



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HORNO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS  
SYBRON THERMOLYNE F-A1630 DE LA EMPRESA ALA DE TRANSPORTES NRO.  
11 LATACUNGA-ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingenieros en Mecatrónica

**AUTORES: BRYAN DANIEL OBANDO MOLINA**

**MICHAEL STIVEN JUMBO GAVILÁNEZ**

**TUTOR: RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA**

Quito – Ecuador

2024

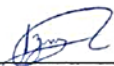
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bryan Daniel Obando Molina con documento de identificación N.º1725194300 y Michael Stiven Jumbo Gavilánez con documento de identificación N.º 1725382087; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 05 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Bryan Daniel Obando Molina

1725194300



---

Michael Stiven Jumbo Gavilánez

1725382087

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**

Nosotros, Bryan Daniel Obando Molina con documento de identificación N.º 1725194300 y Michael Stiven Jumbo Gavilánez con documento de identificación N.º 1725382087; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivo Tecnológico: “Rediseño e implementación del horno de tratamientos térmicos Sybron Thermolyne F-A1630 de la Empresa Ala De Transportes Nro. 11 Latacunga-Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Bryan Daniel Obando Molina

1725194300



---

Michael Stiven Jumbo Gavilánez

1725382087

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N° 1710597269, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HORNO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS SYBRON THERMOLYNE F-A1630 DE LA EMPRESA ALA DE TRANSPORTES NRO. 11 LATACUNGA-ECUADOR, realizado por Bryan Daniel Obando Molina con documento de identificación N.º 1725194300 y Michael Stiven Jumbo Gavilánez con documento de identificación N.º 1725382087, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de agosto del año 2024

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, MSc

1710597269

## AGRADECIMIENTO

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Patricio Quitiaquez, quien con su invaluable guía y sabiduría me ha ayudado a culminar exitosamente este trabajo de titulación. Su paciencia, conocimiento y disposición para orientar cada uno de mis pasos han sido fundamentales para alcanzar este logro.*

*A Cristian Panchi, mi gratitud por darme la oportunidad de trabajar en este tema de tesis, permitiéndome desarrollar mis habilidades y conocimientos en un área tan importante para la industria aeronáutica.*

*A mis padres, quienes me han guiado por el camino de la vida con amor y dedicación. Su apoyo incondicional y sus enseñanzas han sido la base de mi formación tanto personal como profesional.*

*Finalmente, a toda mi familia, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su constante apoyo y ánimo. Su presencia ha sido una fuente de fortaleza y motivación para superar cada desafío y alcanzar mis metas.*

*Gracias a todos ustedes, este trabajo es una realidad.*

*Bryan Obando*

*Expreso mi agradecimiento a mis amigos por haberme acompañado durante todo este proceso, el apoyo y comprensión que me han tenido. En especial a David Maldonado, quien me ha aconsejado sobre varios aspectos de la vida.*

*A mi familia por haberme apoyado durante una etapa más de mi vida, en especial a mi padre Carlos Jumbo, a quien le debo mis respetos por ser un gran padre y un modelo a seguir.*

*A mi madre Myriam Gavilánez por apoyarme en momentos difíciles y estar siempre conmigo.*

*A Don Oswald por su colaboración y apoyo.*

*Y mis más profundos respetos a todos los Ingenieros que me han enseñado a lo largo de la carrera, su conocimiento me ha demostrado que la imaginación y el ingenio no tienen límites.*

*Michael Jumbo*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de titulación con amor a Sareli Aguilar, mi novia, quien me acompañó durante todo este proceso, apoyándose incansablemente en las noches difíciles. A mis padres, Mónica Molina y Daniel Obando, por darme la oportunidad de estudiar y perseguir mis sueños para convertirme en un gran profesional.*

*También, a mis amigos Nicolás Torres y Randy López, y a mi hermano Mateo Obando, así como a todos mis familiares y amigos que han sido mi apoyo incondicional tanto en los buenos como en los malos momentos. Gracias por estar siempre a mi lado y por su constante apoyo.*

*Bryan Obando*

*El esfuerzo y dedicación puesto en este trabajo va dirigido hacia mi padre Carlos Jumbo y mi madre Myriam Gavilánez, su comprensión y crianza han dado fruto a lo que soy actualmente.*

*También se lo dedico a mi querido amigo S.H. quien me ha enseñado que siempre puedes ver las cosas desde otra perspectiva y así conocer la verdad.*

*Finalmente, a Veela, una artista quien me ha hecho reflexionar con sus líricas. Tiene un espacio especial en mi corazón.*

*Michael Jumbo*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....</b>	<b>ii</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS .....</b>	<b>iv</b>
<b>RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>xii</b>
<b>NOMENCLATURA .....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>19</b>
Planteamiento del problema.....	19
Formulación del problema.....	19
Objeto de estudio.....	20
Justificación de la investigación.....	20
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
Hipótesis de la investigación.....	21
Alcance de la investigación.....	21
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>22</b>
1.1. Introducción.....	22
1.2. Ala de transportes nro.11. ....	22
1.3. Tratamiento Térmico.....	23
1.3.1 Tipos de Tratamientos.....	23
1.4. Horno Eléctrico Industrial.....	24
1.4.1. Tipos de hornos eléctricos para tratamientos térmicos .....	24
1.4.2. Ventajas y Desventajas de los hornos eléctricos .....	26
1.5. Elementos que apoyan al funcionamiento del horno .....	27
1.5.1. Componentes esenciales para su funcionamiento .....	27
1.5.2. Dispositivos de soporte y seguridad.....	28
1.5.3. Control y Monitoreo.....	28

1.6. Tablero Eléctrico .....	29
1.6.1. Importancia del Tablero Eléctrico.....	29
1.7. Resistencias eléctricas para hornos industriales.....	30
1.8. Antecedentes de la investigación .....	31
1.9. Diseño de la investigación .....	31
1.9.1. Aspectos teóricos fundamentales .....	32
1.9.2. Trasferencia de calor en hornos industriales.....	32
1.9.3. Elementos y Variables Eléctricas.....	34
1.9.4. Diseño Mecánico.....	35
1.9.5. Teoría de Control .....	37
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>39</b>
2.1. Introducción .....	39
2.2. Diagrama Causa - Efecto .....	39
2.3. Operacionalización de las variables .....	39
2.4. Análisis de alternativas .....	40
2.5. Cuadros comparativos de Selección de alternativas .....	41
2.6. Técnicas e instrumentos .....	42
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>44</b>
3.1. Introducción .....	44
3.2. Descripción de la situación actual.....	44
3.3. Cálculos y Selección .....	46
3.3.1 Elementos Mecánicos.....	46
3.3.2 Reparación de la Cámara del Horno .....	51
3.3.3 Cálculo de Potencia Eléctrica del circuito de Control y Potencia:.....	53
3.3.4. Elementos Electrónicos-Eléctricos: .....	53
3.3.5. Diseño del Cuadro Eléctrico .....	58
3.4. Simulaciones del proceso .....	62
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>64</b>
4.1. Introducción .....	64
4.2. Comprobación de la hipótesis .....	64
4.3. Comprobación de Resultados.....	65
4.4. Implementación.....	66
4.4.1. Análisis y Resultados .....	73



4.5. Manual de Operación y mantenimiento .....	75
4.5.1. Instrucciones de Operación: HORNO SHYBRON THERMOLYNE.....	75
4.5.2. Instrucciones de Mantenimiento: SHYBRON THERMOLYNE .....	77
4.5. Análisis de costos de la implementación del proyecto .....	75
4.6. Justificación de costos.....	76
4.7. Análisis económico .....	77
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Ventajas y Desventajas de los hornos eléctricos</i> .....	26
<b>Tabla 2.</b> <i>Alternativas de solución</i> .....	40
<b>Tabla 3.</b> <i>Cuadro comparativo de alternativas</i> .....	41
<b>Tabla 4.</b> <i>Costos Directos</i> .....	75
<b>Tabla 5.</b> <i>Costos Totales</i> .....	76
<b>Tabla 6.</b> <i>Flujos de Caja</i> .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Logo de Ala de Transportes Nro.11 [1].....	22
<b>Figura 2.</b> Modelo de horno industrial F-A1630. (Autor).....	24
<b>Figura 3.</b> Modelo de horno por arco eléctrico [5].....	25
<b>Figura 4.</b> Modelo horno de inducción [6]. ....	25
<b>Figura 5.</b> Cámara de calentamiento [8]. ....	27
<b>Figura 6.</b> Elementos calefactores [9].....	27
<b>Figura 7.</b> Control de temperatura [10]. ....	28
<b>Figura 8.</b> Tipos de resistencias eléctricas [13].....	30
<b>Figura 9.</b> Diseño de investigación. (Autor).....	31
<b>Figura 10.</b> Control de Temperatura de un horno eléctrico [17]. ....	38
<b>Figura 11.</b> Diagrama Ishikawa del fallo operativo del horno. (Autor).....	39
<b>Figura 12.</b> Medición de Ultrasonido [19].....	43
<b>Figura 13.</b> Ejemplo de análisis térmico [20].....	43
<b>Figura 14.</b> Sistema de control actual del horno. (Autor).....	44
<b>Figura 15.</b> Localización del horno. (Autor).....	45
<b>Figura 16.</b> Estado actual de la cámara del horno. (Autor).....	46
<b>Figura 17.</b> Diseño de la mesa de soporte en SOLIDWORKS. (Autor).....	49
<b>Figura 18.</b> Análisis de tensiones en la estructura. (Autor).....	49
<b>Figura 19.</b> Análisis de factor de seguridad. (Autor) .....	50
<b>Figura 20.</b> Resistencias de tipo espiral que utiliza el horno. (Autor).....	61
<b>Figura 21.</b> Diseño del sistema de control en CADESIMU. (Autor).....	63
<b>Figura 22.</b> Remache universal (AN470 8-8). (Autor).....	65
<b>Figura 23.</b> Producto DESI PAK para procesos de aislamiento. (Autor).....	65
<b>Figura 24.</b> Elaboración de puntos de suelda en la estructura. (Autor).....	66
<b>Figura 25.</b> Elaboración de los cordones de soldadura. (Autor).....	67
<b>Figura 26.</b> Estructura finalizada con una capa de fondo anticorrosivo. (Autor).....	67
<b>Figura 27.</b> Mesa de soporte del horno instalada en su lugar de trabajo. (Autor).....	68
<b>Figura 28.</b> Circuito inicial del tablero a rediseñar (Parte 1). (Autor).....	68
<b>Figura 29.</b> Circuito inicial del tablero a rediseñar (Parte 2). (Autor).....	69
<b>Figura 30.</b> Tablero de control y potencia rediseñado (Parte 1). (Autor).....	69
<b>Figura 31.</b> Tablero de control y potencia rediseñado (Parte 2). (Autor).....	70
<b>Figura 32.</b> Vista frontal del panel de control. (Autor).....	70

<b>Figura 33.</b> <i>Implementación del soporte para el horno. (Autor)</i> .....	71
<b>Figura 34.</b> <i>Alimentación del Sistema eléctrico. (Autor)</i> .....	71
<b>Figura 35.</b> <i>Empotramiento del tablero eléctrico. (Autor)</i> .....	72
<b>Figura 36.</b> <i>Disposición final del sistema Mecatrónico. (Autor)</i> .....	72
<b>Figura 37.</b> <i>Recolección de datos: Tiempo y Temperatura. (Autor)</i> .....	73
<b>Figura 38.</b> <i>Curva: Temperatura vs Tiempo del horno (PID). (Autor)</i> .....	73

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> <i>Orden de trabajo 1 (Primera Página)</i> .....	83
<b>Anexo 2.</b> <i>Orden de trabajo 1 (Segunda Página)</i> .....	84
<b>Anexo 3.</b> <i>Orden de trabajo 2 (Primera Página)</i> .....	85
<b>Anexo 4.</b> <i>Orden de trabajo 2 (Segunda Página)</i> .....	86
<b>Anexo 5.</b> <i>Orden de trabajo 2 (Tercera Página)</i> .....	87
<b>Anexo 6.</b> <i>Manual de proceso, control de humedad en motores (Primera Parte)</i> .....	88
<b>Anexo 7.</b> <i>Manual de proceso, control de humedad en motores (Segunda Parte)</i> .....	89
<b>Anexo 8.</b> <i>Información adicional, producto DESI PAK</i> .....	90
<b>Anexo 9.</b> <i>Pieza que requiere remaches</i> .....	91
<b>Anexo 10.</b> <i>Piezas aseguradas con remaches</i> .....	92
<b>Anexo 11.</b> <i>Plano de construcción: Pieza de marco</i> .....	93
<b>Anexo 12.</b> <i>Plano de construcción: Patas de mesa</i> .....	94
<b>Anexo 13.</b> <i>Plano de construcción: Uniones Inferiores</i> .....	95
<b>Anexo 14.</b> <i>Plano de construcción: Ángulos</i> .....	96
<b>Anexo 15.</b> <i>Plano de Ensamble: Mesa de soporte</i> .....	97
<b>Anexo 16.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 1)</i> .....	98
<b>Anexo 17.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 2)</i> .....	99
<b>Anexo 18.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 3)</i> .....	100
<b>Anexo 19.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 4)</i> .....	101
<b>Anexo 20.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 5)</i> .....	102
<b>Anexo 21.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 6)</i> .....	103
<b>Anexo 22.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 7)</i> .....	104
<b>Anexo 23.</b> <i>Manual REX C-700 (Página 8)</i> .....	105
<b>Anexo 24.</b> <i>Zonas de alta temperatura del horno</i> .....	106
<b>Anexo 25.</b> <i>Series de aleaciones de Aluminio</i> .....	107
<b>Anexo 26.</b> <i>Manual de operación</i> .....	108
<b>Anexo 27.</b> <i>Manual de mantenimiento</i> .....	110

## NOMENCLATURA

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>
$k$	<i>Conductividad térmica del material</i>	$\left[ \frac{W}{m * ^\circ K} \right]$
$A$	<i>Área de la superficie</i>	$[m^2]$
$Q$	<i>Calor</i>	$[J]$
$h$	Entalpía	$\left[ \frac{W}{m^2 * ^\circ K} \right]$
$T$	Temperatura del fluido	$[^\circ K]$
$T_s$	Temperatura de la superficie del sólido	$[^\circ K]$
$\varepsilon$	Coefficiente de emisividad	$[a. d.]$
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann	$\left[ \frac{W}{m^2 * ^\circ K^4} \right]$
$F_{1-2}$		
$T_1$	Temperatura superficie 1	$[^\circ K]$
$T_2$	Temperatura superficie 2	$[^\circ K]$
$V$	Tensión eléctrica	$[V]$
$R$	Resistencia Eléctrica	$[\Omega]$
$I$	Amperaje	$[A]$
$P$	Potencia Eléctrica	$[W]$
$R_c$	Valor de resistencia en caliente	$\left[ \frac{^\circ K}{W} \right]$

$C_t$	Capacidad térmica	$\left[\frac{J}{K}\right]$
F	Fuerza o Peso	[N]
m	Masa	[Kg]
g	Constante gravitacional terrestre	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$
M	Momento	[N * m]
d	Distancia	[m]
$\sigma_x$	Esfuerzo en x	[MPa]
$\sigma_y$	Esfuerzo en y	[MPa]
$\sigma_p$	Esfuerzo promedio	[MPa]
$S_y$	Esfuerzo de cedencia	[MPa]
$\sigma_{1,2}$	Esfuerzos principales	[MPa]
F.S.	Factor de seguridad	A.D.
$\tau_{ciz}$	Esfuerzo de cizallamiento	[MPa]
$\sigma_{max}$	Tensión máxima	[MPa]
M	Momento flector	[MPa * mm]
l	Longitud del área transversal	[mm]
$\tau_y$	Esfuerzo Cortante máximo (Tresca)	[MPa]
$\tau_{max}$	Esfuerzo Cortante Máximo (Material)	[MPa]
C	Señal de salida	

R	Señal de entrada	A.D.
G	Función de transferencia	A.D.
H	Función de Retroalimentación	A.D.
Kp	Ganancia proporcional	A.D.
Ti	Tiempo integral	[s]
Td	Tiempo derivativo	[s]
VAN	Valor Actual Neto	A.D.
$f_t$	Es el flujo de caja en el periodo t	A.D.
$I_0$	Es la inversión inicial	USD
i	Es la tasa de rentabilidad	A.D.
n	Es el número de periodos	A.D.
TIR	Tasa Interna de Retorno	A.D.



## RESUMEN

El presente dispositivo tecnológico titulado "Rediseño e Implementación del Horno de Tratamientos Térmicos Sybron Thermolyne F-A1630 de la Empresa Ala de Transportes Nro. 11 Latacunga-Ecuador" se enfoca en la optimización de un horno industrial utilizado en procesos de tratamientos térmicos, crucial para la industria aeronáutica. El horno Sybron Thermolyne F-A1630, actualmente inoperativo, es fundamental para realizar tratamientos térmicos en piezas aeronáuticas que requieren precisión y alta calidad.

El proyecto aborda un diagnóstico detallado del estado actual del horno, seguido por el rediseño de sus componentes mecánicos, incluyendo elementos calefactores, sistemas de ventilación, aislamiento térmico, sistemas de control y elementos de seguridad. Se identificaron las deficiencias en el suministro eléctrico, ya que las resistencias del horno requieren un voltaje de 240 V, mientras que la red actual solo proporciona 200 V, afectando la eficiencia y el tiempo de respuesta del horno.

