



**Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Marítima**

**Trabajo de Titulación**

**Modalidad Proyecto Técnico**

Implementación de tecnología láser para la limpieza de componentes metálicos en el taller de máquinas de la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí


**Autores:**

Carranza Casique Carlos Joshué  
Delgado Sanchez Heidi Gabriela

**Tutor:** Ing. Folke Zambrano Vera

Manta – Ecuador

Febrero 2026.

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

## CERTIFICACIÓN

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

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Carranza Casique Carlos Joshué, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Implementación de Tecnología Láser en Limpieza de Componentes Metálicos en el Taller Maquinas de la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí”**.

La presente investigación ha sido desarrollada 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, 30 de enero 2026.

Lo certifico,



Firmado electrónicamente por:  
**FOLKE ZAMBRANO VERA**  
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Folke Zambrano Vera  
**Docente Tutor**  
**Ingeniería, Industria y Arquitectura**

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

## CERTIFICACIÓN

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

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Delgado Sanchez Heidi Gabriela**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Implementación de Tecnología Láser en Limpieza de Componentes Metálicos en el Taller Maquinas de la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí”**.

La presente investigación ha sido desarrollada 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, 6 de agosto 2025.

Lo certifico,



Firmado electrónicamente por:  
**FOLKE ZAMBRANO VERA**  
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Folke Zambrano Vera  
**Docente Tutor**  
**Ingeniería, Industria y Arquitectura**

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí  
Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura  
Ingeniería Marítima

CERTIFICADO DE AUTORÍA

Por medio del presente, certificamos que el trabajo de titulación bajo la modalidad de **Proyecto Técnico**, titulado:

**“Implementación de Tecnología Láser para la Limpieza de Componentes Metálicos en el Taller de Máquinas de la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí”**

Ha sido desarrollado en su totalidad por los estudiantes:


Carranza Casique Carlos Joshué

Delgado Sanchez Heidi Gabriela

Bajo la **asesoría académica** del **Ing. Folke Zambrano Vera**, cumpliendo con los lineamientos establecidos por la **Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí**.

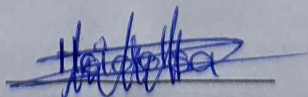
Declaramos que el presente trabajo es **original** y producto de nuestra autoría intelectual. Asimismo, manifestamos que el contenido de este respeta los derechos de autor y la normativa vigente sobre propiedad intelectual, por lo que asumimos la responsabilidad ética y legal por la veracidad de la información y los resultados presentados.

En la ciudad de Manta, al día \_\_\_ del mes de febrero del año 2026.



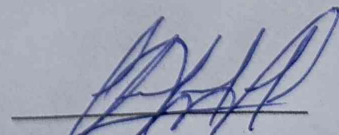
Carlos Carranza Casique,

**Autor**



Heidi Delgado Sanchez,

**Autor**



Ing. Folke Zambrano Vera

**Tutor**

## DEDICATORIA

A mis padres, Ramon Delgado y Sandi Sanchez, por ser la fuerza que sostuvo  
mi timón en medio de cada tormenta,  
por su amor inquebrantable y su guía constante, incluso cuando las aguas se volvieron  
oscuras.

A mi hermano, Cristhofer compañero de travesía, por remar a mi lado sin  
cansancio,  
por su confianza silenciosa y su luz cuando la brújula fallaba.

A mis mascotas, pequeños faros de ternura y calma,  
que con su sola presencia hicieron más llevadero el viaje.

Y a mis grandes amigos, Bryan Sánchez y Juan Mantilla,  
por ser puerto seguro y viento a favor,  
por su apoyo leal, su compañía sincera y por recordarme que ninguna travesía se hace  
completamente en soledad.

Esta tesis no es solo el resultado de un estudio técnico.  
Es la bitácora de una travesía compleja,  
donde la máquina limpió superficies... pero ellos limpiaron mis dudas.

A ustedes, mi tripulación del alma, les debo haber llegado a puerto.

**Con gratitud infinita,  
Heidi Gabriela Delgado Sánchez**

# AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser la brújula que orientó mi travesía incluso en medio de las tormentas. Por darme fuerza cuando flaqueaban mis ánimos, y por enseñarme que todo esfuerzo sostenido con fe encuentra su puerto.

A mis padres y hermano, cuya entrega y amor incondicional han sido mi vela y mi timón. Gracias por enseñarme a navegar con humildad, por su apoyo silencioso pero constante, por los sacrificios que tal vez nunca sabré del todo, pero que hicieron posible cada paso.

A mi tutor, el Ing. Folke Zambrano, gracias por su paciencia, por creer en mi capacidad, por compartir su conocimiento y por ayudarme a transformar una herramienta de trabajo en un proyecto que refleja no solo técnica, sino dedicación.

A mis amigos, que fueron el viento en mis velas cuando más lo necesitaba. Gracias por los días de estudio, las conversaciones que calmaron mis ansiedades, y por celebrar conmigo cada pequeño avance. En esta travesía académica, ustedes fueron mi tripulación.

A mi compañero, Carlos Carranza que lleno de mucha paciencia y astucia remo a mi lado en esta trayectoria exigente. Afrontando desafíos y aprendimos juntos construyendo no solo esta tesis sino una experiencia para siempre

Hoy, esta tesis representa más que un trabajo académico: es el resultado de una travesía compartida, lleva la huella de cada risa, cada desvelo, cada palabra de aliento.

Porque como toda marinera que honra sus raíces y mira al horizonte, cierro esta etapa con gratitud y con la certeza de que el viaje apenas comienza.

**Heidi Gabriela Delgado Sanchez**

## DEDICATORIA

A mi madre, por ser guía inquebrantable y ejemplo de amor, entrega y fortaleza. Su apoyo ha sido esencial en cada etapa de este proceso.

A mi padre, por sus valores y esfuerzo, que han sido fundamentales en mi camino académico y personal.

A mi hermana, por su compañía, comprensión y apoyo, que me han motivado en los momentos cruciales durante este largo proceso.

A mis familiares que estuvieron presentes en este camino, por sus palabras de aliento y por creer en mí incluso en los momentos en dónde ni yo lo hacía.

A una mascota muy especial la cual murió en mis brazos Tigre, cuya presencia siempre la mantuve firme conmigo, desde donde esté.

A mis mascotas actuales, Apolo, Keysi y Madonna, por la ternura y serenidad que aportaron, recordándome la importancia de los afectos sencillos.

Y a mi compañera, por su paciencia, respaldo incondicional y confianza, elementos fundamentales para culminar este trabajo.

A cada uno de ustedes, les puedo decir y afirmar que he completado una pequeña etapa de mi vida, y que no hubiese sido posible sin su ayuda.

**Carlos Joshué Carranza Casique**

## AGRADECIMIENTOS

Completar este proyecto ha representado un desafío tanto académico como personal. No ha sido un camino sencillo, pero ha sido posible gracias a la constancia y al compromiso con los objetivos planteados.

Agradezco a mis padres y a mi hermana, les agradezco por su presencia constante y su apoyo en los momentos necesarios. Cada uno, a su manera, ha sido parte de este logro.

Al Ing. Folke Zambrano, tutor de este trabajo, le reconozco su orientación técnica y su disposición durante el proceso.

Agradezco a la planta docente de nuestra carrera Ingeniería Marítima, de los cuales he podido ser parte de su docencia, formación y educación, en el desarrollo de esta etapa profesional.

Agradezco a mi compañera de tesis y amiga Heidi Delgado, por ser parte de este proceso, por su disciplina, esfuerzo y trabajo en conjunto.

Este logro es también reflejo del esfuerzo propio, de la capacidad de mantenerse firmes, constantes y de cumplir con lo que se empieza.

**Con gratitud, Carranza Casique Carlos Joshué**

## RESUMEN

El presente proyecto plantea la implementación de una máquina de limpieza láser modelo LME-CS 1500W en los talleres de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), con el fin de modernizar los procesos de mantenimiento y reforzar la formación técnica de los estudiantes en tecnologías emergentes. Esta máquina representa una solución innovadora y ecológica frente a los métodos tradicionales de limpieza industrial, los cuales suelen implicar el uso de productos abrasivos, generan residuos contaminantes y presentan riesgos para la salud del operario.

El proyecto de implementación se orienta a establecer las condiciones necesarias para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro, considerando aspectos de infraestructura, capacitación del personal y medidas de seguridad. Se desarrolló bajo un enfoque descriptivo, integrando información técnica y normativa.

Los resultados obtenidos demuestran que la limpieza láser es una tecnología eficiente, segura y sostenible, que permite optimizar el tiempo y los recursos en tareas de mantenimiento, sin comprometer la integridad de los materiales ni el entorno. Asimismo, su incorporación al entorno universitario permitirá el desarrollo de competencias técnicas en estudiantes de ingeniería y carreras afines, fomentando una cultura de innovación tecnológica.

En conclusión, la implementación de esta máquina en la ULEAM es técnica y económicamente viable, y representa un paso importante hacia la modernización de sus procesos formativos e institucionales.

Palabras clave: Implementación, limpieza, laser, tecnología industrial, mantenimiento, innovación.

## ABSTRACT

This project proposes the implementation of a laser cleaning machine model LME-CS 1500W in the workshops of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), aiming to modernize maintenance processes and enhance the technical training of students in emerging technologies. This machine offers an innovative and environmentally friendly solution compared to traditional industrial cleaning methods, which often involve abrasive products, generate contaminant waste, and pose health risks to operators.

The implementation project aims to establish the necessary conditions to ensure efficient and safe operation, considering infrastructure, staff training, and security measures. It was developed using a descriptive approach, integrating technical and regulatory information.

The results demonstrate that laser cleaning is an efficient, safe, and sustainable technology that optimizes time and resources in maintenance tasks without compromising the integrity of materials or the environment. Furthermore, its integration into the university setting will foster the development of technical skills among engineering students and related fields, promoting a culture of technological innovation.

In conclusion, the implementation of this machine at ULEAM is both technically and economically feasible, representing a significant step towards modernizing its educational and institutional processes.

Keywords: Implementation, laser, cleaning, industrial technology, maintenance, innovation.

# INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el desarrollo tecnológico ha transformado significativamente los procesos industriales, dando paso a soluciones más eficaces y responsables con el medio ambiente. Una de estas innovaciones es la limpieza por medio de tecnología láser, la cual permite eliminar contaminantes como óxido, grasa o recubrimientos sin recurrir a métodos abrasivos ni químicos peligrosos. Esta técnica se caracteriza por su precisión, eficiencia energética y su bajo impacto ambiental, lo que la convierte en una alternativa ideal frente a sistemas convencionales.

Dentro del ámbito de la Ingeniería Marítima, donde la conservación y mantenimiento de componentes metálicos es esencial para la operación segura de buques y estructuras navales, la adopción de esta tecnología representa una mejora considerable. Por esta razón, el presente trabajo plantea la implementación de una máquina de limpieza láser modelo LME-CS 1500W en los espacios formativos de la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), como herramienta didáctica y técnica de apoyo a las prácticas de mantenimiento.

El propósito es brindar una solución viable que permita incorporar esta tecnología en el entorno académico, analizando sus beneficios operativos, requerimientos técnicos, impacto en la formación profesional y viabilidad económica. La propuesta surge de la necesidad de actualizar los métodos de enseñanza y las herramientas utilizadas en la carrera, alineándolos con las demandas actuales del sector marítimo, donde el uso de sistemas modernos y sostenibles es cada vez más requerido.

Este proyecto incluye el funcionamiento de la máquina, sus ventajas frente a los métodos tradicionales, las condiciones necesarias para su instalación, y el diseño de un plan de capacitación para su correcto uso y mantenimiento. Asimismo, se busca establecer su utilidad como recurso formativo para los estudiantes, preparándolos para enfrentar con mayor preparación los desafíos tecnológicos del ámbito marítimo.

Con la implementación de esta máquina, la carrera de Ingeniería Marítima fortalecería su infraestructura educativa y se posicionaría como una referencia en el uso de tecnologías limpias aplicadas al mantenimiento naval, en beneficio tanto de su comunidad académica como del desarrollo técnico del país.

## JUSTIFICACIÓN

La acumulación de óxido en las superficies metálicas es un problema significativo en muchas industrias. No solo compromete la integridad estructural y funcional de los materiales metálicos, sino que también puede tener un impacto en la estética de las piezas y equipos. Los métodos tradicionales de limpieza de óxido, como la limpieza con arena, el uso de productos químicos y el cepillado, tienen desventajas, como la producción de desechos secundarios, el potencial de degradación de la superficie metálica y la necesidad de un manejo riguroso de los materiales.

La limpieza por láser es una técnica no abrasiva que utiliza un haz de luz láser para eliminar capas de óxido y otros contaminantes sin dañar la superficie metálica subyacente. Beneficiando de esta manera a numerosos sectores, principalmente al sector marítimo, el cual tiene contacto directo con una atmósfera corrosiva.

## PROPUESTA

Con la adquisición de esta nueva tecnología, se espera aumentar la eficiencia en la eliminación de oxidación de piezas o placas metálicas, mantener la calidad post limpieza y preservar la integridad del metal, todo lo cual conducirá a una mayor eficiencia en términos de tiempo y resistencia mecánica al trabajar con el mismo. La seguridad del operador siempre está garantizada por su fácil manejo.

Los resultados ilustrarán el potencial de la máquina para revolucionar los procesos de mantenimiento y reparación industrial y proporcionarán una visión integral de la efectividad y las ventajas de la tecnología láser en la eliminación de oxidación, permitiendo una comparación clara con los métodos tradicionales.

# OBJETIVO GENERAL

Incorporar la tecnología de limpieza por oxidación asistida por láser en los procedimientos de mantenimiento de componentes metálicos en la carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, con el fin de aumentar la eficiencia, precisión y sostenibilidad de la limpieza de piezas metálicas, al mismo tiempo que se mejora la formación técnica de los estudiantes a través del uso de tecnologías más avanzadas.

