



UNIVERSIDAD LAICA

“ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA

Trabajo de titulación, modalidad Proyecto Técnico

TÍTULO:

**“DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
MÁQUINA GRANALLADORA PARA LA CARRERA DE
INGENIERÍA MARÍTIMA”**

AUTORES:

MENDOZA GAVILÁNEZ RUBÉN DARÍO

VILLAFUERTE SORNOZA JENDER MARCELO

TUTOR:

ING. ISRAEL TERÁN LOZANO

MANTA – ECUADOR

2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA MODALIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado previamente el Trabajo de Integración Curricular, bajo la autoría de los estudiantes **VILLAFUERTE SORNOZA JENDER MARCELO** y **MENDOZA GAVILANEZ RUBEN DARIO**, legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico **2026-1**, cumpliendo el total de **384 horas**, cuyo título del proyecto es **“DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA GRANALLADORA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”**.

El presente proyecto ha sido desarrollado en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 7 de julio de 2026

Lo certifico,



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ISRAEL TERAN LOZANO

Israel Terán Lozano
Docente Tutor
Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

El trabajo de grado que presentamos es inédito y justifica el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 15 de julio de 2026



Villafuerte Sornoza Jender Marcelo

CI: 1317617



Mendoza Gavilanez Ruben Dario

CI: 1316719655



Israel Terán Lozano

CI: 1104213093

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Los suscritos, integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis titulada **“DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA GRANALLADORA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”**. que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **VILLAFUERTE SORNOZA JENDER MARCELO** y **MENDOZA GAVILANEZ RUBEN DARIO**, previa la obtención del título de Ingeniero Marítimo, de acuerdo con la GUÍA DE PROYECTO TÉCNICO de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA ULEAM.

MIEMBRO TRIBUNAL 1

MIEMBRO TRIBUNAL 2

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a mi Dios todopoderoso, por darme esa salud, fuerza y vida para seguir adelante y avanzar con este principio y fin de este logro y no dejarme solo, a mi esposa, Elisa Genoveva Marcillo Mecias por estar en las buenas y malas a mi lado, darme ese apoyo, ese amor, esa paciencia y fe de que puedo lograrlo todo, a mis papás María Sornoza y Marcelo Villafuerte por estar ahí conmigo, tener su voz de apoyo en cada momento, enseñarme a no rendirme pese a las circunstancias que la vida coloca en el camino de cada ser humano; esta dedicatoria es para ustedes, sin ustedes no habría llegado hasta aquí.

Villafuerte Sornoza Jender Marcelo

A dios que fue mi guía en todo momento, a mis padres y hermana por su amor, apoyo constante, y motivación durante todo el proceso académico, También deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi novia, por su amor y su compañía, A mi querida mascota Briza, quien formó parte importante de mi vida y me acompañó durante muchos momentos significativos. Deseo expresar un reconocimiento muy especial a mi maestro Daniel Rodríguez, gracias a su paciencia, dedicación y disposición para enseñar. Este logro también es de ustedes motivación y confianza fueron fundamentales para mantenerme firme en el camino hacia la culminación de esta meta profesional.

Mendoza Gavilánez Ruben Darío

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento se dirige a quien ha forjado nuestro camino y nos ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, que en todo momento está con nosotros ayudándonos a aprender de nuestros errores, por brindarnos sabiduría y fortaleza para alcanzar nuestros objetivos.

Agradecimiento a la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí” por habernos aceptado ser parte de ella para poder estudiar nuestra carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos, su apoyo, amabilidad y motivación, por ser nuestros guías para seguir adelante día a día en nuestra formación como docente.

A las autoridades de la Facultad y de la carrera, quienes siempre estuvieron prestos a escucharnos cada vez que surgió alguna inquietud durante nuestra vida universitaria.

Y cómo no mencionar a nuestro tutor de proyecto técnico, al Ing. Israel Terán Lozano, quien con paciencia y sabiduría nos orientó en cada proceso de nuestro trabajo de titulación para que sea un verdadero éxito académico.

Villafuerte Sornoza Jender Marcelo

Mendoza Gavilánez Ruben Darío

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

TÍTULO	13
ANTECEDENTES	13
JUSTIFICACIÓN	13
PROPUESTA.....	14
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	15
1.1 Introducción a los tratamientos superficiales.....	15
1.2 La importancia de una preparación superficial.....	16
1.3 La oxidación	16
1.4 La corrosión	17
1.4.1 Tipos de corrosión.....	18
1.4.1.1 Corrosión galvánica	18
1.4.1.2 Corrosión por picadura o pitting.....	18
1.4.1.3 Corrosión por erosión	19
1.4.1.4 Cavitación	20
1.5 Condiciones de una superficie	21
1.6 Estándares internacionales de preparación de superficies	21
1.7 La NACE (National Association of Corrosion Engineers).....	24
1.8 Norma NACE MR0175	24
1.9 El estándar MR0103	24
1.10La ISO (International Standards Organization)	25
1.11La Norma ISO 12944 y 9227.....	25
1.12Normas SSPC	26
1.12.1 SSPC-SP-1 (Limpieza con Solventes)	27
1.12.2 SSPC-SP-2 (Limpieza con herramientas manuales)	28
1.12.3 SSPC-SP-3 (Limpieza con herramientas manuales mecánicas)	28
1.12.4 Limpieza con chorro abrasivo ráfaga.....	29
1.12.5 SSPC-SP-5- NACE N°1	29
1.12.6 SSPC-SP-6-NACE N°3	29
1.12.7 SSPC-SP-7-NACE N°4	30
2 CAPÍTULO II: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	31
2.1 Modelado en Solidworks	31

2.2 Sistema de conjunto motriz	32
2.2.1 Motor.....	32
2.2.2 Plato giratorio.....	33
2.2.3 Manzana Del Eje.....	34
2.2.4 Caja del motor	35
2.2.5 Estrella	36
2.3 Equipo de recolección y almacenamiento	37
2.3.1 Tanque de almacenamiento.....	37
2.3.2 Tolva	38
2.3.3 Malla	41
2.4 Accesorios y equipos auxiliares.....	42
2.4.1 Bases regulables de la cabina.....	42
2.4.2 Extractor.....	43
2.4.3 Luminaria	43
2.4.4 Pistola de granalla	45
2.4.5 Mangas y guantes.....	46
2.4.6 Ventana de vinilo	47
2.4.7 Puerta	48
2.4.8 Compresores.....	48
2.5 Sistema eléctrico	50
2.6 Detalle de costes y materiales utilizados para la fabricación de la máquina	52
3 CAPITULO III: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	54
3.1 Procesos operativos de la cabina de granallado.....	55
3.2 Pruebas de funcionamiento de la máquina	57
• Prueba de funcionamiento N.º 1	57
• Prueba de funcionamiento N.º 2	59
• Prueba de funcionamiento N.º 3	60
• Prueba de hermeticidad de la cabina de granallado	61
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trabajador industrial	16
Figura 2. Oxidación	17
Figura 3. Corrosión	17
Figura 4. Understanding Galvanic Corrosión.	18
Figura 5. Corrosión de Pitting	19
Figura 6. Análisis de corrosión y erosión en equipos utilizando CFD	20
Figura 7. Daño producido por cavitación	20
Figura 8. Limpieza con Solventes	27
Figura 9. Limpieza con herramientas manuales	28
Figura 10. Limpieza con herramientas manuales mecánicas.....	28
Figura 11. Limpieza con chorro abrasivo ráfaga	29
Figura 12. Limpieza con chorro abrasivo	30
Figura 13. Cabina Samblasting (Vista isometrica)	31
Figura 14. Cabina Samblasting (Frontal).....	31
Figura 15. Motor.....	32
Figura 16. Grados de Protección IP	33
Figura 17. Plato de aluminio.....	33
Figura 18. Manzana de aluminio	34
Figura 19. Caja protectora del motor	36
Figura 20. Estrella.....	36
Figura 21. Acoplamiento estrella-cabina.	37
Figura 22. Tanque de almacenamiento.	38
Figura 23. Tolva.....	39
Figura 24. Guía para el acoplamiento de la tolva.	39
Figura 25. Rejilla	41
Figura 26. Bases regulables.	42
Figura 27. Extractor	43
Figura 28. Iluminaria	44
Figura 29. Soporte para iluminaria.	44

Figura 30. Evaluación de iluminación en la cabina.	45
Figura 31. Pistola de granalla.	45
Figura 32. Mangas y guantes	46
Figura 33. Acople para mangas	47
Figura 34. Ventana de vinilo	48
Figura 35. Puerta de acceso a la cabina (parte interna).	48
Figura 36. Compresor.	50
Figura 37. Caja eléctrica.	51
Figura 38. Cabina de sandblasting terminada.	54
Figura 39. La regulación del compresor.	56
Figura 40. Granalla.	56
Figura 41. Elemento metálico para granallar.	58
Figura 42. Resultados del proceso de granallado.	58
Figura 43. Segunda prueba de funcionamiento	59
Figura 44. Resultado de segunda prueba de funcionamiento	60
Figura 45. Tercera prueba de funcionamiento.	60
Figura 46. Resultado de la tercera prueba de funcionamiento.	61
Figura 47. Prueba de hermeticidad de la máquina.	62
Figura 48. Sello automotriz	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas importantes de preparación de superficies	23
Tabla 2. Categoría de Corrosión	26
Tabla 3. Evolución de las normas SSPC.....	27
Tabla 4. Tabla de Equivalencia Awg a MM2.	51
Tabla 5. Detalles de costo de la cabina Sandblasting.	53
Tabla 6. Parámetros importantes del granallado a presión.	57
Tabla 7. Componentes del sistema de sellado	61

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo como objetivo el diseño y construcción de una cabina de granallado destinada al tratamiento superficial de piezas metálicas mediante la proyección de abrasivo a presión. Este proceso permitió la eliminación de óxido, pintura y contaminantes, mejorando las condiciones de la superficie para su posterior recubrimiento o acabado.

La cabina fue desarrollada con una estructura metálica que integró un sistema de confinamiento de abrasivo mediante una tolva de geometría tronco-piramidal, facilitando su recolección y reutilización. En su interior se implementó un plato giratorio fabricado en aluminio de 4 mm de espesor, el cual permitió una exposición uniforme de la pieza al chorro abrasivo. Este sistema fue accionado por un mecanismo motriz cuyo movimiento se reguló mediante un pedal con resistencia, proporcionando un mayor control sobre la velocidad de rotación durante la operación.

El proceso de granallado se realizó mediante una pistola de alimentación por sifón equipada con una boquilla de 1/4" (6,4 mm), empleando como abrasivo granalla mineral tipo granate Barton en granulometría 20/30, seleccionada por su eficiencia en la limpieza y bajo nivel de generación de polvo. La cabina también incorporó un sistema de iluminación LED, extractor de aire con elemento filtrante, visor frontal y mangas con guantes, garantizando condiciones adecuadas de visibilidad, seguridad y ergonomía para el operador.

Los resultados obtenidos demostraron que la cabina de granallado desarrollada cumplió con los objetivos propuestos, logrando una limpieza eficiente de las superficies metálicas en un tiempo reducido, así como una operación segura y controlada. Asimismo, la incorporación de mejoras mecánicas y neumáticas permitió optimizar el desempeño del equipo, haciéndolo adaptable a diferentes condiciones de trabajo.

Palabras clave: Granallado, Corrosión, Sandblasting, Tratamiento superficial, Abrasivo.

ABSTRACT

The objective of this project was the design and construction of a shot blasting booth for the surface treatment of metal parts by projecting abrasive under pressure. This process allowed for the removal of rust, paint, and contaminants, improving surface conditions for subsequent coating or finishing.

The booth was developed with a metal structure that integrated an abrasive containment system using a truncated pyramidal hopper, facilitating its collection and reuse. Inside, a 4 mm thick aluminum rotating plate was implemented, which allowed for uniform exposure of the part to the abrasive blast. This system was driven by a motor mechanism whose movement was regulated by a resistive pedal, providing greater control over the rotation speed during operation.

The shot blasting process was carried out using a siphon-fed gun equipped with a 1/4" (6.4 mm) nozzle, employing Barton garnet-type mineral shot with a 20/30 particle size as the abrasive, selected for its cleaning efficiency and low dust generation. The booth also incorporated an LED lighting system, an air extractor with a filter element, a front visor, and sleeves with gloves, ensuring adequate visibility, safety, and ergonomics for the operator.

The results obtained demonstrated that the developed shot blasting booth met the objectives. The proposed improvements achieve efficient cleaning of metal surfaces in a reduced time, as well as safe and controlled operation. Furthermore, the incorporation of mechanical and pneumatic enhancements optimized the equipment's performance, making it adaptable to different working conditions.

Keywords: Shot blasting, Corrosion, Sandblasting, Surface treatment, Abrasive

INTRODUCCIÓN

En los procesos industriales de manufactura y mantenimiento, el tratamiento superficial de materiales metálicos representa una etapa fundamental para garantizar la calidad, durabilidad y adherencia de recubrimientos posteriores. Entre las técnicas más utilizadas destaca el granallado, el cual permite la remoción eficiente de óxidos, pinturas y contaminantes mediante la proyección de abrasivos a presión sobre la superficie de trabajo.