La implementación del dispositivo tecnológico se ve justificada con el fin de asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad en la industria aeronáutica, además de reducir costos asociados a la subcontratación de servicios externos. Se espera que el rediseño e implementación del horno no solo optimicen los procesos de mantenimiento aeronáutico, sino que también mejoren la autonomía operativa y la eficiencia económica de la empresa Ala de Transportes Nro. 11.

Palabras claves: Rediseño, Horno de tratamientos térmicos, Industria aeronáutica, Sybron Thermolyne F-A1630, Eficiencia energética

## ABSTRACT

The present technologic device project titled "Redesign and Implementation of the Sybron Thermolyne F-A1630 Heat Treatment Furnace at Ala de Transportes Nro. 11 Company, Latacunga-Ecuador" focuses on optimizing an industrial furnace used in heat treatment processes, crucial for the aeronautical industry. The Sybron Thermolyne F-A1630 furnace, currently inoperative, is essential for conducting heat treatments on aeronautical parts that require precision and high quality.

The project addresses a detailed diagnosis of the current state of the furnace, followed by the redesign of its mechatronic components, including heating elements, ventilation systems, thermal insulation, control systems, and safety elements. Deficiencies in the electrical supply were identified, as the furnace's resistances require a voltage of 240V, while the current network only provides 200V, affecting the furnace's efficiency and response time.

The implementation of the technological device is justified in order to ensure compliance with quality and safety standards in the aeronautical industry, and reduces costs associated with outsourcing external services. The redesign and implementation of the furnace are expected to not only optimize aeronautical maintenance processes but also improve the operational autonomy and economic efficiency of Ala de Transportes Nro. 11 company.

Keywords: Redesign, Heat treatment furnace, Aeronautical industry, Sybron Thermolyne F-A1630, Energy efficiency

## INTRODUCCIÓN

En la industria aeronáutica, donde la precisión, la calidad y la seguridad son de suma importancia, el mantenimiento continuo mejora la integridad y el rendimiento de los componentes utilizados en aeronaves y sistemas relacionados. El horno de tratamientos térmicos es una herramienta utilizada en este proceso, proporcionando las condiciones térmicas necesarias para mejorar la resistencia, durabilidad y funcionalidad de las piezas.

Sin embargo, en muchos casos, estos dispositivos pueden presentar desafíos en términos de eficiencia, precisión y capacidad para cumplir las normativas de producción. En este contexto, el rediseño y la implementación de un horno de tratamientos térmicos adaptado a las necesidades y estándares de la industria se convierte en un objetivo para mejorar la calidad, la eficiencia, la competitividad y reducción de gastos por subcontratación en este sector.

### **Planteamiento del problema:**

La empresa pública Ala de Transportes Nro.11 se dedica al desarrollo aeronáutico, mantenimiento, electrónica, aviónica, ingeniería e investigación aplicada para la producción de bienes y servicios en el ámbito aeronáutico. Su enfoque se centra en la construcción de elementos necesarios para la industria y la provisión de partes y repuestos, integrando tecnología actualizada y calidad en todos los servicios que ofrece.

En algunos de estos procesos de mantenimientos se requiere realizar tratamientos térmicos a piezas específicas, para realizar estos tratamientos se utiliza el horno Sybron Thermolyne F-A1630. Sin embargo, el equipo actual se encuentra inoperativo.

### **Formulación del problema:**

El rediseño e implementación del horno explora los desafíos actuales, las estrategias de diseño y las consideraciones técnicas necesarias para lograr un sistema óptimo que cumpla con las normas de calidad, seguridad y rendimiento exigidos por la industria. A través de un enfoque integral que abarca aspectos técnicos, operativos y de gestión, se busca identificar soluciones que impulsen la mejora en el proceso de tratamientos térmicos.

### **Objeto de estudio:**

Se realizará un análisis del estado actual del horno, revisando el funcionamiento de todos sus elementos mecatrónicos (Elementos calefactores, sistema de ventilación, aislamiento térmico, sistema de control, estructura mecánica y elementos de seguridad), realizando un rediseño y/o reemplazo de componentes.

### **Justificación de la investigación:**

El rediseño e implementación del horno Sybron Thermolyne F-A1630 para la empresa Ala de Transportes Nro.11 en Latacunga, Ecuador, tiene como objetivo principal garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad aeroespacial, asegurando la integridad y seguridad de los tratamientos térmicos realizados en piezas que conforman las aeronaves, como remaches y placas metálicas. Además, se busca reducir los costos asociados con la subcontratación de equipos externos para los procesos de mantenimiento, promoviendo la autonomía operativa y la eficiencia económica de la empresa. Esta iniciativa contribuirá significativamente a mejorar la producción y la sostenibilidad del entorno industrial en el que opera la empresa.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Rediseñar e implementar el horno de tratamientos térmicos Sybron Thermolyne F-A1630 de la empresa Ala de Transportes Nro. 11 Latacunga-Ecuador.

### **Objetivos Específicos:**

- Realizar un diagnóstico del estado actual del horno Sybron Thermolyne F-A1630, mediante una inspección detallada del equipo para la identificación de los posibles problemas operativos que afectan su rendimiento.
- Rediseñar los elementos mecatrónicos defectuosos mediante cálculos y simulación para su implementación.

- Implementar un modelo matemático para el control del sistema de temperatura, asegurando su adecuado funcionamiento de acuerdo con las normativas de la empresa.
- Evaluar el desempeño del horno mediante la recolección y análisis de datos como la temperatura y potencia en el desarrollo de los tratamientos térmicos garantizando el correcto funcionamiento del equipo.

**Hipótesis del proyecto o la investigación:**

¿El rediseño de los elementos mecatrónicos defectuosos del horno, combinado con la implementación de un modelo matemático para controlar la temperatura del sistema, conducirá a una mejora aún mayor en el rendimiento y eficiencia del horno, evidenciada mediante la recolección y análisis de datos, y se traducirá en una mayor fiabilidad del equipo durante los tratamientos térmicos?

**Alcance del proyecto o la investigación:**

Este proyecto enfrenta una serie de desafíos, que se resolverán tras realizar un análisis del estado actual del horno, aplicando el rediseño de los componentes mecatrónicos que comprometan su funcionamiento. Este rediseño abarca: cálculo de potencia, elementos calefactores, transferencia de calor, parámetros de control de temperatura, mantenimiento de cuadro eléctrico y componentes auxiliares del horno. Culminando con la implementación del sistema mecatrónico.

# CAPÍTULO 1

## Marco contextual y teórico

### 1.1. Introducción

El presente capítulo se enfoca en el tratamiento térmico, un proceso requerido en la industria para ajustar las propiedades físicas y estructurales de los materiales. Se examinarán los diferentes tipos de tratamientos térmicos, así como los hornos eléctricos industriales utilizados en estos procesos, incluyendo los hornos de resistencia, de arco eléctrico y de inducción. Además, se analizarán las ventajas y desventajas de estos hornos en comparación con otros tipos, así como los elementos que apoyan su funcionamiento, como el tablero y resistencias eléctricas. Finalmente, se revisarán aspectos teóricos fundamentales, como la transferencia de calor en los hornos industriales, cálculo de potencia eléctrica y control PID.

### 1.2. Ala de transportes nro.11.

El Ala de Transportes No. 11 tiene sus orígenes en la ciudad de Quito, donde fue establecido el 19 de mayo de 1961. Surgió como parte de la creación de la primera zona aérea denominada Comando Aéreo de Transportes (COTRAN). La necesidad de contar con una unidad operativa sólida para llevar a cabo la misión de transporte aéreo militar en Ecuador fue fundamental en su creación. Desde entonces, el Ala de Transportes No. 11 ha desempeñado un papel crucial como piedra angular del transporte aéreo militar en el país; su logo se puede observar en la Fig.1. [1].



Fig.1. Logo de Ala de Transportes Nro.11 [1].

El Ala de Transportes Nro. 11, a través de sus escuadrones Nro. 1111, Nro. 1112, Nro. 1113 y Nro. 1114, estará encargado de llevar a cabo diversas misiones, incluyendo transporte aéreo,

reconocimiento, búsqueda, transporte sanitario y lanzamiento vertical, desde el inicio hasta la conclusión de cualquier conflicto en el teatro de operaciones aéreas. Asimismo, en tiempos de paz, estas unidades operarán de forma permanente tanto dentro como fuera del país, con el objetivo de contribuir a la realización de la misión del C.O.5 "Aéreo" / "Comando de Operaciones Aéreas y Defensa [1].

### **1.3. Tratamiento térmico**

El tratamiento térmico comprende una serie de procedimientos industriales destinados a modificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales mediante el control preciso de la temperatura y el tiempo de exposición al calor. Su objetivo principal es mejorar atributos como la dureza, resistencia, tenacidad y otras características pertinentes para su uso final. Este proceso puede involucrar calentamiento seguido de enfriamiento rápido o lento, según los resultados buscados y las propiedades específicas del material.

#### ***1.3.1. Tipos de tratamientos***

- **Templado:** Consiste en calentar el material para aumentar su dureza y luego enfriarlo rápidamente para obtener una distribución uniforme de la misma en su estructura. Este proceso mejora la resistencia y la durabilidad del material [2].
- **Revenido:** Se utiliza para reducir la dureza excesiva obtenida durante el templado y mejorar la tenacidad del material. Se requiere calentar el material a temperaturas intermedias y luego enfriarlo lentamente. Esto permite obtener una combinación equilibrada de dureza y resistencia [2].
- **Normalizado:** Similar al templado, se utiliza para mejorar las propiedades mecánicas del material. Se realiza calentando el material a temperaturas superiores al ambiente y luego dejándolo enfriar al aire. El objetivo es eliminar las tensiones internas y mejorar la homogeneidad del material [2].
- **Recocido:** Este tratamiento se realiza para reducir la dureza y aumentar la ductilidad del material. Implica calentar el material en un rango superior de temperatura, para después enfriarlo lentamente. Esto permite aliviar las tensiones internas y hacer que el material sea fácilmente maquinable [2].

## 1.4. Horno eléctrico industrial

Es un equipo utilizado en la industria para aplicar calor controlado a materiales con el fin de modificar sus propiedades físicas o químicas. Son utilizados en una variedad de procesos industriales, como endurecimiento, templado, revenido, recocido y otros tratamientos térmicos de metales y materiales cerámicos. Poseen sistemas avanzados de control de temperatura que permiten ajustes y control del proceso térmico, junto con elementos de calefacción diseñados específicamente para garantizar una distribución uniforme del calor en la cámara del horno, estos elementos pueden ser resistencias eléctricas, electrodos o de inducción electromagnética. [3].

### 1.4.1. Tipos de hornos eléctricos utilizados en tratamientos térmicos industriales

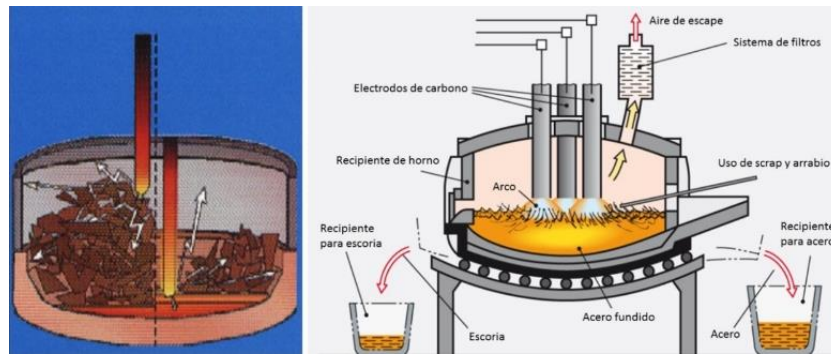
- Hornos de Resistencia: Estos hornos se distinguen por su empleo de elementos calefactores eléctricos, los cuales generan calor mediante la resistencia al paso de la corriente eléctrica. Se aborda cómo estos dispositivos son utilizados en una amplia gama de aplicaciones industriales, desde la producción de cerámica y vidrio hasta el tratamiento térmico de metales. Se puede apreciar este tipo en la figura 2 [4].



**Fig.2.** Modelo de horno industrial F-A1630.

- Hornos de Arco Eléctrico: Estos hornos emplean un arco eléctrico como fuente de calor, el cual se genera entre dos electrodos y es capaz de alcanzar temperaturas extremadamente altas. Se destacan sus beneficios en la fundición y refinación de metales, así como su papel en la producción de acero y aleaciones especiales, se puede observar este tipo de horno en la figura 3 [4].





**Fig.3.** Modelo de horno por arco eléctrico [5].

- Hornos de Inducción: Aprovechan el principio de inducción electromagnética para calentar materiales conductores. Sus aplicaciones se centran en el tratamiento térmico de metales y otros materiales, así como en su eficiencia energética y su capacidad para calentar de manera uniforme y controlada. Su principal ventaja se evidencia en términos de velocidad de calentamiento y capacidad de producción en comparación con otros tipos de hornos, se puede observar este tipo de horno en la figura 4 [4].



**Fig.4.** Modelo horno de inducción [6].

#### ***1.4.2. Ventajas y desventajas de los hornos eléctricos en comparación con otros tipos de hornos***

Comparación con Otros Tipos de Hornos: Los hornos de resistencia utilizan elementos calefactores eléctricos para aplicaciones como cerámica y tratamiento térmico de metales, mientras que los hornos de arco eléctrico emplean arcos entre electrodos para fundición y refinación de metales. Los hornos de inducción, basados en la inducción electromagnética, ofrecen alta eficiencia energética, calefacción uniforme y rápida, siendo útiles en tratamiento térmico y otros procesos [7].

En la tabla 1 se analizan los pros y los contras de los hornos eléctricos frente a otros tipos de hornos.

**Tabla 1.** Ventajas y Desventajas de los hornos eléctricos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Proporcionan un calor uniforme en todo el proceso de calentamiento.</li><li>• Alta eficiencia energética; los elementos calefactores eléctricos convierten la energía directamente en calor sin pérdidas significativas.</li><li>• Facilidad de control y regulación de la temperatura; permite ajustes según las necesidades del proceso y del material tratado.</li><li>• Limpieza del proceso, ausencia de emisiones contaminantes y versatilidad para adaptarse a una amplia variedad de aplicaciones industriales [5].</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Costo inicial más elevado, debido a la necesidad de infraestructura eléctrica especializada y componentes eléctricos de alta calidad.</li><li>• Dependencia de la infraestructura eléctrica, representa un riesgo en áreas propensas a cortes de energía.</li><li>• Limitación en la capacidad de producción y necesidad de manejar adecuadamente el calor generado para evitar sobrecalentamientos y fallas en los componentes eléctricos [5].</li></ul>

## 1.5. Elementos que apoyan al funcionamiento del horno

Dentro de los hornos industriales existen algunos elementos que son necesarios para su correcto funcionamiento, tanto mecánicos como eléctricos y electrónicos. Estos elementos se pueden clasificar en:

### 1.5.1. Componentes esenciales para su funcionamiento

- **Cámara de Calentamiento:** Se describe la estructura y función de la cámara donde se coloca el material a calentar, destacando su capacidad para mantener condiciones térmicas controladas, este componente puede ser visualizado en la figura 5 [4].



**Fig.5.** Cámara de calentamiento [8].

- **Elementos Calefactores:** Se explican los dispositivos utilizados para generar calor dentro del horno, como resistencias eléctricas, quemadores de gas, o bobinas de inducción, según el tipo de horno, se puede observar el componente en la figura 6 [4].



**Fig.6.** Elementos calefactores [9].

- Sistema de Control de Temperatura: Se detalla el sistema encargado de monitorear y regular la temperatura dentro del horno, que puede incluir termopares, termostatos, o controladores de temperatura automática, se puede observar el componente en la figura 7 [4].



**Fig.7.** Control de temperatura [10].

### ***1.5.2. Dispositivos de soporte y seguridad***

- Aislamiento Térmico: Se menciona la importancia de contar con materiales aislantes que ayuden a mantener la temperatura dentro del horno y eviten pérdidas de calor innecesarias.
- Sistema de Ventilación y Extracción: Se describe el sistema diseñado para asegurar una correcta circulación de aire dentro del horno, así como para eliminar gases o vapores generados durante el proceso.
- Dispositivos de Seguridad: Se señalan los elementos de seguridad integrados en el horno, como alarmas de temperatura, sistemas de detección de fugas de gas, y dispositivos de apagado automático en caso de emergencia.

### ***1.5.3. Control y monitoreo***

- Panel de Control: Se describe la interfaz de usuario donde se pueden configurar los parámetros de operación del horno, como la temperatura, tiempo de ciclo, y otros ajustes relevantes [11].
- Sensores y Medidores: Se explican los dispositivos utilizados para medir y monitorear variables como la temperatura, presión, y niveles de humedad dentro del horno, proporcionando información crucial para el control del proceso [11].

- **Sistemas de Registro de Datos:** Se mencionan los sistemas de registro y almacenamiento de datos utilizados para documentar el comportamiento del horno durante el ciclo de operación, facilitando el análisis y la mejora continua del proceso [11].

## **1.6. Tablero eléctrico**

Un tablero de control eléctrico, también conocido como panel de control eléctrico o cuadro eléctrico, es un componente de sistemas eléctricos industriales y comerciales. Se utiliza para alojar y organizar una variedad de dispositivos de control eléctrico, componentes de protección y dispositivos de medición. Estos tableros se diseñan para distribuir, controlar y proteger la energía eléctrica dentro de un sistema o instalación [7].