## Objetivos específicos

1. Capacitar a los estudiantes y al personal técnico a utilizar la tecnología láser de manera adecuada para limpiar componentes metálicos, al mismo tiempo que se fomenta el desarrollo de habilidades técnicas especializadas en tecnologías avanzadas.
2. Evaluar la longevidad y el rendimiento de los componentes metálicos limpiados con tecnología láser a lo largo del tiempo para determinar su impacto en la prolongación de la vida útil de las piezas.
3. Examinar los efectos económicos y ambientales de la implementación de la tecnología láser, incluidos los posibles ahorros de costos y la reducción de residuos dañinos y peligrosos para el medio ambiente.
4. Establecer una estrategia de mantenimiento basada en tecnología láser que optimiza los procedimientos de limpieza en la oficina y asegura que el equipo se use de manera efectiva y segura.



# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT .....	VII
INTRODUCCIÓN .....	VIII
JUSTIFICACIÓN .....	X
PROPUESTA.....	X
OBJETIVO GENERAL.....	XI
Objetivos específicos.....	XI
TABLA DE FIGURAS.....	5
CAPÍTULO I: OXIDACIÓN Y CORROSIÓN.....	6
1. Oxidación.....	6
1.1. Etapas de oxidación-reducción.....	6
1.2. Tipos de oxidación.....	6
1.2.1. Oxidación lenta.....	6
1.2.2. Oxidación rápida.....	6
1.3. Prevención de la oxidación.....	7
1.4. Corrosión.....	8
1.5. Procesos de corrosión.....	8
1.6. Causas de la corrosión.....	9
1.7. Corrosión química.....	9
1.8. Corrosión electroquímica.....	9

1.9. Clasificación de la corrosión de acuerdo con el tipo. ....	10
1.9.1 Corrosión generalizada. ....	10
1.9.2 Corrosión localizada. ....	11
1.9.3. Corrosión por picadura. ....	11
1.9.4. Corrosión intergranular. ....	11
1.9.5. Corrosión por cavitación ....	12
1.9.6. Corrosión por fricción. ....	13
1.9.7. Corrosión por hendidura. ....	13
1.9.8. Corrosión galvánica. ....	14
1.9.9. Corrosión combinada con otros fenómenos. ....	15
CAPÍTULO II: MÁQUINA DE LIMPIEZA LÁSER Y SUS PARTES. ....	16
2. Qué es la limpieza láser. ....	16
2.1. Funcionamiento de la máquina láser. ....	16
2.1.1. Potencias de las máquinas de limpieza láser. ....	17
2.1.2. Propiedades generales de la limpieza láser. ....	18
2.2. Aplicación de limpieza láser en distintas industrias. ....	19
2.3. Tipos de suciedad y materiales que limpia la máquina láser. ....	20
2.4. Partes características de la máquina láser. ....	21
2.4.1. Fuente láser: ....	21
2.4.2. Sistema óptico ....	22
2.4.3. Cabezal de limpieza: ....	23
2.4.4. Estructura y soporte: ....	25
2.4.5. Sistema de control: ....	26
2.4.6. Sistema de seguridad: ....	26
2.4.7. Sistema de refrigeración ....	28
CAPÍTULO III: SEGURIDAD ....	30
3.1. Posibles peligros al utilizar máquinas de limpieza laser. ....	30

3.1.1. Peligro de radiación laser. ....	30
3.1.2. Químicos peligrosos .....	30
3.1.3. Peligro de incendio. ....	31
3.1.4. Riesgo eléctrico .....	31
3.1.5. Riesgo de mal uso .....	31
3.2. Seguridad al utilizar una máquina de limpieza laser. ....	32
3.2.1. Equipos de protección personal .....	32
3.2.2. Procedimientos operativos seguros .....	32
3.2.3. Formación y cualificaciones .....	33
3.2.4. Mantenimiento de equipo. ....	33
3.2.5. Seguridad ambiental.....	33
3.2.6. Protección contra incendios y explosiones .....	34
3.2.7. Manejo de emergencia.....	34
3.3. Parámetros recomendados para sus diferentes usos.....	35
3.4. Pruebas de funcionamiento. ....	36
3.5. Evidencia de clase instructiva. ....	37
3.6. Análisis económico. ....	40
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES .....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXOS.....	48
1. ANEXO 1: MANUAL DE USUARIO DE LA LIMPIADORA LÁSER.....	48
2. ANEXO 2: GUÍA PRÁCTICA. ....	62
2.1. Mantenimiento básico de la máquina HEISUE 1500W. ....	62
2.2. Uso.....	62
2.3. Mantenimiento diario .....	63
2.3.1. Antes del encendido: .....	63

2.3.2.	Después del apagado: .....	63
2.3.3.	Mantenimiento semanal .....	63
2.3.4.	Mantenimiento mensual .....	63
2.3.5.	Mantenimiento del sistema de refrigeración: .....	64
2.4.	Diagnóstico básico de fallas .....	64
2.5.	Recomendaciones .....	64
2.6.	Materiales adecuados para la limpieza láser .....	65
2.7.	Materiales no adecuados para la limpieza láser .....	65
3.	ANEXO 3: REVISTA DE GUÍA PRÁCTICA CON VIDEO TUTORIAL.....	67
4.	ANEXO 4: QR DE INFORMACIÓN ESCENCIAL Y EVIDENCIA .....	79

## TABLA DE FIGURAS.

Figura 1: Corrosión Generalizada (Zavaleta, 2019).....	10
Figura 2: Corrosión localizada -Pitting (Zavaleta, 2019) .....	11
Figura 3: Corrosión Intergranular (Zavaleta, 2019).....	12
Figura 4: Corrosión conjunto con cavitación (Canchon, 2018).....	12
Figura 5: Corrosión por contacto (SEDISA).....	13
Figura 6: Corrosión por hendidura (Vásquez).....	14
Figura 7: Corrosión galvánica (Warehouse) .....	14
Figura 8: Limpieza laser clean (LC Lasers, 2023) .....	17
Figura 9: Las diferentes potencias de las máquinas de limpieza láser (LC Lasers, 2023) .....	18
Figura 10: Fuente láser Raycus (HeatSign, 2023).....	22
Figura 11: Cabezal de limpieza láser portátil SUP21C (Dmk Láser) .....	24
Figura 12: Máquina de limpieza de óxido láser (Technomark, 2020) .....	25
Figura 13: Guía de seguridad de la máquina de limpieza láser (Acctek, 2024).....	28
Figura 14: Ventajas y desventajas de diferentes sistemas de refrigeración (Acctek, 2024).....	29
Figura 15: Demostración al curso de Corrosión y Protección .....	38
Figura 16: Práctica de estudiantes .....	38
Figura 17: Práctica de estudiantes. ....	39

# CAPÍTULO I: OXIDACIÓN Y CORROSIÓN

## 1. Oxidación.

Reacciones químicas en las que el oxígeno se combina con otras sustancias, formando moléculas llamadas óxidos. Esto es particularmente frecuente en el mundo de los metales, aunque para nada exclusivo de ellos. En química se llama oxidación al fenómeno químico en el que un átomo, molécula e ión pierde uno o varios electrones, aumentando así su carga positiva. (Ondarse Álvarez, 2024)

### 1.1. Etapas de oxidación-reducción.

Una reacción de oxidación–reducción, o reacción redox, es una reacción en la que hay una transferencia de electrones entre especies químicas (los átomos, los iones o las moléculas que intervienen en la reacción).

- Semirreacción de oxidación se refiere a aquella que implica la pérdida de electrones.
- Semirreacción de reducción es aquella que implica la ganancia de electrones. (KHAN ACADEMY, 2017)

### 1.2. Tipos de oxidación.

#### 1.2.1. Oxidación lenta.

Se produce por causa del oxígeno contenido en el aire o en el agua, esa que hace que los metales pierdan su brillo y sufran corrosión al estar expuestos demasiado tiempo al ambiente. (Ondarse Álvarez, 2024)

#### 1.2.2. Oxidación rápida.

Ocurre en reacciones químicas violentas como la combustión, generalmente exotérmicas (liberan energía en forma de calor), y se produce fundamentalmente en elementos orgánicos (con contenido de carbono e hidrógeno). (Ondarse Álvarez, 2024)

### 1.3. Prevención de la oxidación.

- **Evaluar el uso de acero inoxidable:** Este tipo de acero es altamente resistente a la oxidación y corrosión, por lo que puede ser una buena opción para estructuras o piezas expuestas a condiciones húmedas.
- **Utilizar pinturas especiales:** Aplicar una capa de pintura protectora en los metales puede ayudar a evitar la exposición directa al aire y la humedad, lo que reduce el riesgo de oxidación.
- **Aplicar lubricantes protectores:** Para piezas móviles que también pueden oxidarse, se recomienda el uso de lubricantes protectores para alejar la humedad y prevenir la corrosión.
- **Evitar la exposición a la humedad y la intemperie:** Mantener las estructuras metálicas protegidas de la lluvia y la humedad en general puede ayudar a prevenir la oxidación.
- **Elegir metales revestidos:** Optar por metales con recubrimientos protectores, como galvanizado o pre-pintado, puede ser una forma efectiva de prevenir la oxidación.
- **Mantener limpios y secos los muebles de metal:** El cuidado regular de los muebles de metal, manteniéndolos limpios y secos, puede ayudar a prevenir la oxidación.
- **Recubrimientos de protección:** Aplicar recubrimientos no metálicos o metálicos, como pinturas especiales o capas de protección, puede ayudar a prevenir la oxidación al proteger los metales de la exposición a la intemperie y otros agentes corrosivos.

- **Modificación del entorno:** Controlar las condiciones del entorno, como la temperatura y la humedad, puede ayudar a prevenir la oxidación en los metales.
- **Oxidación controlada:** En algunos casos, se puede generar una capa de óxido protectora a propósito, creando una capa uniforme e impermeable que impida el paso de la corrosión en el metal.

Es importante destacar que la limpieza y el mantenimiento son factores centrales para evitar que el daño se inicie y se propague. Además, elegir metales anticorrosivos no siempre es la solución definitiva, ya que, sin el cuidado adecuado, incluso esos metales se pueden oxidar. (DIPAC® MANTA S.A., 2023)

#### 1.4. Corrosión.

Fenómeno natural espontáneo, que afecta sobre todo (aunque no exclusivamente) a los metales, provocado por un flujo masivo generado por las diferencias químicas entre las piezas implicadas. (Diana, 2024)

#### 1.5. Procesos de corrosión.

Fenómeno natural que afecta a todos los metales y aleaciones, la velocidad del proceso corrosivo es diferente para cada uno de ellos al sumergir el metal en un medio húmedo, industrial o suelo, siendo posible identificar varios de los componentes del proceso corrosivo. (CARLOS ALMAGRO, 2014)

Los factores que intervienen en la velocidad de la corrosión de un metal son:

- La cantidad de sal.
- Los gases existentes en el medio.
- La humedad del medio corrosivo.
- La composición del metal o aleación.

## 1.6. Causas de la corrosión.

Temperatura: Cuando existen cambios de temperatura, también hay una variación en la velocidad de corrosión sumada la profundidad en el caso de un pozo. Generalmente un incremento de 10 °C en la temperatura duplica la velocidad de reacción.

Velocidad de flujo: La velocidad de gas o agua, es otro factor que afecta la corrosión sobre la superficie del metal y generalmente debido a las aguas estancadas, la velocidad de corrosión es baja, pero puede producir corrosión localizada o pitting. La alta velocidad de flujo contribuye a la corrosión y producen turbulencias ocasionando condiciones no uniformes que ayudan a la corrosión pitting, así como algunos movimientos en el sistema corrosivo pueden formar capas además del pitting.

PH: El PH es una variable muy influyente en el fenómeno de la corrosión, ya que las soluciones ácidas son más corrosivas que las neutras o alcalinas.

Humedad: El agua puede contener sustancias disueltas que son sumamente corrosivas al metal. (CARLOS ALMAGRO, 2014)

## 1.7. Corrosión química.

Es el ataque directo que recibe un elemento no metálico por parte de uno metálico, un ejemplo común de este tipo de corrosión es la oxidación química de los metales a altas temperaturas, en los casos cuando un material se disuelve en un medio corrosivo líquido, se disolverá hasta que el líquido se sature en el material.

Son por lo general metales ferrosos y son constituidos a base de Hierro (Fe).