En este contexto, la presente investigación se centra en el diseño y construcción de una cabina de granallado, orientada a optimizar las condiciones de operación y mejorar la eficiencia del proceso. La cabina desarrollada incorpora una estructura metálica con sistema de confinamiento de abrasivo, iluminación interna, extracción de polvo y elementos de seguridad que permiten al operador realizar el proceso de manera controlada y segura.

Uno de los componentes principales del sistema es el plato giratorio de aluminio, el cual facilita la exposición uniforme de la pieza al chorro abrasivo. Este elemento es accionado mediante un sistema motriz acoplado a un mecanismo estructural, cuya velocidad de rotación puede ser regulada a través de un pedal con resistencia, permitiendo un control más preciso del movimiento en función de las características de la pieza y del tipo de tratamiento requerido. Esta incorporación representa una mejora significativa en la ergonomía y versatilidad del equipo.

El sistema de proyección de abrasivo se basa en una pistola de alimentación por sifón equipada con una boquilla de 1/4", utilizando como medio abrasivo granalla mineral tipo granate Barton en granulometría 20/30, seleccionada por su eficiencia, dureza y bajo nivel de generación de polvo.

En consecuencia, este trabajo no solo aborda el diseño y construcción de la cabina, sino también la optimización de sus condiciones de operación, integrando mejoras mecánicas y neumáticas que permiten obtener un proceso de granallado más eficiente, estable y adaptable a diferentes requerimientos industriales.

TÍTULO

“DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA GRANALLADORA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”

ANTECEDENTES

En los últimos años se conoce que la limpieza superficial de las piezas metálicas mediante el uso de granalla mineral genera relevancia en diversas industrias, debido a su eficiencia en la eliminación de impurezas, óxidos y otros contaminantes los cuales pueden comprometer la calidad de los materiales.

En la carrera de Ingeniería Marítima, por su naturaleza, debe existir el dominio de técnicas de limpieza y mantenimiento de piezas, las cuales son fundamentales para asegurar la durabilidad, eficiencia operativa de embarcaciones e industria, ya que el uso de cabinas para el proceso de granallado optimiza significativamente la limpieza de las superficies.

Por eso, la formación académica de la carrera de Ingeniería Marítima requiere la óptima integración de aquellas herramientas y tecnologías de avance que llegan a simular las condiciones reales de trabajo en aquellos ámbitos. El diseño y la construcción de una cabina para la limpieza de piezas mediante la granalla, no solo permitirá a los alumnos una experiencia más práctica y valiosa, sino que también puedan capacitarse en áreas críticas del mantenimiento y reparación de embarcaciones, permitiendo adquirir cualidades esenciales en su futuro como profesionales.

JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de grado se presenta como una alternativa útil y viable para la agilización de procesos en piezas que tienen como destino un correcto acabado y limpieza superficial. Con ello se espera no solo optimizar el proceso de la preparación superficial de las mismas, sino también tiempo y esfuerzo.

El diseño de una cabina para la limpieza superficial o preparación de piezas (sandblasting) contempla el uso de granalla mineral, un abrasivo que puede ser proyectado por medio de aire comprimido en la superficie metálica que se desee preparar, para la limpieza o el mantenimiento de una manera adecuada, eliminando óxidos y restos de pintura. Además de no afectar al operador, tomando las medidas de seguridad apropiadas y dejando un acabado bueno para sus posteriores procesos metalúrgicos.

PROPUESTA

Este proyecto propone el debido diseño, desarrollo e implementación de una máquina granalladora, la cual será diseñada para la carrera de Ingeniería Marítima, con el objetivo de poder mejorar las prácticas de enseñanza y brindar a los alumnos una herramienta funcional para su óptimo aprendizaje sobre acabados superficiales en la industria naval. La granalladora es una máquina utilizada para la debida limpieza y preparación de superficies metálicas mediante el impacto de partículas abrasivas. Por eso, en el contexto marítimo, esta máquina tiene gran relevancia para el mantenimiento, preservación de estructuras navales, componentes metálicos que se ven afectados por la corrosión, el desgaste y la acumulación de óxidos debido a su constante exposición a condiciones ambientales marinas. Por eso la incorporación de esta herramienta permitirá el fortalecimiento académico de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Marítima y el conocimiento óptimo de los tratamientos superficiales en la industria metalmeccánica.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir e implementar una máquina granalladora para limpieza superficial de piezas para la carrera de Ingeniería Marítima.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar toda información vinculada al sandblasting, la limpieza y el acabado de piezas metálicas.
- Elaborar el diseño de la máquina granalladora mediante software CAD, definiendo sus dimensiones, componentes y características constructivas.
- Construir una máquina para limpieza de piezas metálicas que utilice la granalla mineral como método abrasivo
- Realizar las pruebas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina granalladora.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción a los tratamientos superficiales

Se denominan tratamientos superficiales, aquellos procesos aplicados en diferentes materiales, sobre todo metales, con el objetivo de modificar sus propiedades superficiales para mejorar el desempeño, resistencia y durabilidad.

Los recubrimientos metálicos se aplican para lograr alguna propiedad superficial deseada que no tiene el metal base como:

- Resistencia a la corrosión
- Reflectividad
- Color
- Soldabilidad
- Conductividad
- Resistencia a la abrasión
- Otras propiedades

Los materiales extraños corresponden a impurezas sólidas, orgánicas o inorgánicas; por lo que, las impurezas sólidas, pueden provenir de etapas anteriores al recubrimiento, como residuos metálicos, resto de abrasivos, almacenamiento, entre otros.

Se conoce que existen varios tipos de tratamientos superficiales:

- **Tratamientos mecánicos:** Tratamientos que incluyen pulido y el granallado, utilizan métodos abrasivos para poder alisar o crear una textura específica en la superficie del metal.
- **Tratamientos químicos:** Decapado y el fosfatado son métodos en el cual se modifica químicamente la superficie del material, y a su vez, mejora la resistencia ante la corrosión.
- **Tratamientos electroquímicos:** la galvanoplastia y el anodizado son métodos en los cuales se va a aplicar un recubrimiento metálico mediante procesos eléctricos.

Es importante saber que todo objeto, equipo industrial y herramienta, puede pasar por distintos procesos para poder usarse y comercializarse, puesto que en su diseño se debe tener en

cuenta los acabados finales; estos procesos llegan a estar destinados a una mejora en sus cualidades superficiales, como en el caso de la dureza, aislamiento, entre otras. Además, para llevar a cabo los tratamientos superficiales, se necesita una maquinaria especializada, como máquinas de lavado, hornos industriales, e inclusive diferentes equipos, eso va a depender del tipo de acabado superficial que se desee obtener. (Grupo Acura, 2021)

1.2 La importancia de una preparación superficial

Para poder garantizar la preparación superficial, es crucial la efectividad de cualquier tratamiento en casos especiales como las pinturas industriales y los recubrimientos, por eso, esta preparación puede incluir el granallado, decapado, limpieza o lijado, eliminando así aquellos contaminantes y aumentando la adherencia de los debidos recubrimientos protectores. Cuando tiene la correcta preparación, existe una mejora más útil y un rendimiento de los recubrimientos en el cual se va reduciendo la necesidad del mantenimiento. (Treatments, 2024)



Figura 1. Trabajador industrial
Fuente: <https://ingenieromarino.com/>

1.3 La oxidación

La oxidación es una reacción química dónde un material, normalmente un metal, reacciona con el oxígeno del aire o del agua. Este proceso es inevitable para muchos metales, pero se puede controlar mediante tratamientos o recubrimientos. En el contexto de materiales metálicos, la oxidación puede provocar la formación de óxido, lo que puede debilitar las estructuras o reducir la funcionalidad de componentes críticos, si bien el oxígeno suele aceptar estos electrones, pueden ocurrir reacciones redox sin su presencia.

Aunque la mayoría de las oxidaciones implican oxígeno, también pueden darse sin él; la oxidación y la reducción siempre ocurren juntas y simultáneamente, involucrando dos agentes de elementos que intercambian electrones:

- **Oxidante:** Elemento químico que recibe los electrones transferidos, aumentando su carga negativa.
- **Reductor:** Elemento químico que cede los electrones transferidos, incrementando su carga positiva



Figura 2. Oxidación

Fuente: <https://concepto.de/oxidacion/>

1.4 La corrosión

Fenómeno con el que un material se deteriora debido a la interacción con su entorno. A nivel general, existen diferentes tipos de corrosión como la galvánica, corrosión por estrés, localizada, generalizada, entre otros. Cada una puede tener un impacto específico dependiendo del material en que se encuentre. El estudio de la corrosión es de una manera clave en la industria, debido que, se podría evitar fallos catastróficos o extender la vida útil de estructuras o equipos.



Figura 3. Corrosión

Fuente: <https://www.nervion.com.>

La corrosión se define como una escases de un material a consecuencia de un ataque electroquímico de su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales en buscar su forma más estable o de menor energía interna, siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad, dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto

con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos. (Martínez, 2016)

1.4.1 Tipos de corrosión

A nivel general, existen diversos tipos de corrosión. En este caso el enfoque se hará sobre cuatro de ellos: corrosión galvánica, corrosión por picadura o pitting, corrosión por erosión y cavitación.

1.4.1.1 Corrosión galvánica

Este tipo de corrosión ocurre cuando dos metales distintos entran en contacto o están conectados por un conductor eléctrico y expuestos a una solución conductora. De esta forma se crea una diferencia de potencial eléctrico entre los metales. Sirve como fuerza impulsora para el flujo de corriente eléctrica por medio del agente corrosivo. El paso de la corriente eléctrica provoca la corrosión en uno de los materiales a la par.



***Figura 4.** Understanding Galvanic Corrosión.*

Fuente: <https://armoloy.com/understanding-galvanic-corrosion->

1.4.1.2 Corrosión por picadura o pitting

La corrosión por picaduras se produce cuando se forman agujeros en una superficie relativamente no atacada, y las picaduras pueden adoptar diversas formas. Una de ellas posee el aspecto de un hoyo y es a menudo responsable de su propia progresión, es decir, un hoyo puede considerarse como una grieta o hendidura autoformada. Los agujeros suelen ser de pequeño diámetro y profundos, aislados, unidos en superficies rugosas, especialmente en tuberías o equipos, siendo una de las formas más comunes de corrosión en las zonas costeras a nivel mundial.

Asimismo, la corrosión por picaduras ocurre únicamente en presencia de iones y aniones agresivos de cloro, esta intensidad de corrosión varía de manera logarítmica con la concentración de cloro. Una vez que la perforación comienza, las condiciones resultantes favorecen su crecimiento continuo. Este crecimiento también está influenciado por la composición del material. Se encuentra con mayor frecuencia en intercambiadores de calor, tuberías y fondos de tanques donde hay residuos de productos de limpieza.

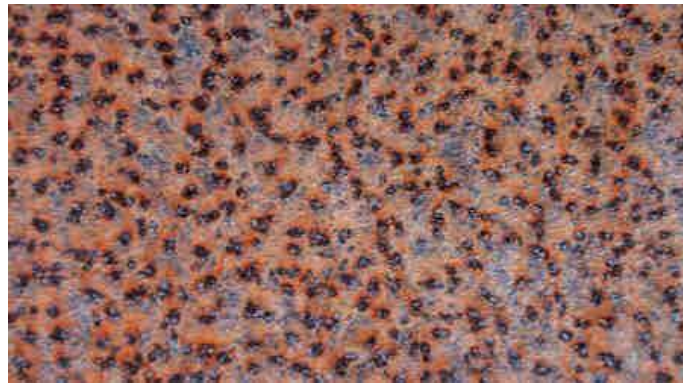


Figura 5. Corrosión de Pitting
Fuente: [tps://www.sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)

1.4.1.3 Corrosión por erosión

Aparece frecuentemente como depresiones planas y lisas. Generalmente, el ataque puede tener una dirección específica, dándose por el movimiento del agente agresivo sobre la superficie del metal.

Este tipo de corrosión florece en distintos tipos de condiciones como:

- Alta velocidad
- Turbulencia
- Golpes
- Otros

Frecuentemente este tipo de corrosión ocurre en agitadores, impulsores de bombas, y cambios de dirección de tuberías, líquidos con partículas en suspensión que contienen partículas sólidas duras también pueden causar este problema.

Esta superficie se caracteriza por muescas o ranuras donde suelen ser direccionales. Estos tiempos de inactividad son relativamente cortos y vulnerables a los metales blandos como el cobre; generados por gases calientes a altas velocidades, sólidos en corrientes líquidas y por

sistemas orgánicos en movimiento. Esta clase de corrosión se puede prevenir seleccionando materiales más resistentes o con cambios de diseño.



Figura 6. Análisis de corrosión y erosión en equipos utilizando CFD
Fuente: <https://www.esss.com/es/blog/analisis-de-corrosion-y-erosion>

1.4.1.4 Cavitación

Es una combinación entre la corrosión y erosión. Se genera gracias a la condensación de burbujas de vapor en un fluido cercano en la superficie del material. Generalmente este caso se observa en propelas, ductos, impulsores y sobre otras superficies donde el grado de fluidos turbulentos en zonas de alta velocidad y baja presión, dan como resultado este fenómeno.