### ***1.6.1. Importancia del tablero eléctrico***

El tablero eléctrico se desempeña en la operación segura y eficiente de los hornos industriales de tratamiento térmico. Su importancia radica en varias funciones clave para el funcionamiento adecuado del equipo:

- **Distribución de energía:** El tablero eléctrico centraliza y distribuye la energía eléctrica de manera segura hacia los diferentes componentes del horno, como resistencias eléctricas, ventiladores, sistemas de control y dispositivos de seguridad [7].
- **Control de la temperatura:** A través del tablero eléctrico, se puede controlar con precisión la potencia suministrada a las resistencias eléctricas, lo que permite mantener la temperatura dentro del horno en el rango deseado durante todo el proceso de tratamiento térmico. Esto para garantizar resultados consistentes y de alta calidad en la producción industrial [7].
- **Gestión del tiempo:** Además de controlar la temperatura, el tablero eléctrico también facilita la gestión del tiempo de exposición al calor. Los sistemas de control integrados en el tablero permiten programar y supervisar el tiempo de funcionamiento del horno, asegurando que se cumplan los tiempos de ciclo necesarios para cada proceso de tratamiento térmico [7].

- Protección y seguridad: El tablero eléctrico incluye dispositivos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y otros fallos eléctricos. Estos dispositivos ayudan a prevenir daños en el equipo y garantizan la seguridad de los operadores y del entorno de trabajo [7].

### 1.7. Resistencias eléctricas para hornos industriales

Las resistencias eléctricas desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los hornos industriales, ya que son responsables de generar el calor necesario para los procesos de calentamiento, se examinarán brevemente los principales tipos de resistencias eléctricas utilizadas en hornos industriales: se observan los diferentes tipos en la figura 8 [12].

- Resistencias de alambre enrollado: consiste en alambres metálicos de alta resistividad enrollados en forma de espirales o bobinas, utilizan debido a su capacidad para soportar altas temperaturas y su relativa facilidad de fabricación [12].
- Resistencias tubulares: se componen de tubos metálicos de acero inoxidable que contienen alambres de resistencia enrollados en su interior ideales para aplicaciones en hornos industriales que requieren resistencia a la corrosión y altas temperaturas [12].
- Resistencias de cartucho: son cilíndricas y compactas, con alambres de resistencia encapsulados dentro de un cartucho metálico, son fáciles de instalar y reemplazar, lo que las hace populares en aplicaciones donde se requiere mantenimiento regular [12].
- Resistencias de malla metálica: están compuestas por una malla metálica tejida que sirve como elemento calefactor, son útiles en aplicaciones donde se necesita una distribución uniforme del calor [12].



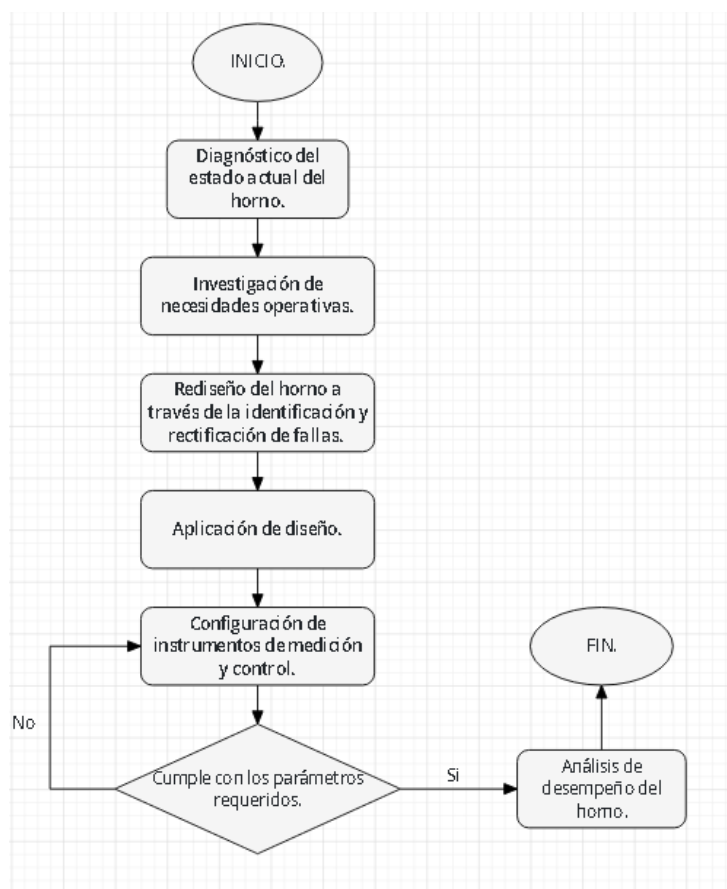
**Fig.8.** Tipos de resistencias eléctricas [13].

## 1.8. Antecedentes de la investigación

En los últimos años, la empresa decidió suspender el funcionamiento del horno utilizado para tratamientos térmicos, debido a que no cumplió con las expectativas y presentó fallos en su sistema de control de temperatura. Como alternativa, optaron por externalizar este servicio a través de subcontratación. Sin embargo, esta medida ha resultado en una serie de desafíos, incluyendo pérdidas de tiempo debido a la falta de disponibilidad de equipos, dependencia de proveedores externos y un incremento notable en los costos operativos. Ante esta situación, la empresa se encuentra ahora en la búsqueda de soluciones para reparar el horno y reducir los gastos asociados a la subcontratación externa.

## 1.9. Diseño de la investigación

La investigación se centrará en el seguimiento del proceso reflejado en la figura 9, donde se llevarán a cabo las actividades mencionadas en el alcance del proyecto.



**Fig.9.** Diseño de investigación.

### ***1.9.1. Aspectos teóricos fundamentales***

Se explorarán conceptos relacionados con la transferencia de calor en hornos industriales, elementos calefactores y control PID.

### ***1.9.2. Trasterencia de calor en hornos industriales***

La transferencia de calor se utiliza para calentar materiales a temperaturas específicas para diversos procesos de fabricación. A continuación, se presenta una visión general de los principales mecanismos de transferencia de calor involucrados en los hornos industriales [14].

- **Conducción térmica:** La conducción térmica es el proceso mediante el cual el calor se transfiere a través de un medio sólido, como las paredes del horno y los materiales que se están calentando. En los hornos industriales, la conducción térmica se usa para distribuir uniformemente el calor dentro del horno y transferirlo a los materiales que se están procesando. Esto se observa en la ecuación 1 [14].

$$Q = -k * A * \frac{dT}{dx} \quad Ec (1)$$

k: Conductividad térmica del material  $\left[ \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$

A: Área de la superficie  $[m^2]$

- **Convección:** La convección es el método de transferencia de calor mediante el desplazamiento de un fluido, ya sea líquido o gas. En los hornos industriales, la convección se usa en la distribución del calor dentro de la cámara del horno. El aire caliente generado por las resistencias eléctricas o los quemadores de combustible se mueve a través del horno, transfiriendo calor a los materiales que se están calentando esto se puede comprobar matemáticamente con la Ecuación 2, donde [14]:



$$Q = h * A * (T_s - T) \quad Ec (2)$$

Ts: Temperatura de la superficie del sólido [ $^{\circ}K$ ]

T: Temperatura del fluido [ $^{\circ}K$ ]

h: Entalpía  $\left[ \frac{W}{m^2 * ^{\circ}K} \right]$

A: Área de la superficie que interactúa con el fluido [ $m^2$ ]

- Radiación térmica: El calor se transfiere por medio de ondas electromagnéticas. En los hornos industriales, las paredes del horno y los materiales que se están calentando emiten radiación térmica, que es absorbida por otros materiales en la cámara del horno. La radiación térmica es importante en procesos de calentamiento de alta temperatura, donde se requiere un calentamiento rápido y eficiente de los materiales esto se puede comprobar matemáticamente con la ecuación 3 donde: [14].

$$Q = \sigma * \varepsilon * A * T_s^4 \quad Ec (3)$$

Ts: Temperatura de la superficie del sólido [ $^{\circ}K$ ]

$\varepsilon$ : Coeficiente de emisividad [*a. d.*]

$\sigma$ : Constante de Stefan-Boltzmann:  $5,67 * 10^{-8} \left[ \frac{W}{m^2 * ^{\circ}K^4} \right]$

A: Superficie de emisión [ $m^2$ ]

- Interacción entre los mecanismos de transferencia de calor: En la mayoría de los hornos industriales, los tres mecanismos de transferencia de calor mencionados anteriormente interactúan entre sí para lograr un calentamiento eficiente de los materiales.

Por ejemplo, la convección puede aumentar la tasa de transferencia de calor en la cámara del horno al redistribuir el aire caliente generado por las resistencias eléctricas, la ecuación 3 puede ser modificada a la ecuación 4, donde: [14].

$$Q = \sigma * F_{1-2} * A * (T_1^4 - T_2^4) \quad Ec (4)$$

$$\sigma: \text{Constante de Stefan-Boltzmann: } 5,67 * 10^{-8} \left[ \frac{W}{m^2 * ^\circ K^4} \right]$$

$F_{1-2}$ : Módulo de ponderación de coeficientes de emisividad [a. d.]

A: Superficie de emisión [ $m^2$ ]

$T_1$ : Temperatura superficie 1 [ $^\circ K$ ]

$T_2$ : Temperatura superficie 2 [ $^\circ K$ ]

### 1.9.3. Elementos y variables eléctricas

Para calcular valores desconocidos dentro de un circuito eléctrico se utiliza la Ley de Ohm que establece lo siguiente: La diferencia de potencial entre dos puntos en un circuito es directamente proporcional a la corriente que fluye a través del circuito, donde la constante de proporcionalidad es la resistencia, y se describe mediante la ecuación 5 [15]:

$$V = RI \quad Ec (5)$$

V: Tensión eléctrica [V]

R: Resistencia Eléctrica [ $\Omega$ ]

I: Amperaje [A]

Para conocer la resistencia a utilizar se realiza el cálculo de resistencia en caliente utilizando la ecuación 6:

$$R_c = \frac{V^2}{P} \quad Ec (6)$$

V: Tensión eléctrica [V]

P: Potencia Eléctrica [W]

Mientras que para la resistencia en frío se usa la ecuación 7, donde el valor de  $C_t$  viene dado en tablas termodinámicas para resistencias eléctricas:

$$R_f = \frac{R_c}{C_t} \quad Ec (7)$$

$R_c$ : Valor de resistencia en caliente  $\left[\frac{^{\circ}K}{W}\right]$

$C_t$ : Capacidad térmica  $\left[\frac{J}{K}\right]$

#### **1.9.4. Diseño mecánico**

Para realizar un análisis estático de una estructura mecánica es necesario considerar que el elemento se encuentra en equilibrio, identificar todas las fuerzas externas que actúan sobre la estructura, como cargas aplicadas, reacciones en los apoyos y restricciones en los soportes, esto se describe mediante las ecuaciones 8 y 9.

$$\sum F = 0 \quad Ec (8)$$

F: Fuerza o Peso [N]

$$F = m * g \quad Ec (9)$$

m: Masa [Kg]

g: Constante gravitacional terrestre  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

También se realiza una sumatoria de momentos alrededor de un punto para encontrar las fuerzas de reacción de los soportes, esto lo describen las ecuaciones 10 y 11.

$$\sum M = 0 \quad Ec (10)$$

M: Momento [N \* m]

$$M = F * d \quad Ec (11)$$

F: Fuerza [N]

d: Distancia [m]

Para asegurar la firmeza de la estructura se determina el factor de seguridad con la ecuación 15, para esto es necesario calcular los esfuerzos: base, promedio y principales, mediante el criterio de falla de Von Mises, a través de las ecuaciones 12, 13 y 14. Para conocer el esfuerzo de cizallamiento permisible, se utiliza la ecuación 16.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad Ec (12)$$

F: Fuerza [N]

A: Área de la sección transversal [mm<sup>2</sup>]

$$\sigma_p = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \quad Ec (13)$$

$\sigma_x$ : Esfuerzo en x [MPa]

$\sigma_y$ : Esfuerzo en y [MPa]

$$\sigma_{1,2} = \sigma_p \pm \sigma_p \quad Ec (14)$$

$\sigma_p$ : Esfuerzo promedio [MPa]

$$F.S. = \sqrt{\frac{S_y^2}{\sigma_1^2 - \sigma_1 * \sigma_2 + \sigma_2^2}} \quad Ec (15)$$

$S_y$ : Esfuerzo de cedencia [MPa]

$\sigma_{1,2}$ : Esfuerzos principales [MPa]

$$\tau_{ciz} = 0.6 \cdot S_y \quad Ec (16)$$

$S_y$ : Esfuerzo de cedencia [MPa]

Si se necesita una aproximación rápida se utiliza el criterio de falla de Tresca, donde se calculan: el esfuerzo cortante máximo, momento flector regidos por las ecuaciones 17, 18 y el factor de seguridad por la 19 [16].

$$\tau_y = \frac{\sigma_y}{2} \quad Ec (17)$$

$\sigma_y$ : Esfuerzo de cedencia [MPa]

$$\sigma_{max} = \frac{6M}{l^3} \quad Ec (18)$$

$\sigma_{max}$ : Tensión máxima [MPa]

M: Momento flector [MPa \* mm]

l: Longitud del área transversal [mm]

$$F.S. = \frac{\tau_y}{\tau_{max}} \quad Ec (19)$$

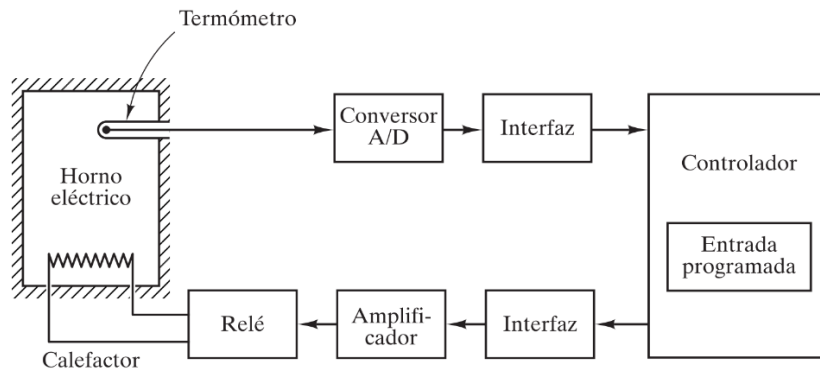
$\tau_y$ : Esfuerzo Cortante máximo (Tresca) [MPa]

$\tau_{max}$ : Esfuerzo Cortante Máximo (Material) [MPa]

### **1.9.5. Teoría de control**

Para poder controlar la planta, es necesario establecer una relación entre su entrada y salida, mediante la definición de la función de transferencia; Para ello, es necesario determinar las variables a controlar, en este caso, la temperatura.

La figura 10 que servirá como ejemplo detalla el proceso de control de temperatura a través de un diagrama de bloques [17].



**Fig.10.** Control de Temperatura de un horno eléctrico [17].

A través de la figura 10 se define matemáticamente el sistema en lazo cerrado, regido por la ecuación 20 donde [17]:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)*H(s)} \quad Ec (20)$$

C: Señal de salida

R: Señal de entrada

G: Función de transferencia

H: Función de Retroalimentación (*feedback*)

Tras haber determinado la planta se puede aplicar un controlador PID, como función de retroalimentación, mejorando la respuesta transitoria y estacionaria de la planta, mediante la ecuación 21 [17]:

$$PID = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad Ec (21)$$

K<sub>p</sub>: Ganancia proporcional

T<sub>i</sub>: Tiempo integral

T<sub>d</sub>: Tiempo derivativo

# CAPÍTULO 2

## Fundamentación teórica

### 2.1. Introducción

En este capítulo, se abordarán diversas etapas clave para alcanzar este objetivo, desde la identificación de los problemas operativos mediante el diagrama de Ishikawa, hasta la operacionalización de variables cruciales y el análisis de alternativas para encontrar la solución más adecuada. Además, se explorarán las técnicas e instrumentos específicos que se utilizarán en este proceso, destacando su importancia para lograr una optimización eficaz y sostenible del horno.

### 2.2. Diagrama causa - efecto

A través de la identificación de los factores que se involucran en el fallo operativo del horno, se realiza el diagrama de Ishikawa reflejado en la figura 11.

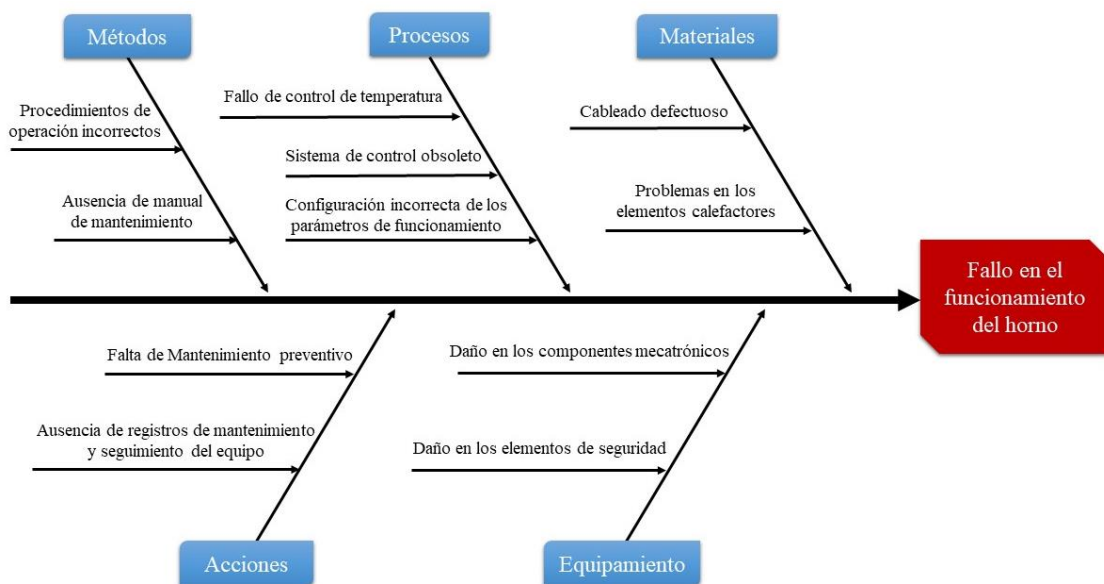


Fig.11. Diagrama Ishikawa del fallo operativo del horno.