## 1.8. Corrosión electroquímica.

Se da por la formación de celdas corrosivas en diferentes secciones o puntos de la estructura de la tubería, produciendo alteraciones químicas en el metal, cumple con

las mismas características que posee una pila o una batería, para tener una celda electroquímica, debemos tener la presencia del material que ceda electrones al ponerse en contacto con otro que los va a aceptar. (CARLOS ALMAGRO, 2014)

## 1.9. Clasificación de la corrosión de acuerdo con el tipo.

Existen muchos tipos de procesos de corrosión diferentes que se caracterizan dependiendo tanto de la naturaleza del material y de las condiciones del medioambiente, donde se desarrollen. (Salazar-Jiménez, 2015)

### 1.9.1 Corrosión generalizada.

También nombrada corrosión uniforme, ocurre sobre toda la superficie del material de forma homogénea, deteriorándolo completamente. Este tipo de corrosión es el que mayor pérdida de material provoca, pero es relativamente fácil de predecir y controlar, por lo que un accidente producido por este es de rara ocurrencia (Rayzeek, 2023)



*Figura 1: Corrosión Generalizada (Zavaleta, 2019)*

Se puede observar comúnmente en materiales, sobre todo en la industria de la construcción, a base de hierro no aleado con metales inoxidables, como el níquel y el cromo. La velocidad de corrosión para estos casos es altamente influenciada por la existencia de impurezas y fases distintas en el material, ya que estas inducen a una

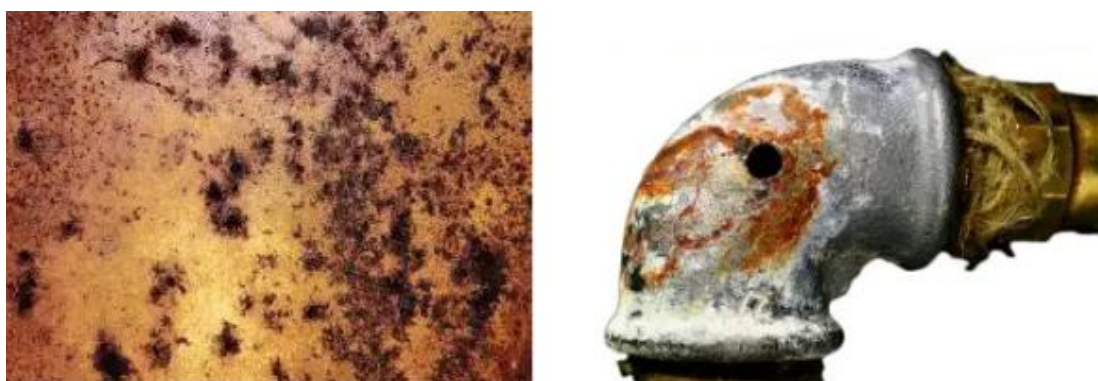
variación en la energía potencial, formando electrodos a pequeña escala, propiciando el proceso de corrosión. (Salazar-Jiménez, 2015)

### 1.9.2 Corrosión localizada.

Representa un mayor riesgo potencial, debido a su difícil detectabilidad ya que se manifiesta en zonas específicas en el material, determinadas tanto por la naturaleza del material, la geometría de este, y las condiciones del medio al que se somete. Los procesos de corrosión localizada de mayor ocurrencia son galvánicos, por fisura, por picaduras, por cavitación y microbiológica. (Salazar-Jiménez, 2015)

### 1.9.3. Corrosión por picadura.

La corrosión por picadura, conocida también como pitting se presenta en materiales pasivados, debido a las características geométricas del sistema, existe una acumulación de agentes oxidantes y un incremento del pH del medio, lo que propicia el deterioro de la capa pasivada, permitiendo que la corrosión se desarrolle en estas zonas puntuales. (Salazar-Jiménez, 2015)

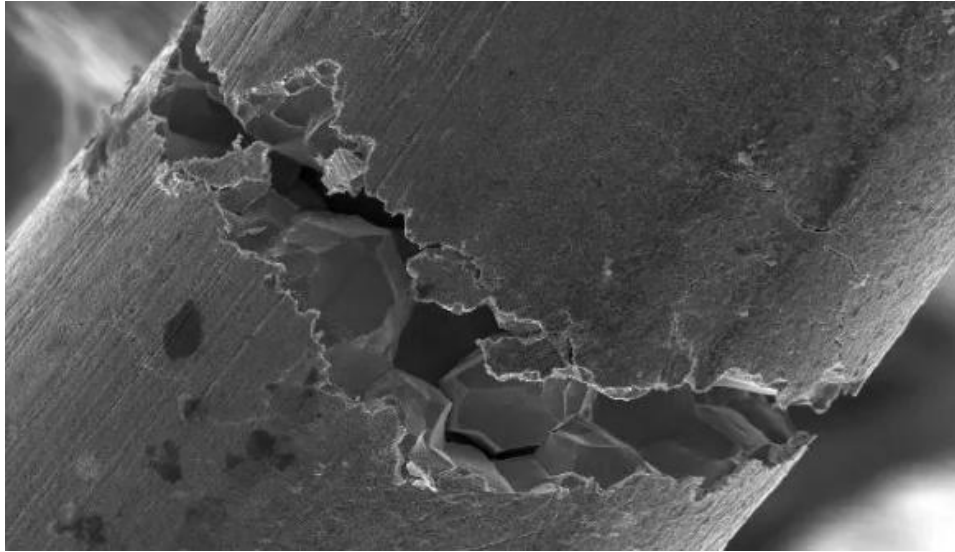


*Figura 2: Corrosión localizada -Pitting (Zavaleta, 2019)*

### 1.9.4. Corrosión intergranular.

Ciertos agentes corrosivos atacan preferencialmente los límites de grano y para esto es necesario saber que, cuando un metal se funde, al solidificarse comienza con la formación de núcleos, cada uno de los cuales tiene un arreglo atómico regular para la

formación de los granos o cristales, esta corrosión se produce en los espacios limitantes de los granos del metal (CARLOS ALMAGRO, 2014)



*Figura 3:Corrosión Intergranular (Zavaleta, 2019)*

#### 1.9.5. Corrosión por cavitación

Se produce cuando se forman burbujas de vapor de los líquidos y al impactar estas burbujas con el metal causa una serie de picaduras en el material expuesto, estos casos se dan en los rotores de las bombas en las tuberías de alta velocidad de líquido que tienen los separadores. (CARLOS ALMAGRO, 2014)



*Figura 4:Corrosión conjunto con cavitación (Canchon, 2018)*

### 1.9.6. Corrosión por fricción.

Esta corrosión es producida por el movimiento relativamente pequeño, como el producido por la vibración entre dos metales al ponerse en contacto entre sí. (CARLOS ALMAGRO, 2014)

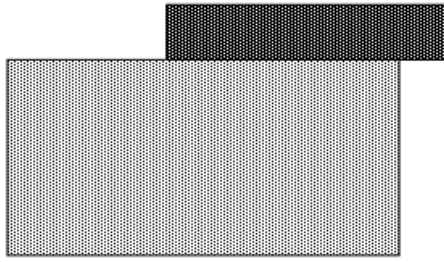


*Figura 5: Corrosión por contacto (SEDISA)*

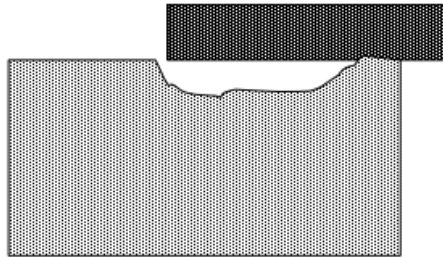
### 1.9.7. Corrosión por hendidura.

La corrosión por hendidura se localiza dentro de las fisuras que se crean o se provocan en el metal expuesto a ambientes corrosivos. Ciertos depósitos que se acumulan en las hendiduras también son causantes de corrosión como el polvo, arena y otros sólidos que cubren ciertas áreas estableciendo condiciones en esas zonas (CARLOS ALMAGRO, 2014)

**Antes**



**Después**



*Figura 6: Corrosión por hendidura (Vásquez)*

#### 1.9.8. Corrosión galvánica.

Ocurre cuando existe una unión, física o eléctrica, entre metales de diferente naturaleza, lo cuales, en la presencia de un electrolito, forman una celda electroquímica, donde el material de menor potencial electroquímico es el que se corroe (Salazar-Jiménez, 2015)



*Figura 7: Corrosión galvánica (Warehouse)*

### 1.9.9. Corrosión combinada con otros fenómenos.

En ciertas ocasiones ocurre un efecto conjunto de corrosión con otros fenómenos que atacan la estructura, tenemos por ejemplo los siguientes:

**Esfuerzo Mecánico:** si a un material se lo somete a un medio corrosivo y a un esfuerzo mecánico, este sufrirá daños en muy corto tiempo. El esfuerzo mecánico puede ser continuo o discontinuo, si la tensión es aplicada en forma cíclica, como por ejemplo las dilataciones y las contracciones que sufre el equipo que está sometido a calentamientos y enfriamientos, ese fenómeno se llama corrosión por fatiga.

**Erosión:** en esta ocasión la corrosión está acompañada de una acción superficial de erosión.

**Corrosión por bacterias:** las bacterias no atacan directamente al metal, estas bacterias se desarrollan cuando el medio tiene una condición anaeróbica (carece de oxígeno), se puede dar el caso en que un depósito de suciedad haga que el contenido de oxígeno bajo el mismo sea carente dando paso al origen de estas bacterias.

(CARLOS ALMAGRO, 2014)

## CAPÍTULO II: MÁQUINA DE LIMPIEZA LÁSER Y SUS PARTES.

### 2. Qué es la limpieza láser.

El revolucionario proceso de limpieza con láser utiliza el poder de la luz láser concentrada para eliminar contaminantes y residuos de diversas superficies. El método de limpieza con láser utiliza energía luminosa para lograr resultados excepcionales, a diferencia de los métodos de limpieza tradicionales que dependen de productos químicos o técnicas mecánicas. La ablación selectiva es el componente fundamental de la limpieza con láser, en el cual la energía del láser se dirige específicamente a los contaminantes en la superficie.

Cuando la luz láser incide en un material, ocurre una reacción fototérmica o fotoquímica que causa que los contaminantes se descompongan o se evaporen. (Vier, 2024)

Debido a su alta precisión y controlabilidad, este proceso permite eliminar la sustancia sin dañar la subyacente.

La oxidación, pintura, residuos, aceite, grasa, hollín y otros tipos de suciedad que son difíciles de eliminar con métodos convencionales pueden ser eliminados con la limpieza láser.

Además, este método es no abrasivo, lo que significa que no crea residuos secundarios ni daña la superficie tratada. (Vier, 2024)

#### 2.1. Funcionamiento de la máquina láser.

Una máquina de limpieza por láser utiliza un haz de luz láser altamente concentrado para evaporar y eliminar contaminantes de la superficie objetivo.

Este proceso se basa en el principio de ablación láser, en el cual el contaminante absorbe la energía del láser y causa que se evapore o se descomponga.

Es común que las máquinas de limpieza por láser tengan sistemas de control sofisticados que permiten ajustar parámetros como la potencia del láser, la velocidad de escaneo y la longitud de órbita. Esto proporciona al proceso de limpieza más flexibilidad y precisión.

Por ejemplo, la energía láser puede romper los enlaces químicos que mantienen unidas las moléculas de pintura o eliminar las capas de oxidación en una superficie metálica. (Vier, 2024)



*Figura 8: Limpieza laser clean (LC Lasers, 2023)*

### 2.1.1. Potencias de las máquinas de limpieza láser.

Numerosos factores determinarán si se configura o no un poder. La velocidad a la que el operador desea completar el proceso es uno de ellos. Dependiendo del tiempo asignado. Esto significa que la máquina que está configurada con más poder podrá hacer limpieza con láser más rápidamente.

También es vital considerar la superficie donde se aplicará el láser, aunque por estándares generales se utiliza en metal y, en ocasiones, en soldaduras de aluminio.



*Figura 9: Las diferentes potencias de las máquinas de limpieza láser (LC Lasers, 2023)*

Si queremos limpiar una superficie metálica con oxígeno, podemos usar baja potencia porque es mucho más fácil que usar una máquina láser. Si utilizamos potencias más fuertes, el tiempo que ganamos se reducirá casi a la mitad, con el doble de potencia. (LC Lasers, 2023)

### 2.1.2. Propiedades generales de la limpieza láser.

El equipo para limpieza láser es una herramienta fascinante con muchos usos. Entre estas características encontradas en el equipo de limpieza láser se encuentran las siguientes:

- Bajo mantenimiento. Su equipamiento resistente no necesita mucho mantenimiento.
- Las máquinas de limpieza láser están disponibles con láseres de fibra de alta calidad y larga duración.
- Mucho más sostenible que usar productos químicos para limpiar la arena o su chorreo.
- Cuentan con sistemas operativos sencillos, son cómodos y fáciles de configurar. La máquina láser tiene escalones que te permiten mover el equipo, y es realmente agradable usar la pistola láser.

- Ruedas, Neumática. Se incorporan ruedas neuroplásticas resistentes en los dispositivos de Laser Comercial para mejorar su movilidad y adaptabilidad.
- Máquinas modificables. Un panel táctil en los limpiadores láser permite a los usuarios personalizar la neblina del láser y la potencia utilizada para cada tarea.
- Los botones de emergencia y control. Además, cada equipo de láser de limpieza tiene un sistema de control autónomo y un sistema de seguridad de parada para situaciones de emergencia.
- Limpieza sin hacer contacto y sin causar daño al sustrato o material.
- Limpieza concreta y precisa, junto con limpieza selectiva si es necesario.
- Eficiencia y efectividad. Equipos de trabajo que liberan tiempo para otras tareas, siendo también un equipo duradero y robusto. (LC Lasers, 2023)

## 2.2. Aplicación de limpieza láser en distintas industrias.

Debido a que esta tecnología es tan exitosa y adaptable, muchos sectores están comenzando a utilizarla a diario. Tiene muchas aplicaciones y soluciones diferentes porque es un limpiador sin contacto. Debido a su adaptabilidad, el equipo de limpieza por láser puede ser utilizado en una variedad de campos e industrias.

El poder y el tamaño del haz del láser pueden cambiarse para cada tarea gracias a los dispositivos de limpieza por láser.

Las aplicaciones que ahora se utilizan incluyen:

- Eliminación de oxidación y corrosión: Este método se puede utilizar para eliminar y disolver la oxidación de materiales o pequeñas maquinarias que han estado almacenadas durante un tiempo.
- Restricción de pintura: Permitir que ciertas capas de pintura se usen en diferentes estructuras de acero.
- Restauración: Al mantener las piedras intactas, se ha utilizado la limpieza láser en el proceso de restauración con resultados positivos, incluida la eliminación de incrustaciones.
- Limpieza de soldaduras: En el negocio del hierro, los materiales necesarios para el procesamiento de soldadura deben estar listos. Las líneas de producción pueden incorporar tecnologías de limpieza láser. (LC Lasers, 2023)

### 2.3. Tipos de suciedad y materiales que limpia la máquina láser.

Una variedad de contaminantes y suciedad pueden ser eliminados de manera efectiva mediante la limpieza láser. Óxido, pintura, aceite, grasa, polvo, residuos pegajosos y hollín son algunos ejemplos.

Además, la limpieza láser se puede utilizar para preparar superficies para tratamientos o curas posteriores y para eliminar contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos.