Burbujas golpean la superficie provocando ruidos y golpes destruyendo localmente la superficie, formando cavidades en forma de panal, si la superficie es rugosa, el fenómeno se favorece.



Figura 7. Daño producido por cavitación
Fuente: <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/05/>

1.5 Condiciones de una superficie

Estas condiciones son aquellas que pueden determinar la efectividad de los tratamientos superficiales, existiendo diferentes factores como la limpieza, la uniformidad y la rugosidad, entre otros, los cuales pueden ser optimizados por las condiciones de la superficie, empleando métodos como el control del análisis visual o de rugosidad.

El nivel o porcentaje de oxidación, cascarilla de laminación, entre otros, puede ser visiblemente evaluado a través de las Normas Pictóricas de superficie, puesto que, estos cordones de soldadura se pueden evaluar utilizando un comparador y medidores de soldadura para la medición de una serie de parámetros de calidad. (Elcometer, 2024)

1.6 Estándares internacionales de preparación de superficies

La preparación de superficies metálicas es esencial antes de aplicar cualquier tipo de recubrimiento. El comportamiento y la durabilidad de cualquier revestimiento de pintura se ven significativamente afectados por la preparación de la superficie a tratar. Estos trabajos de preparación de superficies están normalizados por varias asociaciones internacionales, pero quedan sujetos a interpretación y en algunos casos, las normas son algo subjetivas.

Las normas definen la terminación deseada, es decir, el grado de granallado a alcanzar, pero en ningún caso se tiene en cuenta la rugosidad final en la superficie granallada o chorreada. Es decir, cuando se habla de un acabado SA 2 ½, lo que se desea obtener con el granallado es una terminación limpia sin óxidos ni herrumbre, incluso la norma permite una pequeña cantidad de impurezas.

Pero no es algo que se pueda medir con un rugosímetro o con otro aparato de medición de superficies, la comprobación es visual y sujeta al criterio de los inspectores o expertos, además, es importante recalcar que cuando se utilizan los patrones de comparación visual se debe tener presente que el resultado no tiene por qué ser exacto al de la ilustración que marca la norma.

Toda superficie una vez granallada puede diferir en su aspecto y color conforme el tipo de abrasivo utilizado (silicato de aluminio, corindón, granalla de acero, etc.) además del metal base que se limpió. Es importante en estos casos remitirse al grado de eliminación de óxidos que marca la norma. Tan importante es conocer la norma que se va a cumplir, como el grado de suciedad en la pieza original antes de ser tratada. Por eso en todas las normas tienen en cuenta el grado de óxido y herrumbre de la superficie antes de ser limpiada con granalla.

Los grados de herrumbre o grado de oxidación son los que se nombran a continuación:

- **Grado A.** Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión; zona de acero revestido de calamina adherente y prácticamente sin corrosión.
- **Grado B.** Materialidad de acero con principio de corrosión y en la cual la capa de laminación comienza a desprenderse, territorio de acero con oxidación residual y donde la calamina empieza a desprenderse.
- **Grado C.** Espacio de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles, hay leves picaduras visibles.
- **Grado D.** Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado en gran escala cavidades visibles, un territorio de acero cuya calamina ha desaparecido debido a la causa de la oxidación y en la que se ven numerosas picadas.

La norma ISO 8501-1 identifica también ciertos grados de limpieza visual (denominados grados de preparación) tras la preparación en la superficie de acero no revestido y de superficies de acero después de eliminar totalmente cualquier revestimiento anterior. La norma sueca, es una de las más usadas en Ecuador, debido a que, es la más común y utilizada en la industria del tratamiento de superficies metálicas. La gran mayoría de perfiles, vigas y estructuras metálicas que van a ser pintadas, requieren un acabado SA 2 ½ antes de la capa de imprimación y pintura.

- **Grado SA 1:** Arenado, chorreado o granallado ligero. En este grado se procede a eliminar la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas, se observa una mayor cantidad de óxido en la superficie, no es un grado óptimo de limpieza y no es el adecuado cuando se requiere un tratamiento posterior exigente. Este grado de limpieza se puede conseguir con pistolas de chorreado, cabinas de granallar, arenadores portátiles y máquinas de chorreo. Se suele usar silicatos de aluminio, silicato de hierro, microesferas de vidrio, escoria de cobre, etc.
- **Grado SA 2:** Arenado, chorreado o granallado minucioso. Se excluye casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas, se deberá adquirir entonces un color grisáceo, todavía hay algo de óxido y suciedad, pero la superficie empieza a estar limpia. Chorreado hasta que al menos los 2/3 de cualquier porción de

la superficie total estén libres de todo residuo visible, este grado de limpieza se obtiene usando equipos de chorreado, cabinas de mangas de granallar, granalladoras portátiles y granalladoras de turbina. Es habitual la utilización de corindón marrón, silicato de aluminio, granalla de hierro, etc.

- **Grado SA 2 ½:** Arenado, chorreado o granallado muy minucioso (granallado a fondo). Capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas; el metal parece blanco y en perfectas condiciones para un recubrimiento posterior. Aquí ya no encontramos restos de óxido; por lo menos el 95% de cada porción de la superficie total queda libre de cualquier residuo visible y se elimina el polvo de abrasivo con un aspirador. Este grado de limpieza se puede conseguir con el uso de chorreadoras, cuartos y salas de granallar, arenadoras portátiles y equipos de granallado en automático. Los abrasivos más usados son las granallas metálicas, óxido de aluminio, corindón marrón, etc.
- **Grado SA 3:** Arenado, chorreado o granallado a metal blanco (chorreado muy intenso). Toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan sin dejar ningún resto de contaminante, adquiriendo un color metálico uniforme, siendo el nivel más exigente de limpieza mediante chorro abrasivo. Ideal cuando existe una especificación muy estricta de limpieza. Para obtener este grado de limpieza lo más común es usar granallas mediante el granallado automático por turbina, aunque también se puede realizar de forma manual con arenadoras. Una vez chorreada o granallada la superficie debe limpiarse con un aspirador de granalla. (ABRAVIVOS Y MAQUINARIAS, S.A, 2021)

Norma Sueca	Norma Americana	Grados de limpieza Norma SSPC	Norma Francesa	Norma Inglesa	Norma NACE
SA 3	Metal blanco	SP 5	DS 3	1st Quality	Nace 1
SA 2 ½	Semi blanco	SP 10	DS 2,5	2nd Quality	Nace 2
SA 2	Comercial	SP 6	S2	3rd Quality	Nace 3
SA 1	Cepillado granallado ligero	SP 7	DS1		Nace 4

Tabla 1. Normas importantes de preparación de superficies
Fuente: <https://aymsa.com/preparacion-de-superficie>

1.7 La NACE (National Association of Corrosion Engineers)

NACE International, establecida en 1943 por once ingenieros de corrosión industrial de tuberías como la «Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión», ingenieros fundadores que originalmente formaron parte de un grupo regional formado en la década de 1930, cuando se introdujo el estudio de la protección catódica. Desde entonces, NACE International se ha convertido en el líder mundial en el desarrollo de estándares, certificación y educación para la prevención y el control de la corrosión; los miembros de NACE International todavía incluyen ingenieros, así como muchos otros profesionales que trabajan en una variedad de áreas relacionadas con el control de la corrosión.

1.8 Norma NACE MR0175

NACE International proporciona y publica estándares como el MR0175. En este estándar, brinda orientación sobre qué aleaciones y materiales resistentes a la corrosión deben usarse para prevenir el agrietamiento por tensión de sulfuro. Estas pautas se determinan a partir de la recopilación de datos experimentales de laboratorio y la experiencia de campo relacionada con la resistencia al agrietamiento de materiales metálicos en un ambiente que contiene sulfuro de hidrógeno (H_2S). Según los estándares de NACE International: un ambiente que contiene H_2S también puede ser reconocido como un “ambiente de gas agrio”.

Estándar NACE MR0175, también conocido como ISO15156 (Estándar internacional), se desarrolló para la prevención del agrietamiento por tensión de sulfuro debido al H_2S en los sistemas de producción de petróleo y gas. Históricamente, para el proceso de refinación, el estándar MR0175 se utilizó como guía para elegir los materiales adecuados. Sin embargo, el ambiente del proceso de refinación está fuera del alcance del estándar MR0175, esto se debe a que MR0175 se escribió originalmente para el ambiente más agresivo.

1.9 El estándar MR0103

Define los requisitos de materiales para la resistencia al agrietamiento por tensión de sulfuro (SSC) en entornos de procesos de refinería agria, es decir, entornos que contienen sulfuro de hidrógeno húmedo (H_2S). El término «craqueo de H_2S húmedo», usado en la industria de la refinación, cubre una variedad de mecanismos de daño que pueden ocurrir debido a los efectos de la carga de hidrógeno en los entornos de proceso de la refinería de H_2S húmedo o de la planta de gas.

Uno de los tipos de daños materiales que pueden ocurrir como resultado de la carga de hidrógeno es el agrietamiento por tensión de sulfuro (SSC) de microestructuras y soldaduras duras, que se aborda en esta norma. El estándar está destinado a ser utilizado por refinerías, fabricantes de equipos, contratistas de ingeniería y contratistas de construcción. Está destinado a las tuberías principales, los recipientes y los equipos de refinería asociados, la soldadura y la construcción general de refinerías. (Bovington, 2013)

1.10 La ISO (International Standards Organization)

La ISO 12944 es una de las normas más importantes y reconocidas a nivel internacional para la debida protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante el uso de sistemas de pintura protectores. (MY BESA, s.f)

Las normas ISO que están relacionadas con el tratamiento superficial de los metales y la protección contra la corrosión se van centrando en poder garantizar la resistencia, durabilidad y calidad de los metales en diversas aplicaciones industriales, por cual estas normas llegan a establecer diferentes directrices para la debida selección de los recubrimientos, métodos de aplicación o la evaluación de desempeño frente a la corrosión en los diferentes entornos.

1.11 La Norma ISO 12944 y 9227

La norma ISO 12944 clasifica los ambientes corrosivos en seis categorías, desde muy baja corrosividad (C1) hasta la más alta corrosividad (C5).

Categoría de Corrosión	Tipo de Ambiente	
	Exterior	Interior
C1 Muy baja	-----	Edificios con calefacción y atmósferas limpias
C2 Baja	Atmósferas con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales.	Edificios sin calefacción con posibles condensaciones.
C3 Medio	Atmósferas urbanas e industriales, con Áreas costeras con baja salinidad.	Naves de fabricación con elevada humedad y con alguna moderada contaminación de SO ₂ .contaminación.
C4 Alta	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad.	Industrias químicas y piscinas.

C5-I Muy alta (Industrial)	Áreas industriales con elevada humedad y con atmosfera agresiva.	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes y contaminación elevada.
C5-M Muy alta (marítima)	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad.	Edificios o áreas con condensaciones permanentes y contaminación elevada.

Tabla 2. Categoría de Corrosión
Fuente: <https://ingemecanica.com/tutoriales>

Por otra parte, la norma ISO 9227 es la que incluye una serie de ensayos o pruebas para poder evaluar la resistencia de aquellos sistemas de pintura a la corrosión, como el debido ensayo de niebla salina (ISO 9227) en el ensayo de adherencia y ensayo de humedad (ISO 6270).

1.12 Normas SSPC

Las normas SSPC (Steel Structures Painting Council) son aquellos conjuntos de estándares internacionales los cuales son utilizados para la preparación de superficies metálicas antes de poder aplicar lo que es el recubrimiento o pintura. Estas normas aseguran que las áreas estén limpias y adecuadamente preparadas para poder maximizar la soldadura y la durabilidad del recubrimiento. (Webbing, TECNIPIN, 2022)

Las diferentes categorías de preparación de superficie son definidas por la SSPC son las siguientes:

Norma SSPC	Descripción		Última revisión
SSPC- SP COM	Comentarios sobre preparación de superficie para acero y sustratos de hormigón		Mar 2015
SSPC-SP 1	Limpieza con Solventes		Abr.2015
SSPC-SP 2	Limpieza con herramientas manuales	Cepillos, lijas, etc	Nov.2014
SSPC-SP 3	Limpieza con herramientas manuales mecánicas	Herramientas eléctricas o neumáticas	Nov.2014
SSPC-SP 5/ NACE N°1	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Metal Blanco	Ene.2007
SSPC-SP 6/ NACE N°4	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Comercial	Ene.2007
SSPC-SP 11	Limpieza Manual con herramientas mecánicas	Limpieza metal limpio o desnudo y rugosidad mínima de 25 micrones	Jul.2012

SSPC-SP 12/ NACE N°5	Limpieza con Agua presión-Waterjetting	Reescrita en Julio 2012 y reemplazadas por las normas SSPC-SP WJ.1,2,3 Y 4	Jul.2012
SSPC-SP 13/ NACE N°6	Limpieza de concreto		Mar.2003
SSPC-SP 14/ NACE N°8	Granallado industrial		Ene 2007
SSPC-SP 15	Limpieza Manual con herramientas mecánicas	Limpieza comercial con rugosidad mínima de 25 micrones	Jul.2012
SSPC-SP 16	Limpieza metales no ferrosos	Galvanizado, Acero inoxidable, cobre, aluminio, latón, etc	Abri.2010

Nota: los datos se actualizan conforme va evolucionando la norma SSPC. (revisión agosto 2015)

Tabla 3. Evolución de las normas SSPC
Fuente : <https://ingemecanica.com/tutoriales>

1.12.1 SSPC-SP-1 (Limpieza con Solventes)

Es una limpieza fundamentada en el uso de productos como vapor de agua, soluciones alcalinas, emulsiones jabonosas, detergentes y solventes orgánicos. Representa uno de los métodos más empleados en la eliminación de elementos contaminantes, siendo estos de polvo, grasa, aceite y sales solubles.