### 2.3. Operacionalización de las variables

En la operacionalización de variables para la puesta en marcha y optimización del horno, se seleccionarán y definirán las variables cruciales que influirán en el proceso.

- **Temperatura del Horno:** Esta variable representa la temperatura a la que se calienta el horno durante los tratamientos térmicos. Puede ser medida y controlada para garantizar que se mantenga dentro de los rangos óptimos para cada proceso [18].
- **Tiempo de Proceso:** Representa la duración de cada ciclo de tratamiento térmico. Puede influir en la eficiencia y calidad de los tratamientos, por lo que es importante controlarlo adecuadamente [18].
- **Precisión del Control de Temperatura:** Refleja la capacidad del tablero de control para mantener la temperatura del horno dentro de los límites especificados. Una alta precisión garantiza la uniformidad y consistencia de los tratamientos térmicos [18].
- **Consumo de Energía:** Representa la cantidad de energía utilizada por el horno durante el proceso de tratamiento térmico. Controlar esta variable es importante para optimizar los costos operativos y promover la sostenibilidad [18].

#### 2.4. Análisis de alternativas

Se evalúa diferentes enfoques y estrategias para abordar los desafíos identificados y alcanzar los resultados deseados. Algunas alternativas podrían ser:

**Tabla 2.** Alternativas de solución

<b>Actualización de equipos y tecnologías:</b>	Consiste en la adquisición e instalación de equipos y tecnologías más modernos y eficientes que puedan mejorar el rendimiento y la fiabilidad del horno.
<b>Implementación de prácticas de mantenimiento preventivo:</b>	Esta alternativa consiste en establecer un programa de mantenimiento preventivo regular para el horno, con el fin de prevenir posibles fallas o averías y garantizar su funcionamiento óptimo a largo plazo.
<b>Subcontratación del horno:</b>	Implica delegar la utilización de un horno externo a una empresa especializada en tratamientos térmicos. Esto implica subcontratar el uso del equipo y los servicios asociados de manera temporal o permanente.



<b>Compra de un nuevo equipo:</b>	Consiste en adquirir e instalar un nuevo horno Sybron Thermolyne F-A1630 o un equipo similar, con tecnología más moderna y avanzada que mejore el rendimiento y la eficiencia en comparación con el equipo existente.
<b>Reparación del horno:</b>	Consiste en realizar las reparaciones necesarias para restaurar el funcionamiento óptimo del horno Sybron Thermolyne F-A1630. Esto puede implicar la solución de problemas específicos, la sustitución de componentes defectuosos o dañados, y la realización de pruebas de funcionamiento para garantizar su correcto desempeño.

## 2.5. Cuadros comparativos de Selección de alternativas

Este análisis permite evaluar y comparar las distintas opciones para abordar los desafíos identificados y alcanzar los objetivos deseados de manera efectiva. En esta etapa, se considerarán las mejores alternativas, como la reparación y mantenimiento del horno, la adquisición de un nuevo equipo, así como la subcontratación de este.

**Tabla 3.** Cuadro comparativo de alternativas

<b>Alternativas</b>	<b>Definición</b>	<b>Costo Estimado</b>
<b>Reparación y mantenimiento del horno</b>	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo del horno para asegurar su óptimo funcionamiento a lo largo del tiempo. Esto incluye inspecciones regulares, lubricación, ajustes y reparaciones necesarias.	\$400

<b>Actualización de equipos y tecnologías</b>	Compra e instalación de un nuevo horno para tratamientos térmicos más moderno y eficiente, con características y tecnologías actualizadas que mejoren el rendimiento y la fiabilidad del proceso de tratamiento térmico.	\$5,000
<b>Subcontratación del equipo</b>	Delegar la utilización de un horno externo a una empresa especializada en tratamientos térmicos. Esto implica subcontratar el uso del equipo y los servicios asociados de manera temporal o permanente.	\$50 por hora

Con un costo estimado de \$400, el mantenimiento preventivo y correctivo garantiza la continuidad operativa del horno a lo largo del tiempo, minimizando posibles fallas y reduciendo los costos asociados con la subcontratación de servicios externos. Además, ofrece flexibilidad y control sobre el proceso, permitiendo programar las actividades de mantenimiento según las necesidades operativas de la organización, lo que se traduce en una mejora significativa en la fiabilidad y eficiencia del horno, así como en la reducción de riesgos asociados con tiempos de inactividad no planificados.

## 2.6. Técnicas e instrumentos

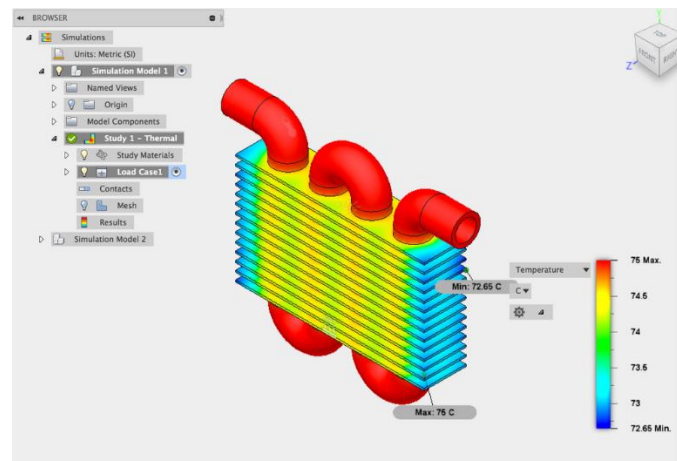
- **Técnicas de ingeniería de control:** Utilizar técnicas de control automático “PID” para diseñar y optimizar el sistema de control del horno, asegurando un funcionamiento eficiente y preciso.

- **Mantenimiento predictivo:** Aplicar técnicas de mantenimiento predictivo, como el monitoreo de condiciones y el análisis de tendencias (como se observa en la figura 12), para predecir posibles fallos y realizar intervenciones de mantenimiento de manera proactiva generando un manual de usuario donde podrán consultar el procedimiento.



**Fig.12.** Medición de Ultrasonido [19].

- **Simulación y modelado:** Utilizar herramientas de simulación y modelado para entender mejor el comportamiento del horno y optimizar su diseño y operación con la ayuda de modelos matemáticos y software, como el ejemplo mostrado en la figura 13.



**Fig.13.** Ejemplo de análisis térmico [20].

- **Teoría de la termodinámica:** Aplicar principios de la termodinámica para comprender los procesos de transferencia de calor dentro del horno y optimizar los parámetros de operación.

## CAPÍTULO 3

### Análisis e interpretación de resultados

#### 3.1. Introducción

Desarrollo de aspectos relativos al tipo de proyecto que se está desarrollando. Contiene una descripción general de todo el capítulo.

#### 3.2. Descripción de la situación actual

El horno actualmente se encuentra inoperativo debido a varios problemas en su sistema de control y mantenimiento:

- **Ineficiencia del sistema de control:** El sistema de control del horno no está funcionando de manera eficiente, lo que impide su operación adecuada y precisa como se puede observar en la figura 14.
- **Falta de control de tiempos de trabajo:** Existe una falta de control adecuado sobre los tiempos de trabajo del horno, lo que dificulta la planificación y programación de las operaciones de producción, la carencia de este se puede observar en la figura 14.



**Fig.14.** Sistema de control actual del horno.

Para abordar estos problemas, se implementará un controlador moderno, este nuevo controlador permitirá una gestión más eficiente y precisa de la temperatura, así como la

incorporación de un control de tiempos de trabajo. El controlador TO711B está diseñado específicamente para hornos, ofreciendo funciones avanzadas que garantizan un funcionamiento óptimo y seguro. La actualización a este sistema moderno no solo solucionará las deficiencias actuales, sino que también mejorará la fiabilidad y eficiencia del horno, facilitando una mejor planificación y programación de las operaciones de producción.

- **Problemas con la localización del horno:** El horno está ubicado fuera del área de trabajo debido a su disponibilidad, además, al encontrarse a nivel del suelo generará problemas de ergonomía al operario, esto se observa en la figura 15.



**Fig.15.** Localización del horno.

Para solucionar las dificultades de localización, se construirá una mesa, y se la ubicará en un lugar delimitado, permitiendo la incorporación del horno a los procesos en su área de trabajo. Además, se implementará un enchufe de 220V para que el horno pueda conectarse fácilmente a cualquier toma de este tipo, mejorando su disponibilidad y facilidad de uso.

- **Falta de mantenimiento de la cámara y cuadro eléctrico:** La cámara del horno y el cuadro eléctrico no han recibido el mantenimiento necesario, lo que puede provocar deterioro y fallos en su funcionamiento esto se puede observar en la figura 14 y 16.



**Fig.16.** Estado actual de la cámara del horno.

Para reparar la cámara del horno, se utilizará cemento refractario, ya que las fallas no son graves. Además, se instalará un nuevo cuadro de control para implementar el controlador y mejorar la distribución de los componentes eléctricos y electrónicos. Esto garantizará un funcionamiento más fiable y eficiente del horno.

Esta situación representa un obstáculo significativo para la operación eficiente y segura del horno, lo que afecta la capacidad de la empresa para llevar a cabo sus procesos de producción de manera efectiva.

### **3.3. Cálculos y selección**

En esta sección, se detallan los cálculos y la selección de todos los elementos mecánicos y electrónicos necesarios para solucionar los problemas actuales del horno. Este proceso incluye la evaluación de las necesidades específicas del horno y la implementación de soluciones adecuadas para asegurar su funcionamiento óptimo y eficiente.

#### **3.3.1 Elementos mecánicos**

Material de la Mesa: Se selecciona un material resistente como acero para la estructura de la mesa.

Material Seleccionado: Acero ASTM A36

Resistencia a la tracción: 400 MPa

Límite elástico: 250 MPa

Módulo de elasticidad: 200 GPa

### Diseño del sistema de soporte del horno:

- Carga Máxima (P): Se calcula la carga máxima que la mesa debe soportar, considerando el peso del horno y un margen adicional para seguridad.

Peso del Horno: 200 kg

Margen de Seguridad: 25%

$$P = \text{Peso del Horno} \times (1 + \text{Margen de Seguridad})$$

$$P = 200 \text{ kg} \times 1.25$$

$$P = 250 \text{ [kg]}$$

- Cálculo de Fuerzas: Se consideran las fuerzas ejercidas sobre la estructura de la mesa durante el transporte, asegurando que sean manejables.

Utilizando el criterio de Tresca, se establece la condición de fallo utilizando la Ec 14, donde en este caso se calcula el radio correspondiente al valor añadido al esfuerzo promedio.

- Cálculo del Grosor del Material: El peso del horno es de 250 kg. Para convertirlo a fuerza (N), se utiliza la gravedad estándar (9.81 m/s<sup>2</sup>):

$$P = 250 \text{ kg} \times \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} = 2452.5 \text{ [N]}$$

- Carga por soporte:

$$\frac{P}{4} = 613.125 \text{ [N]}$$

- Área de la sección transversal (A):

$$A = l_1^2 - l_2^2 = 0.000231 \text{ [m}^2\text{]}$$

- Cálculo del Esfuerzo Normal, utilizando la Ec 12.

$$\sigma_x = \frac{P}{A} = \frac{613.125 \text{ N}}{0.000231 \text{ m}^2} = 2.65 \text{ [MPa]}$$

- Cálculo del Esfuerzo Cortante Máximo, utilizando la Ec 14.

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_x}{2} = \frac{2.65 \text{ MPa}}{2} = 1.33 \text{ [MPa]}$$

- Comparación del Esfuerzo de Cizallamiento Permisible con el Esfuerzo cortante máximo, utilizando la Ec 16.

$$\tau_{\text{ciz}} = 0.6 \cdot S_y = 0.6 \cdot 250\text{MPa} = 150 [\text{MPa}]$$

$$\tau_y = \frac{\tau_{\text{ciz}}}{2} = \frac{150\text{MPa}}{2} = 75 [\text{MPa}]$$

- Verificación del Grosor: Considerando es esfuerzo de cizallamiento, con la Ec 19.

$$FS = \frac{\tau_{\text{ciz}}}{\tau_{\text{max}}} = \frac{150\text{MPa}}{1.33\text{MPa}} = 112.78$$

Considerando el esfuerzo cortante máximo de Tresca.

$$FS = \frac{\tau_y}{\tau_{\text{max}}} = \frac{75\text{MPa}}{1.33\text{MPa}} = 56.39$$

- Para un estado de esfuerzo plano:

$$\sigma_1 = \sigma_p \quad \sigma_2 = 0$$

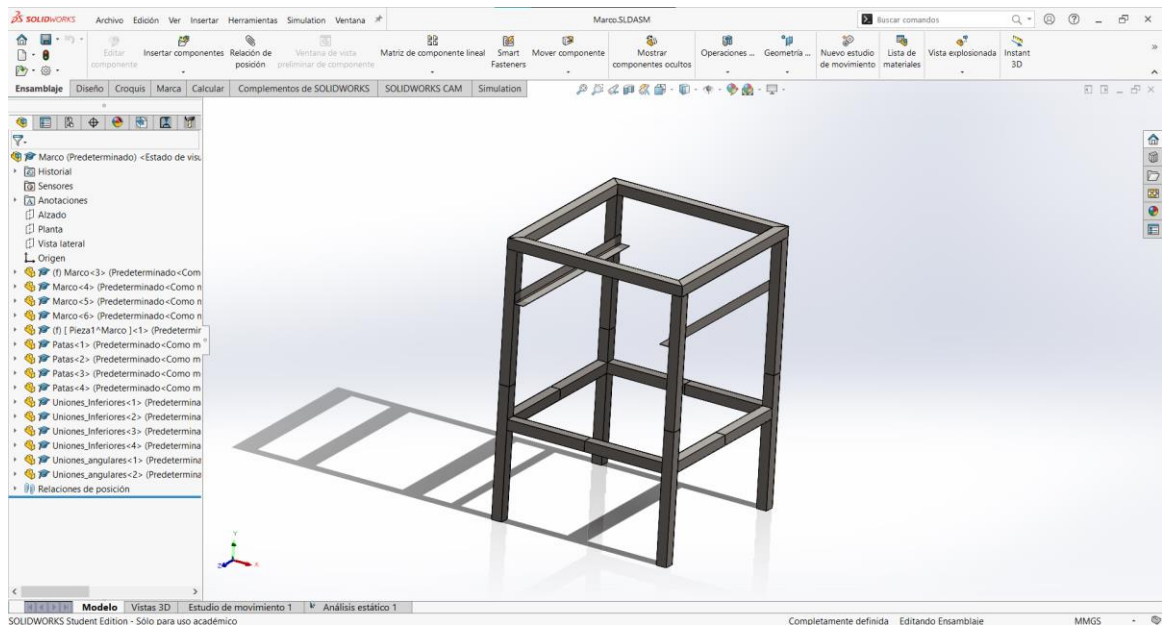
$$1.33 [\text{MPa}] \leq 250[\text{MPa}]$$

Con un grosor de 1.5 mm para cada una de las cuatro patas del tubo cuadrado de acero AISI 1018, la mesa diseñada será capaz de soportar de manera segura la carga máxima del horno, distribuyendo el esfuerzo de manera equitativa entre las patas. Este diseño asegura la estabilidad y resistencia necesarias para el transporte seguro del equipo.

### **Simulación del soporte del horno**

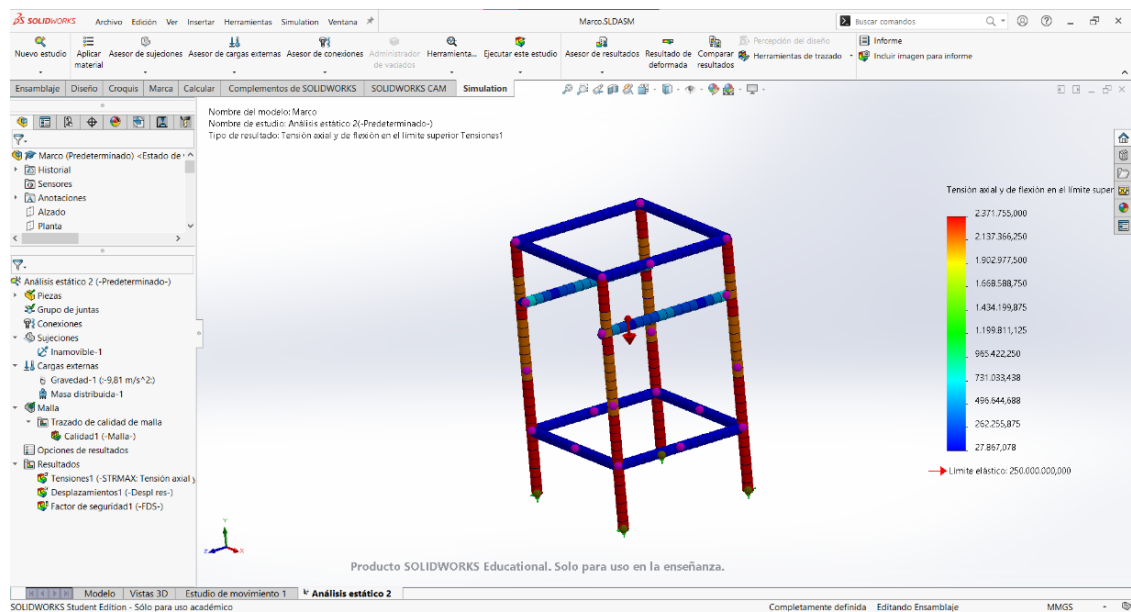
A través del diseño de los elementos que conforman la estructura de la mesa, se realiza un ensamble en el software SOLIDWORKS, se lo puede observar en la figura 17.