En términos de materiales, la limpieza láser es efectiva en una amplia gama de sustratos, incluidos vidrio, cerámica, metales y polímeros. Su adaptabilidad la hace ideal para una variedad de usos industriales, como la recuperación de objetos históricos y la limpieza de componentes metálicos. (Vier, 2024)

## 2.4. Partes características de la máquina láser.

### 2.4.1. Fuente láser:

Las fuentes láser emiten luz coherente de alta intensidad. Su larga vida útil, facilidad de uso, gestión precisa del rendimiento óptico y bajo consumo de energía las distinguen. (Golla, 2025)

Cuando las fuentes del láser están en funcionamiento, producen una carga térmica constante que eleva la temperatura de los medios activos y causa ligeros cambios mecánicos en el resonador óptico. Esto puede resultar en alteraciones en la calidad de la neblina y una disminución en la potencia del láser. La gestión del láser es crucial para obtener resultados fiables en una variedad de procedimientos térmicos. El enfriamiento por agua se utilizaba en el pasado para controlar la temperatura de los láseres de CO<sub>2</sub> hasta 25 vatios.

La potencia disponible, la capacidad de respuesta del láser y la correcta gestión de la energía del láser aplicada al material que se está procesando son los principales factores que influyen en el papel de las fuentes láser en el rendimiento de la producción. (Universal Laser Systems, Inc., 2025)

El láser Raycus se utiliza ampliamente en muchas empresas que requieran equipos láser de marca a bajo costo debido a su precio accesible. Estos láseres de fibra Q-switch (interruptor) producen bajos resultados de grabado y tienen una garantía menor que otras fuentes láser.

El rango de frecuencia de las fuentes láser Raycus es de 20 a 80 kHz. Debido al bajo costo del láser, las máquinas construidas con esta fuente son especialmente rentables.



Figura 10: Fuente láser Raycus (HeatSign, 2023)

Se caracterizan por:

- Alta eficiencia de conversión electroóptica.
- Resistencia a alta resistencia.
- La longitud de la fibra de salida se puede personalizar.
- Funcionamiento sin mantenimiento. (HeatSing, 2023)

#### 2.4.2. Sistema óptico

Un sistema óptico es un conjunto de componentes que se utilizan para recoger, enfocar y manipular la luz. Estos componentes pueden incluir lentes, espejos y otros elementos ópticos. El sistema óptico desempeña un papel crucial a la hora de determinar la calidad del haz producido y la eficacia de la captación de la luz.

El sistema óptico abarca varios tipos de lentes y espejos, cada uno con sus propias características y limitaciones. La relación entre la apertura y la distancia al foco es un factor importante para determinar la eficacia de la captación de luz. (Rayzeek, 2023)

### 2.4.3. Cabezal de limpieza:

La industria usa depósitos de acero en muchos de sus sectores y estos tienen que estar siempre limpios, algo que resulta crucial en aquellos muy específicos, como los relacionados con la alimentación, la farmacia, etc.

En estos sectores, se suele hacer lo que se denomina limpieza CIP (Clean in Place o Limpieza in Situ), que, traducido al castellano, quiere decir limpieza en el lugar, o lo que es lo mismo, que los depósitos no se mueven del sitio y se friegan allí mismo.

Algunos de ellos podrían limpiarse de manera manual, pero eso supondría utilizar una gran cantidad de mano de obra y poner en riesgo la vida de los empleados en el caso de los de mayores dimensiones, de forma que aquí es donde entran los cabezales de limpieza, entre los que encontramos el cabezal rotatorio.

Dentro del mercado, es posible encontrar varios tipos de cabezales de limpieza, algunos muy sencillos y otros más complejos, que son capaces de hacer un mejor trabajo, además de autolimpiarse.

- Estáticos

Son como una bola con agujeros que no se mueve, por lo que para limpiar necesitan unas cantidades de líquido muy grandes, aunque, a cambio, son económicos y no tienen averías al no tener engranajes. Se emplean, sobre todo, cuando hay que enjuagar depósitos y no tanto para las limpiezas.

- De giro libre

Adecuados en depósitos de tamaño pequeño o medio, pueden trabajar con presiones reducidas, las cuales consiguen disolver la suciedad y también enjuagar los depósitos.

Cuando el líquido de limpieza entra en el cabezal, este comienza a moverse de manera libre, y el líquido sale por las boquillas que se han orientado de forma específica para que haga la mejor limpieza posible.

- Rotación controlada

Aquí, el cabezal ya tiene engranajes reductores, por lo que la rotación se mantiene en un rango siempre óptimo. Gira gracias al líquido, pero, aunque se empleen presiones altas, el giro no es descontrolado, pues los engranajes sujetan el cabezal.

Se trata de los mejores en los depósitos grandes, puesto que consigue generar gotas de dimensiones generosas que golpean las paredes a gran velocidad, realizando así una buena limpieza, incluso en entornos difíciles.

- Control mediante engranajes

Gracias a una turbina, el cabezal puede girar en dos ejes, lo que significa que estos cabezales son los mejores en los depósitos más grandes y en las tareas de limpieza muy complejas.

El haz de laser es muy potentes y recorren toda el área del depósito en su ciclo de pulverización, siguiendo una cuadrícula específica que depende del modelo de cabezal, requiriendo de un tiempo mínimo en cada una de las limpiezas que hace.

(Gargil, 2023)



*Figura 11: Cabezal de limpieza láser portátil SUP21C (Dmk Láser)*

#### 2.4.4. Estructura y soporte:

Las estructuras son sistemas mecánicos que se utilizan para guiar y/o soportar los diferentes componentes de la máquina. Pueden ser fijas o móviles, empotradas o no y en ocasiones es difícil distinguirlas de mecanismos. Pueden ser monolíticas o compuestas de láminas, vigas, barras, cuerdas, etc. (Rayón, 2021)

Los soportes para máquina, o también denominados "soportes pie", están diseñados para su colocación en la parte inferior de las máquinas y conjuntos para absorber los ruidos y vibraciones que se generan cuando las máquinas se encuentran en funcionamiento. De esta forma se impide que se puedan soltar o aflojar alguno de los componentes que la componen, reduciendo el número de vibraciones que se emiten.

Se emplean especialmente en el sector industrial, aunque su funcionalidad se extiende a casi cualquier sector del mercado. (Entaban Suministros Industriales, 2025)



Figura 12: Máquina de limpieza de óxido láser (Technomark, 2020)

#### 2.4.5. Sistema de control:

Un sistema de control es una combinación de componentes que actúan juntos para controlar un proceso, con el fin de lograr un cierto funcionamiento establecido de antemano. En las máquinas, los sistemas de control tienen como finalidad regular y controlar los distintos componentes (motores, mecanismos, actuadores) para que funcionen de la manera prevista, de forma que se reduzcan los fallos y se obtengan los resultados buscados.

Los sistemas de control de máquinas pueden ser manuales, semiautomáticos o automáticos, dependiendo del grado de intervención humana:

- Maniobra y control manual: el operador realiza todas las acciones necesarias para que tenga lugar cualquier cambio de las condiciones de funcionamiento de la máquina.
- Maniobra y control semiautomático: algunas acciones de control son automáticas, mientras que otras deben ser ejecutadas por el operador de la máquina.
- Maniobra o control automático: una vez dada la orden inicial de puesta en marcha del sistema, todas las acciones de control se ejecutan sin intervención humana. (Romero, 2019)

El sistema de control de la máquina ayuda al operador a alcanzar el plano objetivo de forma rápida y sencilla. Cuando el trabajo se realiza correctamente la primera vez, se puede ahorrar tiempo, materiales y combustible. El aumento de la productividad se refleja en una mayor rentabilidad. (Xsite Machine Control, 2023)

#### 2.4.6. Sistema de seguridad:

La seguridad en maquinarias es un aspecto fundamental para garantizar la integridad física de los trabajadores y evitar accidentes laborales en diversos sectores industriales.

Para ello, existen normas y regulaciones que establecen los criterios básicos para la seguridad en maquinarias en todas las etapas, desde su fabricación hasta su instalación y/o integración con otros equipos.

La implementación de la normativa de seguridad en máquinas no solo protegerá a los trabajadores, sino que también contribuirá a mejorar la productividad y la eficiencia en los procesos industriales. (Société Générale de Surveillance SA., 2023)

Los sistemas de seguridad de máquinas incluyen:

- Resguardos

Impiden el acceso a la zona peligrosa de la máquina. Pueden ser fijos, como vallas de protección, o móviles, como puertas protectoras.

- Dispositivos de protección:

Protegen la zona peligrosa sin interponer una barrera física. (Pilz Industrieelektronik S.L., 2024)

- PLC de seguridad:

Detectan posibles situaciones de peligro y permiten que el programa de seguridad tome medidas para llevar el sistema a un estado seguro. (PROFINET, 2020)

- Resguardos autoajustables:

Se ajustan automáticamente cuando el operario comienza a trabajar en las partes peligrosas de la máquina. (Equipo SAFESITE, 2022)



Figura 13: Guía de seguridad de la máquina de limpieza láser (Acctek, 2024)

#### 2.4.7. Sistema de refrigeración

Las máquinas de limpieza láser pueden tener diferentes sistemas de refrigeración, como refrigeración por agua o refrigeración por aire. (Hgstar, 2024)

- Sistema de refrigeración por agua:

Es uno de los sistemas de refrigeración más comunes para las máquinas de limpieza láser.

Utiliza agua para enfriar generadores láser y otros componentes sensibles al calor. Los sistemas de refrigeración por agua suelen incluir un tanque de agua de refrigeración, una bomba de agua, un enfriador y tuberías de agua de refrigeración.

- Sistema de refrigeración por aire:

Utilizan aire para enfriar los generadores láser y otros componentes sensibles al calor. Estos sistemas suelen incluir ventiladores y disipadores de calor para lograr un efecto de enfriamiento al disipar el calor a través del aire. La ventaja del sistema de refrigeración por aire es que es relativamente simple y no requiere el mantenimiento del sistema de refrigeración por agua, pero el efecto de disipación de calor no es tan bueno como el del sistema de refrigeración por agua, por lo que es adecuado para láseres de menor potencia.

También existen otros tipos de sistemas de refrigeración no tan comunes en máquinas de limpieza láser:

- Sistema de refrigeración de nitrógeno líquido:

Utiliza nitrógeno líquido para enfriar el generador láser. La baja temperatura del nitrógeno líquido puede reducir rápidamente la temperatura del generador láser. La ventaja de este sistema es que el efecto de enfriamiento es muy bueno y puede usarse en máquinas de limpieza láser de alta potencia.

- Sistema de enfriamiento de refrigerante:

Los sistemas de enfriamiento de refrigeradores utilizan refrigeradores para reducir la temperatura de los generadores láser y otros componentes sensibles al calor. Los refrigeradores absorben y rechazan el calor haciendo circular refrigerante para mantener estable la temperatura del sistema. La ventaja de este sistema es que tiene una alta estabilidad y no se ve afectado por la temperatura ambiente, pero requiere un suministro adicional de energía y mantenimiento del frigorífico. (Acctek, 2024)



*Figura 14: Ventajas y desventajas de diferentes sistemas de refrigeración (Acctek, 2024)*

## CAPÍTULO III: SEGURIDAD

### 3.1. Posibles peligros al utilizar máquinas de limpieza laser.

Aunque las máquinas de limpieza láser proporcionan soluciones de limpieza eficientes y libres de contaminación en la industria moderna, todavía existen algunos peligros potenciales y riesgos de seguridad durante su uso. Comprender y gestionar eficazmente estos peligros ayuda a garantizar la seguridad del operador y el funcionamiento confiable del equipo. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

#### 3.1.1. Peligro de radiación laser.

Las máquinas de limpieza láser utilizan rayos láser de alta densidad de energía para la limpieza, por lo que la radiación láser es un peligro potencial. La exposición directa a los rayos láser puede provocar daños en los ojos y la piel e incluso ceguera. Los operadores deben usar equipo de protección personal adecuado, como gafas de seguridad láser, para mitigar el riesgo de radiación láser. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

#### 3.1.2. Químicos peligrosos

Durante el proceso de limpieza con láser, los contaminantes en la superficie del objeto que se limpia pueden producir sustancias químicas nocivas. Estos productos químicos pueden liberarse al aire en forma de vapor o partículas, lo que representa una amenaza potencial para la salud del operador. Por lo tanto, es necesario asegurarse de que el equipo esté equipado con sistemas eficaces de ventilación y tratamiento de gases de escape para reducir la propagación de gases nocivos. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.1.3. Peligro de incendio.

Las máquinas de limpieza láser producen rayos láser de alta energía con suficiente densidad energética para encender materiales combustibles. Por lo tanto, cuando utilice una máquina de limpieza láser, debe prestar atención a los riesgos de incendio en el entorno circundante. Las medidas de protección contra incendios, como equipos de extinción y planes de evacuación de emergencia, son vitales para hacer frente a posibles riesgos de incendio. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.1.4. Riesgo eléctrico

Las máquinas de limpieza láser suelen requerir el uso de equipos de alto voltaje, por lo que existe riesgo de descarga eléctrica. Inspeccione periódicamente el sistema eléctrico del equipo para asegurarse de que los cables y las conexiones estén intactos y tome las medidas de seguridad eléctrica adecuadas, como conexión a tierra y aislamiento, para reducir los riesgos eléctricos. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.1.5. Riesgo de mal uso

Dado que la máquina de limpieza láser es un dispositivo de alta tecnología, un mal funcionamiento puede provocar daños accidentales. Los operadores deben recibir capacitación profesional, estar familiarizados con los procedimientos operativos normales del equipo y mantener un alto grado de vigilancia durante su uso.

