Materiales S.A)

2.13 Preparación de superficie por chorro con medios abrasivos

2.13.1 Limpieza por chorro en seco

Se realiza para limpiezas y decapado de superficies metálicas. El presente método se conoce como chorreado, su principio de funcionamiento se basa en el alto impacto que realiza la arena contra la superficie del objeto a ser tratado. De esta manera, este impacto hace que se desprenda toda capa en deterioro que se encuentre en la superficie.

Gran parte de los materiales abrasivos tienen una estructura cristalina, la cual da una estabilidad frente a la alteración química y dureza frente a la compresión. Cabe mencionar, que este proceso puede ocasionar un gran riesgo a la salud de las personas, debido al polvo de la arena. (Guinea Castellví, 2016 pág. 55)

2.13.2 Limpieza por chorro con hielo seco

En este procedimiento, el hielo seco o CO₂ sólido se obtiene reduciendo la presión y la temperatura hasta poder alcanzar los $-78,5$ °C del CO₂ líquido de una manera controlada. Por lo tanto, la compresión que se realiza en este proceso ayuda para que se puedan formar pequeños bloques llamados pellets.

Cuenta con el mismo principio de limpieza por chorro, el cual consiste en la proyección a alta velocidad de pequeñas partículas de hielo sobre la superficie a tratar. (Guinea Castellví, 2016 pág. 55)

2.14 Métodos aplicados previamente a la aplicación del Sandblasting

2.14.1 Limpieza con solventes

Este presente método es empleado para eliminar aceite, grasas y suciedades visibles sobre una superficie. Por otro lado, la limpieza con solventes es aplicada antes de realizar la aplicación de un revestimiento sobre una superficie y conjuntamente con otro método de preparación de superficie requerido para la remoción de óxidos, calamina o pintura.

Se muy importante acotar, que la norma SSPC SP 1, es la única empleada para la limpieza con solventes. (NACE, 2007 pág. 291)

2.14.2 Limpieza con herramientas manuales

En este presente método de limpieza superficial se usan instrumentos no motorizados. La norma que se usa para controlar el proceso de limpieza con herramientas manuales es la SSPC-SP2. Las herramientas usadas son: cepillos de alambre, raspadores y espátulas, cinceles, cuchillos o espátulas, martillos y piquetas. De esta manera, la limpieza manual es considerado el método más lento y quizás el menos satisfactorio para la preparación de superficie. Es importante recalcar, que las herramientas manuales tienen la ventaja de ser portátiles y no requerir de fuentes de energía. Por lo tanto, son adecuadas para usar en pequeñas áreas de trabajo, o cuando el clima o algún factor evitan el uso de otro proceso eficaz. (NACE, 2007 pág. 295)

2.14.3 Limpieza con herramientas de poder

En este presente método de limpieza superficial se usan herramientas impulsadas por una fuente de poder. La norma empleada para regir este proceso es la SSPC-SP 3. La limpieza con herramientas de poder se usa frecuentemente en operaciones de mantenimiento. Las herramientas de poder más usadas son: cepillo de alambre rotatorio, herramientas de impacto, discos de cortes (abrasivos y lijadoras), paletas giratorias. (NACE, 2007 pág. 298)

2.15 Normas usadas para limpieza superficial

Para obtener una limpieza abrasiva se han definido varios grados o normas, normalmente las que se utilizan son elaboradas por la NACE, SSPC e ISO.

En octubre de 1994, NACE y SSPC emitieron conjuntamente las siguientes normas de preparación superficial por limpieza abrasiva:

- NACE No. 1/SSPC-SP 5 “Limpieza Abrasiva a Metal Blanco”.
- NACE No. 2/SSPC-SP 10 “Limpieza Abrasiva a Metal Casi Blanco”.
- NACE No. 3/SSPC-SP 6 “Limpieza Abrasiva Comercial”.
- NACE No. 4/SSPC-SP 7 “Limpieza Abrasiva Superficial o Brush-Off”.

Estas normas son equivalentes a las normas ISO las cuales se desarrollaron a partir de las normas suecas. ISO 8501-1 contiene cuatro normas, y fueron publicadas en 1988:

- Sa 3 “Limpieza Abrasiva A Metal Visiblemente Limpio”
- Sa 2½ “Limpieza Abrasiva muy Completa”.
- Sa 2 “Limpieza Abrasiva Completa”
- Sa 1 “Limpieza Abrasiva Ligera”

Es importante mencionar que la calidad de la limpieza abrasiva se determina visualmente y por lo general se usan estándares visuales para su comparación. Por lo tanto, no existe ninguna correlación entre el grado de limpieza abrasiva y el perfil superficial del producto. Para estos problemas, deben usarse otras normas y técnicas de medición. (NACE, 2007 pág. 323)

2.16 Tipos de limpieza en superficie metálicas

2.16.1 Limpieza al metal blanco

Está regida bajo la SSPC-SP5 / NACE N°1, este presente método se aplica a todos los grados de corrosión. Consiste en realizar un tratamiento intenso hasta lograr la total remoción de la capa de oxidación y partículas existentes en la superficie. (NACE, 2007 pág. 542)

El acero totalmente limpio quedará de color gris similar al aluminio. De esta manera, dicha superficie estará libre de todo:

- Aceite
- Grasa
- Polvo
- Calamina
- Herrumbre
- Recubrimientos
- Óxidos
- Productos de corrosión

2.16.2 Limpieza al metal casi blanco

Está regida bajo la SSPC-SP10 / NACE N°2, se realiza una limpieza minuciosa, donde toda capa de óxido, laminación deben ser removidas de la superficie. De esta manera, el 95% de la superficie estará libre de residuos y presentar un color ceniza claro o próximo al blanco. (NACE, 2007 pág. 543) Cabe mencionar que después de realizar este proceso, las manchas se limitarán a no más del 5% de cada unidad de área de superficie, y pueden consistir en:

- Ligeras sombras
- Rayas ligeras causadas por manchas de herrumbre, manchas de calamina y manchas del recubrimiento anterior aplicado.

2.16.3 Limpieza comercial

Está regida bajo la SSPC-SP 6 / NACE N° 3, dicho proceso no se aplica al grado de corrosión A, ya que consiste en una limpieza cuidadosa, removiendo toda capa de laminación de óxidos y partículas extrañas. Si la superficie cuenta con cavidades, con la limpieza de calidad comercial únicamente solo el 2/3 de la superficie estará libre de óxido e impurezas. (NACE, 2007 pág. 544) Las manchas aleatorias se limitarán a no más del 33% de cada unidad de área de superficie, y pueden consistir en:

- Ligeras sombras
- Rayas ligeras causadas por manchas de herrumbre, manchas de calamina y manchas del recubrimiento anterior.

2.17 Abrasivos para la limpieza superficial

El grado de rugosidad superficial y la velocidad de limpieza dependen principalmente de las características del abrasivo usado. Los abrasivos en general varían ampliamente, desde cáscaras de nuez molidas, e incluso abrasivos cerámicos. (NACE, 2007 pág. 346)

Los tipos de abrasivos son:

- Granalla angular de hierro enfriado.

Es considerado el abrasivo más usado para la preparación de superficies en una instalación de aplicación de recubrimientos. Cuenta con una variedad de medida y consta con una dureza mínima. De esta manera, debido a su densidad alta, cuenta con una alta energía de partícula. Es considerado un elemento demasiado costoso como para usarse en un espacio en donde no es posible reutilizarlo o recuperarlo. (NACE, 2007 pág. 347)

- Escoria molida.

Este tipo de abrasivo es proveniente de procesos metalúrgicos o de la combustión, también son abrasivos relativamente económicos. Son considerados abrasivos para un solo uso, dichos abrasivos de escoria como: cobre, carbón y de aluminio, no se pueden reutilizar debido a su rápida pulverización. De esta manera, son abrasivos desechables. (NACE, 2007 pág. 348)

- Abrasivos cerámicos.

Estos abrasivos muy costosos, pero puede justificarse porque contiene altas propiedades especiales. Contiene una acción cortante en sus bordes, el cual puede resultar particularmente eficaz, sobre todo en superficies duras. De esta manera, la eficacia acción cortante, puede lograr buenos resultados a bajos niveles de presión. Se puede usar principalmente para superficies de material no ferroso o de acero inoxidable. (NACE, 2007 pág. 349)

- Granalla Esférica.

Tiene un efecto menos cortante en sus bordes, su ventaja es que prolongará la vida útil de los diferentes equipos al no ser un agente dañino. A su vez, como desventaja se tiene que en la preparación de la superficie puede presentar una no eficaz adhesión de un recubrimiento de alto desempeño. Además, este tipo de abrasivo puede ser útil para aumentar la dureza de una superficie

y de esta manera poder reducir la incidencia de corrosión por agrietamiento bajo presión. (NACE, 2007 pág. 350)

2.17.1 Tipos de abrasivos

- **Abrasivos metálicos.**

Acero fundido: es un abrasivo metálico duro usado por remover incrustaciones y otros dispositivos duros de la superficie. (NACE, 2007 pág. 354)

Granalla angular acero: son abrasivos de forma irregular. Es muy costosa, y generalmente se usa solo en sistemas de reciclado y cuando no hay abrasivos más económicos. (NACE, 2007 pág. 354)

Hierro fundido: es el más duro, usado para quitar incrustaciones y otros depósitos duros de la superficie. Este producto no debe usarse en ningún ambiente corrosivo, tiene un costo muy elevado, pero si puede reciclarse. (NACE, 2007 pág. 354)

Hierro maleable: un abrasivo metálico relativamente duro, utilizado para despejar incrustaciones de la superficie. (NACE, 2007 pág. 354)

- **Abrasivos no metálicos.**

Es usado principalmente en interiores y al aire libre, en condiciones atmosféricas. Consta de una tasa de descomposición muy elevada. De esta manera, tiene un costo muy bajo, el mismo que puede compensar las altas pérdidas durante el arenado. (NACE, 2007 pág. 355)

Granate: es de corte rápido, tiene larga vida, es muy útil para cabina y estaciones de arenado, su forma es afilada y angular. (NACE, 2007 pág. 355)

Carburo de silicio: su costo es muy elevado y de corte rápido, es muy utilizado en los discos de esmerilar. (NACE, 2007 pág. 355)

Óxido de aluminio: es considerado un esmeril. Puede fabricarse de la bauxita. Es de corte rápido, durable, uniforme y costoso. Su recuperación es muy crítica a comparación del carburo de silicio y del óxido de aluminio. Presenta el riesgo de la silicosis. (NACE, 2007 pág. 355)

- **Abrasivos de escoria.**

Escoria refractaria: este tipo de escoria es un subproducto del carbón ardiente, cobre de refinería y níquel. Es de corte rápido con una durabilidad media. (NACE, 2007 pág. 355)

Escoria mineral: en este tipo de abrasivo se considera el término SSPC-AB 1, el cual es una especificación que define los requisitos para realizar la correcta selección, evaluación de abrasivos minerales y escoria usados en la limpieza abrasiva en aceros. Principalmente en esta sección se describen abrasivos diseñados para un solo uso, y en el caso que existan materiales reutilizables, deben volver a ser evaluados. (NACE, 2007 pág. 355)

- **Abrasivos con alto contenido de Sílice.**

En este tipo de abrasivos debido a su mayor descomposición del polvo, los operarios y personal de supervisión deben usar ropa protectora, lentes de seguridad y equipo de respiración como indique según la norma OSHA en el caso de los EE.UU. (NACE, 2007 pág. 356)

- ✓ Arena
- ✓ Pedernal
- ✓ Cuarzo

- **Abrasivos agrícolas.**

Este tipo de abrasivo es usado en situaciones donde el polvo asociado con otros abrasivos puede ser dañino para los equipos de carácter sensible. De esta manera, es muy importante que, al realizarse la limpieza, el abrasivo no incruste partículas metálicas en la superficie. (NACE, 2007 pág. 357)

2.17.2 Selección del abrasivo

Para realizar la correcta selección del abrasivo, se debe tomar en cuenta varios parámetros necesarios los cuales van a influir a la hora de realizar la operación de la limpieza superficial. (NACE, 2007 pág. 359)

Por lo tanto, se debe considerar lo siguiente:

- Tipo de superficie a ser tratada.
- Tamaño y forma del objeto a ser tratado.