**Fig.17.** Diseño de la mesa de soporte en SOLIDWORKS.

Se diseñaron los elementos: Secciones de marco, patas, uniones angulares para refuerzo y uniones inferiores para que la estructura sea estable. Además, se realiza un análisis estático para obtener las tensiones a las que se somete la estructura, se lo puede observar a detalle en la figura 18, donde la tensión axial se encuentra dentro del rango de 0.28 a 2.37 [MPa].



**Fig.18.** Análisis de tensiones en la estructura.

También se determina el factor de seguridad para comprobar la estabilidad y seguridad de la mesa, se realiza el análisis del factor de seguridad apreciado en la figura 19, donde el FS posee un valor mínimo de 105.41.

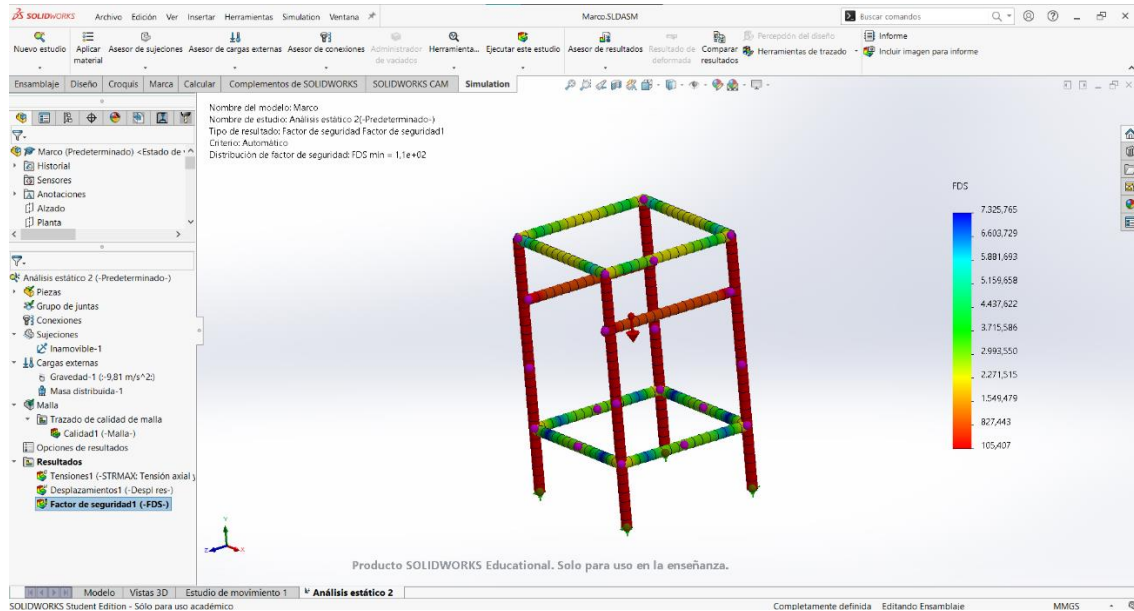


Fig.19. Análisis de factor de seguridad.

Tras lo observado en las figuras 18 y 19 se compara los valores calculados con la simulación, obteniendo: Un valor de 2.65 [MPa] calculado y 2.37 [MPa] simulado para esfuerzo de flexión máximo, encontrándose debajo del límite de fluencia de 250 [MPa].

Un factor de seguridad de 112.78 calculado, frente a un valor de 105.41 simulado; estos valores se encuentran dentro de lo permisible. Se concluye entonces, que el diseño realizado es válido y confirma que la estructura es lo suficientemente robusta para soportar la carga del horno, solucionando el problema ergonómico que generaba al encontrarse apoyado en el suelo.

### Selección de soldadura:

Para seleccionar el electrodo adecuado para soldar la mesa de soporte, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se opta por un electrodo con la clasificación para soldar acero al carbono AISI 1018; Un electrodo comúnmente utilizado es el E6011.
- Se verifica la resistencia a la tracción para soportar una carga de 367.875 N. Para el acero AISI 1018: 413 [MPa].

- Se verifica el límite elástico, para el acero AISI 1018: 275 [MPa].
- Se verifica la dureza del electrodo E7018: 55 [Rockwell], adecuada para aplicaciones estructurales.
- Se verifica la temperatura de temple que debe soportar: (800 a 900) [°C].
- Composición química: Carbono [0,2%], Manganeso [1,2%], Silicio [0,8%], Fósforo  $\leq$  [0,0035%], Azufre  $\leq$  [0,0035%].
- Soldabilidad: No requiere calentar la pieza antes de soldar, confiable para diversas aplicaciones.
- Acabado: Diferentes, como estirado en frío, laminado en caliente, forjado y recocido.

#### **Justificación de selección del electrodo E6011**

- Compatible con aceros al carbono de baja aleación como el AISI 1018, proporciona un depósito de metal con propiedades mecánicas adecuadas para aplicaciones estructurales.
- La resistencia a la tracción y límite elástico cumplen con los requisitos del material base, asegurando una soldadura robusta y duradera.
- Ampliamente utilizado en aplicaciones industriales y estructurales, por su facilidad de uso y buen rendimiento en soldadura por arco eléctrico.

La selección del electrodo E6011 garantiza que la mesa del horno pueda soportar la carga calculada de manera uniforme.

#### **3.3.2 Reparación de la cámara del horno**

##### **Cemento refractario:**

- Se utilizará cemento refractario de alta alúmina, conocido por su alta resistencia térmica y durabilidad. Este tipo de cemento es adecuado para aplicaciones en hornos debido a su capacidad para soportar temperaturas extremas y resistir el choque térmico.

##### **Propiedades del cemento refractario de alta alúmina:**

- Resistencia a la Temperatura: Hasta 1600°C.
- Resistencia a la Compresión: Superior a 60 MPa.
- Resistencia a la Flexión: Superior a 10 MPa.

- Conductividad Térmica: Baja, lo que ayuda a mantener el calor dentro de la cámara.

#### **Evaluación de las fisuras:**

- Se deben medir la extensión y la profundidad de las fisuras en la cámara del horno.
- Se recomienda limpiar las fisuras de cualquier residuo o material suelto para asegurar una mejor adherencia del cemento refractario.

#### **Determinación del espesor:**

- Para fisuras superficiales (menos de 5 mm de profundidad), un espesor de 5-10 mm de cemento refractario puede ser suficiente.
- Para fisuras moderadas (5-10 mm de profundidad), se debe aplicar un espesor de 10-20 mm.
- Para fisuras profundas (más de 10 mm de profundidad), se debe aplicar un espesor de 20-30 mm, asegurándose de llenar completamente las fisuras y cubrir una buena área alrededor para reforzar la estructura.

#### **Aplicación del cemento:**

- Mezclar el cemento refractario según las instrucciones del fabricante.
- Aplicar el cemento en capas delgadas y permitir que cada capa se seque parcialmente antes de aplicar la siguiente, hasta alcanzar el espesor deseado.
- Asegurarse de alisar la superficie para evitar puntos débiles y asegurar una distribución uniforme del calor dentro del horno.

#### **Cura del cemento:**

- Después de la aplicación, el cemento refractario debe curarse adecuadamente. Esto puede incluir un secado inicial a temperatura ambiente seguido de un calentamiento gradual del horno para permitir que el cemento adquiera su resistencia completa.

La selección del cemento refractario de alta alúmina y la correcta aplicación con el espesor adecuado garantizan la durabilidad y eficiencia térmica de la cámara del horno.

### 3.3.3. Cálculo de potencia eléctrica del circuito de control y potencia:

- Capacidad de Carga: De acuerdo a las especificaciones generales del horno
  - Potencia: 5800 [W]
  - Tensión: 240 [V]
  - Corriente: 24 [A]
- Corriente de funcionamiento: A través de la potencia estimada, 500 [W], para controladores, luces, relés, etc. Utilizando la Ec 6.

$$I = \frac{500W}{240V} = 2.08 [A]$$

- Carga Total: A través de la sumatoria de la corriente de funcionamiento y la capacidad de carga se obtiene

$$I_T = 24A + 2.08A = 26.08 [A]$$

Se selecciona conductores y dispositivos de protección adecuados para una corriente de 30 [A], teniendo en cuenta el margen para sobrecargas temporales.

Balanceo de Cargas: Con una distribución uniforme y utilizando multímetros se divide las cargas uniformemente para evitar sobrecargas de corriente.

### 3.3.4. Elementos electrónicos-eléctricos:

#### **Controlador de temperatura (REX C700):**

La selección del controlador REX C700 se basa en las especificaciones y capacidades del equipo, que se alinean con los requerimientos del sistema. Siendo necesario un controlador industrial, que trabaje en un amplio rango de temperatura, no consuma mucho voltaje y sea preciso. Este controlador también ofrece visualización a través de una pantalla LED y es compatible con varios termopares, además de permitir programar los ciclos de trabajo del horno y adaptar su carga para relés de estado sólido.

- Especificaciones generales:
  - Rango de Temperatura: 0°C a 1300°C
  - Alimentación: 100-240V AC, adecuado para sistemas eléctricos de 230V
  - Consumo de Energía: Aproximadamente 5VA
  - Precisión:  $\pm 0.5\%$  del rango completo
  - Dimensiones: 72 x 72 x 110 mm (ancho x alto x profundidad)
  - Display: Pantalla LED doble (PV y SV) para visualizar la temperatura medida y la temperatura establecida
  - Compatibilidad: Compatible con sistemas eléctricos industriales y domésticos
  - Programabilidad: Capacidad para programar múltiples segmentos de temperatura y tiempo, proporcionando flexibilidad en los procesos térmicos
  
- Entradas:
  - Tipo de Sensor: Termopar tipo K, J, T, E, R, S
  - Señal de Entrada: Voltaje de entrada del termopar
  - Rango de Entrada: -200°C a 1300°C (dependiendo del tipo de termopar utilizado)
  
- Funciones:
  - Modos de Control: PID (Proporcional-Integral-Derivativo), ON/OFF
  - Salida de Control: Relé de Estado Sólido (SSR) o salida de relé (configurable)
  - Alarmas: Hasta 2 alarmas configurables (alta, baja, desviación)
  - Autoajuste (Autotuning): Función de autoajuste para optimización de los parámetros PID
  - Configuración: Menú de configuración accesible a través del panel frontal
  - Protección: Protección de contraseñas para evitar cambios no autorizados en los parámetros
  
- Capacidad de carga (Relé Interno):
  - Corriente: 3A 240V AC
  
- Capacidad de carga (Relé de Estado Sólido):
  - Capacidad: 40A o superior (recomendado para cargas mayores)

- Tensión de Control: 3-32V DC
  - Tensión de Salida: 24-380V AC
- Tiempos de Procesos:
    - Ciclo de Calentamiento: Rampa de subida de temperatura controlada
    - Ciclo de Mantenimiento: Tiempo de mantenimiento de la temperatura objetivo
    - Ciclo de Enfriamiento: Rampa de descenso de temperatura controlada

### **Selección de termocupla:**

Para seleccionar la termocupla adecuada para el horno, es importante considerar varios factores, incluidos el rango de temperatura, la precisión requerida, la compatibilidad con el controlador de temperatura, y el entorno en el que se utilizará. A continuación, se presenta un análisis detallado de la selección de la termocupla:

- Rango de Temperatura:
  - De 0 a 1000°C

- Tipo de Termocupla:

Entre las diferentes opciones de termocuplas, las más comunes para aplicaciones de alta temperatura son las de tipo K, tipo J, y tipo N.

#### **Tipo K (Cromo-Aluminio):**

- Rango de temperatura: -200°C a 1260°C
- Precisión:  $\pm 2.2^\circ\text{C}$  o  $\pm 0.75\%$  del valor medido
- Características: Buena estabilidad y precisión a altas temperaturas, resistente a la oxidación.

#### **Tipo J (Hierro-Constantán):**

- Rango de temperatura: -210°C a 760°C
- Precisión:  $\pm 2.2^\circ\text{C}$  o  $\pm 0.75\%$  del valor medido
- Características: Adecuada para temperaturas medias, oxidación del hierro a temperaturas superiores a 760°C

### **Tipo N (Nicrosil-Nisil):**

- Rango de temperatura: -200°C a 1300°C
- Precisión:  $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$  o  $\pm 0.75\%$  del valor medido
- Características: Mejor estabilidad a altas temperaturas y en ambientes oxidantes que el tipo K

- **Compatibilidad con el Controlador:**

El controlador de temperatura REX C700 es compatible con termocuplas tipo K, J, y N, entre otras. Dado que necesitamos medir temperaturas de hasta 1000°C, el tipo K y el tipo N son las mejores opciones.

- **Entorno de Uso:**

La termocupla deberá trabajar en óptimas condiciones a altas temperaturas, estando expuesta a gases de combustión u otros agentes oxidantes. Esto favorece la selección de termocuplas tipo K o N debido a su resistencia a la oxidación.

Dado el rango de temperatura requerido (0 a 1000°C), la precisión necesaria, y las características del ambiente de operación, la termocupla tipo K es una opción adecuada debido a su capacidad para manejar temperaturas de hasta 1260°C y su buena resistencia a la oxidación. Además de ser ampliamente utilizada en aplicaciones industriales, es compatible con el controlador de temperatura REX C700.

### **Termocupla (Tipo K):**

- **Especificaciones generales:**

- Rango de Temperatura: -200°C a 1260°C
- Precisión:  $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$  o  $\pm 0.75\%$  del valor medido
- Materiales: Cromo (positivo) y Aluminio (negativo)
- Compatibilidad: Compatible con el controlador de temperatura REX C700
- Resistencia a la Oxidación: Adecuada para ambientes oxidantes



### **Selección de temporizador:**

Se selecciona el temporizador ASY-3D, para integrarse con el sistema de control del horno debido a sus características y especificaciones, que cumplen con los requisitos operativos y funcionales del equipo. Se detallan los puntos principales de la selección:

- Rango Amplio de Tiempo: [0.05 seg a 100 h], ideal para programar y controlar los ciclos de tiempo necesarios durante los procesos térmicos del horno.
- Función ON Delay y Ajuste Preciso: Precisión de  $\pm 0.2\%$  del ajuste de tiempo, garantiza una operación confiable en la ejecución de los ciclos de trabajo del horno.
- Facilidad de Instalación y Uso: Diseñado para montaje en panel o carril DIN, lo cual facilita su integración dentro del cuadro eléctrico del horno. Además, cuenta con un indicador LED de estado que proporciona una visualización clara de su funcionamiento.

### **Temporizador (Timer, ASY-3D):**

- Especificaciones generales:
  - Tipo de Temporizador: Retardo a la conexión (ON Delay)
  - Rango de Tiempo: 0.05 segundos a 100 horas
  - Alimentación: 220-240V AC
  - Dimensiones: 48 x 48 x 80 mm (ancho x alto x profundidad)
  - Precisión:  $\pm 0.2\%$  del ajuste de tiempo
  - Montaje: En panel o carril DIN
- Salidas:
  - Indicador de Estado: LED
  - Relé de conmutación: 5A a 250V AC
- Funciones:
  - ON Delay: Al recibir la señal de entrada, se activa el relé después del tiempo configurado
  - Ajuste de Tiempo: Selección del tiempo de retardo mediante un potenciómetro y un selector de rango

Se elige el temporizador ASY-3D por su capacidad para proporcionar retardo a la conexión con precisión, su amplio rango de tiempo y su facilidad de integración dentro del sistema eléctrico del horno. Esto asegura un control efectivo y eficiente de los tiempos de proceso y contribuye a la operación óptima del equipo.

### ***3.3.5. Diseño del cuadro eléctrico***

#### **❖ Selección de componentes:**

Se selecciona un SSR debido a su capacidad robusta para manejar la carga de calefacción del horno, asegura una conmutación rápida y eficiente sin ruidos mecánicos.

- Relé de estado sólido:
  - Capacidad 40 [A]
  - Tensión de control 3-32V [DC]
  - Tensión de salida 24-380V [AC]

Se seleccionan contactores debido a su capacidad de controlar circuitos de alta potencia, manejar corrientes elevadas, garantizar un aislamiento adecuado y una buena conmutación, ofreciendo mayor seguridad.

- Contactores:
  - Capacidad 50 [A]
  - Tensión de control 230V [AC]

Se seleccionan relés electromecánicos, ya que son adecuados para circuitos de control de baja potencia, proporcionan una buena conmutación de señales eléctricas. Siendo común, la baja tensión en entornos industriales. Asegura una integración sencilla y eficiente en el sistema.

- Relés Electromecánicos:
  - Capacidad 10 [A]
  - Tensión de control 220V [AC]

## ❖ Interruptores y elementos de seguridad:

- Interruptor Principal:
  - Capacidad 63 [A]

El interruptor principal se utiliza para desconectar la alimentación principal del cuadro eléctrico, proporciona una medida de seguridad esencial durante el mantenimiento y las emergencias. La capacidad asegura que pueda manejar la corriente total del sistema de manera segura.

- Interruptores Automáticos:
  - Capacidad 10, 16, 25 [A]

Se utilizan como elementos de seguridad individuales para cada circuito dentro del cuadro. Cada uno está dimensionado específicamente para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos en sus respectivos circuitos, garantizan una operación segura y confiable.