Conviene destacar en estos casos la solución limpiadora aplicada suavemente a través de un equipo de presión. Después se realiza un lavado con agua natural y secado de equipo de vacío o aire seco. (Webbing, TECNIPIN, 2022)



Figura 8. Limpieza con Solventes
Fuente: <https://www.opteon.com/es/>

1.12.2 SSPC-SP-2 (Limpieza con herramientas manuales)

Implica uso de herramientas que no sean eléctricas para remover oxidación, pintura envejecida, residuos de soldaduras y otras incrustaciones que se pueden eliminar manualmente con solo el desempeño humano, y por supuesto, no supone un método tan eficaz para quitar totalmente las incrustaciones. (Webbing, TECNIPIN, 2022)



Figura 9. Limpieza con herramientas manuales
Fuente: <https://www.jungheinrich-profishop.es/>

1.12.3 SSPC-SP-3 (Limpieza con herramientas manuales mecánicas)

Consiste en un método de preparación en superficie que requiere el uso de una herramienta eléctrica o neumática, con el propósito de retirar impurezas como oxidación, residuos de soldadura, pintura envejecida y otros elementos que son posibles remover con estas herramientas.



Figura 10. Limpieza con herramientas manuales mecánicas
Fuente: [//www.ocitrimex.com.mx](http://www.ocitrimex.com.mx)

Eso sí, mediante este procedimiento, por lo general, no se pueden eliminar totalmente todas las incrustaciones. En este caso, los bordes de pintura envejecida, tienen que ser desintegrados para

optimizar el aspecto del repintado que se realice después de la limpieza. (Webbing, TECNIPIN, 2022).

1.12.4 Limpieza con chorro abrasivo ráfaga

Método que utiliza un abrasivo a presión para preparar superficies metálicas que tengan una cantidad mínima de escoria, pintura, oxidación y otros contaminantes. Se conoce generalmente como “Ráfaga” y consiste en una limpieza muy superficial que permite que algunas incrustantes y pintura no sean eliminados del sustrato. (Ocitrime, s.f)



Figura 11. Limpieza con chorro abrasivo ráfaga
Fuente: <https://www.ocitrime.com.mx/>

1.12.5 SSPC-SP-5- NACE N°1

Limpieza que utiliza un tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie y eliminar la escama de óxido, pintura, laminación y otros materiales incrustantes. Al momento de emplear este método, la superficie ostenta un color gris de manera uniforme y rugosa, tras brindar un gran anclaje a los recubrimientos. La pintura hay que aplicarla previo a que las inclemencias del tiempo empiecen a actuar sobre la superficie preparada.

1.12.6 SSPC-SP-6-NACE N°3

Refiere a la preparación de superficie aplicando abrasivos a presión para eliminar el óxido en su totalidad, así como escamas de laminación, pintura y materiales extraños que, al optar por este método de limpieza se permite la permanencia de pintura en buen estado e incrustaciones, luego de la preparación.

1.12.7 SSPC-SP-7-NACE N°4

Según las normas SSPC, este tipo de limpieza usa un abrasivo a presión para preparar superficies metálicas que posean la menor cantidad posible de oxidación, pintura y otros contaminantes. Método también llamado “Ráfaga”. Realmente, viene siendo un mecanismo superficial que permite que no todas las incrustantes y pintura sean retiradas de la superficie.



Figura 12. Limpieza con chorro abrasivo
Fuente: <https://www.ocitrimex.com.mx/>

CAPÍTULO II: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

2.1 Modelado en Solidworks

El diseño en solidworks de la cabina de sandblasting cuenta con una altura de 1610 mm (contando el ducto en la parte superior de la cabina). Además, cuenta con un ancho y una profundidad de 800 mm. La máquina posee un tanque de 400 mm de diámetro y una altura de 421 mm, permitiendo almacenar 0,052 m³.

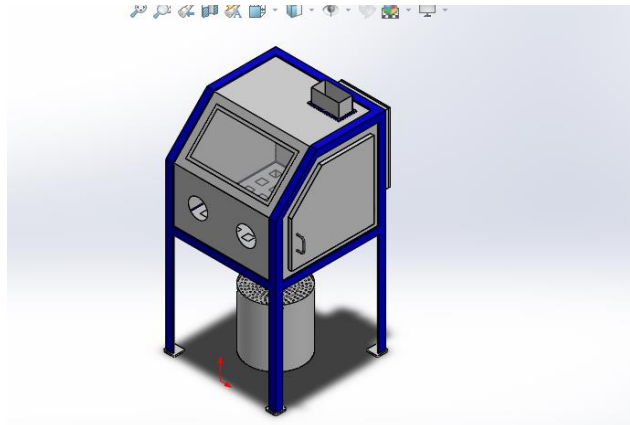


Figura 13. Cabina Samblasting (Vista isometrica)
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Para la comodidad y ergonomía se ha dispuesto que el visor de la cabina se encuentre situado a 1400 mm desde la base de la máquina. De igual manera, los guantes de protección, para que el usuario pueda maniobrar de forma segura y libre el interior de la cabina cuando se haga el proceso de limpieza superficial. Estos están dispuestos a una altura de 1000 mm del suelo.

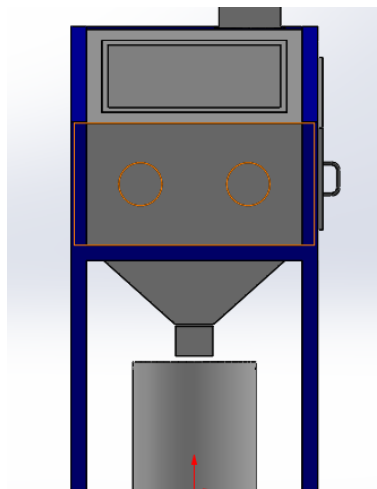


Figura 14. Cabina Sandblasting (Frontal)
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.2 Sistema de conjunto motriz

2.2.1 Motor

La cabina cuenta con un motor de inducción asíncrono de la marca HOULE, modelo 4IK25W-C1F-GN-XF, seleccionado por sus características tanto eléctricas como mecánicas, ideales para los requisitos funcionales del sistema de la máquina. Motor con una potencia nominal de 25 W, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren un par moderado, funcionamiento continuo y además bajo consumo eléctrico.



Figura 15. Motor

Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Este motor funciona con una corriente alterna monofásica con una tensión de alimentación de 110 V y una corriente nominal de 0,48 A a 50 Hz y 0,44 A a 60 Hz. Esta compatibilidad con ambas frecuencias de red le permite una mayor versatilidad de uso, facilitando su incorporación en diferentes entornos eléctricos.

La velocidad nominal del motor es de 1250 rpm a 50 Hz y 1500 rpm a 60 Hz, lo que corresponde a las velocidades típicas de un motor de inducción de cuatro polos. Estos modos de funcionamiento garantizan un movimiento suave y estable, adecuado para las necesidades del mecanismo instalado en la cabina, especialmente para accionar componentes rotativos que requieren velocidad constante.

El motor cuenta con un grado de protección IP20, lo que significa que está protegido contra la entrada de objetos sólidos de más de 12 mm de diámetro, pero no contra la entrada de agua. Por ello, se instaló dentro de la cabina, en un entorno controlado, para evitar la exposición a humedad y polvo excesivos, garantizando así su fiabilidad y vida útil.



Figura 16. Grados de Protección IP
Fuente: <https://www.fractal.com/es/mantenipedia>

2.2.2 Plato giratorio

El plato en donde se van a asentar los materiales a granallar fue diseñado en aluminio de 4 mm, con un diámetro de 500 mm y 4 perforaciones centrales de 7 mm, con una distancia de 83 mm entre los centros de dichas perforaciones. Para que la superficie del plato giratorio tenga más resistencia se soldó 4 nervios de 6 mm de aluminio, de 200 mm largo por 25 mm de ancho.



Figura 17. Plato de aluminio
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

El plato giratorio de aluminio está diseñado y fabricado con una geometría simétrica que solo se logra mediante procesos de mecanizado de alta precisión. Para garantizar el posicionamiento y la alineación precisa de los nervios estructurales soldados, el plato cuenta con ranuras de guía hembra mecanizadas, mientras que cada nervio cuenta con guías macho complementarias. El

sistema de acoplamiento garantiza una unión precisa, minimizando las desviaciones geométricas y permitiendo un ensamblaje controlado de los componentes.

Todo esto se llevó a cabo gracias al maquinado en una cortadora laser, modelo “Laser Bodor de 3000 W”. Se procedió a fabricarlo en dicho material ya que cuenta con una baja densidad, además de poseer una buena resistencia mecánica, lo que conlleva a una excelente relación de peso-resistencia.

2.2.3 Manzana Del Eje

La manzana que conecta el motor con el plato giratorio fue elaborada en aluminio, utilizando un eje de 30 mm de diámetro. El proceso de perforación del diámetro interior central de 12 mm se realizó mediante un torno “Pinacho A75”, operando a 1800 rpm y empleando una broca HSS de 12 mm. Posteriormente, la pieza fue seccionada y ajustada hasta alcanzar una altura total de 25 mm.



Figura 18. Manzana de aluminio
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Para fabricar el chavetero del eje perforado se usó una máquina de corte por hilo modelo “WEDM-datronic”, donde se consiguió dejarlo de 4 mm de alto por 2 mm ancho. Posteriormente se cortó una tapa en aluminio de 6 mm de espesor con un diametro de 100 mm con las mismas perforaciones del plato de aluminio. Luego, se procedió a unir por medio de soldadura la tapa y el bocín, logrando obtener una pieza que ayude a la transmisión de movimiento del motor hacia el plato giratorio.

Esta elección del material y espesores permite reducir la masa total del conjunto, reduciendo así la inercia rotacional y el esfuerzo requerido por el moto-reductor, lo que resulta en un

funcionamiento más estable y eficiente; sin embargo, el aluminio brinda una buena resistencia a la corrosión, es fácil de mecanizar y posee un precio bajo comparado con otros materiales del mercado. Estos son algunos aspectos que favorecen la durabilidad y la precisión dimensional del componente en aplicaciones mecánicas.

2.2.4 Caja del motor

Posee una altura de 198 mm, un ancho de 176 mm y un largo de 124 mm. Esta caja fue elaborada con 3 espesores diferentes. La parte donde se acopla el motor y la parte superior de la caja están formadas por acero negro de 3 mm, ya que estas partes es donde se apoya la mayor parte del peso. La parte interior de la caja cuenta con 4 ojos chinos de 10,2 mm de largo y 7 mm de ancho, con una distancia entre centros de 107,9 mm y 35,1 mm respectivamente. Las mismas perforaciones con las que cuenta la base del motor. Esta parte de la caja va a soportar el peso de dicho motor que cuenta con 4,5 libras.

la parte superior de la caja cuenta con una perforación central de 100 mm y 4 perforaciones de 10 mm con una distancia entre centros de 99,22 mm y 67,5 mm respectivamente, donde se soldaron en la parte interna 4 tuercas de 3/8 de pulgada. Esta parte de la caja va a sostener su propio peso (3 libras) y la del motor, resultando así un peso del conjunto de 7,5 libras.

La elección de este espesor brinda buena resistencia mecánica, seguridad operativa y rigidez estructural. De esta forma se evitan deformaciones y se garantiza la seguridad e integridad del equipo durante el funcionamiento de la máquina. La parte inferior, frontal y los laterales cuentan con un espesor de 2 mm, ya que no van a soportar peso de manera directa, pero se consideró este grosor para poder soportar golpes o caídas.

Por último, la parte inferior de la caja es una rejilla que consta con 40 perforaciones de 14 mm de diámetro. Aparte de eso, cuenta con 4 perforaciones de 6 mm con 157 mm y 102 mm de distancia entre centros respectivamente, donde en la parte interna se soldaron tuercas M5.

Se fabricó un marco con las mismas 4 perforaciones de 6 mm de diámetro en plancha de acero negro de 1,2 mm de espesor que le permitirá al usuario insertar un filtro entre estos dos componentes, para así poder evitar la entrada de partículas de polvo y contaminantes al interior.