- En qué sitio o instalación se realizará la limpieza superficial.
- Condiciones reales de la superficie.
- Condiciones deseadas de la superficie.
- Si el abrasivo será reciclado o no, y cuál es el perfil de anclaje deseado.
- Tipo de recubrimiento a aplica después de la limpieza superficial.

2.18 Seguridad laboral

2.18.1 Ropa del operador y suministro de aire

Es de vital importancia que el operador use ropa de buena calidad y en buenas condiciones. Típicamente la vestimenta del operador incluye: botas de seguridad, overol, guantes de cuero resistentes, casco con alimentación de aire purificado y con cubierta de cuero, protección auditiva. Es importante que el operador tenga una buena entrada de aire fresco y limpio para respirar, el cual se puede conseguir de dos maneras: a través de una línea directa que salga desde la tolva vía a un filtro, a través de un suministro de aire separado bien lejos de todo ambiente contaminado.

(NACE, 2007 pág. 365)

2.18.2 Seguridad del operador durante el proceso de Sandblasting

La limpieza abrasiva es una operación peligrosa ya que se trabaja con aire a altas presiones. Se considera esencial que se tomen acciones para precautelar la vida de los operadores y a cualquier persona que se encuentre a los alrededores. (NACE, 2007 pág. 366)

Para ello, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El operador es la única persona que se puede encontrar en el área donde se realiza la limpieza.
- Considerar colocar los diferentes carteles de peligros y riesgos.
- Un vigilante o supervisor debe estar pendiente de la operación a realizar.
- Todos los equipos deben ser probados antes de realizar la operación.
- Una válvula de control remoto o de accionamiento rápido debe ser ocupada por el operador y estar al alcance del mismo para poder actuar inmediatamente en caso de emergencia.

2.18.3 Tolva y accesorios

La tolva es un elemento importante dentro del ciclo de Sandblasting, cuenta con accesorios tales como:

- Válvula reguladora del paso de abrasivo hacia la línea de aire.
- Válvula de control remoto, paso o no de aire a presión.

La válvula de control remoto es de vital importancia, ya que, de esta manera, cuando se libera dicha válvula la máquina se para y protege al operador de que lo golpeen los abrasivos. (NACE, 2007 pág. 366)

2.18.4 Contaminación de la arena al medio ambiente

La arena es considerada un abrasivo barato y eficaz, es más utilizado en espacio al aire libre, como campamentos etc., debido al alto riesgo de salud (Silicosis). Es uno de los abrasivos más usados en situaciones de trabajos pesados como limpiar superficies viejas y corroídas. Su ventaja es que viene de muchos tamaños, por lo general no es reutilizable.

En los Estados Unidos, todas las personas que trabajan cerca de esta operación al aire libre deben usar ropa protectora, lentes de seguridad y equipos respiratorios certificados. (NACE, 2007 pág. 356)

2.19 Perfil de anclaje

Esta superficie texturizada es considerada como perfil de anclaje y es el producto de las partículas abrasivas afiladas las cuales golpean el acero a velocidad alta, dejando irregularidades. El perfil de anclaje es esencial porque aumenta el área de la superficie y su rugosidad a la que el recubrimiento pueda adherirse.

De esta manera, un área con un perfil de anclaje muy bajo o no requerido por un tipo de recubrimiento puede presentar un problema para la operación. Así mismo, puede presentar retrasos, altas horas de reparación y altos costos.

El perfil de anclaje muy profundo es considerado bueno, pero presenta picos que se cubren inadecuadamente, el cual produce herrumbres. Por esto, al momento de aplicar recubrimientos es recomendable aplicar dos capas de fondo o primers. (NACE, 2007 pág. 370)

La profundidad o perfil de anclaje puede evaluarse mediante varios métodos:

2.19.1 Comparadores y cupones.

Cupones: vienen en incrementos de 12 μm (0,5 mils) desde 12 a 75 μm (1/2 a 3 mils). Los cupones permiten determinar el perfil superficial a través de la comparación (ASTM D 4417, Método A). (NACE, 2007 pág. 371)

Comparador: consiste en un ciclo de referencia y una lupa iluminada de 5X de magnificación. El disco de referencia se compara con la superficie a través de la lupa de 5X. De esta manera, se considera que la hoja que más se aproxime a la rugosidad de la superficie corresponde al perfil de dicha superficie. (NACE, 2007 pág. 372)

2.19.2 Cintas de réplica.

El perfil de anclaje puede medirse con cintas de réplica, es un producto patentado producido por Testex Corporation. Normalmente usan dos tipos de cinta: gruesa – perfil de anclaje de 20 a 50 μm (0,8 a 2,0 mils), y extra gruesa – para perfiles de anclaje de 37 a 112 μm (1,5 a 4,5 mils). Un pedazo de cinta con un cuadro de espuma comprimible fijado a una película de plástico no comprimible se aplica a la superficie preparada. A su vez, se usa un objeto duro para aplastar la espuma sobre la superficie arenada, causando que la espuma forme una impresión inversa del perfil de anclaje real. De esta manera, se usa el micrómetro para poder medir el espesor de la espuma, despreciando la película del plástico que es de 50 μm (2 mils).

Se usan dos normas para describir este tipo de medición, que son: NACE Standard RP0287 y ASTM 4417, Método C. (NACE, 2007 pág. 373)

2.19.3 Micrómetro de profundidad (profilómetro).

- **Analógico**

La esencia de este tipo de instrumento descansa sobre los picos del perfil de la superficie, mientras la punta tensada por los resortes descansa hacia los valles. Este método está bajo la norma ASTM D 4417, Método B, su aplicación es mejor realizarla en laboratorio que en los campos de trabajo. (NACE, 2007 pág. 374)

- **Digital**

Funciona de manera similar al perfilómetro analógico, pero tienes las siguientes características adicionales:

- ✓ Pueden almacenar lecturas en la memoria del instrumento.
- ✓ Puede realizar un análisis estadístico de sets de lecturas.
- ✓ Puede imprimir copias en duro de las lecturas.

Tiene una precisión de $5 \mu\text{m}$ (0,2 mils) $\pm 5\%$. El instrumento debe ser calibrado de acuerdo a la norma ASTM D 4417 – Método B. (NACE, 2007 pág. 375)

2.20 Efecto del ambiente en la limpieza abrasiva

Las condiciones en las que se encuentre el ambiente pueden tener un efecto en el proceso de la limpieza superficial abrasiva así como en superficie preparada antes de pintar. Las condiciones ambientales incluyen: temperatura de aire, humedad relativa, temperatura de punto de rocío y exposición al ambiente. (NACE, 2007 pág. 377)

2.20.1 Temperatura del aire

No es recomendable hacer la limpieza abrasiva si la superficie del acero está más fría que el aire que circula. Por dicha razón, la humedad puede condensarse en dicha superficie arenada, causando la que se oxide rápidamente. (NACE, 2007 pág. 378)

2.20.2 Humedad relativa

Al realizar el arenado, la humedad muy alta puede producir que la superficie preparada puede producir un alto deterioro de esta. La limpieza superficial, no puede realizarse en condiciones húmedas; es decir, cuando llueve o cuando la humedad relativa es alta, generalmente mayor al 90%.

La humedad relativa es considerada como la cantidad de humedad (vapor de agua) en el aire, por esta razón, la mayoría de las especificaciones establecen que los recubrimientos no se deben aplicar si la Humedad Relativa excede el límite entre 85 a 90%. La humedad relativa se calcula tomando las mediciones de temperatura con un higrómetro. (NACE, 2007 pág. 378)

2.20.3 Temperatura del punto de rocío

Está definido como la temperatura a la que ocurre la condensación. Si la limpieza superficial se realiza cuando las condiciones ambientales están cerca de la temperatura del punto de rocío, puede

ocurrir la oxidación instantánea de la superficie. De esta manera, es recomendable que la temperatura de la superficie deberá estar como mínimo 3 °C por arriba del punto de rocío, con la finalidad de evitar la condensación de la humedad sobre la superficie metálica. El punto de rocío como el de humedad relativa, se calcula con el higrómetro.

El límite de tiempo para aplicar un recubrimiento a una superficie es dentro de las 4 horas siguiente de haber realizado una preparación superficial, o antes de cualquier deterioro visible. (NACE, 2007 pág. 378)

2.20.4 Deshumidificadores

Existe una manera de poder asegurar que las condiciones ambientales existentes sean las correctas para realizar una aplicación de revestimiento, esa manera es deshumidificar el aire. De esta manera, los deshumidificadores funcionan atrayendo el aire del ambiente con un desecante y expulsando aire al espacio deseado con un HR más baja. Esta técnica es muy usada en tanques de barcos y en tanques de petróleo. (NACE, 2007 pág. 380)

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de investigación

El enfoque que se tuvo en el presente proyecto de investigación es de carácter práctico. Se planteó el análisis de la problemática en el deterioro por factores externos de los elementos de metal. Así mismo, presentando una metodología de limpieza superficial autosustentable basada en el método de Sandblasting para aumentar la productividad en las empresas metal mecánicas. Por otro lado, se desarrolló un experimento en probetas de acero al carbono, la misma que nos ayudará a determinar si dicho método tiene validez y puede ser aplicado como alternativa de desarrollo y aumento de producción en la restauración de elementos en empresas metal mecánicas.

3.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación desarrollado en este presente proyecto es considerado investigación de campo. De esta manera, se han obtenido datos importantes para la puesta en marcha de pruebas de control de calidad realizada en las probetas de acero al carbono después de aplicar el tratamiento superficial del Sandblasting. Así mismo, se pudo determinar los diferentes diagramas técnicos a presentar en dicho proyecto.

3.3 Diseño de investigación

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar un método autosustentable para realizar la limpieza superficial basada en el método de Sandblasting únicamente para tuberías de tamaño pequeño, consideradas en el rango de 1 metro hasta 4 metros lineales, y de 1 pulgada hasta 20 pulgadas de diámetro. Por otro lado, para tuberías de mayor magnitud y que se encuentren enterradas, tienen que ser desenterradas y ubicadas en la mejor posición para que el operario pueda realizar su labor sin interrupciones.

Se plantea el diseño de una plataforma de acero, la misma que tendrá los equipos armados en dicha superficie. El diseño de la misma cuenta con una cabina para realizar el Sandblasting de las tuberías de menor escala y que se puedan desmontar. Por otro lado, para realizar las tuberías de mayor escala y que se encuentren enterradas, se contará con la disposición de mangueras suficientes para llegar al punto de operación, tanto de la línea de aire para el operador y línea de arenado para la operación.

Se realiza también un diseño experimental, para la cual se plantea características de operación para realizar la restauración superficial basada en el método de Sandblasting en probetas de Acero al Carbono, la misma que será evaluada con un control de calidad, obteniendo resultados óptimos para elegir los factores de operaciones adecuados.

3.3.1 *Diseño de elementos en SolidWorks 2020*

3.3.1.1 *Diseño de plataforma*

La plataforma diseñada cuenta con un peso de 140,68 kg. Cuenta con un sistema de arrastre, de esta manera también, está diseñada en un acero ASTM A36.