- Fusibles:
  - De acción rápida 4 (A)
  - De acción retardada

Elementos de seguridad adicionales para proteger contra sobretensiones y cortocircuitos. La combinación de fusibles de acción rápida y retardada permite una protección eficaz según los requerimientos específicos de cada circuito dentro del cuadro eléctrico.

- Disyuntor Diferencial, 30 [mA]:

Se utiliza para proteger contra corrientes de fuga, garantiza la seguridad personal y la protección contra daños eléctricos. La corriente de disparo de 30 mA es estándar para entornos industriales y asegura una detección efectiva de corrientes no deseadas.

#### ❖ **Controlador de temperatura:**

- REX C700: Control eficiente de aumento o disminución de temperatura
  - Rango de Temperatura: 0°C a 1300°C
  - Alimentación: 100-240V [AC]
  - Salida: Relé SSR

#### ❖ **Temporizador:**

- Timer ON Delay, ASY-3D: Manejo de ciclos de trabajo del horno
  - Rango de Tiempo: 0.05 segundos a 100 horas
  - Alimentación: 220-240V AC
  - Salida: Relé de conmutación 5A a 250V AC

#### ❖ **Elementos adicionales:**

- Terminales de Conexión: Organización adecuada de conexiones

#### ❖ **Optimización de espacio:**

- Montaje: Se utilizan carriles DIN para montar relés, contactores y terminales
- Espaciado: Se separa adecuadamente los componentes para facilitar el acceso y la disipación del calor
- Organización: Se utilizan canaletas para agrupar los cables, facilitando la gestión del cableado

#### ❖ **Cuadro de control:**

- Diseño del Cuadro Eléctrico: Diseño y selección de componentes eléctricos y electrónicos para el nuevo cuadro de control, incluyendo relés, contactores, interruptores y fusibles.
- Distribución de Componentes: Optimización de la distribución de los componentes dentro del cuadro para mejorar el acceso y la gestión del calor.
- Cálculos de Capacidad: Cálculo de la capacidad de carga eléctrica total y balanceo de cargas para evitar sobrecargas.

A través de la implementación del cuadro eléctrico se consigue optimizar el circuito de potencia, que, junto con el controlador de temperatura REX C700 regula la velocidad de respuesta de la termocupla; además se logra controlar los ciclos de trabajo del horno

utilizando el temporizador ON Delay, ASY-3D. La selección de los componentes eléctricos, su correcta organización y un sistema de ventilación adecuado, mejoran la durabilidad y eficiencia del sistema mecatrónico.

La selección de los elementos mecánicos y electrónicos se ha realizado con base en cálculos precisos y la evaluación de las necesidades específicas del horno. La implementación de una mesa con ruedas, la reparación de la cámara con cemento refractario, y la instalación de un moderno controlador de temperatura junto con un nuevo cuadro de control, garantizarán una mejora significativa en el rendimiento, fiabilidad y eficiencia del horno. Estas medidas corregirán los problemas actuales y permitirán una operación más segura y eficiente, optimizando los procesos de tratamiento térmico y reduciendo costos operativos a largo plazo.

#### ❖ Tipo de resistencias que utiliza el horno:

Las resistencias utilizadas en el horno son de tipo espiral, están fabricadas con una aleación de nicromo, poseen alta resistencia eléctrica y son capaces operar a temperaturas elevadas sin perder sus propiedades mecánicas; soportan ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento, por lo que se puede concluir que son el tipo adecuado que requiere el horno, estas resistencias están dispuestas de forma similar a lo que se observa en la figura 20.

- Potencia Nominal Total: 5800 [W] distribuidos entre cuatro resistencias (cada resistencia tiene una potencia de 1450 [W])
- Capacidad Térmica: Su límite de temperatura es de 1300 [°C]
- Resistencia Específica del Material:  $1.10 \left[ \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$
- Tensión y Corriente de Operación: 220 [V] a 24 [A]



**Fig.20.** Resistencias de tipo espiral que utiliza el horno.

### **3.4. Simulaciones del proceso**

#### ***3.4.1. Circuito de control y potencia***

Tras la selección de los componentes para el rediseño del tablero eléctrico, se realiza el plano de control y potencia para el horno.

El circuito se activa mediante el interruptor S1, el cual inicia el proceso de encendido del horno y conecta las resistencias para su precalentamiento. Una vez que el horno alcanza la temperatura preestablecida, se encenderá una luz piloto indicando que se pueden introducir las piezas y activar el selector S2 para configurar el tiempo de exposición. Este intervalo de tiempo se ajusta en el temporizador de manera analógica, según las especificaciones del tratamiento, y es controlado por el relé K4. Al concluir el tiempo programado, se activará una alarma sonora que indicará que el ciclo ha finalizado, permitiendo apagar el horno mediante el pulsador de parada S.

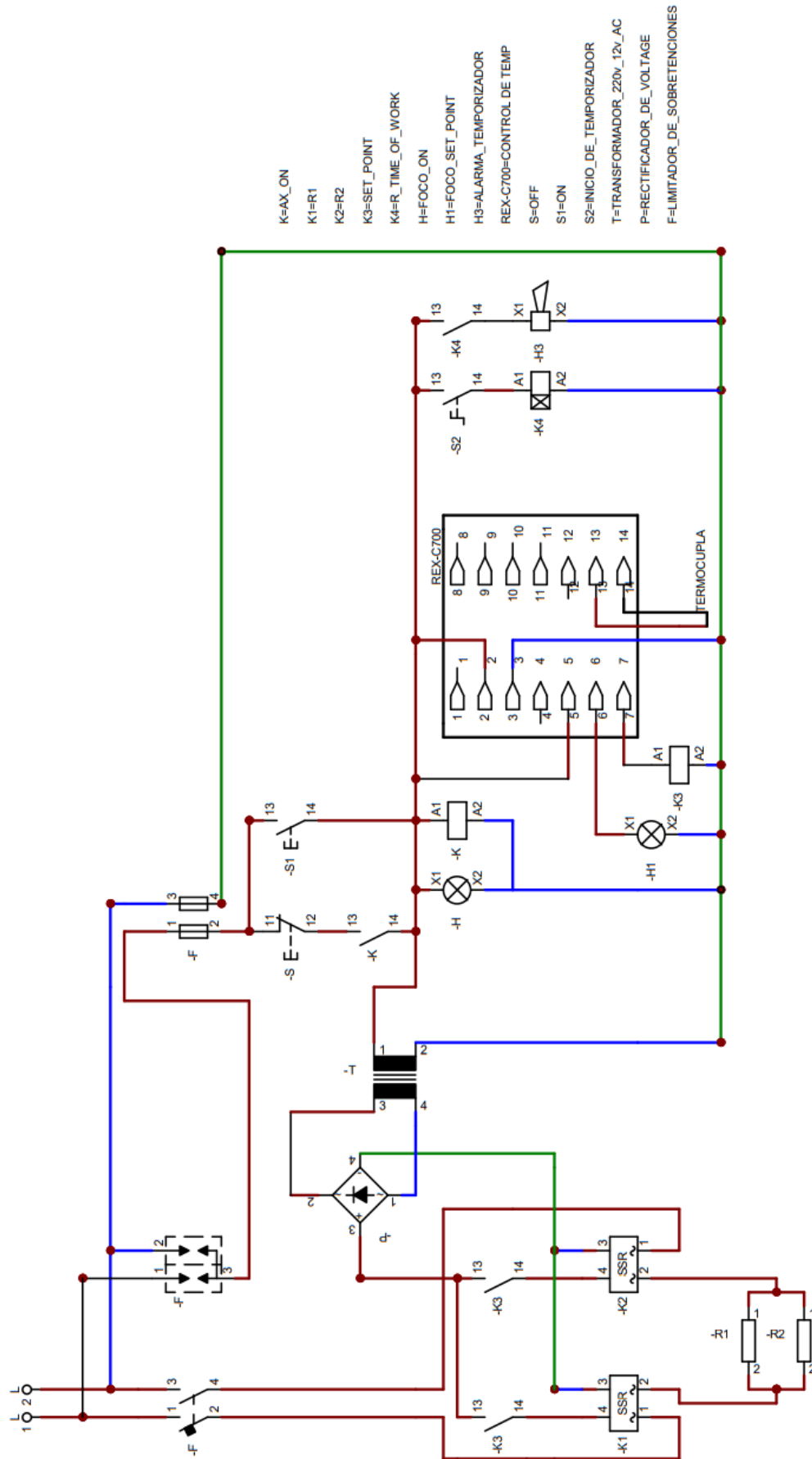


Fig.21. Diseño del sistema de control en CADESIMU.

## CAPÍTULO 4

### Resultados y análisis económico

#### 4.1. Introducción

En este capítulo se desarrollan los aspectos económicos y financieros relacionados con el proyecto de implementación del horno industrial, detallando cada uno de los componentes y costos asociados. Se realiza un análisis integral que abarca desde la verificación de la hipótesis planteada hasta el cálculo de indicadores financieros como el periodo de recuperación de la inversión, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). Este análisis permitirá evaluar la viabilidad económica del proyecto y fundamentar su implementación.

#### 4.2. Comprobación de la hipótesis

¿El rediseño de los elementos mecatrónicos defectuosos del horno, combinado con la implementación de un modelo matemático para controlar la temperatura del sistema, conducirá a una mejora en el rendimiento y eficiencia del horno, evidenciada mediante la recolección y análisis de datos, y se traducirá en una mayor fiabilidad del equipo durante los tratamientos térmicos?

Para comprobar esta hipótesis, se evaluarán los siguientes aspectos:

**Mejora en el rendimiento y eficiencia:** Al realizar el cambio del tablero se mejora el sistema de configuración de temperatura, siendo ahora más intuitivo y visual, además la instalación del temporizador ayuda a manejar los tiempos de manera más precisa, adicionalmente, posee una alarma para llamar la atención del operario en caso de estar distraído.

**Fiabilidad del equipo:** El equipo lleva 13 años en desuso, gracias a la implementación del nuevo control de temperatura se espera que el equipo pueda estar en operación durante 1 año antes de realizar un mantenimiento preventivo, para comprobar el correcto funcionamiento de sus componentes y aumentando la vida útil de los mismos.

**Evidencia cuantitativa:** Se utilizarán indicadores de rendimiento clave (KPI) y análisis de datos para demostrar la mejora lograda, lo que se mostrará en el siguiente punto.



### 4.3. Comprobación de resultados

El tratamiento térmico utilizado en la empresa por lo general es el recocido, para reducir la dureza en remaches de diferentes tipos; posteriormente se realiza un remachado “en caliente” sobre las piezas requeridas mientras los remaches poseen un comportamiento dúctil; finalmente, a temperatura ambiente, estos se enfrían, recuperando nuevamente su dureza y asegurando el remache. Por lo mencionado anteriormente, se generaron órdenes de trabajo, que involucran el tratamiento en los remaches. Estos documentos se encuentran en los anexos 1-5. Se muestra a continuación en la figura 22, una muestra del tipo de remaches utilizados.



**Fig.22.** Remache universal (AN470 8-8).

Adicionalmente, se utiliza el horno en el proceso de aislamiento en los motores, donde se evita la humedad en elementos mecánicos. El producto utilizado es un desecante de arcilla de bentonita, observable en la figura 23. Además, se adjunta el manual y apoyo visual sobre estos procesos en los anexos 6-10.



**Fig.23.** Producto DESI PAK para procesos de aislamiento.

#### 4.4. Implementación

##### Sistema de soporte para el horno

Para la elaboración del sistema de soporte del horno se comenzó con el corte del material de acuerdo a las medidas especificadas a partir del anexo 11, se elaboraron los marcos de la estructura de acuerdo a la vista lateral; y después se los conectó mediante los eslabones de 540 [mm].

Se procedió de la misma forma para añadir un marco de refuerzo en la parte inferior de la estructura, con el fin de evitar una posible deformación y mejorar su rigidez, en la figura 24 se observa la elaboración de puntos de soldadura de la estructura.



**Fig.24.** Elaboración de puntos de suelda en la estructura.

Para asegurar la forma de la estructura se elaboran los cordones de soldadura, alrededor de los puntos establecidos, este proceso se lo puede observar en la figura 25.



**Fig.25.** Elaboración de los cordones de soldadura.

Tras elaborar los cordones de soldadura y verificar los mismos mediante una aplicación deliberada de fuerza, se comprueba la calidad de la soldadura, finalmente, se añaden refuerzos angulares a lo largo de los laterales de 540 [mm], topes esquineros, y se aplica una capa de fondo anticorrosivo sobre la estructura, esto para prolongar su aspecto visual y aumentar la vida útil del elemento, la finalización de este proceso de la puede observar en la figura 26 presentada a continuación.



**Fig.26.** Estructura finalizada con una capa de fondo anticorrosivo.

Después del secado de la estructura, se procede a aplicar la capa de pintura de color gris, que resalta de forma discreta con el entorno industrial. Una vez secado se procede a colocarlo en su lugar correspondiente, que se puede observar en la figura 27.



**Fig.27.** Mesa de soporte del horno instalada en su lugar de trabajo.

### **Tablero de control y potencia**

Para el rediseño del tablero se empieza retirando los componentes y verificando su funcionamiento; se descartan los elementos defectuosos y se adquieren repuestos, además de elementos adicionales para el funcionamiento óptimo y seguro del circuito, las dos partes del circuito inicial se presentan en las figuras 28 y 29.



**Fig.28.** Circuito inicial del tablero a rediseñar (Parte 1).

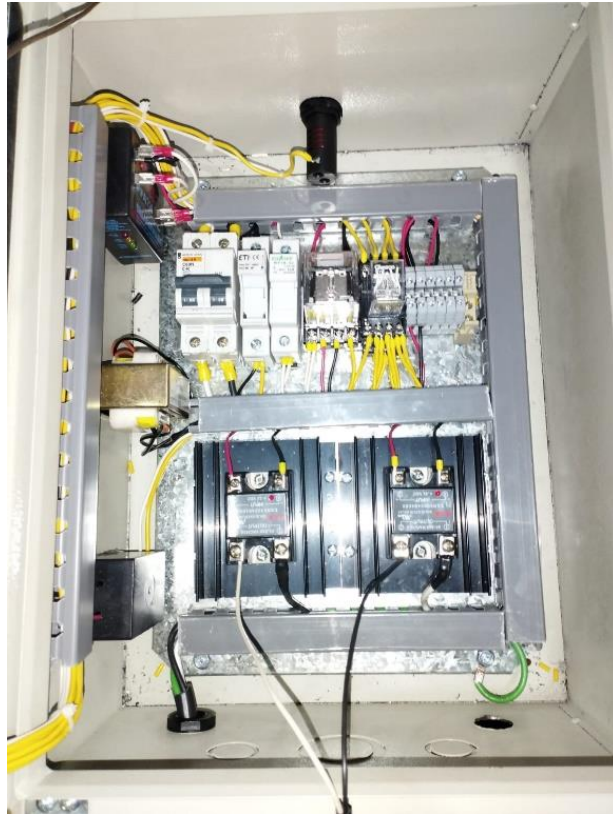


**Fig.29.** Circuito inicial del tablero a rediseñar (Parte 2).

El circuito inicial no funcionaba correctamente ya que algunos elementos además de estar defectuosos, funcionaban a 110 [V], ocasionando una mala optimización y un riesgo de sobretensión en elementos críticos. Se procede entonces, a implementar los componentes en el gabinete siguiendo el plano mostrado en la figura 21, utilizando los carriles y cables especificados en el capítulo anterior, en la figura 30, 31 y 32 se puede apreciar el nuevo tablero de control y potencia para el horno.



**Fig.30.** Tablero de control y potencia rediseñado (Parte 1).



**Fig.31.** Tablero de control y potencia rediseñado (Parte 2).



**Fig.32.** Vista frontal del panel de control.

### Implementación del sistema mecatrónico

Se realiza el traslado del horno, colocándolo sobre la mesa, gracias a los puntos de fijación, el elemento se mantendrá seguro y centrado sobre el soporte, cabe mencionar que el peso del horno influye mucho sobre su deslizamiento en la estructura, haciéndolo técnicamente fijo y parcialmente inamovible como se evidencia en la figura 33.



**Fig.33.** Implementación del soporte para el horno.

Para la implementación del tablero eléctrico se colocó un tomacorriente y un enchufe adaptados a una alimentación de 220 [V] apreciado en la figura 34.



**Fig.34.** Alimentación del Sistema eléctrico.

Para obtener un sistema compacto y solucionar el problema ergonómico se realizó un empotramiento del tablero eléctrico, este se ubica en el lado derecho del horno como se puede observar en la figura 35.



**Fig.35.** Empotramiento del tablero eléctrico.

Tras realizar la instalación del sistema mecatrónico, se observa que el horno queda ubicado en un lugar específico del hangar, donde se realizarán pruebas de tratamientos térmicos para varios tipos de remaches y otras tareas de mantenimiento a piezas de aeronaves, su disposición final se puede observar en la figura 36.



**Fig.36.** Disposición final del sistema Mecatrónico.



#### 4.4.1. Análisis y resultados

##### Recolección de datos de funcionamiento

Se procede a realizar la toma de datos con el control PID, que se observa en la figura 37 para realizar la gráfica de Temperatura vs Tiempo, que se rige por la siguiente curva, mostrada en la figura 38 a continuación.



Fig.37. Recolección de datos: Tiempo y Temperatura.