Cuando se utiliza una máquina de limpieza láser, es fundamental tomar medidas de seguridad integrales. Sólo mediante una gestión integral de la seguridad se puede minimizar los diversos peligros que pueden provocar las máquinas de limpieza láser y garantizar la seguridad y estabilidad del lugar de trabajo. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

## 3.2. Seguridad al utilizar una máquina de limpieza láser.

Los operadores deben seguir estrictamente una serie de cuestiones de seguridad específicas para garantizar la seguridad del personal y el funcionamiento normal del equipo. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.2.1. Equipos de protección personal

- Las máquinas de limpieza láser producen rayos láser de alta energía y la exposición directa puede causar daños oculares. Los operadores deben usar gafas protectoras láser que cumplan con los requisitos de grado láser para proteger eficazmente contra la radiación láser.
- Es necesario utilizar ropa protectora adecuada para evitar daños directos a la piel por el rayo láser y para garantizar que la ropa protectora no refleje el láser.
- Cuando utilice una máquina de limpieza láser, use guantes aislantes resistentes al calor para proteger sus manos del láser y el calor.

### 3.2.2. Procedimientos operativos seguros

- Asegúrese de operar su máquina de limpieza láser de acuerdo con los procedimientos correctos siguiendo el manual de operación y las pautas de seguridad proporcionadas por el fabricante del equipo.
- Antes de arrancar el equipo, verifique el funcionamiento de todos los interruptores de control, botones de parada de emergencia y dispositivos de seguridad para garantizar que el equipo esté en condiciones seguras. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.2.3. Formación y cualificaciones

- Los operadores deben recibir capacitación profesional y comprender los principios de trabajo, los procedimientos operativos y las cuestiones de seguridad de las máquinas de limpieza láser. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)
- Sólo personal calificado debe operar las máquinas de limpieza con láser para garantizar que tengan las habilidades y conocimientos suficientes para manejar diversas situaciones durante el proceso de limpieza con láser. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.2.4. Mantenimiento de equipo.

- Inspeccione y mantenga periódicamente la máquina de limpieza láser para garantizar que todas las piezas del equipo funcionen correctamente.
- Realice el mantenimiento estrictamente de acuerdo con los requisitos del manual de mantenimiento, incluida la fuente láser, el sistema de lentes, el sistema de control, etc. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.2.5. Seguridad ambiental

- Cuando utilice una máquina de limpieza láser, asegúrese de que no haya personal no autorizado en el área de trabajo para reducir el peligro potencial para el personal debido a la radiación láser.
- Asegúrese de que el ambiente de trabajo esté bien ventilado, especialmente cuando se generen gases nocivos durante el proceso de limpieza; los gases residuales deben eliminarse a tiempo para evitar que causen daños a los operadores. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.2.6. Protección contra incendios y explosiones

- Asegúrese de que no haya materiales inflamables alrededor de la máquina de limpieza láser y mantenga ordenada el área de limpieza. Evite que se acumule desorden para reducir el riesgo de incendio.
- Verifique periódicamente el sistema eléctrico del equipo para asegurarse de que todos los cables y conexiones estén intactos para evitar que fallas eléctricas causen incendios. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)



### 3.2.7. Manejo de emergencia.



- Equipado con un plan de evacuación de emergencia para garantizar que todo el personal operativo esté familiarizado con los procedimientos de evacuación en caso de emergencia.
- Se debe instalar un botón de parada de emergencia claro en el área de operación del equipo para cortar inmediatamente la fuente láser en caso de accidente.
- Barreras y señales protectoras claras alrededor de la máquina de limpieza láser para recordar al personal el área de trabajo del láser.
- Siempre que sea posible, instale barreras protectoras adecuadas para evitar que personal no autorizado entre en el área de radiación láser. (Jinan AccTek Machinery Co., Ltd, 2023)

### 3.3. Parámetros recomendados para sus diferentes usos.

Máximo poder / W	Material	Frecuencia de escaneo	Rango de limpieza	Ciclo de trabajo	Frecuencia de impulso Hz	Profundidad de limpieza	Eficiencia de limpieza (m3 /H)
1000	Piedra/Concreto	25mm/S	150mm	100%	2000	20um	6
1000	Oxido de metal	25mm/S	150mm	100%	2000	20um	6
1000	Pintura	25mm/S	150mm	100%	2000	100um	4
1000	Corrosión de metal	25mm/S	150mm	100%	2000	120um	2,5
1500	Piedra/Concreto	50mm/S	150mm	100%	2000	20um	15
1500	Oxido de metal	50mm/S	150mm	100%	2000	20um	15
1500	Pintura	50mm/S	150mm	100%	2000	100um	6
1500	Corrosión de metal	50mm/S	150mm	100%	2000	120um	4
2000	Piedra/Concreto	50mm/S	300mm	100%	2000	20um	20
2000	Oxido de metal	50mm/S	300mm	100%	2000	20um	20
2000	Pintura	50mm/S	300mm	100%	2000	100um	8
2000	Corrosión de metal	50mm/S	300mm	100%	2000	120um	5
3000	Piedra/Concreto	50mm/S	300mm	100%	2000	20um	30
3000	Oxido de metal	50mm/S	300mm	100%	2000	20um	30
3000	Pintura	50mm/S	300mm	100%	2000	100um	14
3000	Corrosión de metal	50mm/S	300mm	100%	2000	120um	9

### 3.4. Pruebas de funcionamiento.

Imagen antes del proceso	Imagen después del proceso	Parámetros usados	Observaciones
		<p>Fr escaneo: 60 Hz</p> <p>Ancho de escaneo: 300.00 mm</p> <p>Potencia max: 1000 W</p> <p>Ciclo de trabajo: 100%</p> <p>Frecuencia: 2000 Hz</p>	<p>Pieza metálica circular con oxidación, corrosión grado 1 y suciedad.</p> <p>Limpieza exitosa de la pieza total.</p>
		<p>Fr escaneo: 60 Hz</p> <p>Ancho de escaneo: 100.00 mm</p> <p>Potencia max: 1400 W</p> <p>Ciclo de trabajo: 100%</p> <p>Frecuencia: 2000 Hz</p>	<p>Carne de res cruda simulando carne humana. La cocinó en su totalidad.</p> <p>Se determina que la carne podría tener quemaduras graves por láser.</p>
		<p>Fr escaneo: 60 Hz</p> <p>Ancho de escaneo: 100.00 mm</p> <p>Potencia max: 1400 W</p> <p>Ciclo de trabajo: 100%</p> <p>Frecuencia: 2000 Hz</p>	<p>Carne de porcino cruda simulando carne humana. La cocinó en su totalidad.</p> <p>Se determina que la carne podría tener quemaduras graves.</p>
		<p>Fr escaneo: 60 Hz</p> <p>Ancho de escaneo: 80.00 mm</p> <p>Potencia max: 1400 W</p> <p>Ciclo de trabajo: 100%</p> <p>Frecuencia: 2000 Hz</p>	<p>Carne de pollo cruda simulando carne humana.</p> <p>La cocinó en su totalidad.</p> <p>Se determina que la carne podría tener quemaduras graves.</p>

		<p>Fr escaneo: 60 Hz</p> <p>Ancho de escaneo: 80.00 mm</p> <p>Potencia max: 1200 W</p> <p>Ciclo de trabajo: 100%</p> <p>Frecuencia: 2000 Hz</p>	<p>Muestra de madera sometida al haz del láser.</p> <p>Quemadura y daños fuertes a la estructura y superficie de la madera.</p>
		<p>Fr escaneo: 60 Hz</p> <p>Ancho de escaneo: 60.00 mm</p> <p>Potencia max: 1000 W</p> <p>Ciclo de trabajo: 100%</p> <p>Frecuencia: 2000 Hz</p>	<p>Tubo de PVC con un espesor de 1 mm sometido al haz del láser.</p> <p>Tuvo emisiones de humo en exceso</p> <p>Daños y pérdidas graves en la estructura del material.</p>
		<p>Fr escaneo: 60 Hz</p> <p>Ancho de escaneo: 100.00 mm</p> <p>Potencia max: 1400 W</p> <p>Ciclo de trabajo: 100%</p> <p>Frecuencia: 2000 Hz</p>	<p>Placa de acero galvanizado con un espesor de 2 mm la cual contenía suciedad de diferentes elementos.</p> <p>Limpieza total de la placa.</p>

### 3.5. Evidencia de clase instructiva.

Se permitió realizar una clase demostrativa con estudiantes de la materia de corrosión y protección de la carrera de Ingeniería Marítima donde se brindaron instrucciones de seguridad y el correcto uso de la máquina HEISUE.



Figura 15: Demostración al curso de Corrosión y Protección



Figura 16: Práctica de estudiantes



*Figura 17: Práctica de estudiantes.*

Además, se cuenta con videos, tanto de funcionamiento de la maquina como de las prácticas realizadas con los estudiantes, los cuales se encontrarán dentro del QR de información importante.

### 3.6. Análisis económico.

Cantidad	Producto/ Servicio.	Descripción	Valor
1	Máquina de limpieza laser	1500W/220V	2500 USD
-----	Envió internacional	Incluido paso aduanero	980 USD
-----	Envió nacional	Tabacundo/Manta	93,82 USD
-----	Transporte de bodega a Servientrega	Tabacundo/Cayambe	20 USD
-----	Transporte de Servientrega a casa	Manta/Colisa	10 USD
1	Refrigerante	R32	10 USD
1	Enchufe pata de gallina	220V	2 USD
1	Enchufe hembra	220V	9 USD
-----	Servicio técnico	Téc. en refrigeración	35 USD
-----	Movilización	Dentro de manta	50 USD
	Alquiler de compresor	Por tres días	60 USD
	Otros gastos	-----	40 USD

TOTAL, EN DOLARES

3809,82 USD

## CONCLUSIONES

La implementación de programas de capacitación permitió que tanto los estudiantes como el personal técnico adquirieran conocimientos prácticos y teóricos sobre el uso de la tecnología láser, fomentando así el desarrollo de habilidades especializadas en el manejo de herramientas de última generación. Esto contribuye directamente a la formación de profesionales más competitivos en el ámbito marítimo– industrial.

El uso de la limpieza láser demostró ser eficaz para prolongar la vida útil de los componentes metálicos, ya que elimina la corrosión y el óxido sin afectar la integridad estructural del material.

La adopción de la tecnología láser mostró beneficios tanto en la reducción de costos de mantenimiento como en la optimización de recursos, al minimizar el uso de químicos abrasivos y desechos contaminantes. Esto no solo representa un ahorro económico para las instituciones y empresas, sino también un aporte positivo en la sostenibilidad ambiental al reducir riesgos para el personal y para el ecosistema.

Se logró establecer una metodología de mantenimiento preventiva y correctiva basada en el uso de la tecnología láser, la cual optimiza los procesos de limpieza, garantiza la seguridad del operador y promueve la eficiencia en la conservación de los equipos.

## RECOMENDACIONES

Implementar programas de formación continua que no solo aborden el uso de la limpieza láser, sino también otras tecnologías avanzadas aplicables al sector marítimo, como sistemas de propulsión eficientes, digitalización de procesos, monitoreo remoto y energías limpias. De esta manera, los estudiantes y el personal técnico estarán preparados para enfrentar los retos de la modernización de la industria naval y contribuir a la innovación sostenible en el ámbito marítimo.

Aunque requiere un mantenimiento mínimo, se recomienda tener rutinas periódicas que puedan ayudar a predecir posibles fallos enfocados al sistema de refrigeración, sistema eléctrico y la pistola laser la cual posee el sistema óptico que es parte fundamental del equipo.

Para generaciones nuevas, se considera la evaluación del desempeño del equipo con distintos elementos metálicos bases sometidos a diferentes entornos, con el fin de poder validar la versatilidad y eficiencia en un contexto industrial como lo sería la limpieza de cascos en las embarcaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acctek. (12 de agosto de 2024). Obtenido de <https://www.accteklaser.com/es/que-tipos-de-sistemas-de-refrigeracion-tienen-las-maquinas-de-limpieza-laser/#:~:text=Un%20sistema%20de%20refrigeraci%C3%B3n%20por,otros%20componentes%20sensibles%20al%20calor.>
- AccTekLaser. (12 de Agosto de 2024). Obtenido de Accteklaser: <https://www.accteklaser.com/es/que-tipos-de-materiales-y-superficies-pueden-limpiar-las-maquinas-de-limpieza-laser/#:~:text=Sustancias%20inflamables,recomienda%20la%20limpieza%20con%20l%C3%A1ser>
- Adapt Laser Corporation. (4 de Abril de 2024). *ADAPTLASER*. Obtenido de ADAPTLASER: <https://adapt-laser.com/laser-cleaning-non-metal-products/>
- Alvarez, D. O. (24 de Mayo de 2024). *concepto*. Obtenido de concepto: <https://concepto.de/oxidacion/>
- Canchon, A. (2018). *Corrosión por Cavitación*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/373260338/Corrosion-Por-Cavitacion>
- CARLOS ALMAGRO, M. D. (2014). *Repositorio UPSE*. Obtenido de Repositorio UPSE: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1665/1/UTILIZACIÓN%20DE%20INHIBIDORES%20ORGÁNICOS%20EN%20OPERACIONES%20DE.pdf>
- Diana, M. y. (26 de Enero de 2024). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/slideshow/corrosin-en-los-metales-de-la-ingeniera-civilpptx/265815629>
- DIPAC® MANTA S.A. (27 de Septiembre de 2023). *DIPAC*. Obtenido de DIPAC: <https://dipacmanta.com/como-evitar-la-oxidacion-de-los-metales/>
- Entaban Suministros Industriales. (2025). *Entaban*. Obtenido de Entaban: <https://entaban.es/335-pies-maquina#:~:text=Los%20soportes%20para%20maquina%2C%20o,m%C3%A1quinas%20se%20encuentran%20en%20funcionamiento.>
- Equipo SAFESITE. (17 de marzo de 2022). *Safesite*. Obtenido de Safesite: <https://safesitehq.com/es/proteccion-de-la-maquina/#:~:text=manejar%20el%20resguardo.->

,Protectores%20autoajustables,pero%20m%C3%A1s%20controles%20de%20mantenimiento.