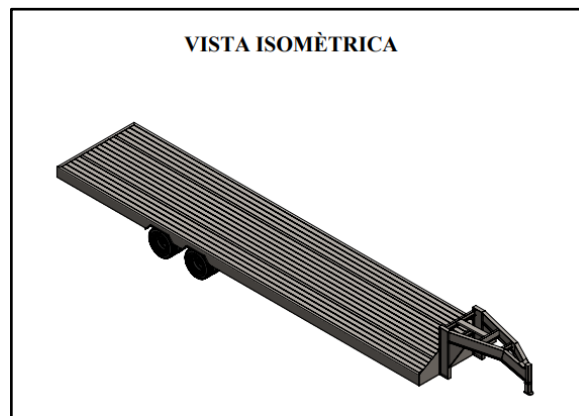


Ilustración 1-3: Vista isométrica de la plataforma

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

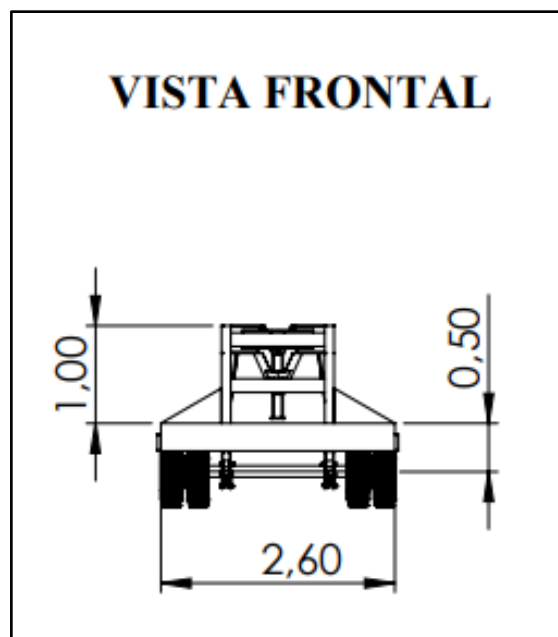


Ilustración 2-3: Vista frontal de la plataforma

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

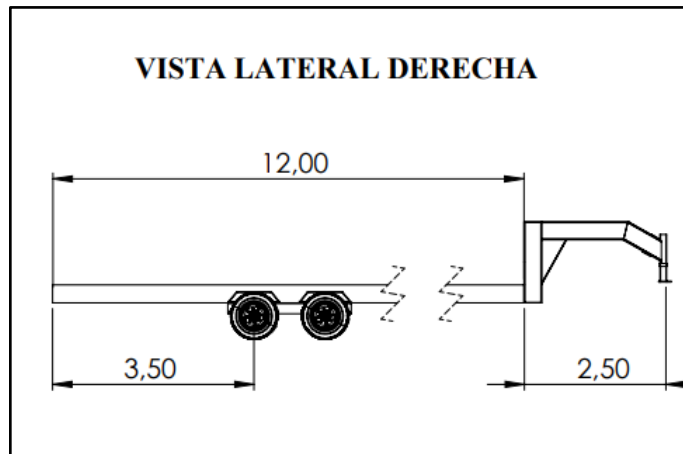


Ilustración 3-1: Vista lateral derecha de la plataforma

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

3.3.1.2 Diseño de cabina de Sandblasting

El diseño de esta cabina de Sandblasting está construida en Acero ASTM A36, con un peso de 2012,42 kg.

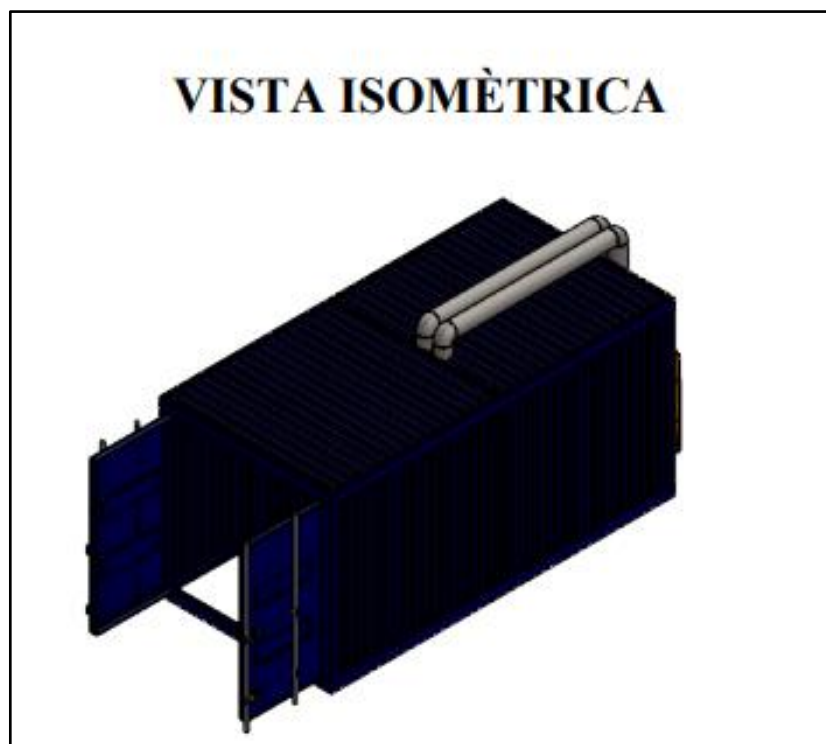


Ilustración 4-3: Vista isométrica de la cabina de Sandblasting

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

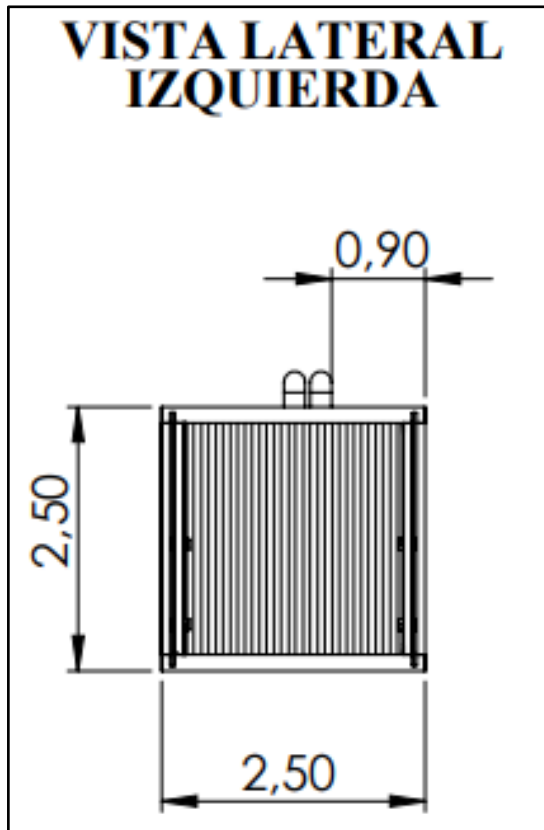


Ilustración 5-3: Vista lateral izquierda

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

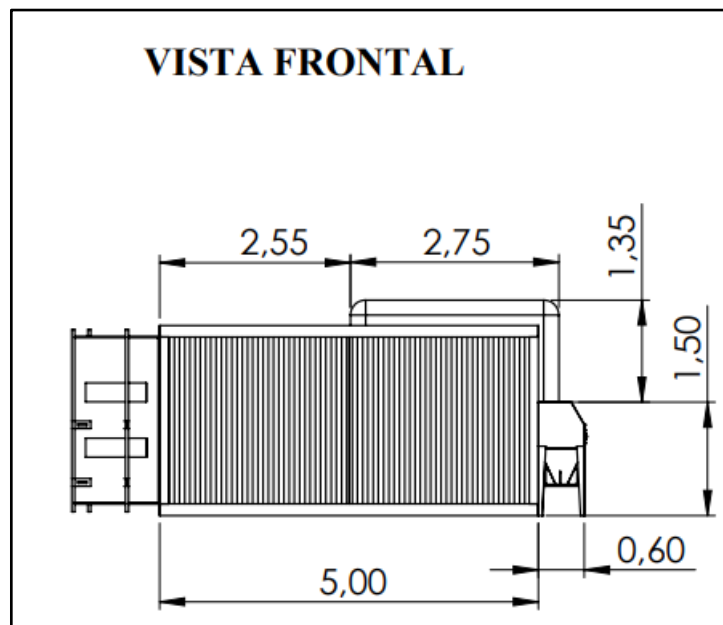


Ilustración 6-3: Vista frontal

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

3.3.1.3 Diseño de compresor de aire

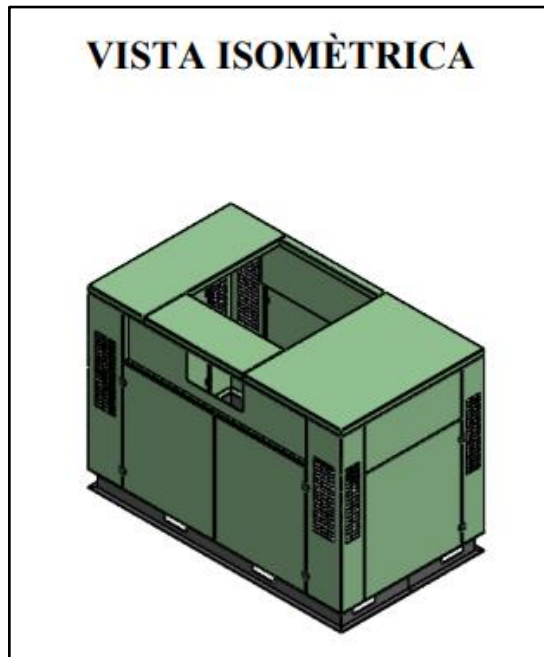


Ilustración 7-3: Vista isométrica

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

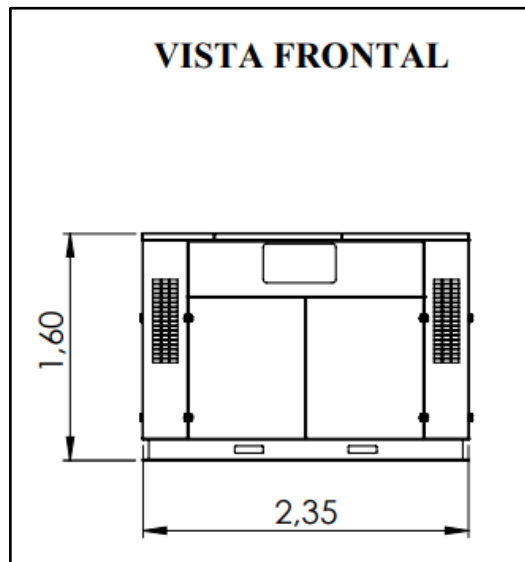


Ilustración 8-3: Vista frontal

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

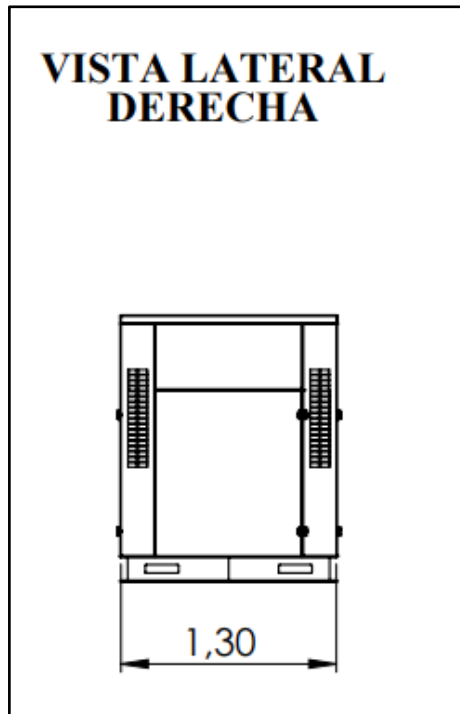


Ilustración 9-3: Vista lateral derecha

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

3.3.2 Descripción técnica de equipos que se incluirán en la plataforma

3.3.2.1 Compresor de aire

El compresor de aire a tornillo rotativo, serie LS-25S es un motor de 250 hp de potencia, con un caudal de 34,7 m³/minuto. El mismo que cuenta con una presión de 7 kg/cm² alrededor de 100 psi, con un peso de 4681 kg, y un sistema de regulación de válvula espiral. Los compresores Sullair, estáticos de tornillo rotativo, reducen significativamente los costos de operación y energía durante todo el ciclo de vida del compresor. (Sullair, 2016 pág. 2)