La parte frontal de la caja cuenta con un marco de exterior 176x198 mm y el interior es de 162x142 mm con 4 perforaciones de 6 mm con una distancia entre centros de 157 mm y 178 mm respectivamente, en los cuales se soldaron de forma interna 4 tuercas M5. Considerando este marco se fabricó una tapa en un espesor de 1,2 mm en plancha de acero negro con las mismas

4 perforaciones de 6 mm, para poder proteger al motor de cualquier agente externo y así brindarle la posibilidad al usuario de poder hacer un mantenimiento preventivo a la caja y extraer el motor de una forma fácil y eficiente

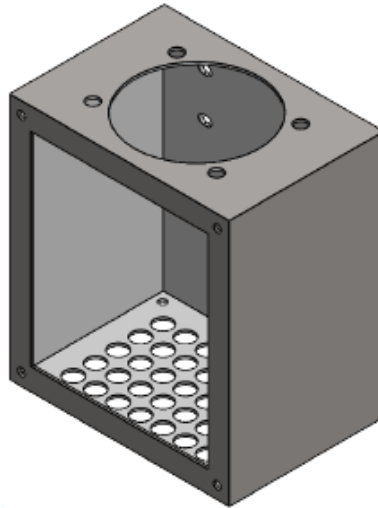


Figura 19. Caja protectora del motor
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.2.5 Estrella



Figura 20. Estrella
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

La estrella que va a sostener al motor fue fabricada en un espesor de 6 mm en plancha de acero negro. Son 4 pletinas que cuentan con un largo de 715 mm de extremo superior a extremo inferior, con un ancho de 30 mm. En las 4 puntas cuenta con un ojo chino de 15 mm de largo y 8 mm de ancho, dejando un espacio de 5 mm desde el final del ojo chino hasta el filo de la pletina de la estrella. Cuenta con dos diámetros centrales, el exterior es de 140 mm y el interior es de 100 mm. El centro del anillo está formado por los dos diámetros. Tiene 4 perforaciones

de 10 mm pensados para que pase un perno de 3/8 de pulgada, con una distancia entre los centros de 99,22 mm y 67,5 mm respectivamente.

Ya que uno de los objetivos de esta máquina es que la mayor parte de los componentes sea desmontables, se hicieron 4 orejas de 30 mm alto y 30 mm de ancho con radio de 15 mm en uno de sus lados. En el centro de esta oreja se hizo un ojo chino de 15 mm de ancho y 8 mm de largo, fueron soldados a los ángulos de 40x40 mm dentro de la cabina que van a servir como apoyo y acople de la estrella que va a soportar el peso del motor. De esta forma, se podrá desmontar tanto la caja como la estrella simultáneamente.



Figura 21. Acoplamiento estrella-cabina.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.3 Equipo de recolección y almacenamiento

2.3.1 Tanque de almacenamiento

El tanque para el almacenamiento de la granalla cuenta con un largo 327 mm, un ancho 383 y un alto de 498 mm. La cara superior del tanque tiene una perforación cuadrada central de 153x153 mm, además cuenta con 8 perforaciones de 7 mm diámetro para que pase un perno de 1/4 de pulgada, con una distancia de 82 mm entre los centros de las perforaciones. En la cara interior del tanque tiene soldadas tuercas para perno de 1/4 de pulgada, permitiendo el acoplamiento del tanque con la tolva. El tanque posee un área de 0,958 m², lo que permite almacenar un aproximado de 97 kg de granalla seca. Considerando dejar libre un 5% del espacio, por motivos de seguridad, se recomienda solo llenar el tanque con 92 kg.

Para el cálculo del área de las paredes del tanque se tomarán en cuenta los siguientes datos:

Largo: L= 327 mm

Ancho: A= 383 mm

Alto: H= 498 mm

$$A_{Total} = 2(LA + LH + AH)$$

$$A_{Total} = 2(125241 \text{ mm}^2 + 162846 \text{ mm}^2 + 190734 \text{ mm}^2)$$

$$A_{Total} = 2(478821 \text{ mm}^2)$$

$$A_{Total} = 957624 \text{ mm}^2$$

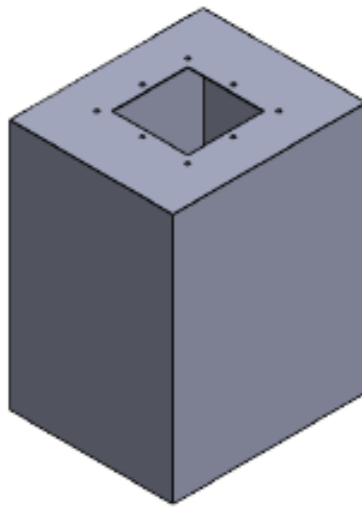


Figura 22. Tanque de almacenamiento.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.3.2 Tolva

La tolva fue diseñada en plancha de acero negro de 1,2 mm. Tiene una altura total de 300 mm. La reducción desde la parte más ancha es de 700 mm y llega a los 150 mm. Fue pensada para acoplarse al tanque de almacenamiento de granalla, por lo que se hizo una extensión a la parte menor de la tolva, sumándole una sección cuadrada de 60x60 mm con una altura de 60 mm y un espesor de 1,2 mm en acero negro con la intención de soldarle una brida cuadrada de exterior 210x210 mm y el interior de 150x150 mm con 6 perforaciones de diámetro 7 mm para que pase un perno de ¼ de pulgada, y con una distancia de 82 mm entre los centros de las perforaciones. De esta manera el operador de la máquina puede maniobrar en este espacio con mayor facilidad a la hora de empujar la tolva al tanque.

A la tolva se le fabricaron nervios en forma de triángulo rectángulo, cuyos dos lados iguales miden 105 mm respectivamente, con un ojo chino central de 11 mm de alto por 7 mm de ancho, destinado para que pase un perno de ¼ de pulgada. Estos nervios fueron soldados en la parte

más ancha de la tolva, a una distancia de 15 mm hacia abajo desde el borde superior, distribuidos en los cuatro lados. De manera complementaria se realizaron puntos de anclaje en el interior de la cabina, posicionados en los cuatro vértices formados por los tubos cuadrados de 40×40 mm.

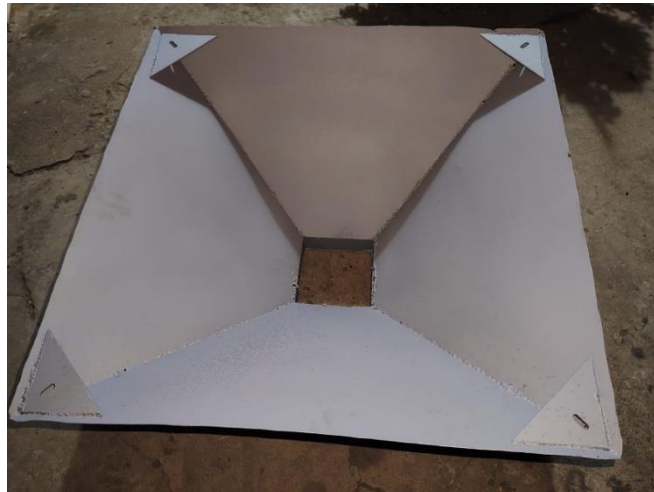


Figura 23. Tolva
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

El espacio de separación del nervio y filo de la tolva se usó para ubicar un caucho (también conocido como rodón automotiz), de esta forma se puede lograr un acoplamiento de la tolva hacia la estructura principal, haciéndola idónea para que al momento de la limpieza de los componentes de la máquina sea más fácil el desmontaje y se pueda hacer un mantenimiento periodico más eficiente.



Figura 24. Guía para el acoplamiento de la tolva.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Entre la tolva y la cabina se fabricó una guía hecha a base de ángulos de 30x30 mm de acero negro con un espesor de 3 mm, formando un marco que fue soldado en la parte inferior de la

cabina para así poder lograr que al operador se le facilite el acoplamiento de manera más eficiente y con un mejor sellado tolva-cabina, ya que el caucho de la tolva (rodón automotriz) ejercería presión al momento en que el usuario ajuste de los pernos.

Para el cálculo del área de la tolva de cuerpo piramidal y base cuadrada se consideran los siguientes datos:

Altura: $h = 300 \text{ mm}$

Lado mayor: $L1 = 700 \text{ mm}$

Lado menor: $L2 = 150 \text{ mm}$

1) Diferencia de semilados

$$\Delta = \frac{L1 - L2}{2} = \frac{700 - 150}{2} = 275 \text{ mm}$$

2) Generatriz inclinada

$$g = \sqrt{h^2 - \Delta^2}$$

$$g = \sqrt{300^2 - 275^2}$$

$$g = \sqrt{90000 - 75625}$$

$$g = \sqrt{165625}$$

$$g = 407 \text{ mm}$$

3) Área de una cara lateral

$$A = \frac{(L1 + L2)}{2} g$$

$$A = \frac{(700 + 150)}{2} 407$$

$$A = (425) \cdot (407)$$

$$A = 172975 \text{ mm}^2$$

4) Área lateral total de las 4 caras

$$A_{Total} = (172975 \text{ mm}^2) (4)$$

$$A_{Total} = 691900 \text{ mm}^2$$

2.3.3 Malla

La malla o rejilla instalada en el interior de la cabina fue fabricada en plancha de acero negro con un espesor de 1,2 mm. Se seleccionó este material por su adecuada resistencia mecánica y durabilidad frente a la acción abrasiva del proceso de granallado. Este elemento cumple la función de soporte de las piezas a tratar, permitiendo al mismo tiempo el paso del material abrasivo hacia la parte inferior de la cabina.

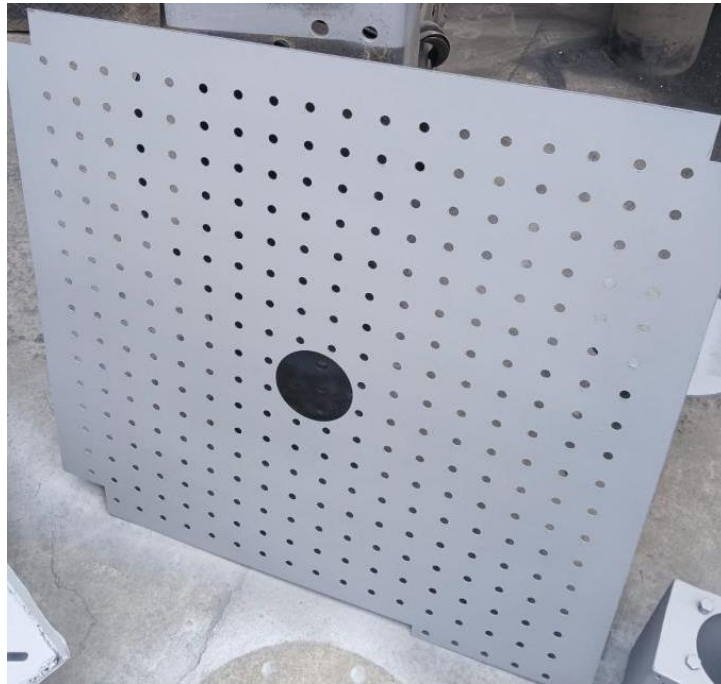


Figura 25. Rejilla
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

La rejilla presenta un diámetro central de 100 mm y cuenta con un total de 310 perforaciones, distribuidas de manera uniforme, con una distancia entre centros de 140 mm, lo que garantiza una adecuada ventilación y un drenaje eficiente de la granalla utilizada durante la operación. Esta disposición de perforaciones permite evitar la acumulación excesiva de material abrasivo sobre la superficie de trabajo, contribuyendo a la continuidad y limpieza del proceso.

En cuanto a sus dimensiones generales, la malla tiene un largo de 750 mm y un ancho de 810 mm. Su instalación se realiza apoyándola directamente sobre los perfiles cuadrados de 40×40 mm dispuestos en el interior de la cabina, los cuales actúan como elementos estructurales de soporte. Dicha configuración proporciona una base estable y rígida para la rejilla, asegurando su correcta posición durante la operación y facilitando su desmontaje para tareas de limpieza, mantenimiento o reemplazo.

2.4 Accesorios y equipos auxiliares

2.4.1 Bases regulables de la cabina

La cabina cuenta con un sistema de regulación de altura que permite su ajuste en función de desniveles del suelo o requerimientos ergonómicos del usuario. Este sistema está conformado por cuatro conjuntos regulables, cada uno compuesto por elementos estructurales y de fijación.

Dos de las piezas principales fueron fabricadas mediante corte láser a partir de plancha de acero negro, incluyendo anillos de 12 mm de espesor, con un diámetro exterior de 60 mm y un diámetro interior de 13 mm. Asimismo, se elaboraron placas cuadradas de 39 mm × 39 mm, con esquinas redondeadas de radio 5 mm y un espesor de 6 mm.

En cada anillo y placa cuadrada se soldó una tuerca de ½ pulgada, permitiendo la inserción de un elemento roscado. Posteriormente, las placas cuadradas fueron soldadas al ras del perfil estructural tipo ángulo, asegurando que la tuerca quedara orientada hacia el interior para facilitar el ensamblaje.

El sistema se completa con espárragos de acero negro de ½ pulgada de diámetro y 120 mm de longitud, los cuales permiten la regulación individual de cada una de las cuatro bases de la cabina. El ajuste se realiza mediante una llave de ¾ pulgada (19 mm), facilitando la nivelación del equipo. Además, el diseño permite la sustitución de los espárragos en caso de desgaste, prolongando la vida útil del sistema.