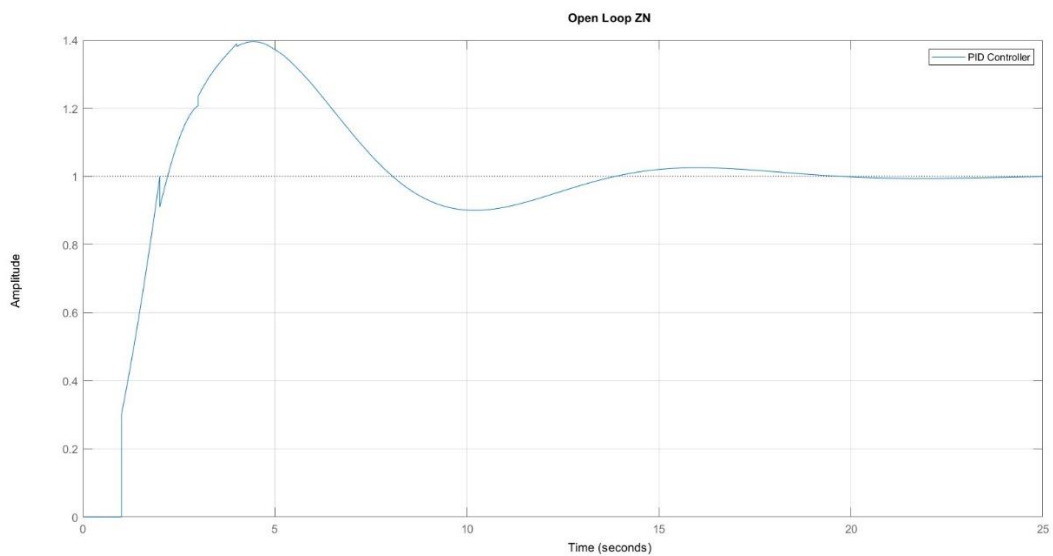


Fig.38. Curva: Temperatura vs Tiempo del horno (PID).

Los valores de P, I, D, se establecieron de forma manual debido a que el comportamiento de la planta no obedecía el modelo matemático por problemas externos como:

- Sistema de alimentación del Hangar: Se espera 220 [V AC], se obtuvo un rango entre 195 - 200 [V AC].
- Resistencias diseñadas para un sistema de alimentación europeo: 240 [V] y un consumo de corriente de 24 [A]. Debido al problema de red, el valor de consumo oscilaba entre 13 – 14 [A], lo que afectaba su rendimiento.

Para la obtención de los valores finales del control se realizó el siguiente procedimiento:

- Aumento de  $K_p$  (P): Hasta mejorar la velocidad de respuesta del sistema, a razón de 38 segundos por grado Celsius, obteniendo un valor de 48.
- Aumento ligero de  $T_i$  (I): Para reducir el error en estado estacionario, procurando no dejarlo tan bajo para evitar oscilaciones excesivas, obteniendo un valor de 1s.

Aumento considerable de  $T_d$  (D): Para reducir el *overshoot* de la respuesta y mejorar su estabilidad; *overshoot* final de 4 [°C], y un valor de 120s.

### **Sistema de soporte para el horno**

La estructura siguió un proceso de diseño mecánico a través de simulaciones, otorgando un factor de seguridad que respalda el sistema; en su elaboración se siguieron estas directrices consiguiendo reforzar la estructura adecuadamente. La aplicación de una capa anticorrosiva y pintura asegura una protección a largo plazo del material.

### **Tablero de control y potencia**

El rediseño del elemento resolvió problemas de rendimiento y seguridad, la identificación y corrección de componentes defectuosos demuestra la capacidad de adaptación del sistema a necesidades reales.

### **Implementación**

La instalación del sistema mecatrónico asegura la integración del horno a los procesos térmicos, mejora su accesibilidad y la ergonomía del operario, siendo funcional y seguro.

### **Control del sistema**

La recolección de datos y el ajuste manual del control PID destacan la capacidad para manejar y optimizar la respuesta del sistema a pesar de las limitaciones de alimentación.

#### 4.5. Análisis de costos de la implementación del proyecto

Tabla 4. Costos Directos

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario [USD]</b>	<b>Precio Total [USD]</b>
Gabinete 40/30*20 doble fondo	1	41,38	41,38
Cable superflex 3*10	6	2,9	17,40
Enchufe 50amp 220v	1	8,6	8,60
Selector 2 posiciones metálico	1	2,8	2,80
Canaleta Ranurada 25mm	1	5,2	5,20
Porta fusible ebasee 32 amp 10*38	1	2,2	2,20
Terminal puntera 16-18 amarillo	100	0,02	2,00
Fusible cerámico 4amp 10*38	1	0,55	0,55
Control de temperatura rex 1200 g 110/220v t/k/j/pt	1	42,6	42,60
VOLTIMETRO LED 22mm VERDE	1	4,5	4,50
Luz piloto 22mm 220v	2	1,8	3,60
Riel din	1	2,7	2,70
Cable flexible 10awg	1	0,9	0,90
Paquete de amarras plásticas 20mm	1	2,2	2,20
Base relé 14 pines 3amp	1	1,8	1,80
Mini relé 14 pines 3amp	1	3,5	3,50
Base relé 8 pines 10amp	2	2,4	4,80
Relé 8 pines 10amp	1	5,5	5,50
Prensostopa cable 3*10	1	1,2	1,20
Timer on delay dig 220v 8 pines cnc	1	28,6	28,60
Cable termocupla	3	1,6	4,80
Remache 5/32	30	0,04	1,20
Broca cobalto 1/8	2	1,4	2,80
Terminal de ojo temperatura 10-12	4	0,5	2,00
Disco de corte 4"acero inox	1	2,2	2,20
Trasformador 110-220v AC a 12-24v AC	1	8,0	8,0
Puente de diodo	1	1,0	1,0

Kilo de electrodo AGA 6011/8	0.5	5,0	2,5
Litro pintura anticorrosivo gris mate	1	3.58	3,58
Metro Tubo Cuadrado 40*1.5mm (11/2)	2	16.67	33,33
Hora maquina soldadura	5	5,0	25,0
<b>SUBTOTAL</b>			<b>268.44</b>
<b>IVA</b>			<b>40.27</b>
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>308.71</b>

### Costos indirectos

- Gastos administrativos: 15% del costo directo.

$$268.44 \times 0.15 = 40.27 \text{ [USD]}$$

- Costos de transporte y logística: 5% del costo directo.

$$268.44 \times 0.05 = 13.42 \text{ [USD]}$$

- Costos de capacitación y formación: 10% del costo directo.

$$268.44 \times 0.10 = 26.84 \text{ [USD]}$$

### Costos por imprevistos

Costos por imprevistos: 10% del subtotal (directo + indirecto).

$$(268.44 + 40.27 + 13.42 + 26.84) \times 0.10 = 34.70 \text{ [USD]}$$

## 4.6. Justificación de costos

La siguiente tabla detalla los costos mencionados anteriormente, distribuidos entre directos, indirectos e imprevistos, para proporcionar una visión clara y justificada del presupuesto total.

**Tabla 5.** Costos Totales

<b>Tipo de Costo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo [USD]</b>
Directos	Materiales y componentes	268,44
Indirectos	IVA (15%)	40,27
	Costos de transporte y logística (5%)	13,42
	Costos de capacitación y formación (10%)	26,84
Imprevistos	Reserva para imprevistos (10% de directos + indirectos)	34,70
<b>TOTAL</b>		<b>383,67</b>

## 4.7. Análisis económico

### 4.7.1. Valor Actual Neto (VAN)

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto, se utilizará el método del Valor Actual Neto (VAN), que se define mediante la ecuación 22.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad Ec (22)$$

Donde:

- $f_t$  es el flujo de caja en el periodo  $t$
- $I_0$  es la inversión inicial
- $i$  es la tasa de rentabilidad (15% en este caso)
- $n$  es el número de periodos

Datos del Proyecto

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 383.67 USD
- Tasa de rentabilidad ( $i$ ): 15% o 0.15
- Número de periodos ( $n$ ): 4

**Tabla 6.** Flujos de Caja

Periodo (t)	Flujo de Caja ( $f_t$ ) [USD]
1	150
2	200
3	250
4	300

### Cálculo del VAN

Utilizando los datos del proyecto se determina el VAN con la Ec. 22:

$$VAN = \frac{150}{(1 + 0.15)^1} + \frac{200}{(1 + 0.15)^2} + \frac{250}{(1 + 0.15)^3} + \frac{300}{(1 + 0.15)^4} - 383.67$$

$$VAN = 130.43 + 151.23 + 164.32 + 171.56 - 383.67$$

$$VAN = 617.54 - 383.67$$

$$VAN = 233.87$$

El VAN obtenido es positivo y asciende a 233.87 USD. Esto indica que el proyecto es económicamente viable, ya que los flujos de caja descontados superan la inversión inicial. La realización del proyecto generará un valor adicional de 233.87 USD sobre la inversión inicial, lo cual es un indicador favorable del proyecto.

#### **4.7.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es el porcentaje de rentabilidad que un proyecto genera sobre su inversión inicial. Es el valor de la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto sea igual a cero, la ecuación 23 se muestra a continuación.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad Ec (23)$$

Donde:

- $f_t$  es el flujo de caja en el periodo t
- $I_0$  es la inversión inicial
- TIR es la tasa interna de retorno
- n es el número de periodos

Datos del Proyecto

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 383.67 USD
- Número de periodos (n): 4
- Flujos de Caja definidos en la tabla 6

#### **Cálculo del TIR**

A través de la inversión inicial de 383.67 USD y con los flujos de caja de la tabla 6 se determina el TIR utilizando la Ec. 23.

$$383.67 = \frac{150}{(1 + TIR)^1} + \frac{200}{(1 + TIR)^2} + \frac{250}{(1 + TIR)^3} + \frac{300}{(1 + TIR)^4}$$

$$TIR = 39.18\%$$

Se concluye que, bajo las condiciones actuales, el proyecto es financieramente viable y proporciona un retorno superior a la tasa de rentabilidad mínima requerida de 15%.

## CONCLUSIONES

El rediseño del horno Sybron Thermolyne F-A1630 ha resultado en una mejora significativa en la eficiencia del proceso de tratamiento térmico. Antes de la implementación del nuevo sistema, el control manual de los parámetros resultaba en una variación de temperatura de  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ . Con el nuevo control, se ha logrado una variación de solo  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , que, de acuerdo a la norma ASTM B918, establece que el rango adecuado para el recocido es de 410 a 440  $^{\circ}\text{C}$ , encontrándose dentro de la norma, asegurando una distribución uniforme del calor y una mejor regulación de la temperatura. Esto garantiza tratamientos más consistentes y de alta calidad en las piezas sometidas al proceso, crucial para la integridad y rendimiento de los componentes aeronáuticos.

La implementación del nuevo sistema ha llevado a una reducción considerable en los costos operativos siento el costo de contratación de \$100 a \$500 por tonelada, y ahora de 0. Antes, la empresa Ala de Transportes Nro. 11 dependía de la subcontratación de servicios externos para tratamientos térmicos, lo que implicaba una disponibilidad limitada de 8 am a 4 pm. Ahora, la empresa puede realizar estos procesos de manera autónoma, disponible las 24 horas del día, mejorando la capacidad de respuesta y la flexibilidad operativa. Esto ha resultado en un ahorro significativo en gastos de subcontratación.

La implementación de un sistema de control basado en modelos matemáticos ha permitido una regulación más precisa de la temperatura y otros parámetros críticos del proceso, reduciendo el error a  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Esta mejora ha sido vital para optimizar el rendimiento del horno, asegurando la producción de alta calidad y mejorando la eficiencia del proceso.

Con la modernización del horno, se han implementado tecnologías más eficientes para el control de fallos y la protección del equipo. Se ha añadido un protector de fase para mantener el equipo seguro ante sobrevoltajes y fallas eléctricas. Además, se ha mejorado la interfaz de control, haciéndola más intuitiva y amigable para los operarios, permitiéndoles modificar y visualizar la temperatura del equipo con mayor facilidad y precisión.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda establecer un programa riguroso de mantenimiento preventivo y correctivo para el horno de tratamientos térmicos. Esto incluye la revisión periódica de los componentes mecánicos y del sistema de control para asegurar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil del equipo. Además, se debe considerar la actualización continua de la tecnología utilizada para mantener la competitividad y la eficiencia operativa.

Es importante que el personal encargado de operar y mantener el horno reciba capacitación continua sobre las nuevas tecnologías y procedimientos implementados. Esto garantizará que el equipo sea utilizado de manera eficiente y segura, y que el personal esté al tanto de las mejores prácticas y de las normativas de seguridad y calidad.

Se debe implementar un sistema robusto de monitoreo y registro de datos operativos del horno para analizar su rendimiento y detectar posibles áreas de mejora. La recopilación y el análisis de datos en tiempo real permitirán identificar tendencias y problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos graves, optimizando así la operación del equipo.

Se recomienda investigar y evaluar constantemente nuevas tecnologías y métodos que puedan ser aplicados al horno de tratamientos térmicos. Esto puede incluir la adopción de nuevas técnicas de control de temperatura, la integración de sistemas de automatización avanzados, o la implementación de materiales más eficientes para la construcción y el aislamiento del horno.

Es necesario considerar el rediseño de la red de alimentación eléctrica del hangar, ya que actualmente las resistencias del horno requieren un voltaje de 240V para operar a su máxima capacidad, pero la red solo proporciona 200V. Esta discrepancia afecta el tiempo de respuesta del horno y su eficiencia general. Ajustar la red de alimentación garantizará que las resistencias trabajen a su capacidad óptima, mejorando así el rendimiento del horno.



## REFERENCIAS

- [1] ALA DE TRANSPORTES NRO. 11, «fae.mil.ec,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.fae.mil.ec/ala-de-transportes-nro-11/>. [Último acceso: 13 Marzo 2024].
- [2] M. Becerra Rodríguez, V. J. Aguilar Díaz, J. Bernardino González y F. Santana Ramírez, «Tratamientos térmicos,» *TEPEXI*, vol. 8, nº 15, pp. 41-42, 2021.
- [3] chipschmeets, Artist, *Horno de silenciador industrial de alta resistencia Thermolyne modelo FA 1630*. [Art]. 2010.
- [4] B. M. Pillajo Corella, «BIBDIGITAL,» 20 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/14106>. [Último acceso: 19 Marzo 2024].
- [5] E. A. MARANHÃO, Artist, *Proceso de horno de arco eléctrico (EAF)*. [Art]. Companhia Siderúrgica Nacional, 2020.
- [6] M. H. Zhang, Artist, *Horno de inducción para el tratamiento térmico*. [Art]. Liuxingke.
- [7] G. M. G. MENA, «repositorio.utm,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1609/8/CD00059-TESIS.pdf>. [Último acceso: 19 Marzo 2024].
- [8] Nabertherm, Artist, *Hornos de cámara con circulación de aire*. [Art]. Nabertherm, 2024.
- [9] M. Grace, Artist, *Calentador de horno tubular de elemento calefactor de aire recto eléctrico*. [Art]. Dingming, 2024.
- [10] I. P. y. Repuestos, Artist, *FULL GAUGE / CONTROL TO711B TERMOSTATO PARA HORNOS 230V*. [Art]. IPR Partes y Repuestos, 2024.
- [11] C. A. O. H. Héctor Aguirre Corrales, «revistas.utp,» Agosto 2009. [En línea]. Available: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/2595/1501>. [Último acceso: 19 Marzo 2024].
- [12] J. M. Naya, «Julio Martinez Naya S.A,» 2020. [En línea]. Available: <https://juliomartineznaya.com/resistencias-industriales-aplicacion-usos/resistencias-hornos-industriales/#:~:text=Las%20resistencias%20el%C3%A9ctricas%20para%20hornos,y%20los%201.300%C2%B0C..> [Último acceso: 13 Marzo 2024].
- [13] M. Control, Artist, *Resistencias Eléctricas*. [Art]. Maxwell Control, 2024.
- [14] C. Ferrer, «pirobloc,» 21 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.pirobloc.com/blog-es/principios-de-transferencia-de-calor-en-ingenieria/>. [Último acceso: 19 Marzo 2024].
- [15] A. R. J. Ramírez, «Ley de Ohm,» UAM-Azcapotzalco, México, 2019.

- [16] R. G. Budynas y J. Keith Nisbett, *Mechanical Engineering Design*, New York: McGraw-Hill, 2008.
- [17] K. Ogata, *Ingeniería de control moderna*, Madrid: PEARSON, 2010.
- [18] P. I. Jaramillo Carrasco y P. A. Peralta Rubio, «rraae,» 2022. [En línea]. Available: [https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UPS\\_ceaa5d55bbdcc7f44897b24b726abbe1](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UPS_ceaa5d55bbdcc7f44897b24b726abbe1). [Último acceso: 11 05 2024].
- [19] W. Olarte, Artist, *Medidor de Ultrasonido*. [Art]. Universidad Tecnológica de Pereira, 2010.
- [20] innovatenate, Artist, *Thermal simulation*. [Art]. 2017.
- [21] G. Palacios Panesso, H. G. Pantoja Olave y A. A. Pantoja Olave, «Calculo, diseño y construcción de horno de arco eléctrico para fundir aceros con capacidad de 30 kilos,» C.U.A.O, Cali, 1985.
- [22] A. Corporativo, «SCHEMIN,» 27 05 2022. [En línea]. Available: <https://scheminperu.com/blog/cemento-refractario-2/>. [Último acceso: 20 05 2024].