Ilustración 10-3: Compresor de aire LS-25S

Realizado por: (Sullair, 2016)

3.3.2.2 Tolva

Son fabricadas bajo norma ASME e ISO 9001-2008, con cabezal semi-elíptico y fondo cónico con cintura cilíndrica. Cuenta con válvulas de corte para el abrasivo, válvula de control a distancia, y válvulas dosificadoras. El modelo CY-70 cuenta con una capacidad de carga de 120 kg de arena y 300 kg de granalla. Sus dimensiones son 400 mm de diámetro y 800 mm de altura. Por otro lado, cuenta con un peso en vacío de 70 kg. Su operación se la realiza con boquillas de 5 mm y 6 mm de diámetro, con un tiempo de operación de 40 min y 22 min respectivamente. (Cym Materiales S.A págs. 3-4)



Ilustración 11-3: Tolva de Sandblasting

Realizado por: (Cym Materiales S.A)

3.3.2.3 Mangueras y acoples

Las mangueras para arenado están compuestas de goma sintética (isopreno), con refuerzo de múltiples mallas textiles cubierta con mezcla de goma sintética (polímero de uso general-estireno/butadieno). Su rango de temperatura de trabajo es de -20 °C + 70 °C. Se cuenta con características estandarizadas como son: rollos de 40 metros, diámetro interno de ½ pulgada hasta de 3 pulgadas, diámetro externo de 1,06 pulgadas hasta 3,78 pulgadas, presión de trabajo 150 psi, presión de ruptura 450 psi. (Covalca pág. 38)



Ilustración 12-3: Manguera de Sandblasting

Realizado por: (Covalca)

En los acoples para mangueras de Sandblasting, se cuenta con acoples de conexión CSB y acople para terminales NSB (boquilla de Sandblasting). (Covalca págs. 58-59)

Se cuenta con características estandarizadas:

- Para CSB, se cuenta con acoples con medidas estandarizadas de 1 pulgada, 1 ¼ pulgada, 1 ½ pulgada.
- Para NSB, se cuenta con acoples con medidas estandarizadas de 1 pulgada, 1 ¼ pulgada, 1 ½ pulgada, con un tamaño de rosca de 1 ¼ pulgada, 1 ¼ pulgada, 1 ½ pulgada respectivamente.



Ilustración 13-2: Acople CSB

Realizado por: (Covalca)



Ilustración 14-3: Acople NSB

Realizado por: (Covalca)

3.3.2.4 *Material abrasivo*

La arena de sílice con granulometría pasante de la malla #20 y retenida en la malla #40, es ideal para el uso de tratamientos de chorro de arena (Sandblasting). Tiene la ventaja de ser una arena limpia y libre de contaminantes, su dureza es de 7 Mohs, ideal donde se requiera alta resistencia, pH neutro. Su presentación es en saco de 40 kg, tamaño de las partículas son entre 0,42 mm a 0,85 mm. Es recomendable que se utilicen equipos de protección respiratoria, por lo que este material está asociada a una enfermedad llamada Silicosis, es de vital importancia que el área se encuentre ventilada y a su vez, cuente con un extractor de aire. (Intaco, 2020 págs. 1-2)

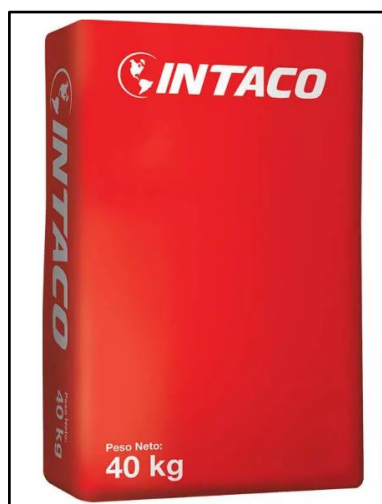


Ilustración 15-33: Arena Sílica

Realizado por: (Intaco, 2020)

3.3.2.5 Filtro de aire CPF

El filtro de carbón activado nos permite alimentar una línea de aire al operador, con la finalidad de que este tenga un sistema libre de contaminación. A su vez, este filtro puede combinarse con un sistema de monóxido de carbono y otras medidas de seguridad, para de esta manera poder cumplir con los requerimientos de la OSHA (aire grado D). Cuenta con una tasa máxima de flujo de aire de 100 CFM, conexión de entrada y salida de 1 pulgada, diámetro del tanque de 5 ½ de pulgada, altura de 19 pulgadas, un peso de 19 lb y una presión máxima recomendada de 100 PSI. (Bullard pág. 1)



Ilustración 16-3: Filtro de aire CPF

Realizado por: (Bullard pág. 1)

3.3.2.6 Casco de Sandblasting

El casco para granallado de 3M, es considerado para uso de elevadas presión y resistencia para la cabeza, proporcionando protección para la cabeza, los ojos y protección respiratoria. Cuenta con un arnés de sujeción liviano, protección de cuello y hombros, peso de 1405 g, armazón de resina policarbonato, límite de temperatura de 60 °C con el lente estándar y 82 °C con lente de policarbonato. Cuenta con las certificaciones ANSI Z.89.1-2003 tipo II clase G (equivalente a clase B NCh 461) - ANSI Z.87.1-2003 - CSA Z.94.1-9. (3M pág. 2)



Ilustración 17-3: Casco L-905

Realizado por: (3M pág. 2)

3.3.2.7 Boquilla de Sandblasting

Boquilla Venturi larga de Silicio es ligera, se incorpora al diseño. El carburo de silicio es resistente al paso del abrasivo, pero también, es muy frágil. Su precio es muy elevado, a comparación de otros, pero su vida útil incrementa en un 80%. Varios de sus modelos cuentan con diámetro interior desde $\frac{1}{4}$ de pulgada a $\frac{1}{2}$ pulgada, con longitud desde $5 \frac{1}{2}$ de pulgada hasta $9 \frac{1}{8}$ de pulgada, material de cubierta de Poliuretano, con cuerda de bronce el más eficiente. (Chipaxa pág. 30)



Ilustración 18-3: Boquilla Venturi

Realizado por: (Chipaxa, 2021)

3.3.3 Características de operación del diseño experimental

3.3.3.1 Especificaciones del equipo de Sandblasting

- Mangueras de 1 ¾ pulgada para alimentación de aire a presión en Tolva de Sandblasting y Filtro de aire CPF.
- Boquilla número de 6, de 3/8 de pulgada.
- Manguera de 2 pulgadas para salida de la tolva con abrasivo a presión.
- Compresor de aire Sullair 225H 150 psi.
- Manguera de 3/8 pulgada para alimentación de aire al casco de Sandblasting.

3.3.3.2 Especificaciones de materia prima

- Arena natural sin alto contenido de Sílice

3.3.3.3 Especificaciones del equipo de control de calidad

- Cintas réplicas o comparador milesimal TESTEX (PRESS O FILM) de 1,5 a 4,5 mil.
- Micrómetro Análogo TESTEX.