Figura 26. Bases regulables.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.4.2 Extractor

En el diseño de la cabina se integró un extractor de aire de 4 pulgadas, modelo Genuine de 110 V, ubicado en la esquina superior derecha, garantizando una ventilación eficaz del espacio de trabajo. Si bien este dispositivo está comúnmente destinado a aplicaciones domésticas como baños, sus especificaciones ofrecen una capacidad de extracción de 47 CFM, adecuada para áreas de aproximadamente 5 m², lo que lo convierte en una solución viable para la evacuación de aire cargado de partículas generadas durante el proceso de granallado.

Adicionalmente, se incorporó un material filtrante tipo bayeta (bileda) en la entrada del extractor, con el fin de retener partículas de polvo y evitar su expulsión directa al ambiente. Este elemento contribuye a mejorar la calidad del aire evacuado, reduciendo la dispersión de contaminantes y protegiendo tanto el entorno de trabajo como los componentes internos del sistema.

De este modo, el extractor no solo facilita la renovación del aire dentro de la cabina, sino que también contribuye a mantener condiciones más seguras de operación, disminuyendo la acumulación de polvo y preservando la integridad de los materiales.



Figura 27. Extractor
Fuente: Gavilánez y Villa fuerte (2025)

2.4.3 Luminaria

La cabina cuenta con un sistema de iluminación basado en un reflector LED RCA de 10 W, equipo compacto que ofrece un bajo consumo. Proyector elegido por su excelente rendimiento lumínico que lo hace ideal para entornos industriales.



Figura 28. Iluminaria
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Esta luminaria proporciona una luz blanca con una temperatura de color de 6500 K, que ayuda a mejorar la visibilidad dentro de la cabina y permite apreciar mejor los detalles durante la operación, la supervisión y el mantenimiento de los equipos. Su intensidad luminosa es de aproximadamente 1000 lúmenes, suficiente para proporcionar una iluminación adecuada dentro de la cabina sin deslumbrar. Está situada en la esquina superior derecha y cuenta con regulación para que el operario pueda manipularla en caso de ser necesario.



Figura 29. Soporte para iluminaria.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Además, el reflector brinda un grado de protección IP65, lo que significa que es resistente al polvo y a la penetración de agua en forma de salpicaduras o rayos de luz. Esta característica es primordial ya que al momento de realizar la operación del granallado el material desprende abundante polvo de hierro, permitiendo su uso seguro dentro de la cabina y manteniendo una fiabilidad operativa a largo plazo.



Figura 30. Evaluación de iluminación en la cabina.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.4.4 Pistola de granalla

El sistema de granallado que se utilizó corresponde a los modelos típicos AT12601. Funciona basado en un mecanismo de alimentación por sifón que proporciona una succión abrasiva continua. Este principio de funcionamiento nos brinda un flujo constante de material abrasivo, lo que contribuye a un tratamiento superficial estable y uniforme.

El equipo es idóneo para la eliminación de óxido, corrosión y pintura de superficies metálicas, dejando un acabado superficial limpio, listo para procesos posteriores como recubrimientos o pinturas. Al equipo se le puede suministrar diversos abrasivos como microesferas de vidrio, óxido de aluminio, carburo de silicio, cáscara de nuez y granalla de acero, lo que le proporciona versatilidad para diferentes requisitos de preparación de superficies.



Figura 31. Pistola de granalla.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

El mecanismo incluye los elementos operativos esenciales: como la pistola de granallado, una manguera de 3 metros y una llave de ajuste. La boquilla puede incorporar un inserto cerámico

que funciona como un componente consumible que se desgasta gradualmente durante el funcionamiento, por lo que debe inspeccionarse y reemplazarse periódicamente.

Desde el punto de vista de la seguridad y el mantenimiento, se recomienda el uso de equipo de protección personal adecuado, incluyendo mascarillas respiratorias de alta calidad con filtros adecuados, gafas de seguridad y guantes, para proteger al operador de las partículas abrasivas.

Finalmente, para un rendimiento óptimo del granallado, se recomienda mantener un ángulo de trabajo de entre 45° y 60° con respecto a la superficie tratada, ya que esto mejora la eficiencia de remoción de material y ayuda a reducir el desgaste prematuro del equipo.

2.4.5 Mangas y guantes



Figura 32. Mangas y guantes
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Para facilitar la manipulación manual de piezas de trabajo dentro de la cabina durante el proceso de granallado, se han creado dos perforaciones frontales de 135 mm a través de las cuales el operador puede introducir las manos con seguridad, garantizando una protección adecuada de las extremidades superiores. Los guantes y las mangas protectoras están cosidos entre sí, formando un único sistema de aislamiento entre el operador y el interior de la máquina.

Los guantes utilizados son de soldadura reforzados de 27 cm de largo, fabricados en piel de vacuno gruesa de alta calidad. Las mangas protectoras también están fabricadas del mismo material que los guantes. Están diseñadas para proteger los brazos y la ropa del operador de las chispas, el calor del proceso y posibles descargas eléctricas.

Se optó por 2 bridas como método de agarre entre las mangas y la cabina. Dichas bridas cuentan con un diámetro exterior de 182 mm y un diámetro interior de 125 mm, con 4 perforación centrales de 7 mm con una distancia entre centros de 142 mm. Vale recalcar que las bridas

fueron diseñadas de tal manera que no fuera necesario perforar la cabina para que pasen los pernos, si no que el hexágono del perno y la tuerca apriete la lámina de la cabina, haciendo un fácil acople del conjunto.



Figura 33. Acople para mangas
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.4.6 Ventana de vinilo

La cabina está equipada con una ventana frontal de vinilo PVC de 3 mm de espesor, de 560×325 mm, la misma que permite al operador observar el proceso de granulación dentro de la máquina. Este material se eligió por su ligereza, facilidad de moldeo y buena resistencia al impacto de partículas abrasivas.

Para asegurar y proteger la ventana, se fabricaron dos marcos de chapa de acero negra de 3 mm de espesor. El marco exterior mide 655×390 mm, mientras que el interior mide 550×315 mm. Estos dos elementos proporcionan un ensamblaje tipo "sándwich" en el que la lámina de PVC se sujeta entre los dos marcos metálicos, garantizando así una fijación rígida y un buen sellado.

El conjunto se fija mediante doce orificios de 7 mm de diámetro para pernos de ¼ de pulgada, lo que garantiza un apriete y una distribución uniforme de la fuerza en todo el perímetro de la mira. Esta configuración garantiza además la estabilidad mecánica del acristalamiento, facilita su extracción para mantenimiento o sustitución, y contribuye a la durabilidad general de la cabina.



Figura 34. Ventana de vinilo
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.4.7 Puerta

La puerta está conformada por acero negro de 1,2 mm. Tiene una dimensión de 740 mm de alto y 690 mm de ancho. Está compuesta por un doblez de 2 cm. Se le empernaron 2 bisagras y un seguro en forma de pasador. Por la naturaleza del proyecto, esta puerta debe brindar un sellado al momento en que se encuentre cerrada, por lo que se le soldaron ángulos de 2x2cm alrededor de los dobleces de 2 cm, con el objetivo que sirvan como guía para un caucho, garantizando así que ninguna partícula de polvo de hierro salga al ambiente.



Figura 35. Puerta de acceso a la cabina (parte interna).
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.4.8 Compresores

El sistema de aire comprimido utilizado en este proyecto se basa en un compresor de pistón de accionamiento directo con una potencia nominal de 2 HP (1500 W), un depósito de 24 litros y una fuente de alimentación de 110-120 V 60 Hz.

El compresor presenta una presión máxima de trabajo de aproximadamente 115–116 PSI (8 bar), valor suficiente para cumplir con el rango de operación de la pistola de granallado, que generalmente se encuentra entre 40 y 90 PSI. Este margen permite compensar pérdidas de presión en mangueras y accesorios, asegurando condiciones adecuadas en la entrada de la pistola.

El caudal de aire suministrado por este equipo es de aproximadamente 147 L/min, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de demanda baja. Al momento que se estuvo realizando las pruebas experimentales del sistema de granallado se pudo notar que existe una caída de presión, especialmente al momento de trabajar con una boquilla de 1/4, la cual necesita un mayor consumo de aire. Esta situación interfería con la continuidad del proceso, obligando así a realizar pausas frecuentes para la recuperación de la presión en el tanque.

Para poder solucionar esta limitación, se llegó a implementar un segundo compresor el cual contaba con una capacidad de 60 litros y una potencia de 1,5 Hp, el cual fue conectado al sistema para así incrementar la disponibilidad del aire comprimido. Es así como esta configuración nos llegó a permitir el aumento del volumen total de almacenamiento de aire, dando una mejora significativa a la estabilidad de la presión durante la operación.

Como resultado de esta modificación, se logró una mayor continuidad en el proceso de granallado, reduciendo la caída de presión y mejorando el desempeño general del sistema. La incorporación del segundo compresor demostró que, además de la presión máxima, tanto el volumen de almacenamiento como el caudal de aire son factores determinantes para garantizar un funcionamiento óptimo.

En cuanto a su construcción, ambos equipos cuentan con tanques de hierro y componentes de aluminio, lo que proporciona una adecuada resistencia mecánica, buena disipación térmica y una mayor vida útil. Asimismo, disponen de elementos de control y seguridad, tales como reguladores de presión, manómetros, filtros de aire y presostatos, los cuales permiten una operación segura, el monitoreo constante y la protección frente a sobrepresiones.



Figura 36. Compresor.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

2.5 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la máquina utiliza dos disyuntores de 16 A diseñados para proteger los circuitos y garantizar el funcionamiento seguro del equipo. Esta configuración permite dividir la energía entre las cargas primarias, lo que aumenta la fiabilidad y simplifica la gestión del sistema.

Para el cableado eléctrico se utilizaron conductores de diversas secciones transversales y colores. Según su finalidad se utilizó un cable de 6 metros de longitud, de color verde-amarillo y calibre 14 AWG, como protección a tierra, lo que garantiza una conexión fiable de todos los elementos estructurales metálicos al sistema de puesta a tierra y mejora la seguridad eléctrica,. Se emplearon cables negros de 6 metros de longitud y cables blancos de 6 metros de longitud, de calibre 14 AWG para los conductores de fase y neutro, respectivamente.

Uno de los disyuntores controla la alimentación del motor eléctrico, garantizando su activación y protección contra sobrecargas y cortocircuitos; el segundo disyuntor está diseñado para alimentar el sistema de ventilación por extracción y la iluminación de la cabina, lo que permite el control independiente de estos componentes aumentando la flexibilidad general del sistema.



Figura 37. Caja eléctrica.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Esta distribución de circuitos eléctricos mejora la seguridad operativa, facilitando el mantenimiento y fiabilidad general de la máquina, gran uso de cables de diversas secciones transversales y codificación por colores también facilita la identificación de los conductores durante la instalación y el mantenimiento posterior.

Tabla de Equivalencia AWG a MM2	
AWG/kcmil	MM2
#22 awg	0,5
#20 awg	0,75
#18 awg	1
#16 awg	1,5
#14 awg	2,5
#12 awg	4
#10 awg	6
#8 awg	10
#6 awg	16
#4 awg	25
#2 awg	35
#1 awg	50
#2/0 awg	70
#3/0 awg	95
#4/0 awg	120
300 kcmil	150
350 kcmil	285
500 kcmil	240
750 kcmil	400

Tabla 4. Tabla de Equivalencia Awg a MM2.
Fuente: <https://www.electro-persa.com/>

2.6 Detalle de costes y materiales utilizados para la fabricación de la máquina

Una vez terminada la máquina Sandblasting y avalada mediante las pruebas de funcionamiento se procede a hacer un listado detallado de cada uno de los materiales empleados, sus características y los costes de cada uno de ellos. La información se resume y se detalla en la siguiente tabla:

Cant	Unid	Detalle	Valor unitario - \$	Valor total - \$
2		Plancha de hierro frio 1,4mm (1/16 in) mate	60,00	120,00
1		Angulo de 30x30x6000 mm CS	8,25	8,25
2		Tubo negro cuadrado de 40x2x6000 mm CS	18,20	36,40
1		Eje de aluminio de 30x30 mm	7	7
4		Disco de corte 4x1/16 in	1,20	2,40
3	Kg	Electrodos 6011 de 1/8 in	5,40	16,20
1		Extractor de baño de 4 in	15,00	15,00
15		Pernos 3/8 in con tuercas	0,30	4,50
5	12	Servicio de corte de ángulos y tubos	0,25	3,00
2		Broca 7 mm HSS	5,00	10,00
1		Broca escalonada de 3 a 12 mm	4,25	4,25
4		Espárragos de ½ x 5 in	3	12,00
1		Compresor de 24 litros	150,00	150,00
1		Servicio de plegado	15	15
1		Angulo de 25x2x6000 mm CS	5,75	5,75
1	par	Guantes de soldar	4,00	4,00
1	par	Mangas de soldar	6,50	6,50
1		Servicio de costura	7,00	7,00
5	m	Manguera truper de ¼	13,00	13,00
3	m	Caucho (rodón) para tolva	4,00	12,00
1		Macilla automotriz	15,00	15,00
1		Silicona permatex	5,00	5,00
4		disco de lija flap 4	1,6	6,40
1		Plancha de aluminio de 4 mm de 60x60 cm	50,00	50,00
1		Pistola Sandblaster	85,00	85,00
2		Sprite negro mate	2,75	5,50
1		Seguro de puerta tipo chapa	4,50	4,50
3	m	Caucho (rodón) para puerta	7,5	22,50
1		Vinilo PVC de 3mm (560x325 mm)	25	25
20		Pernos y tuercas M5	10,00	10,00

30		Pernos, tuercas y anillos de ¼	15,00	15,00
1		Chapa para caja eléctrica	2,50	2,50
1		Cemento de contacto africano	1,50	1,50
2		Cinta aislante de ¾	0,85	0,85
1		Enchufe ojo chino	4,25	4,25
2	lb	Wipe	1,50	3,00
4	l	Diluyente laca	9,75	9,75
1	l	Pintura sintética preparada rojo oxido	6,50	6,50
1		Lámpara RCA led 10w de 110v	7,30	7,30
2	m	Cable gemelo 2x12	3,27	3,27
2		Breaker de 15 amp	5,25	10,50
3	m	Cable concéntrico 2x12	5,08	5,08
1		Switch de pedal	16,85	16,85
1	m	Riel	1,00	1,00
1		Motorreductor	150	150,00
		Granalla mineral	10	10
1	m	Servicio corte laser	180,00	180,00
1	u	Servicio de corte por hilo	30,00	30,00
1	u	Servicio de torneado	20,00	20,00
1		Servicio de fondeado	35,00	35,00
1		Servicio de granallado	60,00	60,00
3	u	Tubo ½ x3m PVC	1,60	4,80
1		Mano de obra eléctrica	30	30
1		Movilización	80	80
1		Mano de obra (cortes, dobles, soldadura, pintado)	250	250
1	u	Placa de Información de Tesis de Grado	25	25
Total			\$1643,30	

Tabla 5. Detalles de costo de la cabina Sandblasting.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

CAPITULO III: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Figura 38. Cabina de sandblasting terminada.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Cada vez que se quiera utilizar la máquina, se deberán seguir los siguientes pasos para garantizar el perfecto desempeño de esta.