Escuela Politecnica Nacional. (s.f.). *BIBDIGITAL*. Obtenido de BIBDIGITAL:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2771/1/CD-0553.pdf>

Fisher, R. (15 de Noviembre de 2023). *RELIANCE FOUNDRY*. Obtenido de RELIANCE

FOUNDRY: [https://www.reliance-foundry.com/blog/etapas-del-](https://www.reliance-foundry.com/blog/etapas-del-oxido?srsltid=AfmBOoqv0mAOMH85-L-bbj5ueg1lxy58p5to62mbLr9chEsfieoCfUPn)

[oxido?srsltid=AfmBOoqv0mAOMH85-L-](https://www.reliance-foundry.com/blog/etapas-del-oxido?srsltid=AfmBOoqv0mAOMH85-L-bbj5ueg1lxy58p5to62mbLr9chEsfieoCfUPn)

[bbj5ueg1lxy58p5to62mbLr9chEsfieoCfUPn](https://www.reliance-foundry.com/blog/etapas-del-oxido?srsltid=AfmBOoqv0mAOMH85-L-bbj5ueg1lxy58p5to62mbLr9chEsfieoCfUPn)

*Gargil*. (26 de febrero de 2023). Obtenido de [https://gargil.es/tipos-de-cabezales-de-](https://gargil.es/tipos-de-cabezales-de-limpieza-para-depositos/)

[limpieza-para-depositos/](https://gargil.es/tipos-de-cabezales-de-limpieza-para-depositos/)

Golla, M. (2025). *Laser 2000*. Obtenido de Laser 2000:

[https://www.laser2000.es/es/2011-fuentes-](https://www.laser2000.es/es/2011-fuentes-laser#:~:text=Las%20fuentes%20%C3%A1ser%20emiten%20luz,una%20larga%20vida%20en%20servicio.)

[laser#:~:text=Las%20fuentes%20%C3%A1ser%20emiten%20luz,una%20larga](https://www.laser2000.es/es/2011-fuentes-laser#:~:text=Las%20fuentes%20%C3%A1ser%20emiten%20luz,una%20larga%20vida%20en%20servicio.)

[%20vida%20en%20servicio.](https://www.laser2000.es/es/2011-fuentes-laser#:~:text=Las%20fuentes%20%C3%A1ser%20emiten%20luz,una%20larga%20vida%20en%20servicio.)

*HeatSing*. (8 de noviembre de 2023). Obtenido de [https://www.heatsign.com/the-](https://www.heatsign.com/the-differences-between-jpt-ipg-max-and-raycus-laser-sources/)

[differences-between-jpt-ipg-max-and-raycus-laser-sources/](https://www.heatsign.com/the-differences-between-jpt-ipg-max-and-raycus-laser-sources/)

*Hgstar*. (9 de enero de 2024). Obtenido de [https://www.hg-star.com/es/hp-series-laser-](https://www.hg-star.com/es/hp-series-laser-cleaning-machine/)

[cleaning-machine/](https://www.hg-star.com/es/hp-series-laser-cleaning-machine/)

INSPENET. (15 de Agosto de 2023). *LinkedIn*. Obtenido de LinkedIn:

[https://www.linkedin.com/pulse/corrosi%C3%B3n-en-el-sector-marino-](https://www.linkedin.com/pulse/corrosi%C3%B3n-en-el-sector-marino-c%C3%B3mo-proteger-tus-equipos/)

[c%C3%B3mo-proteger-tus-equipos/](https://www.linkedin.com/pulse/corrosi%C3%B3n-en-el-sector-marino-c%C3%B3mo-proteger-tus-equipos/)

Jinan AccTek Machinery Co., Ltd. (2023). *AccTek*. Obtenido de AccTek:

[https://www.accteklaser.com/es/guia-de-seguridad-de-la-maquina-de-limpieza-](https://www.accteklaser.com/es/guia-de-seguridad-de-la-maquina-de-limpieza-laser/?srsltid=AfmBOorKf67SMBs0Dk4eeEzuMGi6aoorEd-qUD9iBRcB2-ntV9tjTiCV)

[laser/?srsltid=AfmBOorKf67SMBs0Dk4eeEzuMGi6aoorEd-qUD9iBRcB2-](https://www.accteklaser.com/es/guia-de-seguridad-de-la-maquina-de-limpieza-laser/?srsltid=AfmBOorKf67SMBs0Dk4eeEzuMGi6aoorEd-qUD9iBRcB2-ntV9tjTiCV)

[ntV9tjTiCV](https://www.accteklaser.com/es/guia-de-seguridad-de-la-maquina-de-limpieza-laser/?srsltid=AfmBOorKf67SMBs0Dk4eeEzuMGi6aoorEd-qUD9iBRcB2-ntV9tjTiCV)

KHAN ACADEMY. (2017). *KHAN ACADEMY*. Obtenido de KHAN ACADEMY:

[https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/chemical-reactions-ap/types-of-](https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/chemical-reactions-ap/types-of-chemical-reactions-ap/a/oxidation-number)

[chemical-reactions-ap/a/oxidation-number](https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/chemical-reactions-ap/types-of-chemical-reactions-ap/a/oxidation-number)

*LC Lasers*. (24 de julio de 2023). Obtenido de

[https://lclasers.com/2022/06/02/tecnologia-laser-de-limpieza-5-cosas-que-no-](https://lclasers.com/2022/06/02/tecnologia-laser-de-limpieza-5-cosas-que-no-sabias/)

[sabias/](https://lclasers.com/2022/06/02/tecnologia-laser-de-limpieza-5-cosas-que-no-sabias/)

- LINE-X Protective Coatings. (2022). *LINE-X*. Obtenido de LINE-X:  
<https://www.linex.mx/industrias-a-las-que-mas-impacta-la-presencia-de-corrosion/#:~:text=Maquinaria%2C%20herramientas%20y%20las%20mismas,la%20obra%20y%20los%20trabajadores.>
- LUFILSUR. (s.f.). *LUFILSUR-Lubricantes y filtros para procesos insutriales*. Obtenido de LUFILSUR-Lubricantes y filtros para procesos insutriales.:  
<https://www.lufilsur.es/evitar-la-corrosion-gaseosa/#:~:text=La%20corrosi%C3%B3n%20gaseosa%20se%20produce,la%20p%C3%A9rdida%20de%20sus%20propiedades.>
- Ondarse Álvarez, D. (24 de Octubre de 2024). *Concepto*. Obtenido de Concepto:  
<https://concepto.de/oxidacion/>
- Optimum Opt.* (8 de enero de 2025). Obtenido de  
<https://optimumdryiceblasting.co.uk/disadvantages-of-laser-cleaning/#:~:text=Although%20laser%20cleaning%20is%20generally,microstructural%20changes%20in%20the%20substrate.>
- Pilz Industrieelektronik S.L. (2024). *PILZ*. Obtenido de PILZ: <https://www.pilz.com/es-ES/support/law-standards-norms/iso-standards/choosing-guards>
- Prabhakaran, J. (27 de Agosto de 2024). *DOCUMENT360*. Obtenido de DOCUMENT360: <https://document360.com/es/blog/creando-un-manual-de-usuario/#:~:text=Un%20manual%20de%20usuario%20es,instrucciones%20o%20gu%C3%ADa%20del%20usuario.>
- PROFINET. (8 de enero de 2020). *Universidad Profinet*. Obtenido de Universidad Profinet: <https://profinetuniversity.com/seguridad-funcional/fundamentos-seguridad-industrial-seguridad-maquinas/#:~:text=para%20aplicaciones%20industriales.-,PLC%20de%20seguridad%20especializados,UL%20en%20los%20Estados%20Unidos.>
- Rayón, D. E. (1 de Octubre de 2021). *CUDI*. Obtenido de CUDI:  
<https://cudi.edu.mx/eventos/analisis-de-estructuras-de-maquinas-sus-elementos-y-comportamiento/#:~:text=Las%20estructuras%20son%20sistemas%20mec%C3%A1nicos,%20barras%20cuerdas%20etc.>

- Rayzeek. (26 de diciembre de 2023). Obtenido de [https://www.rayzeek.com/es/glossary/que-es-el-sistema-optico?srsltid=AfmBOoqv2hOD1TBO2KsVQHAcdTT\\_5CSVIIt2S07KmK58bcWpM3Hpww7Ub](https://www.rayzeek.com/es/glossary/que-es-el-sistema-optico?srsltid=AfmBOoqv2hOD1TBO2KsVQHAcdTT_5CSVIIt2S07KmK58bcWpM3Hpww7Ub)
- Romero, A. (20 de Marzo de 2019). *docs.google*. Obtenido de Automatismos y sistemas de control: [https://docs.google.com/document/d/1D5DRf0ExFOH5IYrM\\_FLne55GqqlaZtSfcwT\\_UT5kMFs/edit?pli=1&tab=t.0](https://docs.google.com/document/d/1D5DRf0ExFOH5IYrM_FLne55GqqlaZtSfcwT_UT5kMFs/edit?pli=1&tab=t.0)
- Salazar-Jiménez, J. A. (30 de Abril de 2015). *The Scientific Electronic Library Online*. Obtenido de The Scientific Electronic Library Online: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n3/0379-3982-tem-28-03-00127.pdf>
- SEDISA. (s.f.). Corrosión por contacto. *¿Qué es la corrosión por contacto en rodamientos?* Obtenido de <https://sedisaservicios.com/activos-industria/que-es-la-corrosion-por-contacto-en-rodamientos/>
- Société Générale de Surveillance SA. (16 de Junio de 2023). SGS. Obtenido de SGS: <https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/06/guia-completa-seguridad-maquinarias>
- Tina. (26 de Febrero de 2024). *IGOLDEN-CNC*. Obtenido de IGOLDEN-CNC: <https://www.igolden-cnc.com/es/how-does-laser-cleaning-metal-work/?srsltid=AfmBOopt-8WZxC0gvalaOmvHRWCfP1Avh-2BjpfmTeHi6j8vyzDcQ5Mt>
- Trotecnica Laser*. (s.f.). Obtenido de <https://trotecnica.com.ar/laserlimpieza/#:~:text=La%20limpieza%20%C3%A1ser%20es%20una,decir%2C%20sin%20da%C3%B1ar%20la%20pieza.>
- Trotecnica. (sf). *Trotecnica Laser*. Obtenido de Láser de limpieza | Trotecnica Láser. (s. f.). <https://trotecnica.com.ar/laserlimpieza/#:~:text=La%20limpieza%20%C3%A1ser%20es%20una,decir%2C%20sin%20da%C3%B1ar%20la%20pieza.>
- Universal Laser Systems, Inc. (2025). *Universal Laser Systems*. Obtenido de Universal Laser Systems: <https://www.ulsinc.com/es/descubra-las-innovaciones-de-uls/fuentes-l%C3%A1ser-uls#:~:text=Las%20fuentes%20%C3%A1ser%20generan%20una,salida%20de%20potencia%20del%20%C3%A1ser.>

Vásquez, M. (s.f.). *La corrosión, el peor de los villanos cuando dominan los metales*.

Universidad Nacional del Mar del Plata. Obtenido de

[http://www2.mdp.edu.ar/attachments/article/281/la\\_corrosion.pdf](http://www2.mdp.edu.ar/attachments/article/281/la_corrosion.pdf)

Vier, P. (25 de Abril de 2024). *Coldjet*. Obtenido de Coldjet: [https://blog-](https://blog-mx.coldjet.com/maquina-de-limpieza-laser)

[mx.coldjet.com/maquina-de-limpieza-laser](https://blog-mx.coldjet.com/maquina-de-limpieza-laser)

Warehouse, F. (s.f.). *¿Qué es la Corrosión Galvánica?* F4 Warehouse, Buenos Aires.

Obtenido de <https://f4.com.ar/corrosion-galvanica/>

*Xsite Machine Control*. (14 de diciembre de 2023). Obtenido de

[https://xsitemachinecontrol-com.translate.goog/what-is-machine-](https://xsitemachinecontrol-com.translate.goog/what-is-machine-control/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=The%20m)

[control/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge#:~:text=The%20m](https://xsitemachinecontrol-com.translate.goog/what-is-machine-control/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=The%20m)

[achine%20control%20system%20assists,productivity%20shows%20in%20impro](https://xsitemachinecontrol-com.translate.goog/what-is-machine-control/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=The%20m)

[ved%20profitability.](https://xsitemachinecontrol-com.translate.goog/what-is-machine-control/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=The%20m)

Zavaleta, K. (2019). *Tipos de Corrosión.docx*. SCRIBD. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/437129281/Tipos-de-Corrosion-docx>

## ANEXOS.

### 1. ANEXO 1: MANUAL DE USUARIO DE LA LIMPIADORA LÁSER

 雷射贸易 (山东) 有限公司  
Laser Machine (Shandong) Co., Ltd

## Lavadora láser portátil Instrucciones de

 [sales@lmelaser.com](mailto:sales@lmelaser.com)  Whatsapp: +86 13256107893  [www.lmelaser.com](http://www.lmelaser.com)

 402B,1 st Unit 4-B-1, China Power Construction Energy Valley Industrial Park,  
Guodian Street,Licheng District, Jinan City, Shandong Province

### 1. Pantalla de equipos:



**Modelo uno**



**Modelo 2**

## 2.Preparación antes de usar:

### 2.1 Preparación de la fuente de energía:

Inferior a 2000W es una fuente de alimentación de 220V.(Dependiendo de la identificación del equipo, no la conexión incorrecta). 3000W con alimentación de 380V. (Sujeto a la identificación del equipo, no la conexión incorrecta).

El consumo máximo de energía de la máquina de 1000 W es de aproximadamente 4000 vatios.

El consumo máximo de energía de la máquina de 1500W es de aproximadamente 6000 vatios.

El consumo máximo de energía de la máquina de 2000 W es de aproximadamente 8000 vatios.

El consumo máximo de energía de la máquina de 3000W es de aproximadamente 12,000 vatios.