3.3.4 Montaje de los elementos básicos en la plataforma

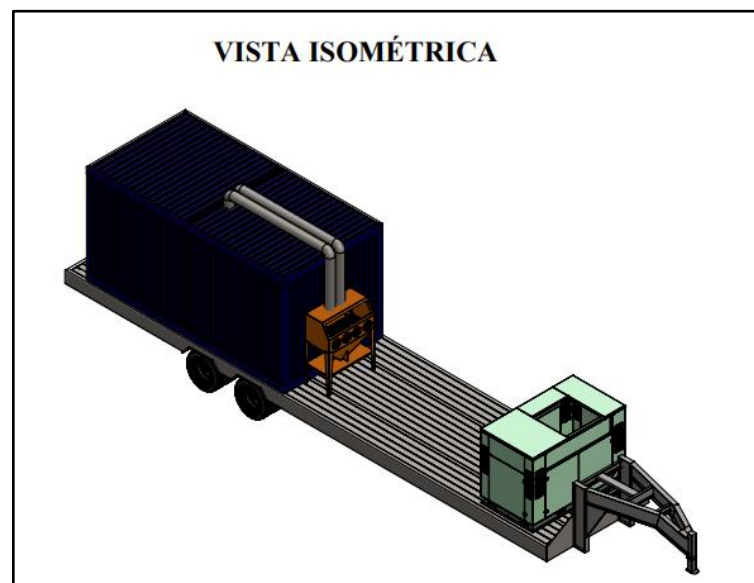


Ilustración 19-3: Vista isométrica del montaje de la plataforma

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

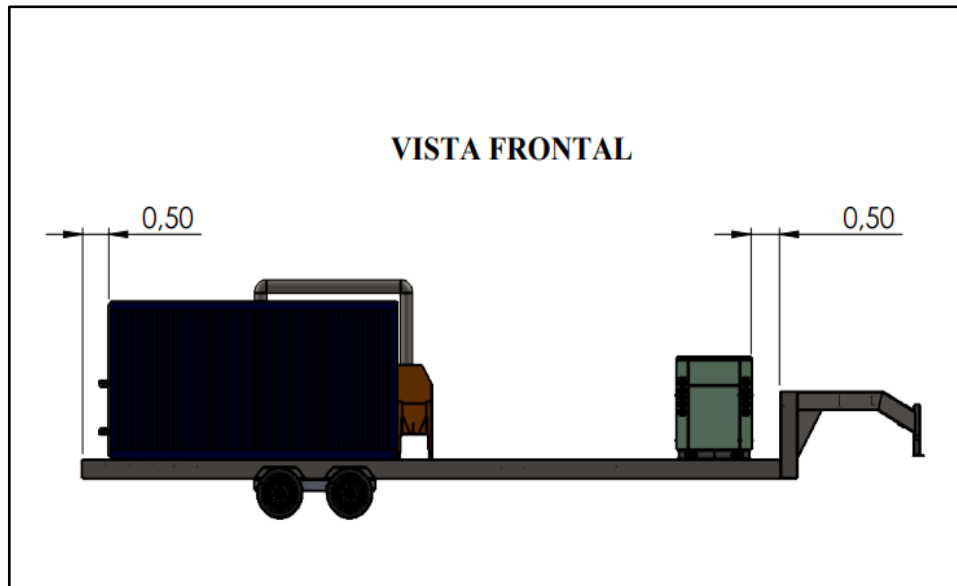


Ilustración 20-3: Vista frontal del montaje de la plataforma

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

3.3.4.1 Diagrama de ensamble del equipo de Sandblasting

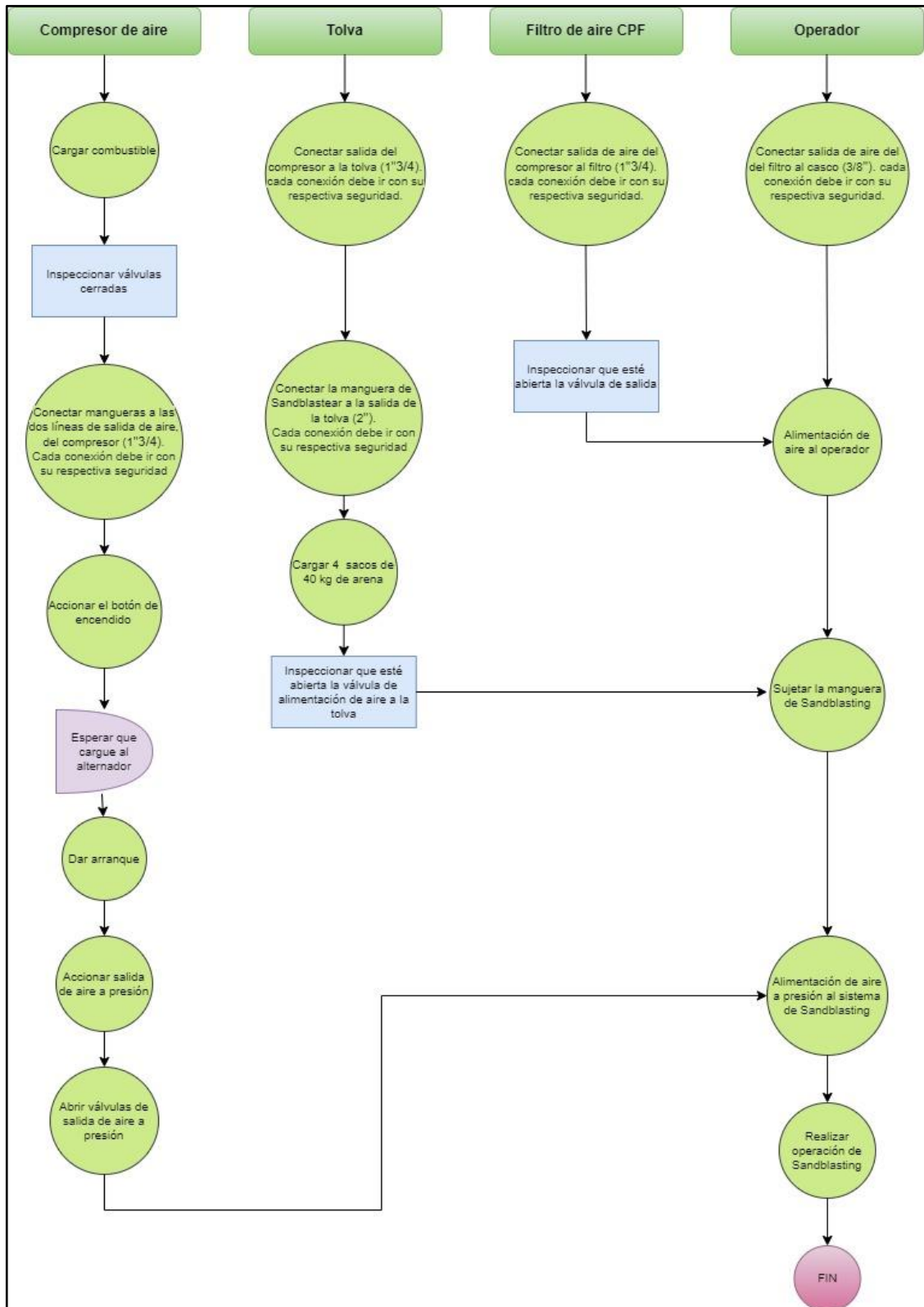


Ilustración 21-3: Diagrama de ensamble

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022.

3.3.4.2 Flujograma del proceso de Sandblasting

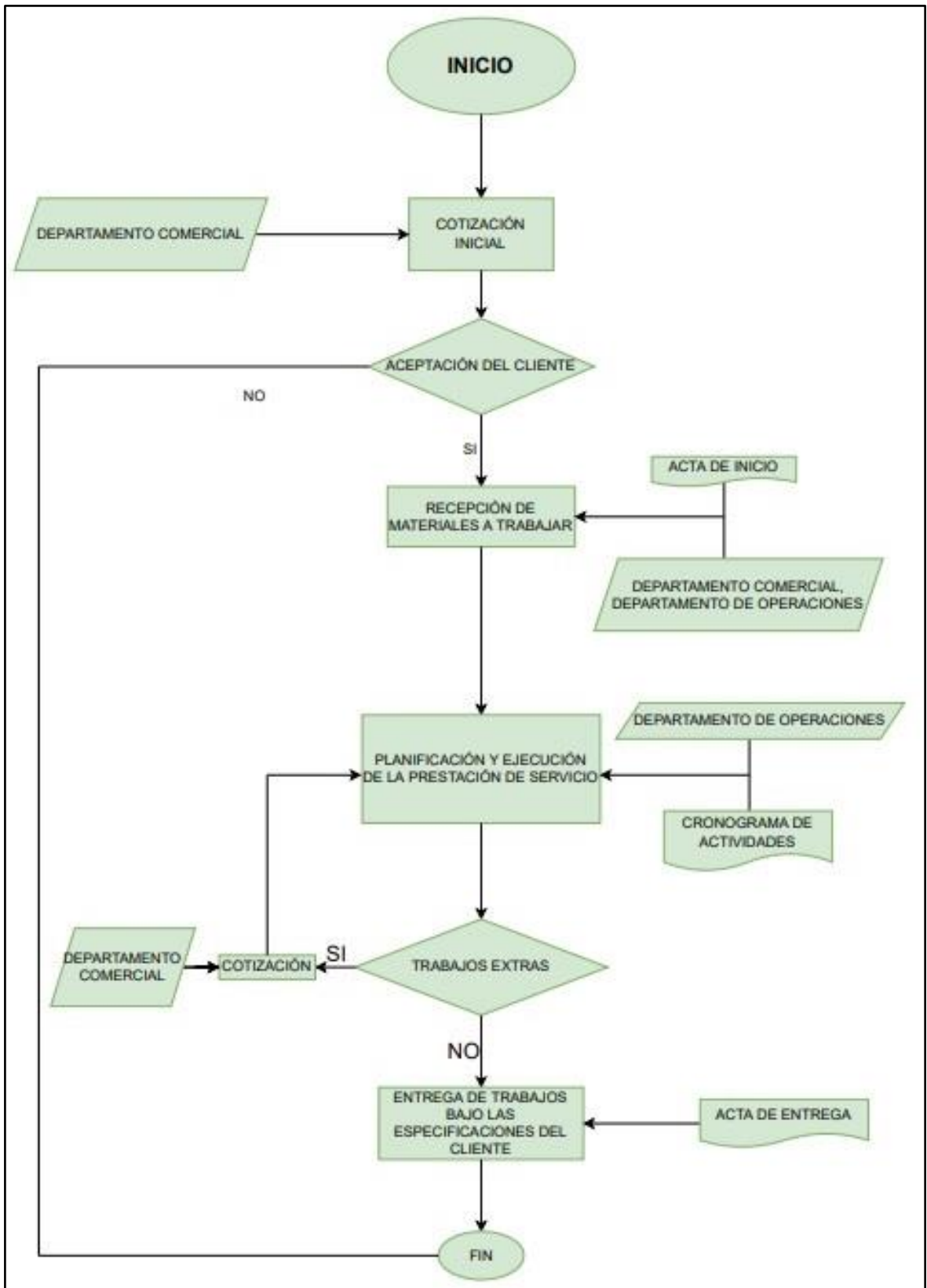


Ilustración 22-3: Flujograma del proceso

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

3.3.4.3 Características del proceso de Sandblasting

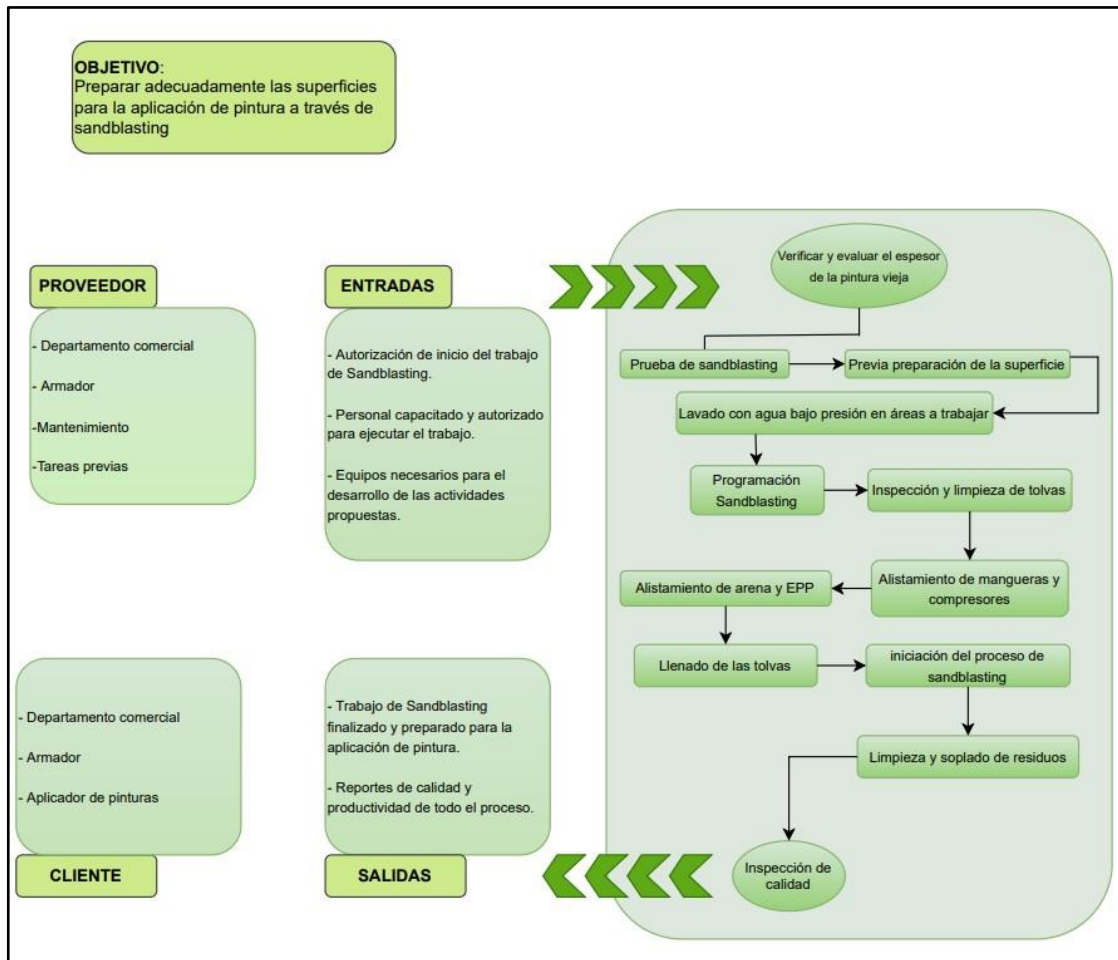


Ilustración 23-4: Característica del proceso

Realizado por: Cedeño M, Moreno K. 2022

3.3.5 Según la manipulación o no de la variable independiente

Se realiza la investigación experimental obteniendo datos de estudios a partir de la restauración superficial basada en el método del Sandblasting. De esta manera, se consideró variables de estudios como el tamaño de arena y la presión de trabajo. Por otro lado, la investigación experimental nos ayuda a tomar criterios de decisión y nos permite analizar la influencia que tienen las variables entre sí dentro de la operación. Así mismo, nos ayuda a determinar cuáles son los factores principales influyentes en la variable respuesta, la cual es el nivel de rugosidad o perfil de anclaje después de aplicar el tratamiento de restauración superficial.

3.3.6 Según las intervenciones en el trabajo de campo

Se eligió el acero al carbono como la superficie a tratar para realizar la restauración superficial basada en el método de Sandblasting, la misma que nos ayudará a obtener resultado de variable

respuesta para poder realizar un estudio factorial. El acero es uno de los principales elementos que se encuentran actualmente en deterioro dentro empresas metal mecánicas, dicho material es afectado por la corrosión.

3.4 Tipo de estudio

El presente trabajo está considerado como una investigación de tipo experimental explicativa, porque a partir del experimento se desea plantear parámetros de operación que permitan que el proceso sea eficiente. De esta manera, se elegirá el mejor tamaño de arena en cuanto a la materia prima, y la presión óptima de trabajo para el proceso de restauración del metal aplicando la norma NACE SSPC – SP10.

3.5 Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

Se determinó el tamaño de muestra para cada tratamiento usando el nivel de confianza 95%.