- 1) Encender el compresor de 2 HP (tanque 24 L)
- 2) Ajustar la presión de trabajo a 90 PSI (máx. 100 PSI)
- 3) Verificar que la tolva contenga granalla mineral Barton 20/30
- 4) Colocar la pieza metálica sobre el plato giratorio de aluminio
- 5) Cerrar y asegurar la puerta de la cabina
- 6) Colocar máscara, guantes y mangas de protección
- 7) Encender el extractor de ventilación e iluminación LED
- 8) Activar el motor del plato giratorio
- 9) Operar la pistola de granallado con boquilla de 1/4"
- 10) Granallar la superficie hasta obtener el acabado deseado
- 11) Esperar unos segundos antes de abrir (reducción de polvo)
- 12) Retirar la pieza tratada con cuidado
- 13) Verificar el resultado del tratamiento superficial

- 14) Apagar el sistema eléctrico y el compresor
- 15) Cerrar el paso de aire y realizar limpieza básica interna

3.1 Procesos operativos de la cabina de granallado

Las pruebas de funcionamiento que se le realizaron a la cabina de granallado se llevaron a cabo en las instalaciones de Talleres Taisor S.A., lugar donde se fabricó la máquina.

La cabina de granallado requiere un suministro constante de aire comprimido, proporcionado por un compresor de pistón de 2 HP equipado con un tanque de 24 litros y otro de 60 litros y una potencia de 1,5 Hp capaz de suministrar una presión máxima de aproximadamente 115 psi. Esta fuente de aire comprimido asegura el funcionamiento continuo de la pistola de granallado con alimentación por sifón, garantizando una succión constante en el abrasivo y estabilidad del chorro durante el tratamiento superficial de la pieza.

La rotación de la mesa giratoria es generada por el sistema de accionamiento, compuesto por un motor eléctrico, una carcasa del motor, una manzana ubicada en la punta del eje para la transmisión de fuerza, una estrella estructural y un plato de aluminio, los equipos trabajan en conjunto para transmitir el par motor produciendo una rotación uniforme de la placa, asegurando una exposición uniforme de las piezas al chorro abrasivo.

Estos dos subsistemas (el suministro de aire comprimido y el mecanismo de rotación del plato giratorio) son parámetros esenciales para iniciar y mantener el funcionamiento general de la máquina durante los procesos de tratamiento de superficies.

Controlar la presión de suministro a la cabina de granallado es esencial para garantizar un funcionamiento fiable y preservar la integridad de los componentes neumáticos. Si bien el compresor puede suministrar una presión máxima de aproximadamente 115 psi, el sistema no opera a este valor nominal.

Al momento de iniciar las operaciones de tratamiento de superficies, el aire comprimido suministrado por los compresores es controlado mediante el regulador de presión incorporado en los equipos, el cual permite ajustar el valor de trabajo requerido para el proceso de granallado, la presión de funcionamiento se establece aproximadamente en 90 psi, con el fin de proteger los componentes neumáticos del sistema.

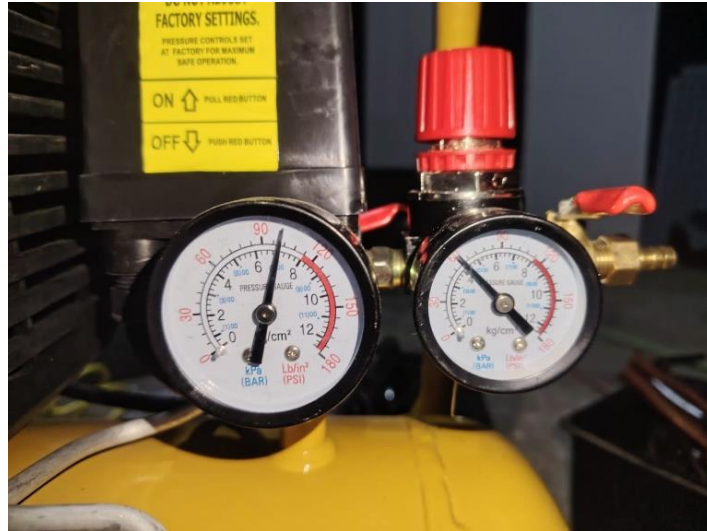


Figura 39. La regulación del compresor.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Esta estrategia de regulación no solo evita sobrepresiones que podrían dañar las líneas, accesorios y componentes neumáticos, sino que también garantiza un funcionamiento más estable y repetible del proceso de granallado.

En este proyecto, se utilizó como abrasivo la granulación mineral Barton 20/30, este abrasivo natural a base de granate presenta una alta dureza y una forma angular de partícula, lo que garantiza una limpieza y preparación eficaces de las superficies metálicas.



Figura 40. Granalla.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

La granulación 20/30 garantiza un flujo de abrasivo constante en un acabado superficial uniforme, y es totalmente compatible con la pistola de granallado con alimentación por sifón utilizada, esto evita obstrucciones y garantiza un funcionamiento continuo.

Consumo de aire CFM (ft ³ /min)				
Consumo De Abrasivo lb/hora				
Presión		90	100	120
Boquilla		PSI	PSI	PSI
No. 2	1/8"	16	18	20
		105	115	130
No. 3	3/16"	36	41	45
		230	260	290
No.4	1/4"	65	72	80
		420	460	500
No.5	5/16"	101	113	125
		650	725	825
No. 6	3/8"	145	163	182
		954	1050	1150
No.7	7/16"	193	215	240
		1300	1450	1600
No.8	1/2"	260	290	320
		1660	1850	2000

Tabla 6. Parámetros importantes del granallado a presión.
Fuente: <https://blastingexperts.com/noticias/parametros>

3.2 Pruebas de funcionamiento de la máquina

A continuación, se presentan algunas pruebas de funcionamiento que acreditan el buen desempeño y validez de la máquina construida. Para ello, se muestran imágenes que evidencian las prácticas desarrolladas sobre algunas superficies metálicas.

- **Prueba de funcionamiento N.º 1**

Después de seleccionar el componente a granallar, se coloca cuidadosamente dentro de la cabina, apoyándolo sobre el plato giratorio, con el fin de garantizar una exposición uniforme al abrasivo durante la operación.

Frente a la cabina de granallado, mediante el visor de acrílico, complementado por la iluminación proporcionada por la lámpara LED instalada en el interior, es posible observar de manera continua el trabajo realizado sobre la pieza durante el proceso.



Figura 41. Elemento metálico para granallar.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

En este caso, se utilizó como elemento de prueba, una brida de hierro de 3 mm de espesor, colocada sobre el plato giratorio de aluminio, con el objetivo de evaluar la efectividad del sistema de granallado. Desde esta perspectiva, la pieza presentaba óxido superficial sin evidencias de corrosión profunda ni incrustaciones significativas, por lo tanto, el tratamiento aplicado consistió en la proyección controlada de abrasivo a presión, logrando la remoción del óxido y la limpieza de la superficie.



Figura 42. Resultados del proceso de granallado.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Los resultados obtenidos permiten evidenciar la eficacia del proceso de granallado mediante el uso de abrasivo mineral, aplicado sobre la pieza seleccionada, en particular, la brida de hierro tratada presentó una superficie visiblemente más limpia y uniforme tras la proyección de granalla mineral Barton 20/30.

Asimismo, al comparar la zona sometida al granallado con la sección que no fue intervenida, se observa que la parte tratada se encuentra libre de óxido superficial y contaminantes, mientras que en la zona no procesada persisten signos de corrosión. Esto demuestra que el método implementado constituye una solución eficiente para la limpieza y preparación de superficies metálicas, logrando resultados satisfactorios en un tiempo reducido y cumpliendo con los objetivos planteados en el desarrollo de la máquina.

- **Prueba de funcionamiento N.º 2**

En lo que respecta a esta prueba, se empleó un disco metálico como muestra, con el fin de evaluar la capacidad del sistema para la remoción de óxido superficial. Durante el ensayo, el chorro abrasivo fue aplicado de manera controlada, logrando una limpieza uniforme en la superficie tratada.



Figura 43. Segunda prueba de funcionamiento
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Los resultados evidencian una mejora significativa en la condición superficial del material, observándose una clara diferencia entre las áreas intervenidas y no intervenidas. Asimismo, se comprobó la operatividad del sistema y la adecuada respuesta del suministro neumático durante el proceso.



Figura 44. Resultado de segunda prueba de funcionamiento
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

- **Prueba de funcionamiento N.º 3**

Lo que respecta en la tercera prueba, se utilizó sobre una pieza metálica cilíndrica con oxidación superficial, con el fin de evaluar el desempeño del sistema en superficies de geometría cilíndrica. El proceso permitió la eliminación efectiva del óxido, obteniéndose una superficie con mayor uniformidad y mejores condiciones para tratamientos posteriores.



Figura 45. Tercera prueba de funcionamiento.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Los resultados evidencian una mejora significativa en la calidad superficial, validando la eficiencia del equipo en condiciones reales de operación.



Figura 46. Resultado de la tercera prueba de funcionamiento.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

- **Prueba de hermeticidad de la cabina de granallado**

Con el objetivo de minimizar cualquier posible vía de escape de material o partículas, se implementó una estrategia de sellado integral basada en tres soluciones constructivas complementarias.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE SELLADO	
Soldadura Continua	Uniones fijas de placas
Perfiles Elastoméricos (Caucho)	Compuertas e interfaz tolva
Masilla Polimérica	Juntas de baja tolerancia

Tabla 7. Componentes del sistema de sellado
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Uniones mecánicas permanentes: Se realizaron cordones de soldadura continuos mediante procesos de arco eléctrico en todas las uniones entre las láminas de acero y los elementos estructurales. Esta técnica permitió eliminar espacios susceptibles de generar fugas, además de incrementar la resistencia y rigidez de la estructura.

Sistemas de unión desmontables y elementos móviles: La conexión entre la tolva de recuperación y la sección inferior de la cabina se efectuó mediante bridas atornilladas. Para compensar posibles variaciones dimensionales y asegurar la estanqueidad del acoplamiento, se incorporó un sello perimetral de caucho de uso automotriz con elevada capacidad de recuperación elástica. De manera similar, en el marco de la puerta de acceso principal se instaló un perfil elastomérico diseñado para adaptarse a pequeñas desalineaciones geométricas y garantizar una distribución uniforme de la presión de contacto durante el cierre.

Sellado complementario de juntas: Una vez finalizadas las operaciones de soldadura, las zonas consideradas críticas fueron tratadas con un compuesto sellador de alta densidad. Este material polimérico actuó como una barrera adicional frente a posibles microporosidades o imperfecciones presentes en los cordones de soldadura, reforzando así la hermeticidad global de la cabina.

La presente evaluación tuvo como objetivo principal comprobar la eficacia del sistema de confinamiento de la cabina. Para ello, se analizó su capacidad para contener el material abrasivo como son las partículas finas de polvo generadas durante el proceso de granallado neumático sobre superficies metálicas. La adecuada hermeticidad de la estructura constituye un requisito esencial para proteger la seguridad del operador, reducir la liberación de contaminantes al ambiente de trabajo y favorecer un uso más eficiente de los insumos empleados en la operación.



Figura 47. Prueba de hermeticidad de la máquina.
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Este procedimiento permitió evaluar la eficacia de las soluciones de ingeniería y de los sistemas de sellado incorporados durante la fase de fabricación, entre los que se incluyen las uniones soldadas de forma continua, los perfiles elastoméricos de uso automotriz y los selladores poliméricos aplicados en las zonas estructurales de mayor criticidad.