Se recomienda que 1000W/1500W se utilice con el estándar nacional 4 cables planos, y 2000W/3000W se utilice con el estándar nacional 6 cables planos.



Imagen solo para referencia (380V) Imagen solo para referencia (380V)



Imagen solo para referencia (380V) Imagen solo para referencia (220V)

## 2.2 Preparación de fuentes de suministro de gas:

La soldadora láser portátil es argón//nitrógeno.

Acero inoxidable soldado: puede usar argón y nitrógeno. Se recomienda el argón de placa galvanizada/aleación de aluminio/acero al carbono/cobre, que puede reducir efectivamente el salpicadurismo y reducir el daño de la lente.

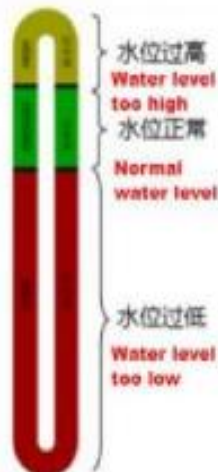


Valor de medidor de nitrógeno 0.3 Valor de medidor de argón 15 Valor de la válvula de presión de aire aproximadamente 3

## 2.3 Selección de líquido frío:

Cuando la temperatura ambiente es superior a 4 ° C, se puede usar agua pura como refrigerante, y el ciclo de reemplazo se puede reemplazar una vez en aproximadamente 3 meses.

Cuando el ambiente de temperatura ambiente es inferior a 4 ° C, debe agregarse anticongelante para evitar el láser de congelación (tal falla no está dentro del rango de garantía). El anticongelante debe seleccionarse para el dinero especial del láser. Después de que la temperatura suba, el anticongelante debe reemplazarse con agua pura a tiempo.



El agua agregada por primera vez puede ser apropiada por encima del nivel normal del agua



### 3. Proceso de conmutación de equipos:

1. Abra la puerta trasera del equipo vacío, y el toma derecho proporciona la fuente de alimentación a la máquina de transmisión de cable.



2. Abra la parada de emergencia y presione el botón del sistema (sistema) y el botón del refrigerador de agua (agua) 3. Mira si el nivel del refrigerador de agua está en el rango verde y espere a que la temperatura del refrigerador de agua suba a más de 20 grados Celsius.



4. Presione el botón láser.



## 4. Parámetros del equipo y referencia del proceso:

1. El sistema es un ejemplo:



① Esta interfaz puede ver los parámetros de proceso actuales (esta página no puede modificar el proceso) y la información de alarma instantánea.

② Encendido por defecto, línea predeterminada de luz roja,

Cuando la pantalla "Apagado" no envía una señal de activación al láser y se puede usar para probar la función de ventilación Cierre el indicador de luz roja y muestra que el motor "DOT" deja de oscilar cuando la luz roja es un punto para

Ajuste el centro

③ "Bloqueo de seguridad", cuando se abre la "Bloqueo de seguridad" del cuerpo del arma, el "Encendido" verde mostrado puede iluminarse normalmente, y el "apagado" rojo cerrado no puede brillar.

2. Proceso de entrada (no se requiere contraseña).

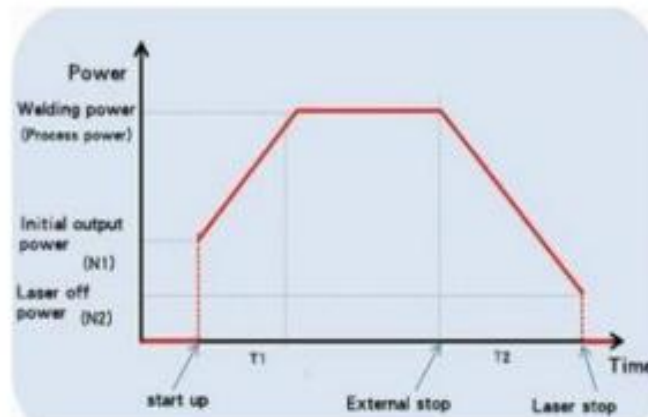


- ① La interfaz de proceso contiene los parámetros de proceso de depuración, haga clic en el cuadro (rojo) para modificar, haga clic en Aceptar, luego guardar en el proceso rápido, haga clic en importar (modifica-guarda-importación).
- ② El rango de frecuencia de escaneo es de 10 a 100 HZ, el rango de ancho de escaneo es de 0 ^ 300 mm. (Velocidad de escaneo común: 50 hz y 300 mm de ancho).
- ③ La potencia máxima debe ser menor o igual a la potencia del láser de la página de parámetros (si la potencia del láser es de 1000 W, este valor no es mayor que 1000).
- ④ Rango de ciclo de trabajo de 0 a 100 (por defecto 100, generalmente no cambia).
- ⑤ El rango de frecuencia de pulso recomendado es de 5-5000Hz (predeterminado 2000, generalmente no cambiado).
- ⑥ Haga clic en el botón HELP en la parte superior derecha para obtener una explicación de parámetros más relevante. Optimización del punto final: rango -20 ~ 20, que puede eliminar el fenómeno de la apagación desigual de la luz en ambos extremos de la pista de limpieza. Dependiendo de la situación real, la disminución del valor puede hacer que la energía del punto final sea mayor o menor y el valor aumente. Por favor, ajuste al estado ideal de acuerdo con la situación real.



Contraseña: 123456

- ① La potencia del láser es la potencia del láser usado, complete correctamente.
- ② El retraso predeterminado del gas predeterminado es de 200 ms, rango de 200 ms a 3000 ms.
- ③ Desde N1% de la potencia del proceso al 100%; De 100% de potencia de proceso a N2; (como se muestra en la figura a continuación).



Generalmente, la potencia de luz del interruptor preestablecida es del 20%, el tiempo de paso de luz del interruptor es de 200 ms

- ⑤ El valor máximo de la válvula de alarma de temperatura es de 65 ° C. Cuando el valor está establecido en 0, la alarma de temperatura no se detecta.

Rango de coeficiente de corrección de escaneo 0.01 ~ 4, ancho de línea objetivo del coeficiente/ancho de línea medido: predeterminado es 1.0.

Desplazamiento central del láser-75 ~ 75 mm, reducido a la izquierda, aumentado a la derecha, aplicado para ajustar el centro de la luz roja

- ⑧ La señal de nivel de alarma de presión/refrigerador de agua/láser es baja por defecto. Cuando se utiliza esta señal de alarma, si se instala la alarma de presión externa, se cambiará a un nivel alto, de lo contrario aparecerá una alarma anormal, y otras señales de alarma deben ser las mismas.

Haga clic en el botón "chino" para cambiar a otros idiomas en la barra de selección de idiomas Actualmente, La versión estándar admite chino simplificado, chino tradicional, inglés y

Hay ocho idiomas: japonés, coreano, ruso, alemán y francés.



Esta página es la página de ayuda de la página de configuración Presione "Restaurar la configuración de fábrica" durante 3 segundos para restaurar todos los parámetros establecidos a "parámetros de fábrica" Presione "Guardar como configuración de fábrica" durante 3 segundos para establecer los parámetros establecidos actuales en "parámetros de fábrica".

Factory reset

## Laser cleaning system



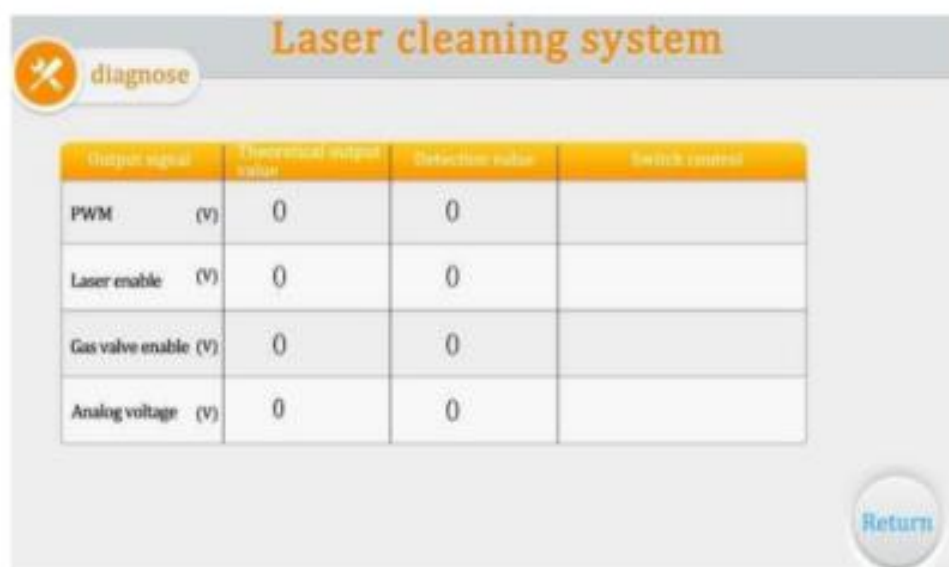
1. Please set the maximum scan width according to the actual gun head model and focal length of the focusing lens.
2. "Laser power" refers to the maximum power of the laser, please fill in the actual laser power value.
3. The range of "Gas Opening delay" is 0~3000ms, and 200~500ms is recommended.
4. The range of "Gas off delay" is 0~3000ms, and 200~500ms is recommended.
5. The scanning correction coefficient=target linewidth / measured linewidth, range is from 0.01 to 4.
6. The laser center is shifted by -75 ~ 75mm, the negative value moves to the left and the positive value moves to the right.
7. The maximum temperature alarm threshold is 70 °C, and when the value is set to 0, the temperature alarm is not detected;
8. Trigger setting: set the trigger to emit light by single-click or double-click.

Haga clic en el área "Modelo de cabeza" para seleccionar el ancho de escaneo correspondiente a diferentes enfoques.



Esta página muestra el estado de cada señal y la información del equipo

- ① Señal de disparo láser: cuando se pulsa el disparo, este estado cambia de gris a verde.
  - ② Señal de alarma láser/enfriador de agua/presión de aire: la señal de salida se muestra en el medio de la página de alto y bajo nivel para monitorear, y la señal verde se muestra en gris cuando se emite la señal.
  - ③ Autorización del equipo: el equipo puede autorizarse para el tiempo de uso, y la autorización se terminará cuando el equipo se utiliza más de lo establecido.
- Hora de luz: haga clic en "Autorización del dispositivo", ingrese "FFFFFB001" en la página de contraseña para abrir el tiempo, ingrese "FFFFFB000" para limpiar los datos y detener el tiempo.
- ⑤ Versión del sistema: tres conjuntos de números, el primer grupo es la versión de hardware, el segundo grupo es la versión del programa de microcontrolador, el tercer grupo es la versión de pantalla táctil.



Haga clic en el botón Diagnóstico para ingresar a la página de diagnóstico. Bajo esta página, el láser no emite luz, puede emitir independientemente "PWM", "activación láser", "activación de válvula de aire", "analógica" a través del "control de interruptor", comparar el valor de detección para determinar si la caja de control y la función de valor teórico son normales.

## 5. Cuidado

Métodos de reparación y reemplazo de lentes relacionadas:

- ① Limpia las manos antes de la operación y seca las manos, luego limpie las manos con algodón y alcohol.
- ② Abra el espejo protector en un lugar relativamente libre de polvo, enfoque la cubierta del espejo, retire el soporte de la lente, proteja (hermosa cubierta de papel), verifique la lente protectora, si hay un punto de quema obvio en la superficie de la lente, debe reemplazarse directamente.

Luego verifique el anillo de sellado de almacenamiento blanco debajo de la lente. (Si el anillo de sellado de almacenamiento no se puede usar, debe reemplazarse de inmediato.

- ④ Limpe la boca del almacén y la tapa del almacén con una bola de algodón inmersa en alcohol, inserte rápidamente el soporte del espejo protector en el compartimento del espejo protector y cierre el tornillo.

## 6. Manejo de excepciones comunes

### 6.1 Alarma de presión de láser/enfriador de agua/aire

- ① Si la alarma anterior no usa la señal de alarma, cambie el nivel de alarma de la página de configuración de la pantalla.
- ② Si la alarma aparece en la señal de alarma anterior, verifique si la alarma o la alarma están en alto y bajo

La señal está configurada correctamente.

## 6.2 La pantalla no es brillante/el clic no responde

- ① La pantalla no es brillante, asegúrese de que el controlador esté encendido. Verifique si el controlador y el cable de cuatro núcleos de la pantalla están correctamente conectados, y si el voltaje de 24V del primer pie y el cuarto pie es normal.
- ② Si no se hace clic en el uso normal, verifique si la temperatura de toda la máquina es demasiado alta.
- ③ Haga clic no puede entrar para verificar si el controlador y la pantalla están correctos, si el segundo y el tercer pie son normales. Véase 2.1.2 Extremo de visualización del controlador para obtener detalles.
- ④ El equipo recién instalado no reacciona, puede ser que la versión del sistema no coincida, puede usar la tarjeta SD para volver a cepillar el programa, pregúntanos la versión específica.

## 6.3 No fuera de luz

- ① Verifique si hay una aviso de alarma en la página de inicio, si el sistema de activación del láser está encendido;
- ② Verifique si la señal de disparo y la señal de bloqueo de seguridad de la página de monitoreo se muestran en verde durante la limpieza;
- ③ Verifique si la PWM, la habilitación del láser y la salida analógica de la página de monitoreo son normales durante la limpieza.

Si las condiciones anteriores son normales, verifique que el láser haya una alarma anormal.

Ejemplo: el cable de suministro de aire no la luz, para falla láser o error de cableado láser. Si no se suministra aire ni cableado, la señal de entrada puede faltar, ver: 2.1.3 Interfaz de señal del controlador 1.

## 6.4 Detención repentina de la luz durante el procesamiento

Verifique si la cerradura de tierra de seguridad y otras alarmas de la interfaz de monitoreo son normales.