Las muestras son 20 probetas de acero al carbono, cuyas dimensiones son: diámetro de 6 pulgadas y profundidad de 10 cm, la misma que tiene un Grado de Oxidación D, de acuerdo con la norma ISO 8501-1. Las mismas que fueron operadas bajo las siguientes condiciones:

- 5 probetas con arena fina y 65 psi de presión.
- 5 probetas con arena gruesa y 65 psi de presión.
- 5 probetas con arena fina y 100 psi de presión.
- 5 probetas con arena gruesa y 100 psi de presión.



Ilustración 24-3: Perspectiva isométrica de las probetas

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022



Ilustración 25-3: Vista lateral de las probetas

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022



Ilustración 26-3: Arena fina

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022



Ilustración 27-3: Arena gruesa

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación

Partiendo del método de investigación documental y bibliográfica, el cual brinda un acercamiento directo a la realidad basada en fuentes confiables, el mismo que se utiliza para hacer estudios cualitativos. Se pudo obtener información relevante sobre el principio de funcionamiento de la metodología del Sandblasting, que consiste en la limpieza superficial a base de chorro a presión usando como materia prima un material abrasivo.

Con los diferentes estándares y características de operación, se pudo plantear un sistema de restauración con especificaciones técnicas del equipo y accesorios de Sandblasting, material abrasivo adecuado, y equipo de control de calidad. Así mismo, teniendo en cuenta diferentes parámetros de producción, los cuales nos ayudan a evaluar la factibilidad de este método de limpieza. Por otro lado, se plantea como idea un diseño autosustentable, el cual consta de un diseño de una plataforma, la misma que tendrá los diferentes equipos disponibles para una acción inmediata y segura de operación, donde sea que se encuentre el lugar de trabajo.

Para realizar la toma de datos, se tomarán en cuenta 20 probetas de acero, en las cuales se evaluará la variable respuesta de perfil de anclaje del acero, mismos datos que fueron tomados con un control de calidad a base de cintas réplicas Testex, después de haber realizado el Sandblasting usando la arena como abrasivo en dicha superficie. Por otro lado, se plantea un diseño factorial 2^2 con los factores de: tamaño del abrasivo y presión de trabajo. Se ha considerado tomar en cuenta como abrasivo la arena natural, ya que esta es diferente a la arena sílica, y así se puede evitar enfermedades a causa de este mineral. Es de mucha importancia contar con el equipo de protección personal integro y adecuado para realizar la ejecución de esta operación.

Gracias al análisis de diferencias mínimas significativas, se puede realizar la comparación de cada tratamiento, utilizando los valores mínimos y máximos de cada factor en relación con el promedio. Por otro lado, también se realiza la comparación de la interacción en ambos factores. En el análisis de varianza, gracias a la tabla ANOVA, se tuvo en cuenta cada tratamiento, los grados de libertad, y los cuadrados medios. De esta manera, se pudieron obtener criterios de decisión, en los cuales se los compara un valor estadístico Fisher de cada tratamiento con un valor crítico, de acuerdo a los grados de libertad del error y grados de libertad de los tratamientos.

El análisis del coeficiente de determinación nos brindará examinar como las diferencias que existe en una variable, pueden ser explicada por la influencia de una segura variable de interacción.

CAPÍTULO IV

4 MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Diseño de experimento

En el presente proyecto de investigación se realiza una prueba de perfil de anclaje en probetas de Acero al carbono, teniendo como variable respuesta el perfil de anclaje, para superficies tratada con arena fina y arena gruesa, realizando operaciones a diferentes presiones de 65 PSI y 100 PSI. Se desea saber cuál es el tamaño de arena óptimo y la presión óptima de operación.

Tabla 1-4: Datos del perfil de anclaje

<i>Tamaño de arena</i>	<i>65 PSI</i>					<i>100 PSI</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>Fina</i>	68	73	63	62	73	56	67	61	71	65
<i>Gruesa</i>	90	60	78	85	83	94	103	100	113	105

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

Tabla 2-4: Análisis de varianza arena fina

<i>Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo</i>			
<i>RESUMEN</i>	<i>65 PSI</i>	<i>100 PSI</i>	<i>Total</i>
<i>FINA</i>			
Cuenta	5	5	10
Suma	339	320	659
Promedio	67,8	64	65,9
Varianza	27,7	33	30,99

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

Tabla 3-4: Análisis de varianza arena gruesa

<i>Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo</i>			
<i>RESUMEN</i>	<i>65 PSI</i>	<i>100 PSI</i>	<i>Total</i>
<i>GRUESA</i>			
Cuenta	5	5	10
Suma	396	515	911
Promedio	79,2	103	91,1
Varianza	133,7	48,5	238,32

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

Tabla 4-1: Análisis de varianza totales de los dos factores

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo		
RESUMEN	65 PSI	100 PSI
Total		
Cuenta	10	10
Suma	735	835
Promedio	73,5	83,5
Varianza	107,83	458,72

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

Tabla 5-4: Tabla ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA						
FV	SG	GL	CM	F	FO	C. decisión
TAMAÑO DE ARENA	3175,2	1	3175,20	52,29	4,49	MS
PRESIÓN	500	1	500,00	8,23	4,49	S
TAMAÑO DE ARENA POR PRESIÓN	952,2	1	952,20	15,68	4,49	S
ERROR	971,6	16	60,73			
Total	5599	19	294,68			
R ²	83%					

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

Tabla 6-4: Tabla de Diferencia Mínima Significativas

ANÁLISIS LSD	Li	Promedio	Ls
FINO-65 PSI	60,41	67,80	75,19
FINA-100 PSI	56,61	64,00	71,39
GRUESA-65 PSI	71,81	79,20	86,59
GRUESA-100 PSI	95,61	103,00	110,39
T	2,12		
LSD	7,39		

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

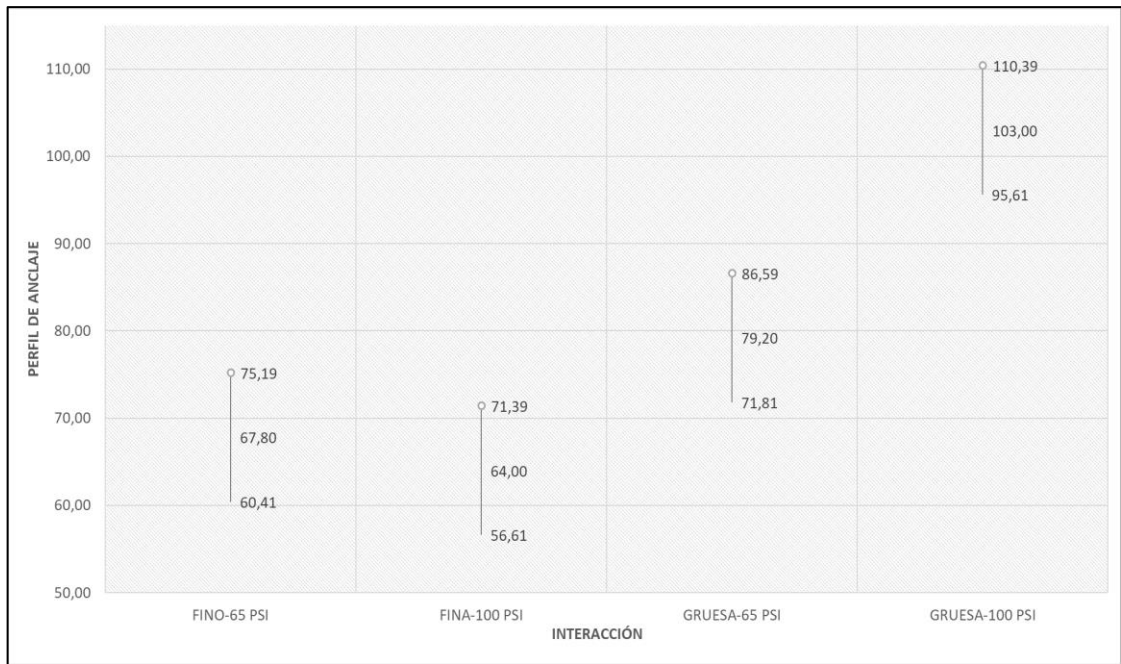


Ilustración 1-4: Interacción entre tamaño de arena y presión

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

4.2 Análisis de riesgos según matriz INSHT actual



MATRIZ DE RIESGOS "INSHT"														
 ESPOCH <small>ESTADO PLAZA DE OBREROS DEL CARBÓN</small> <small>ESTADO PLAZA DE OBREROS DEL CARBÓN S.A. DE C.V.</small>		IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS					Código: Revisión: 001							
ELABORADO POR : MORENO KARIN, DANIELA CEDERO														
EMPRESA: PUESTO DE TRABAJO: LIMPIEZA SUPERFICIAL SUPERFICIAL														
Nº DE TRABAJADORES TOTAL: 2 HOMBRES: 2 MUJERES: DISCAPACITADOS:														
TIEMPO DE EXPOSICIÓN: DEPENDE DE LA SUPERFICIE DE TRABAJO														
PROCESO: OPERACIÓN DE SANDBLASTING														
ACTIVIDAD PRINCIPAL: ARENADO DE LA SUPERFICIE (ACERO AL CARBONO)														
														
Nº	Peligro Identificativo	Probabilidad			Consecuencias			Estimación del Riesgo				OBSERVACIONES		
		B	M	A	LD	D	ED	I	TO	M	I	IN		
1	Caida de personas a distinto nivel													
2	Caida de personas al mismo nivel													
3	Caida de objetos por deslizos o derrumbamientos		1		1				TO					Se corre el riesgo de caída al mismo nivel por las mangueras u objetos que se encuentran en el piso.
4	Caida de objetos en manipulación	1				1			TO					Se corre el riesgo de la caída de objetos cuando estamos realizando el ambiente de las diferentes mangueras y equipos.
5	Caida de objetos desorganizados													
6	Pluaja sobre objetos			1	1					M				Se corre el riesgo de pasar las diferentes mangueras y equipos que se encuentran en el área de trabajo
7	Choque contra objetos inmóviles	1			1				I					Se corre el riesgo de chocar con los diferentes equipos de Sandblasting ubicados en el área
8	Choque contra objetos móviles													
9	Golpes/cortes por objetos hextramentados													
10	Proyección de fragmentos o partículas			1		1					I			Se corre el riesgo de ser lastimado con las partículas del chorro de arena.
11	Disorden / obstáculos en el piso					1					I			Existen diferentes obstáculos en el área de trabajo, no se cuenta con un sistema ordenado
12	Atrapeamiento por o entre objetos													
13	Atrapeamiento con vuelco de maquinas o vehículos													
14	Atrapeo o golpes por vehículos													
15	Temperatura elevada													
16	Temperatura baja													
17	Iluminación insuficiente						1							
18	Ruido			1		1					I			Existe el riesgo de ser perjudicado auditivamente por los altos decibelios de ruido.
19	Ventilación insuficiente													
20	Contactos eléctricos directos													
21	Contactos eléctricos indirectos													
22	Contactos térmicos													
23	Exposición a radiaciones ionizantes													
24	Exposición a radiaciones no ionizantes													
25	Incendios													
26	Exposiciones													
27	Estrés Térmico													
28	Vibraciones													
29	Exposición a polvos inorgánicos (mineral o metálico)		1				1				I			Exposición a la contaminación, al operar en un lugar al aire libre. Y a su vez, exposición a polvos por el material abrasivo a utilizar.
30	Exposición a polvos químicos y Orgánicos													
31	Exposición a aerosoles sólido													
32	Exposición a aerosoles líquidos													
33	Exposición a desinfectantes y sustancias de limpieza													
34	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas													
35	Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas													
36	Exposición a gases y vapores													
37	Exposición a virus													
38	Exposición a bacterias													
39	Parásitos													
40	Exposición a hongos													
41	Exposición a derivados y fluidos orgánicos													
42	Exposición a animales, tarántulas, serpientes, perros, etc.													
43	Presencia a vectores (roedores/insectos, moscas, etc.)													
44	Sobrecarga (empuje y arrastre de cargas)					1					M			Se corre el riesgo por los distintos movimientos de los equipos de Sandblasting que realiza el operario y el ayudante.
45	Sobrecarga físico / sobre tensión (levantamiento de cargas)													
46	Transporte manual de cargas													
47	Movimientos repetitivos			1	1						M			Se corre el riesgo por los diferentes movimientos repetitivos que realiza el operador al realizar el proceso de Sandblasting.
48	Posturas forzadas (de pie, sentada, encorvado, acostada)			1		1					I			Se corre el riesgo por que se mantiene en una postura de pie todo el tiempo para realizar el proceso de Sandblasting.
49	Uso de pantallas de visualización PVDs													
50	Dimensiones del puesto de trabajo													
51	Confort acústico													
52	Confort térmico													
53	Confort lumínico													
54	Calidad de aire													
55	Organización del trabajo													
56	Distribución del trabajo													
57	Carga Mental													
58	Contenido del Trabajo													
59	Definición del Rol													
60	Supervisión y Participación													
61	Estrés Laboral			1		1					TO			Al contar con muchas actividades a realizar, tanto el operario y el ayudante, son propensos a tener un estrés laboral elevado.
62	Interés por el Trabajo													
63	Relaciones Personales													
64	Alta responsabilidad													
65	Actos delictuales													
66	Desmotivación													
67	Violencia Social													