Figura 48. Sello automotriz
Fuente: Gavilánez y Villafuerte (2025)

Durante el proceso de granallado, el material abrasivo es impulsado a elevadas presiones, generando múltiples rebotes de partículas y una considerable concentración de polvo en suspensión dentro del volumen de trabajo de la cabina. En estas condiciones, la presencia de grietas, fisuras o cualquier tipo de discontinuidad en la estructura podría propiciar la fuga de material abrasivo y partículas contaminantes hacia el exterior. Esta situación ocasionaría pérdidas de material, afectaciones al ambiente laboral y potenciales riesgos para la salud y seguridad del personal encargado de la operación.

Una vez hechas las pruebas de funcionamiento, el diseño de la cabina garantizó un buen nivel de hermeticidad, asegurando el confinamiento efectivo de todos los elementos presentes durante el proceso. Una estructura adecuadamente sellada no solo contribuye al cumplimiento de los requisitos de seguridad industrial y protección ambiental, sino que también favorece la eficiencia operativa del sistema al facilitar la recuperación y recirculación del abrasivo mediante los mecanismos de recolección ubicados en la tolva de almacenamiento.

Los resultados cualitativos obtenidos evidenciaron la inexistencia de fugas o puntos de escape del abrasivo Barton 20/30 a través de los elementos estructurales sometidos a evaluación. Los

sellos de caucho automotriz presentaron un comportamiento uniforme durante la operación, manteniendo su capacidad de deformación elástica y garantizando la hermeticidad del sistema ante las variaciones de presión interna generadas por el proceso neumático. De igual manera, la unión empernada entre la brida y la tolva conservó condiciones adecuadas de estanqueidad, corroborando la efectividad del diseño estructural propuesto.

En cuanto a la presencia de material particulado fino, las mediciones realizadas en el exterior de la cabina registraron concentraciones reducidas, consideradas técnicamente insignificantes para ambientes industriales de manufactura. Este desempeño puede atribuirse a la acción conjunta del sistema de extracción, que genera una presión negativa en el interior de la cabina, y de los elementos de sellado implementados, los cuales actúan como barreras físicas frente a posibles fugas.

La combinación de cordones de soldadura continua, perfiles elastoméricos y selladores poliméricos permitió eliminar prácticamente la totalidad de los posibles puntos de escape. Desde el punto de vista operativo, este nivel de confinamiento favorece la recuperación eficiente del material abrasivo hacia la tolva de recolección, optimizando su aprovechamiento y prolongando su vida útil. Asimismo, contribuye a reducir las labores de limpieza y mantenimiento correctivo en las áreas adyacentes al equipo, mejorando la eficiencia general del proceso.

CONCLUSIONES

- Se comprobó que el diseño, desarrollo e implementación de la máquina granalladora permitió obtener un equipo funcional y adecuado para el tratamiento superficial de materiales metálicos. La máquina logró cumplir con los principios teóricos de eliminación de óxido, corrosión y contaminantes, mejorando significativamente las condiciones de la superficie para la aplicación de recubrimientos posteriores.
- Se verificó que la integración de los distintos componentes, tales como el sistema motriz, la cabina de granallado, el sistema de recolección de abrasivo y los elementos auxiliares, ayudaron a un funcionamiento eficiente, seguro y ergonómico, adecuado para la implementación en el entorno del taller de la carrera de Ingeniería Marítima.
- Se evidenció la aplicación de criterios basados en normas internacionales de preparación de superficies, lo que permitió validar el desempeño del equipo dentro de parámetros aceptados en el ámbito industrial, particularmente en el sector naval. Esto aseguró que los acabados obtenidos fueran aptos para procesos posteriores como recubrimientos protectores y mantenimiento de estructuras metálicas.
- Se demostró la viabilidad técnica y económica de fabricar equipos de uso industrial en un entorno académico, contribuyendo al fortalecimiento de competencias prácticas en los estudiantes y promoviendo el desarrollo de soluciones tecnológicas aplicadas al mantenimiento y conservación de estructuras metálicas en el sector marítimo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un programa estructurado de mantenimiento preventivo y correctivo para la máquina granalladora, que incluya inspecciones periódicas de componentes críticos como la boquilla de granallado, el sistema de succión, los compresores, los elementos eléctricos y el sistema de filtrado. Dicho programa deberá contemplar registros técnicos, cronogramas definidos y protocolos de sustitución de piezas consumibles, con el fin de garantizar la continuidad operativa y prolongar la vida útil del equipo.
- Se recomienda fortalecer la capacitación de los usuarios mediante la elaboración de manuales de operación detallados y la ejecución de prácticas supervisadas, orientadas al uso correcto del equipo y la aplicación de normas de seguridad industrial. Asimismo, se debe enfatizar el uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP), tales como mascarillas con filtro para partículas, gafas de seguridad, guantes y vestimenta adecuada, debido a la generación de material particulado durante el proceso de granallado.
- Se sugiere la incorporación de mejoras tecnológicas en el sistema, tales como la implementación de mecanismos de recirculación y filtrado de abrasivo más eficientes, sensores de control de presión y caudal de aire, así como la posible automatización parcial del proceso. Estas mejoras permitirían optimizar el rendimiento del equipo, reducir pérdidas de abrasivo y mejorar la uniformidad del tratamiento superficial.
- Se recomienda continuar con líneas de investigación orientadas al estudio del comportamiento de materiales y recubrimientos en ambientes marinos, utilizando la máquina granalladora como herramienta experimental. Esto permitirá generar información relevante sobre resistencia a la corrosión, adherencia de recubrimientos y durabilidad de materiales, contribuyendo al desarrollo de soluciones aplicables al mantenimiento de estructuras en condiciones de alta salinidad y humedad.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAVIVOS Y MAQUINARIAS, S.A.* (2021). Obtenido de Normas de preparación de superficies por chorreado o granallado: Normas de preparación de superficies por chorreado o granallado
- Bovington, I. (23 de Julio de 2013). *Classic Filters*. Obtenido de Estándares NACE – ¿Qué son?: <https://www.classicfilters.com/es/sin-categorizar/estandares-nace-que-son/>
- Elcometer. (2024). *Condición de la Superficie*. Obtenido de <https://www.elcometer.com/es/inspeccion-revestimientos/inspeccion-de-revestimientos-protectores/condicion-de-la-superficie.html>
- Grupo Acura*. (26 de Agosto de 2021). Obtenido de Tratamientos superficiales: tipos, equipo especializado y medidas de seguridad : <https://grupoacura.com/es/blog/tratamientos-superficiales/>
- Johnson, A. (19 de enero de 2025). Obtenido de Welding Property: https://weldingproperty.com/6011-vs-6013-welding-rod/?utm_source=
- Martínez, F. (30 de Septiembre de 2016). *SCRIBD*. Obtenido de Temas importantes en el mantenimiento, ingeniería de superficies, corrosión, materiales de construcción y aceros inoxidables: <https://es.scribd.com/document/421194005/mantenimiento-Superficies-Corrosion>
- ocitrimex*. (Julio de 2015). Obtenido de Preparación de Superficies: <https://www.ocitrimex.com.mx/preparaci%C3%B3n-de-superficies/>
- Ocitrimex*. (s.f). Obtenido de PREPARACION DE SUPERFICIES: <https://www.ocitrimex.com.mx/preparaci%C3%B3n-de-superficies/>
- Treatments, T. T. (14 de Febrero de 2024). *TTGROUP*. Obtenido de Beneficios de elegir un proveedor integral en tratamientos térmicos en la industria automotriz: <https://grupottt.com/beneficios-de-elegir-un-proveedor-integral-en-tratamientos-termicos-en-la-industria-automotriz/>

Webbing. (24 de Marzo de 2022). *TECNIPIN*. Obtenido de ¿Cuáles son las normas SSPC de preparación de superficie metálica?: <https://tecnipin.com/normas-sspc-preparacion-superficie-metalica/>

Webbing. (24 de Marzo de 2022). *TECNIPIN*. Obtenido de ¿Cuáles son las normas SSPC de preparación de superficie metálica?: <https://tecnipin.com/normas-sspc-preparacion-superficie-metalica/>

Webbing. (24 de Marzo de 2022). *TECNIPIN*. Obtenido de ¿Cuáles son las normas SSPC de preparación de superficie metálica?: <https://tecnipin.com/normas-sspc-preparacion-superficie-metalica/>

Webbing. (24 de Marzo de 2022). *TECNIPIN*. Obtenido de ¿Cuáles son las normas SSPC de preparación de superficie metálica?: <https://tecnipin.com/normas-sspc-preparacion-superficie-metalica/>

ANEXOS

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Descripción general

La presente cabina de granallado es un equipo diseñado para el tratamiento superficial de piezas metálicas mediante la proyección de abrasivo a presión. Su función principal es eliminar óxido, pintura y contaminantes, mejorando las condiciones de la superficie para procesos posteriores.

La cabina es de tipo cerrado y hermético, equipada con un sistema de recirculación de abrasivo, iluminación interna, extractor de aire y un sistema mecánico de plato giratorio accionado mediante pedal.

2. Especificaciones técnicas

- **Altura:** 1610 mm
- **Ancho:** 800 mm
- **Profundidad:** 800 mm
- **Tipo de sistema:** Cabina de granallado por sifón
- **Abrasivo:** Granate Barton 20/30
- **Presión de trabajo:**
 - Compresor 1 (24 L, 2 HP): 90 – 110 PSI
 - Compresor 2 (60 L, 1.5 HP): 100 – 130 PSI
- **Configuración neumática:** Compresores en paralelo mediante unión de bronce
- **Sistema de control:**
 - Breaker principal: iluminación + extractor
 - Breaker independiente: motorreductor del plato
- **Sistema mecánico:** Plato giratorio accionado por pedal con resistencia
- **Tiempo de operación continua:** 10 – 15 minutos
- **Distancia de trabajo recomendada:** hasta 20 cm

3. Normas de seguridad

- Utilizar siempre **equipo de protección personal (EPP):**

- Mascarilla o respirador
- Guantes (incluidos en la cabina)
- Protección ocular adicional (recomendado)
- Verificar que la cabina esté correctamente **cerrada y sellada** antes de operar.
- No operar la máquina sin el **sistema de extracción activado**.
- No exceder los rangos de presión de **115–116 PSI (8 bar)**
- Evitar dirigir el chorro abrasivo hacia superficies no deseadas o partes del equipo.
- Desconectar la alimentación eléctrica antes de realizar mantenimiento.

4. Procedimiento de operación

4.1 Preparación

1. Verificar el nivel de abrasivo en el tanque de almacenamiento.
2. Comprobar conexiones de aire en ambos compresores.
3. Ajustar los reguladores de presión dentro del rango recomendado.
4. Encender los compresores y permitir que alcancen la presión de trabajo.

4.2 Encendido del sistema

1. Activar el **breaker principal** (enciende iluminación y extractor).
2. Activar el **breaker del motorreductor** (plato giratorio).

4.3 Operación

1. Introducir la pieza en la cabina y cerrar correctamente la puerta.
2. Colocar las manos en los guantes de operación.
3. Accionar el pedal para iniciar el movimiento del plato giratorio.
4. Sujetar la pistola y dirigir el chorro abrasivo hacia la pieza.
5. Mantener una distancia aproximada de **hasta 20 cm**.
6. Realizar movimientos uniformes para lograr un acabado homogéneo.

4.4 Finalización

1. Detener la aplicación del abrasivo.

2. Liberar el pedal para detener el plato giratorio.
3. Apagar el breaker del motorreductor.
4. Apagar el breaker principal.
5. Abrir la cabina y retirar la pieza.

6. Mantenimiento básico

- Revisar periódicamente el estado de la boquilla (desgaste).
- Verificar fugas en conexiones neumáticas.
- Limpiar el visor para mantener visibilidad adecuada.
- Revisar el estado del sello de caucho en la puerta.
- Vaciar y limpiar residuos acumulados en la tolva si es necesario.

7. Problemas comunes y soluciones

Problema	Posible causa	Solución
Caída de presión	Bajo caudal de aire	Verificar funcionamiento de ambos compresores
Chorro débil	Obstrucción o desgaste de boquilla	Limpiar o reemplazar boquilla
Exceso de polvo	Falla en extractor	Revisar sistema de extracción
Baja visibilidad	Visor sucio	Limpiar o reemplazar visor

8. Recomendaciones técnicas

- Mantener ambos compresores operando en conjunto para garantizar estabilidad.
- No superar los **15 minutos de operación continua**.
- Utilizar abrasivo seco y limpio.
- Mantener una técnica de aplicación uniforme para mejores resultados.

PARTES EXTERNAS DE LA CABINA DE GRANALLADO



DESCRIPCIÓN GENERAL

La cabina de granallado está diseñada para realizar el tratamiento superficial de piezas metálicas mediante la proyección de abrasivo a presión. Su estructura cerrada permite contener el abrasivo y el polvo, protegiendo al operador y al entorno. El sistema de recuperación, ubicado en la parte inferior, facilita la reutilización de la granalla, mientras que el visor y los guantes aseguran una operación segura y controlada.