## 6.5. Alarma de refrigerador de agua:

Falla de la sonda de agua a baja temperatura E01

Alarma de alta temperatura del agua a baja temperatura E02

El voltaje es normal

E03 Presión del compresor o alarma excesiva de corriente---Verifique si la línea del compresor está suelta y limpie el polvo del radiador

E04 Error de orden de fase

Medición o cualquier dos cables de incendio

E05 Alarma de flujo de baja temperatura

Filtro de pantalla

Alarma de interruptor de nivel de agua E06

Alarma de baja temperatura del agua E08

Falla de la sonda de agua de temperatura normal E09

Alarma de agua a temperatura normal E10

Normal y verifique si la tubería de agua o la cabeza de corte está bloqueada

Alarma de baja temperatura de agua de temperatura normal E11

low

Alarma de flujo de temperatura normal E12

Normal y verifique si la tubería de agua o la cabeza de corte está bloqueada

## **6.6 Alarma láser:**

Las alarmas láser generalmente son un bip láser o una luz roja láser. En este momento, es necesario conectar la computadora láser para el código de detección para facilitar el mantenimiento oportuno después de la venta.

## 2. ANEXO 2: GUÍA PRÁCTICA.

### 2.1. Mantenimiento básico de la máquina HEISUE 1500W.

- Modelo: LME CS
- Potencia: 1500 W
- Tipo de láser: Fibra pulsada o continua (configurable)
- Sistema de Refrigeración: Enfriamiento por agua
- Longitud de onda: 800 mm
- Interfaz: Pantalla táctil o control manual (configurable)
- Aplicaciones: Eliminación de óxido, aceite, pintura, recubrimientos, entre otros

### 2.2. Uso

#### 2.2.1. Herramientas y materiales necesarios para debido uso:

- Paño de microfibra sin pelusa
- Alcohol isopropílico
- Aire comprimido en bote
- Destornillador (en caso de ser necesario para acceso interno autorizado)
- Cepillo antiestático
- Guantes de nitrilo
- Gafas de protección láser (aptas para 600 mm)

#### 2.2.2. Normas de seguridad:

- Usar siempre gafas de protección láser (aptas para 600 mm)
- No mirar directamente ni en reflejos al haz del láser
- Nunca limpiar, ni abrir la máquina mientras esté en funcionamiento o conectada
- Señalizar el área de trabajo como zona de uso láser

## 2.3. Mantenimiento diario

### 2.3.1. Antes del encendido:

- Verificar que la conexión de alimentación esté firme y sin daños
- Revisar que el cable de fibra óptica no esté doblado ni presionado
- Asegurarse de que el ventilador o sistema de enfriamiento esté libre de obstrucciones
- Inspeccionar visualmente el cabezal láser, sin tocar la lente.

### 2.3.2. Después del apagado:

- Limpiar la superficie externa con paño seco
- Eliminar polvo del área de salida del láser con aire comprimido
- Apagar el equipo desde el software y luego desde el interruptor principal
- Desconectar el cable de alimentación si no se usará por más de 24 h

### 2.3.3. Mantenimiento semanal

- Limpiar la lente del cabezal láser con papel óptico y alcohol isopropílico (usar guantes)
- Verificar que el nivel de temperatura no supere los límites del fabricante
- Comprobar si hay mensajes de advertencia en el panel de control

### 2.3.4. Mantenimiento mensual

- Revisar y limpiar los filtros de aire o agua
- Examinar el estado del cable de fibra óptica, revisando fisuras o puntos de torsión.
- Realizar una prueba de potencia para verificar eficiencia.
- Actualizar el software o firmware del equipo (consultar con soporte técnico oficial).
-

### 2.3.5. Mantenimiento del sistema de refrigeración:

- Verificar el nivel del agua desionizada
- Cambiar el agua cada 2 a 3 meses
- Limpiar el filtro del sistema (Si tiene ventilación por aire)
- Limpia las rejillas y ventiladores con aire comprimido

## 2.4. Diagnóstico básico de fallas

Falla	Causa común	Solución
El láser no dispara	Emergencia activada / Error de software	Revisar el panel / Reiniciar el sistema
Baja potencia	Lente sucia o mal alineada	Limpieza óptica / Verificar configuración
Sobrecalentamiento	Mal funcionamiento del sistema de enfriamiento	Limpiar o reemplazar el filtro / Revisar ventiladores
Pantalla sin respuesta	Fallo de software o conexión floja	Reiniciar sistema y verificar cableado
Anomalía de vibraciones	Ventilador o bomba desbalanceados	Revisión técnica recomendada

## 2.5. Recomendaciones

- Evitar usar la máquina a máxima potencia durante largos períodos sin pausas
- No intentar abrir el cabezal láser o el módulo de fibra sin autorización del fabricante
- Siempre consultar el manual técnico oficial de LME CS para cambios de configuración avanzados
- Programar una inspección técnica profesional cada 6 meses o a las 500 horas de uso.

## 2.6. Materiales adecuados para la limpieza láser

**Metales:** La limpieza de metales con láser funciona mediante un proceso llamado ablación por láser, que implica el uso de un rayo láser de alta intensidad para eliminar contaminantes, como óxido, pintura, grasa, capas de óxido u otras sustancias no deseadas, de la superficie de un sustrato metálico. (Tina, 2024)

**Cerámicos:** La ablación láser para cerámica funciona irradiando los contaminantes de la superficie con miles de pulsos láser por segundo. Como en cualquier aplicación de limpieza láser, la clave del éxito en la limpieza de cerámica reside en una solución láser correctamente calibrada.

**Piedra:** Las máquinas de limpieza láser también pueden diseñarse para limpiezas más delicadas que requieren gran precisión, como la eliminación de suciedad y bacterias en piedra natural. Una de las mayores ventajas de la ablación láser para la limpieza de piedra natural es su capacidad para eliminar suavemente las capas contaminantes sin dañar el sustrato subyacente.

**Vidrio:** La limpieza de vidrio con láser es posible, pero depende de la composición del vidrio y de un sistema láser configurado específicamente para esas superficies. (Adapt Laser Corporation, 2024)

## 2.7. Materiales no adecuados para la limpieza láser

**Plásticos:** La ablación láser no es adecuada para plásticos. Esto se debe a diversos factores, como el potencial de activación del tipo de plástico en cuestión. Funciona eliminando cualquier bloqueador de adhesión y la capa superior del plástico. La alta energía de la limpieza con láser puede hacer que algunos materiales plásticos se derritan, se deformen o se dañen. Al limpiar piezas de plástico, es necesario seleccionar cuidadosamente la energía y los parámetros del láser para evitar daños materiales.

**Sustancias inflamables:** La tecnología de limpieza láser produce un rayo de alta energía que supone un riesgo de incendio para materiales inflamables como el papel y ciertos productos químicos. Se requiere cuidado especial al limpiar estos materiales y, en general, no se recomienda la limpieza con láser.

**Óptica:** Las superficies de los componentes ópticos, como lentes, espejos y espejos láser, son extremadamente suaves y precisas. La limpieza con láser puede causar abrasión microscópica de la superficie que afecta el rendimiento óptico y generalmente no se recomienda para limpiar estos componentes.

**Revestimientos:** Ciertos recubrimientos de superficie, especialmente recubrimientos especiales como óxido de silicio, nitruro de silicio, etc., pueden ser sensibles a la limpieza con láser.

**Cristalera y cristal:** La cristalería y los artículos de cristal son susceptibles a sufrir grietas microscópicas, y la limpieza con láser puede provocar microfisuras en la superficie, debilitando su resistencia y apariencia.

**Materiales orgánicos:** Algunos materiales orgánicos, como los textiles, son muy sensibles a la alta energía de los láseres y pueden quemarse o dañarse.

**Tejido biológico:** La limpieza con láser no es adecuada para limpiar tejidos biológicos, como la piel humana. La energía láser puede causar daños al tejido biológico. (AccTekLaser, 2024)

**Materiales refractarios:** Algunos materiales pueden reflejar o absorber la energía láser de forma ineficiente, lo que hace que el proceso de limpieza sea ineficaz o lento. Por ejemplo, las superficies altamente reflectantes, como ciertos metales, o los materiales con baja absorción a la longitud de onda del láser, podrían requerir consideraciones especiales o incluso no ser aptos para la limpieza láser. (Optimum Opt, 2025)

3. ANEXO 3: REVISTA DE GUÍA PRÁCTICA CON VIDEO TUTORIAL

# GUÍA PRÁCTICA DE LA MÁQUINA HEISUE

Todo lo que necesitas saber



100%



# ÍNDICE

- 1.1. Información básica de la maquina HEISUE 1500W.
- 2.2. USO
  - 2.1.1. Herramientas y materiales necesarios para debido uso
  - 2.1.2. Normas de Seguridad
- 2.3. Mantenimiento Diario
  - 2.3.1. Antes del encendido
  - 2.3.2. Después del apagado
  - 2.3.3. Mantenimiento Semanal
  - 2.3.4. Mantenimiento mensual
  - 2.3.5. Mantenimiento del Sistema de Refrigeración
- 2.4. Diagnóstico Básico de Fallas
- 2.5. Registro de Mantenimiento
- 2.6. +Recomendaciones



# INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MÁQUINA HEISUE 1500W.



**Modelo:** LME CS

**Potencia:** 1500 W

**Tipo de láser:** Fibra pulsada o continua (configurable)

**Sistema de Refrigeración:** Enfriamiento por agua

**Longitud de onda:** 800 nm

**Interfaz:** Pantalla táctil o control manual (configurable)

**Aplicaciones:** Eliminación de óxido, aceite, pintura, recubrimientos, entre otros.



## HERRAMIENTAS Y MATERIALES NECESARIOS PARA DEBIDO USO:



Paño de microfibra sin pelusa



Alcohol isopropílico



Aire comprimido en bote



Destornillador (en caso de ser necesario para acceso interno autorizado)



Cepillo antiestático



Guantes de nitrilo



Gafas de protección láser  
(aptas para 600 nm)

# NORMAS DE SEGURIDAD



1. Usar siempre gafas de protección láser (aptas para 600 nm)
2. No mirar directamente ni en reflejos al haz de láser
3. Nunca limpiar, ni abrir la máquina mientras esté en funcionamiento o conectada
4. Señalizar el área de trabajo como zona de uso láser



# MANTENIMIENTOS

## Antes del encendido

1. Verificar que la conexión de alimentación esté firme y sin daños.
2. Revisar que el cable de fibra óptica no esté doblado ni presionado.
3. Asegurarse de que el ventilador o sistema de enfriamiento esté libre de obstrucciones.
4. Inspeccionar visualmente el cabezal láser, sin tocar la lente.

## Después del apagado

1. Limpiar la superficie externa con paño seco.
2. Eliminar polvo del área de salida del láser con aire comprimido.
3. Apagar el equipo desde el software y luego desde el interruptor principal.
4. Desconectar el cable de alimentación si no se usará por más de 24 horas.

## Mantenimiento Semanal

1. Limpiar la lente del cabezal láser con papel óptico y alcohol isopropílico (usar guantes).
2. Verificar que el nivel de temperatura no supere los límites del fabricante.
3. Comprobar si hay mensajes de advertencia en el panel de control.

# MANTENIMIENTOS

## Mantenimiento mensual

1. Revisar y limpiar los filtros de aire o agua.
2. Examinar el estado del cable de fibra óptica, revisando fisuras o puntos de torsión.
3. Realizar una prueba de potencia para verificar eficiencia.
4. Actualizar el software o firmware del equipo (consultar con soporte técnico oficial).

## Mantenimiento del Sistema de Refrigeración:

1. Verificar el nivel del agua desionizada
2. Cambia el agua cada 2 a 3 meses
3. Limpia el filtro del sistema
4. Si tiene ventilación por aire
5. Limpia las rejillas y ventiladores con aire comprimido



## DIAGNÓSTICO BÁSICO DE FALLAS

Falla	Causa Común	Solución
El láser no dispara	Emergencia activada / Error de software	Revisar el panel / Reiniciar el sistema
Baja potencia	Lente sucia o mal alineada	Limpieza óptica / Verificar configuración
Sobrecalentamiento	Mal funcionamiento del sistema de enfriamiento	Limpiar o reemplazar el filtro / Revisar ventiladores
Pantalla sin respuesta	Fallo de software o conexión floja	Reiniciar sistema y verificar cableado
Anomalía de vibraciones	Ventilador o bomba desbalanceados	Revisión técnica recomendada

## REGISTRO DE MANTENIMIENTO

Fecha	Actividad realizada	Responsable	Observaciones
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

## RECOMENDACIONES

Evitar usar la máquina a máxima potencia durante largos períodos sin pausas

No intentar abrir el cabezal láser o el módulo de fibra sin autorización  
Siempre consultar el manual técnico oficial de LME CS para cambios de configuración avanzados

Programar una inspección técnica profesional cada 6 meses o a las 500 horas de uso.



## TABLA DE REFERENCIA BRINDADA POR EL PROVEEDOR PARA APLICACIÓN DE PARÁMETROS

Max power / W	Material	Scanning frequency	Cleaning range	Duty cycle	Impulse frequency Hz	Cleaning Depth	Cleaning efficiency (m3/H)
1000	Stone/Concrete	25mm/S	150mm	100%	2000	20um	6
1000	Metal rust	25mm/S	150mm	100%	2000	20um	6
1000	Paint	25mm/S	150mm	100%	2000	100um	4
1000	Corrosion of metal	25mm/S	150mm	100%	2000	120um	2,5
1500	Stone/Concrete	50mm/S	150mm	100%	2000	20um	15
1500	Metal rust	50mm/S	150mm	100%	2000	20um	15
1500	Paint	50mm/S	150mm	100%	2000	100um	6
1500	Corrosion of metal	50mm/S	150mm	100%	2000	120um	4



VIDEO GUÍA DE LA MAQUINA  
HEISUE 1500W.



ESCANEAA  
O PULSA AQUI

VIDEO EXPLICATIVO



#### 4. ANEXO 4: QR DE INFORMACIÓN ESCENCIAL Y EVIDENCIA