Ilustración 2-4: Matriz INSHT Actual

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

Seleccionando los riesgos más importantes en cuanto a la estimación del riesgo. Se plantea un plan de mitigación para los riesgos analizados durante el proceso de Sandblasting, basándonos en el Decreto 2393, donde se considera lo siguiente:

- **Proyección de fragmentos o partículas.** Según el Decreto Ejecutivo 2393 (1986), Art. 178. Protección de cara y ojos. Será obligatorio el uso de protección personal de cara y ojos en todos los lugares aquellos en donde se pueda estar expuestos a lesiones.
- **Desorden/obstáculos en el piso.** Según el Decreto Ejecutivo 2393 (1986), Art. 75. Colocación de materiales y útiles. Se prohíbe almacenar en las proximidades de las máquinas, herramientas y útiles de la misma. Se establecerán zonas de almacenamiento, de modo que no exista ningún elemento que constituya un obstáculo para los operarios y ayudantes.
- **Ruido.** Según el Decreto Ejecutivo 2393 (1986), Art. 179. Protección auditiva. Los protectores auditivos ofrecerán la atenuación suficiente. Los protectores auditivos serán de uso personal. Se recomienda realizar también periodos de descanso.
- **Posturas forzadas.** Según la OIT, Organización Internacional del Trabajo (2013), al ejecutar esta labor de trabajo, se deben respetar las normas y procedimientos, trabajar en equipo, realizar pusas de descanso en los horarios de trabajo.
- **Exposición a polvos orgánicos.** Según el Decreto Ejecutivo 2393 (1986), Art. 180. Protección de vías respiratorias, es de vital importancia utilizar el equipo de protección personal adecuado y certificado, usar ventiladores y extractores con mangas en lugares cerrados, limpieza periódica del polvo decantado, control médico de los trabajadores cada periodo de trabajo, considerar pausar activas en el trabajo.

4.3 Análisis de riesgos según matriz INSHT aplicado el diseño de plataforma



MATRIZ DE RIESGOS "INSHT"												
 ESPOCH <small>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</small> <small>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL SUR</small>		IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS					Código: Revisión: 002					
ELABORADO POR : MORENO KARIN, DANIELA CEDEÑO												
EMPRESA:												
PUESTO DE TRABAJO: LIMPIEZA SUPERFICIAL SUPERFICIAL												
Nº DE TRABAJADORES TOTAL: 2 HOMBRES: 2 MUJERES: DISCAPACITADOS: () Evaluación: Inicial												
TIEMPO DE EXPOSICIÓN: DEPENDE DE LA SUPERFICIE DE TRABAJO												
PROCESO: OPERACIÓN DE SANDBLASTING (M) Periódica												
ACTIVIDAD PRINCIPAL: ARENADO DE LA SUPERFICIE (ACERO AL CARBONO).												
												
#	Peligro Identificativo	Probabilidad			Consecuencias			Estimación del Riesgo			OBSERVACIONES	
		B	M	A	LD	ED	TC	M	I	RA		
1	Caida de personas a distinto nivel	1				1						Se corre el riesgo de caída, ya que se realiza la operación encima de la plataforma.
2	Caida de personas al mismo nivel											
3	Caida de objetos por desmayo o desorientamiento											
4	Caida de objetos en manipulación											
5	Caida de objetos desordenados											
6	Piñada sobre objetos											
7	Choque contra objetos móviles	1			1							Se corre el riesgo de chocar con los diferentes equipos de Sandblasting ubicados en el área.
8	Choque contra objetos móviles											
9	Proyecciones por objetos, herramientas											
10	Proyección de fragmentos o partículas		1			1						Se corre el riesgo de ser lastimado con las partículas del chorro de arena.
11	Desmayo / desatubidos en el piso											
12	Desmayo por el andar objetos											
13	Atravesamiento por vueltas de máquinas o vehículos											
14	Atropello o golpes por vehículos											
15	Temperatura elevada											
16	Temperatura baja											
17	Illuminación insuficiente											
18	Ruido			1		1						Corre el riesgo de ser perjudicado auditivamente por los altos decibelios de ruido.
19	Ventilación insuficiente											
20	Contactos eléctricos directos											
21	Contactos eléctricos indirectos											
22	Contactos térmicos											
23	Exposición a radiaciones ionizantes											
24	Exposición a radiaciones no ionizantes											
25	Incendios											
26	Exposiciones											
27	Estrés térmico											
28	Vibraciones											
29	Exposición a polvo inorgánicos (mineral o metálico)											
30	Exposición a gases, vapores y neblinas											
31	Exposición a aerosoles sólido											
32	Exposición a aerosoles líquidos											
33	Exposición a desinfectantes y sustancias de limpieza											
34	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas											
35	Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas											
36	Exposición a gases y vapores											
37	Exposición a virus											
38	Exposición a bacterias											
39	Parásitos											
40	Exposición a hongos											
41	Exposición a arácnidos y ácaros similares											
42	Exposición a animales: ranas, serpientes, perros, etc.											
43	Presencia de vectores (mosquitos, moscas, etc.)											
44	Sobrecarga (cargas y arrastre de cargas)											
45	Sobrecarga físico / sobre tensión (levantamiento de cargas)											
46	Transporte manual de cargas											
47	Movimientos repetitivos	1		1		1			M			Se corre el riesgo por los diferentes movimientos repetitivos que realiza el operador al realizar el proceso de Sandblasting.
48	Posturas forzadas (de pie, sentada, encorvado, acostada)											Se corre el riesgo por que se mantiene en una postura de pie todo el tiempo para realizar el proceso de Sandblasting.
49	Uso de pantallas de visualización PVDs											
50	Dimensiones del puesto de trabajo											
51	Confort acústico											
52	Confort térmico											
53	Confort lumínico											
54	Cualidad de aire											
55	Organización del trabajo											
56	Distribución del trabajo											
57	Carga Mental											
58	Contenido del Trabajo											
59	Definición del Rol											
60	Supervisión y Participación											
61	Estrés Laboral											
62	Interés por el Trabajo											
63	Relaciones Personales											
64	Alta responsabilidad											
65	Actos delictivos											
66	Discriminación											
67	Violencia Social											

Ilustración 3-4: Matriz INSHT después de aplicar el diseño de la plataforma

Realizado por: Cedeño M; Moreno K. 2022

En base al diseño autosustentable planteado de una plataforma, la cual cuenta con los equipos ya ensamblados y puestos a funcionamiento, se obtiene una disminución de los riesgos mecánicos, riesgos químicos, riesgos ergonómicos y psicosociales. De esta manera, se describe un plan de mitigación para los riesgos más importantes analizados durante el proceso de Sandblasting, basándonos en el Decreto Ejecutivo 2393, donde se considera lo siguiente:

- **Ruido.** Según el Decreto Ejecutivo 2393 (1986), Art. 179. Protección auditiva. Los protectores auditivos ofrecerán la atenuación suficiente. Los protectores auditivos serán de uso personal. Se recomienda realizar también periodos de descanso.
- **Posturas forzadas.** Según la OIT, Organización Internacional del Trabajo (2013), al ejecutar esta labor de trabajo, se deben respetar las normas y procedimientos, trabajar en equipo, realizar pausas de descanso en los horarios de trabajo.
- **Proyección de fragmentos o partículas.** Según el Decreto Ejecutivo 2393 (1986), Art. 178. Protección de cara y ojos. Será obligatorio el uso de protección personal de cara y ojos en todos los lugares aquellos en donde se pueda estar expuestos a lesiones.

CONCLUSIONES

- Realizando una investigación documental a través de fuentes bibliográficas y una investigación de campo con los conocimientos adquiridos en la experiencia laboral, se pudo obtener información relevante acerca del proceso de Sandblasting, lo que permitió adquirir conceptos claros para el desarrollo del presente proyecto.
- Planteando los diferentes parámetros de operación y las características técnicas de los equipos, se pudo obtener un sistema de reparación superficial, el mismo que permite incrementar los índices de eficiencia, calidad, productividad y confiabilidad en empresas metal mecánicas.

Eficiencia:

- **Antes (Manual Mecánica)**

1 hora en la reparación de 1 m²

- **Después (Sandblasting)**

30 min en la reparación de 1 m²

Calidad:

- **Antes (Manual Mecánica)**

70 % del material con buen acabado superficial

- **Después (Sandblasting)**

- 100 % del material con buen acabado superficial

Productividad:

- **Antes (Sandblasting – Otro material abrasivo)**

Costo de material abrasivo/40 kg = \$ 8,00

- **Después (Sandblasting – Arena natural)**

Costo de material abrasivo/40 kg = \$2,00

- Realizando un diseño experimental factorial, se pudo concluir que se logra un alto perfil de anclaje con una arena gruesa y con una presión de 100 psi. Con un nivel de confianza del 95% demuestra que la presión de 100 psi con arena gruesa genera un perfil de anclaje entre (95,61 a 110,39) micras, con un promedio de 103 micras.

Confiabilidad:

- **Parámetros de operación**

Material abrasivo: Arena natural

Presión de trabajo: 100 psi

Resultado promedio: 103 micras = 4,05 mils

- Por otro lado, se concluye que el 83% de la variabilidad de los datos se ve expresada por el tamaño de la partícula y la presión de operación. Es decir, mientras mayor sea el valor del coeficiente de determinación, se concluye que mejor es la ecuación de regresión.
PERFIL DE ANCLAJE = $94,8 - 39,9 A - 0,503 B + 0,789 A*B$.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, para realizar las pruebas de control de calidad, los instrumentos de medición estén correctamente calibrados y con la respectiva certificación de calibración. Así mismo, que las cintas réplicas estén en buenas condiciones para que no haya desfases en la toma de datos del perfil de anclaje.
- Se recomienda la utilización de un compresor que supere los 100 psi, para que exista una operación eficiente, un suministro de aire correcto, y no haya pérdidas, ni contra tiempos en el proceso de Sandblasting.

BIBLIOGRAFÍA

3M. *Casco L-905.* pág. 2. [en línea] disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/947264O/3m-prot-resp-papr-casco-granallado-l-905.pdf>

APAZA APAZA, CLEVER. *Estudio de los principales productos para granallado, que se fundamentan en el proceso de sandblasting, en tareas de limpieza y preparación de superficies, en variados tipos de industrias, Arequipa-Perú, 2019.* Arequipa : s.n., 2019.[en línea] disponible en: <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/20.500.14179/189/1/TIPB%20CAA.pdf>

BELTRÁN VELA, DIEGO ALEJANDRO. *Evaluación de los factores que pueden afectar la apariencia de una superficie de concreto texturizada por medio de lavado abrasivo (sandblasting).* Bogotá : s.n., 2020.

BULLARD. *Filtros serie 41.* Toronto : s.n. pág. 2 [en línea] disponible en: <http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/189>.

CHIPAXA. *Boquilla Venturi Larga de Silicio.* Ciudad de México : s.n. pág. 2. disponible en: <https://www.chipaxa.com/productos/catalogo/12/boquilla-venturi-larga-de-silicio>

COVALCA. *INDUSTRIAL PRODUCTS.* pág. 81[en línea] recuperado. disponible en: <https://covalcagroup.com/wp-content/uploads/2018/03/Catalogo-Industrial.pdf>.

CYM MATERIALES S.A. *Equipos de Arenado y Granallado Manual.* Buenos Aires : s.n. pág. 7. [en línea] disponible en: <https://www.metalcym.com.br/intranet/Equipos-portatiles-Tolvas-granallado-arenado-cym.pdf>

DAVILA ZUÑIGA, PEDRO JUAN Y CALLE CALLE, PAOLO ADRIANO. *Estudio de la variabilidad de la adherencia generada por diferentes granulometrías de arena utilizada como abrasivo en la preparación de superficies para un sistema de recubrimiento Primer-IOZ.* Arequipa, Perú : UNSA, 2018.[en línea] disponible en : <http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/189>

GUINEA CASTELLVÍ, JOSÉ MIGUEL. *MF1314_1 Limpieza de instalaciones y equipamientos industriales.* Murcia : Cano Pina, 2016. 9788416338382.

INTACO.. *Arena Sílica 20-40*. Guayaquil : s.n. [en línea], 2020. pág. 2. disponible en: https://www.intaco.com/panama/wp-content/uploads/sites/7/2020/11/ft_arena_silica_20_40.pdf

LUCAS GRANADOS, BIANCA, LUCAS GRANADOS, BIANCA Y SÁNCHEZ TOVAR, RITA. *Corrosión*. Valencia : Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2018. 9788490487280.

LUGO, EDGAR SARABIA. *Estudio de la influencia de los parámetros del proceso de Sandblast sobre acabado superficial de placas metálicas de acero AISI 1018*. [en línea] México DF : Caso de estudio: Construcciones Industriales Tapia, 2017. disponible en: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/103/1/SarabiaLugoEdgar%20MANAV%202017.pdf>

MOSCOSO, JOSE SANCHEZ. *Procesos de acabados Sandblasting*. [En línea] 30 de 3 de 2018. disponible en: <https://procesosdeacabados.weebly.com/sandblasting.html>.

NACE. *Programa de Inspectores de Recubrimientos Nivel 1*. 2007.[en línea] recuperado. disponible en: https://www.academia.edu/34390992/Programa_de_Certificaci%C3%B3n_de_Inspectores_de_Recubrimientos_Nivel_1_Manual_del_Estudiante

SULLAIR. 2016. *COMPRESORES ESTACIONARIOS A TORNILLO*. 2016. pág. 2. [en línea] recuperado. disponible en: https://america.sullair.com/sites/default/files/2022-07/LIT%20Sullair%20LS%20Series%20Brochure_SAPLSSeriesES202207-9_ES.pdf

Valencia Urrego, Talia Valentina. 2017. *Diseño de material didáctico sobre peligro biomecánico para operarios de empresas metalúrgicas*. Bogotá : s.n., 2017. [en línea] disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/6239>

ANEXOS

ANEXO A: COMPRESOR DE AIRE SULLAIR 225H



ANEXO B: FILTRO DE AIRE CPF



ANEXO C: TOLVA PARA ARENADO



ANEXO D: ENTRADA DE AIRE A LA TOLVA DE ARENADO



ANEXO E: SALIDA DE AIRE DE LA TOLVA DE ARENADO



ANEXO F: BOQUILLA DE ARENADO #6 DE 3/8"



ANEXO G: CASCO DE ARENADO



ANEXO H: CONEXIÓN DE FILTRO CPF A CASCO DE ARENADO



ANEXO I: OPERADOR DE SANDBLASTING



ANEXO J: OPERACIÓN DE ARENADO INTERNO



ANEXO K: OPERACIÓN DE ARENADO EXTERNO

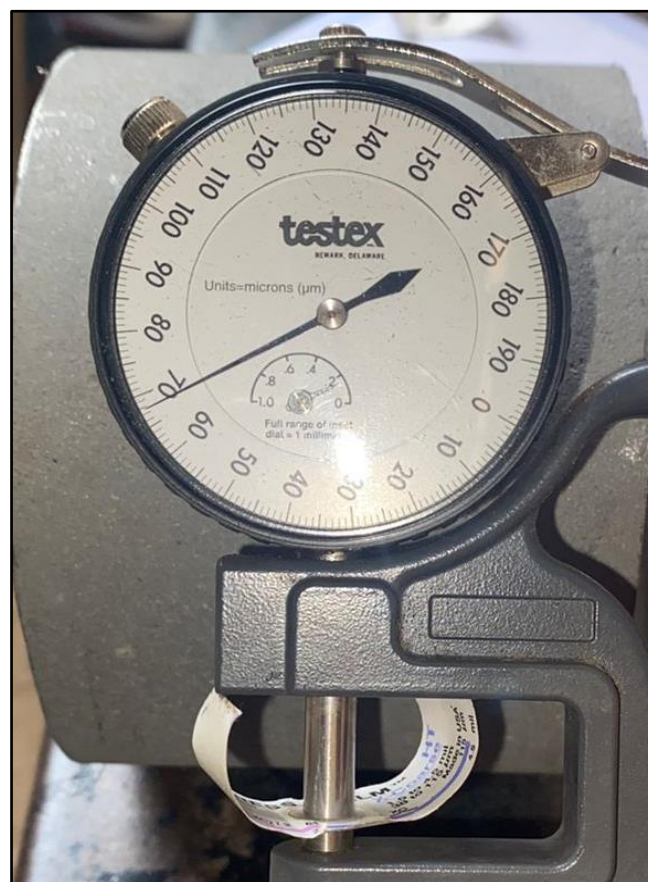


ANEXO L: SUPERFICIE DESPUÉS DE REALIZAR LA LIMPIEZA SUPERFICIAL – SSPC

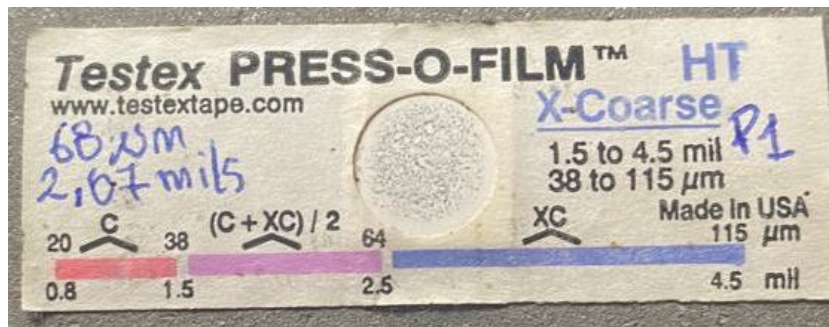
SP 10



ANEXO M: MICRÓMETRO PARA MEDIR RUGOSIDAD EN LOS TESTIGOS



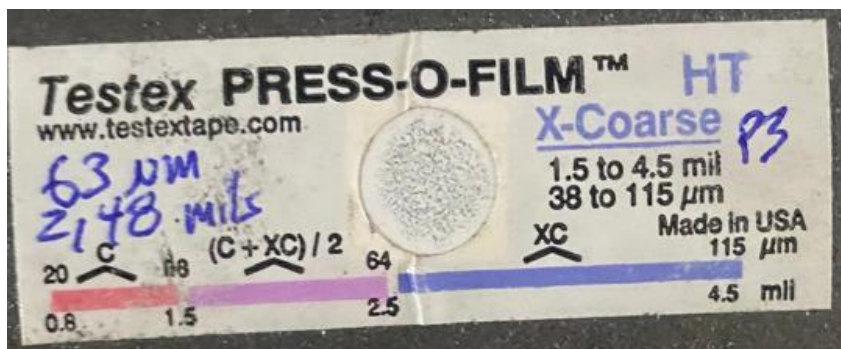
ANEXO N: PROBETA 1



ANEXO O: PROBETA 2



ANEXO P: PROBETA 3



ANEXO Q: PROBETA 4



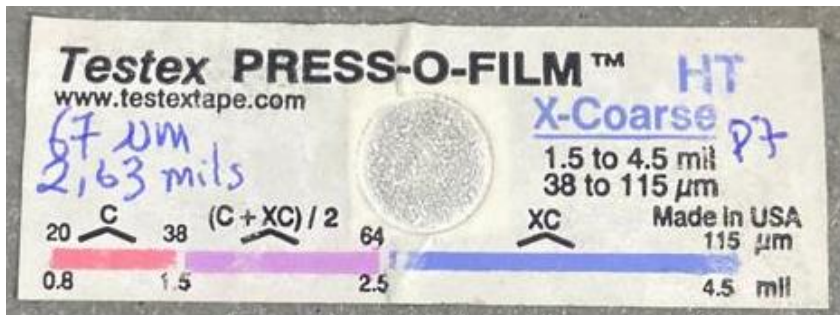
ANEXO R: PROBETA 5



ANEXO S: PROBETA 6



ANEXO T: PROBETA 7



ANEXO U: PROBETA 8



ANEXO V: PROBETA 9



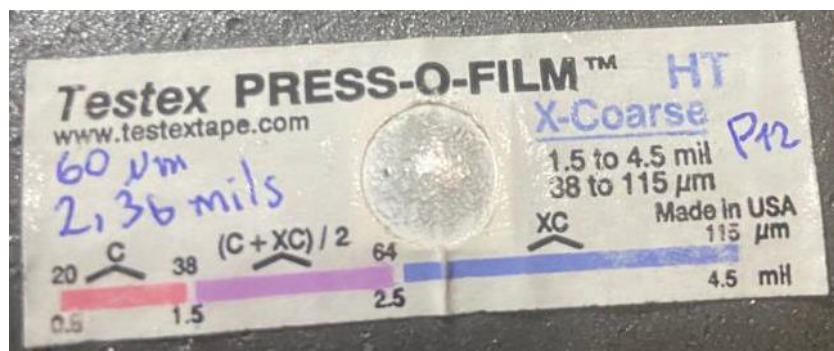
ANEXO W: PROBETA 10

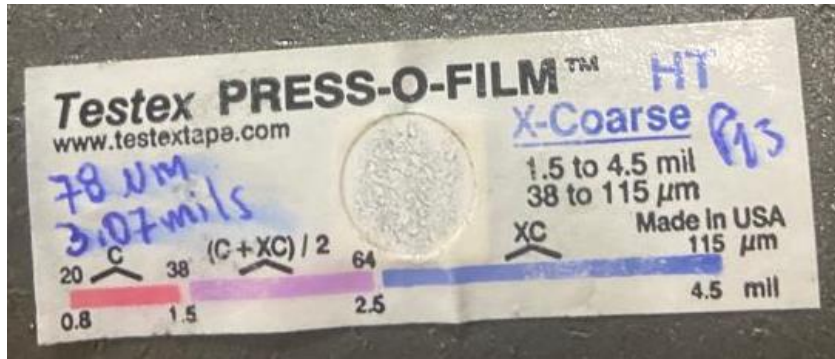


ANEXO X: PROBETA 11



ANEXO Y: PROBETA 12





ANEXO Z: PROBETA 14



ANEXO AA: PROBETA 15



ANEXO BB: PROBETA 16



ANEXO CC: PROBETA 17



ANEXO DD: PROBETA 18



ANEXO EE: PROBETA 19



ANEXO FF: PROBETA 20