ANEXOS

**FUERZA AÉREA ECUATORIANA**  
**ORDEN DE TRABAJO**

**REPARTO: ALA Nro. 11**

1. No de Orden de Trabajo <b>WO-C295-72-21</b>	2. Lugar de trabajo <b>HANGAR</b>	3. Avión <b>N/A</b>	4. Serie Avión <b>N/A</b>	5. Horas del Avión <b>3116:45</b>	6. Fecha de Emisión <b>23-may-2024</b>
7. Modelo Motor <b>PW127G</b>	8. Serie/Motor <b>PCE AX0294</b>	9. Tiempo desde Nuevo (TSN) <b>3116:45:00</b>	10. Tiempo desde Overhaul (TSO) <b>N/A</b>	11. Grado y Nombre emisor de W.O. <b>CBOS. QUEZADA C.</b>	
12. Identif. Componente e equipo <b>N/A</b>	13. Número de Serie <b>N/A</b>	14. Tiempo desde Nuevo <b>N/A</b>	15. Tiempo desde Overhaul <b>N/A</b>	16. Grado y Nombre archivo de W.O. <b>CBOS. QUEZADA C.</b>	
17. Referencias técnicas, OT's, Tarjetas de Trabajo, etc.	18. Tipo de Mantenimiento (Preventivo, correctivo) <b>P</b>	19. COMIENZA dd/mm/aa Hora <b>23-May-2024 08:00</b>	20. TERMINA dd/mm/aa Hora <b>23-May-2024 16:00</b>	21. Total Horas Hombre <b>08:00</b>	22. Grado y Nombre <b>CBOS. QUEZADA C.</b>
a. <b>OTM 21-05-00 Externa Seruicive. Reemplazo de componentes</b>				Firma: <i>[Signature]</i>	
b. <b>Reemplazo de componentes</b>				Firma: <i>[Signature]</i>	

**23. DISCREPANCIAS:**  
REQUIERE REALIZAR PRESERVACIÓN DEL MOTOR PW127G SIN PCE AX0294 SITUADO EN EL HANGAR MILITAR.

**24. ACCIÓN CORRECTIVA:** Se ha realizado la preservación del motor PW127G, serial PCE-AX0294, ubicado en hangar militar. Los trabajos de mantenimiento efectuados han sido completados de manera satisfactoria según datos respaldados o aprobados.



























25. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	Jefe Centro de Planificación y Control de Mantenimiento <i>[Signature]</i> SUPERVISOR (CÓDIGO, NOMBRE Y FIRMA)	INSP. CONTROL CALIDAD (GRADO, NOMBRE Y FIRMA) SUPERVISOR (CÓDIGO, NOMBRE Y FIRMA) <i>[Signature]</i> SUBE AVIACIÓN C.
-------------------------------	--	--

EL SUPERVISOR ASIGNADO, VERIFICARÁ QUE EL PERSONAL DE ENCUENTRA CON LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA CUMPLIR CON EL TRABAJO. UNA VEZ CONCLUIDA LA TAREA ESTE ORDEN DE TRABAJO DEBE SER REMITIDA A LA SECCIÓN CONTROLES PARA SU REGISTRO Y CONTROL.

**28 DE MAYO DE 2021**

**ANVERSO: FORMA FAE-REGTEC-003-001 REV. 1**

Anexo 1. Orden de trabajo 1 (Primera Página).

 <b>Fuerza Aérea Ecuatoriana</b> ALA DE TRANSPORTES Nro. 11 Programa de Mantenimiento CASA C 295M									
Modelo:	Matricula:	Serie	Version	Horas	Ciclos:	Inspeccion Tipo:	Orden de Trabajo Nro.	Fecha:	Página:
PW-127G	N/A	PCE-AJ0294	N/A	3116:45:00	2973	PRESERVACION	WO-C295-72-21	23-may-24	1-1
Preservación									
ORD.	Ref.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO			TÉCNICO	SUPERVISOR	OBSERVACIONES		
Desiccant and humidity indicator reactivation									
1	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Reactivate desiccant bags and humidity indicators (refer to Engine Servicing, Preservation/Depreservation, Desiccant and Humidity Indicator Reactivation)			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
2	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Put 12 desiccant bags (approximately 5 [lb] or 2.3 [kg]) on wooden racks in the engine exhaust duct and 1 [lb] or 0.5 [kg] of desiccant on wooden rack at the engine inlet. Place humidity indicators at a visible location to allow inspection. <b>NOTE:</b> During the period of storage, the humidity indicator must be inspected at seven-day intervals. If color changes it shows that the humidity is above 40%, thus the humidity indicator and desiccant must be replaced or reactivated to eliminate moisture. Record the results of the inspections on column "OBSERVATIONS"			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
Oxidation and corrosion prevention									
3	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Carry out a visual inspection of the engine externals. If corrosion found, repair per maintenance manual recommendations			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
4	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Seal off all openings to the engine including P2.5 and P3 ports			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
5	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Remove cover plates from unused accessory drive pads and spray exposed surfaces and gear shafts with engine oil PWC03-001. Re-install cover plates			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
6	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Spray exposed accessory drive pads with engine oil PWC03-001 and protect with shipping covers. <b>CAUTION:</b> Under no circumstances should engine oil be sprayed into air inlet or exhaust of engine. Dirt particles deposited on rotor and stator components covered with oil could adhere and alter airfoil shapes, adversely affecting engine efficiency.			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
7	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Apply rust inhibitor PWC15-011, PWC15-011A or corrosion preventive compound PWC15-015 to the front inlet case, rear inlet, RGB cases externals flange, engine mount pads on AGB, RGB and around any mounted accessory pads and propeller shaft.			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
Accesorios									
8	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve fluid handling components in accordance with STORAGE, Accesorios installed on a stored engine, lit. a			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
9	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve electrical components in accordance with STORAGE, Accesorios installed on a stored engine, lit. b			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
10	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve cabin air supply pneumatic valve in accordance with STORAGE, Accesorios installed on a stored engine lit. c			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
11	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve intercompressor bleed valve in accordance with STORAGE, Accesorios installed on a stored engine, lit. d			 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-098	 Fecha: 23-May-2024 Nro Hab: 11-01-182	SIU		
 FIRMA SUPERVISOR DE INSPECCION					 FIRMA INSPECTOR CONTROL DE CALIDAD				
 FIRMA JEFE DE LA ESCUADRILLA									

Anexo 2. Orden de trabajo 1 (Segunda Página).

# FUERZA AÉREA ECUATORIANA ORDEN DE TRABAJO

**REPARTO: ALA Nro. 11**

1. N.º de orden de trabajo	WO-C295-72-269	2. Lugar de trabajo	HANGAR	3. Aeronave/conjunto principal	C295M	4. Serie aeronave/conjunto principal	FAE 1030	5. Horas del aeronave/conjunto principal	3639:45	6. Fecha de emisión	27-may-2024
7. Modelo de motor	PW127G	8. Serie del motor	PCE-A0274 PCE-A0280	9. Tiempo desde nuevo (TSN)	3839:45 1286:15	10. Tiempo desde overhaul (TSO)	N/A	11. Grado y nombre emisor de W.O.	CBOS. QUEZADA C.	12. Identif. Componente o equipo	N/A
13. Número de serie	N/A	14. Tiempo desde nuevo	N/A	15. Tiempo desde overhaul	N/A	16. Grado y nombre archivo de W.O.	CBOS. QUEZADA C.	21. Total horas hombre	08:00	22. Grado y Nombre	CBOS. QUEZADA C.
17. Referencias técnicas, OT, tarjetas de trabajo, etc.		18. Tipo de mantenimiento (programado, correctivo, reparación o modificación)	P.	19. Comienzo		20. Termina		Firma:			
a. ENT 72.00.00 ENGINE				dd-mm-aa	27-May-2024	dd-mm-aa	16:00	Firma:			
b. Desbalance - Desbalanceo								Firma:			

**23. Discrepancias:**

**REQUIERE REALIZAR TAREAS DE MANTENIMIENTO POR CONTROL DE HUMEDAD DE LOS MOTORES #1 Y #2**

**1. Acción correctiva:** Certificado que los motores operaron 112 de la semana que los motores han sido inspeccionados de acuerdo a la tarea control de humedad según referencia técnica ENT 72-00-00 Engine assembly, Preservation, Degreasing. Los trabajos de mantenimiento efectuados han sido completados de manera satisfactoria según datos aceptables o aprobados.

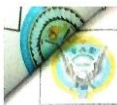
25. Firmas de responsabilidad (grado, nombre y firma)	Jefe del Centro de Planificación y Control de Mantenimiento (grado, nombre y firma)	Supervisor (grado, nombre y firma)	Inspector de Control de Calidad (grado, nombre y firma)
	Capt. Para. Vela	Sup. Iema J. Pico	Subs. Alvarez C.

El supervisor asignado, verificará que el personal se encuentra con la documentación técnica vigente, equipos y herramientas (calibradas si aplica) necesarias para cumplir con el trabajo, una vez concluida la tarea esta orden de trabajo debe ser remitida a la sección controles para su registro y control.

**Anverso: Forma FAE-Regtec-003-001 rev.1**

**28 de mayo de 2021**

Anexo 3. Orden de trabajo 2 (Primera Página).



**Fuerza Aérea Ecuatoriana**  
ALA DE TRANSPORTES No. 11  
Programa de Mantenimiento CASA C-295M





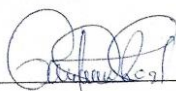
Modelo:	Matricula:	Serie	Versión	Horas	Ciclos:	Inspección Tipo:	Orden de Trabajo Nro.	Fecha:	Página:
C 295M	FAE 1030	117	ED03	3639:45:00	3811	PRESERVACIÓN	WG-C295-72-259	27-May-24	1-1
PRESERVACIÓN									
ORD.	Ref.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO			TÉCNICO	SUPERVISOR	OBSERVACIONES		
Desiccant and humidity indicator reactivation									
1	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Reactivate desiccant bags and humidity indicators (refer to Engine Servicing, Preservation/Depreservation, Desiccant and Humidity Indicator Reactivation)			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
2	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Put 12 desiccant bags (approximately 5 [lb] or 2.3 [kg]) on wooden racks in the engine exhaust duct and 1 [lb] or 0.5 [kg] of desiccant on wooden rack at the engine inlet. Place humidity indicators at a visible location to allow inspection. <b>NOTE:</b> During the period of storage, the humidity indicator must be inspected at seven-day intervals. If color changes, it shows that the humidity is above 40%, thus the humidity indicator and desiccant must be replaced or reactivated to eliminate moisture. Record the results of the inspections on column "OBSERVATIONS"			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
Oxidation and corrosion prevention									
3	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Carry out a visual inspection of the engine externals. If corrosion found, repair per maintenance manual recommendations			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
4	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Seal off all openings to the engine including P2.5 and P3 ports			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
5	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Spray exposed accessory drive pads with engine oil PW003-001 and protect with shipping covers. <b>CAUTION:</b> Under no circumstances should engine oil be sprayed into air inlet or exhaust of engine. Dirt particles deposited on rotor and stator components covered with oil could adhere and alter airfoil shapes, adversely affecting engine efficiency.			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
6	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Apply rust inhibitor PWC15-011, PWC15-011A or corrosion preventive compound PWC15-015 to the front inlet case, rear inlet, RGB cases externals flange, engine mount pads on AGB, RGB and around any mounted accessory pads and propeller shaft.			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
Accessories									
7	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve fluid handling components in accordance with STORAGE, Accessories installed on a stored engine, lit. a			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
8	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve electrical components in accordance with STORAGE, Accessories installed on a stored engine, lit. b			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
9	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve cabin air supply pneumatic valve in accordance with STORAGE, Accessories installed on a stored engine lit. c			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
10	EMM 72.00.00 ENGINE SERVICING, PRESERVATION/DEPRESERVATION	Preserve intercompressor bleed valve in accordance with STORAGE, Accessories installed on a stored engine, lit. d			<i>Jug</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-098	<i>Pablo Lora</i> CASA, POCUNO J Fecha: 27-May-2024 No Hab: 11-01-182	S/N		
<i>Sergio Lora</i> FIRMA SUPERVISOR DE INSPECCIÓN					<i>SUBJ. ALVARO C.</i> FIRMA INSPECTOR CONTROL DE CALIDAD				

**Anexo 4. Orden de trabajo 2 (Segunda Página).**



Fuerza Aérea  
Ecuatoriana

## CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE MANTENIMIENTO DE AERONAVE (CCM-A)

<b>1. NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN:</b> GRUPO LOGÍSTICO Nro. 112. ESCUADRÓN MANTENIMIENTO AVIACIÓN LIVIANA Nro. 1122.				<b>92. No. DE REFERENCIA DEL CCM-A:</b> OMA-FAE-ALA11-C295M-2024-069			
<b>3. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA AERONAVE, MOTOR(ES), APU, HÉLICE(S)</b>							
DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	SERIE No.	HORAS (TSN)	HORAS (TBO)	CICLOS (TSN)	CICLOS (TBO)
AVIÓN	CASA	C-295M	117 FAE 1030	3639:45:00	N/A	3811	N/A
MOTOR	PRATT & WHITNEY	PW127G	PCE-AX0274	3639:45:00	0:00:00	3436	0
MOTOR	PRATT & WHITNEY	PW127G	PCE-AX0290	1296:15:00	0:00:00	1424	0
HÉLICE	HAMILTON SUNDSTRAND	N/A	NO INSTALADAS	0:00:00	0:00:00	N/A	N/A
HÉLICE	HAMILTON SUNDSTRAND	N/A	NO INSTALADAS	0:00:00	0:00:00	N/A	N/A
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS:</b>							
TARJETAS DE MANTENIMIENTO POR CONTROL DE HUMEDAD DE LOS MOTORES PW127G S/N. PCE-AX0274, PCE-AX0290 AERONAVE FAE-1030, SEGÚN DESCRIPCIÓN TÉCNICA 72.00.00 ENGINE SERVICING PRESERVATION Y WO-C295-72-289.							
*Certifico que la aeronave y productos aeronáuticos conexos (numeral 3), ha sido inspeccionada, de acuerdo con las tareas descritas (numeral 4) en este documento (o adjuntos), y que los trabajos de mantenimiento efectuados han sido completados de manera satisfactoria y según datos aceptados o aprobados (descritos en el numeral 4, por cada tarea) En cumplimiento a las regulaciones de aeronavegabilidad militar (Regtec 007) "Mantenimiento aeronáutico" numeral 19.7.4.1 y las que aplique) y datos de mantenimiento aprobados/aceptados vigentes.							
<b>5. FECHA:</b> 27-MAY-2024				<b>6. CERTIFICA</b>  FIRMA:  NOMBRE: SUBS. CARLOS ÁLVAREZ INSPECTOR CONTROL DE CALIDAD C295M			
<b>LEGALIZACIÓN DE LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA PARA EL RETORNO AL SERVICIO</b>							
<b>7. FECHA:</b> 27-MAY-2024				<b>8. AUTORIZA</b>  FIRMA:  NOMBRE: CAPT. WILMER RAZA JEFE DEL CPCM. ESC. Nro. 1122.			
<b>9. FECHA:</b> 27-MAY-2024				FIRMA:  NOMBRE: CAPT. WILMER RAZA COMANDANTE. ESC. Nro. 1122, ACC.			

Forma FAE-Regtec-006-005

Rev. 1

05-oct-21

**Anexo 5. Orden de trabajo 2 (Tercera Página).**

E. Desiccant and Humidity Indicator Reactivation

- (1) Heat humidity indicator in oven at 102 to 121°C (215-250°F) until humidity indicator turns blue. Heat desiccant for two hours or more as necessary.
- (2) Allow oven to cool to room temperature.
- (3) Place desiccant and indicator in evacuated heat-sealed polyethylene envelope until required for use.

F. Depreservation (Engine)

- (1) 0 to 14 days - No depreservation required.
- (2) 15 to 28 days - Remove the moisture barriers that were previously used. Make sure that all previously sealed engine openings are reopened and are unobstructed.
- (3) 29 to 90 days - Carry out the following steps:
  - (a) Remove engine intake and exhaust covers, desiccants, wooden racks, humidity indicators and moisture barriers that were previously used. Make sure that all previously sealed engine openings are reopened and are unobstructed.
  - (b) Connect the fuel supply line to the engine (Ref. AMM).
  - (c) Disassemble and inspect the P2.5/P3 switching valve components for corrosion. Replace valve components as required and install again (Ref. 72-30-00, COMPRESSOR SECTION - MAINTENANCE PRACTICES).
  - (d) Depreserve the engine fuel system (Ref. Step [\(6\)](#)).
- (4) 90 days and over - Carry out the following steps:
  - (a) Remove engine intake and exhaust covers, desiccants, wooden racks, humidity indicators and moisture barriers that were previously used. Make sure that all previously sealed engine openings are reopened and are unobstructed.
  - (b) Connect the fuel supply line to the engine (Ref. AMM).
  - (c) Disassemble and inspect the P2.5/P3 switching valve components for corrosion. Replace valve components as required and install again (Ref. 72-30-00, COMPRESSOR SECTION -

---

Export Classification: Outside US (EAR): Contains 10-25% 9E991&, US (EAR): 9E619.a., Outside US (ITAR): NSR, US (ITAR): NSR, EIPA (ECL): NSR, DPA (CGD): NSR Page 27

Printed on 03/DEC/21 P&WC Proprietary – subject to restrictions in Technical Data Agreement

---

MAINTENANCE MANUAL  
Manual Part No.3044822

72-00-00 - ENGINE - SERVICING  
Rev. 45.0 - 22/NOV/21

- MAINTENANCE PRACTICES).
- (d) Depreserve the engine oil system (Ref. Step [\(5\)](#)).
  - (e) Depreserve the engine fuel system (Ref. Step [\(6\)](#)).

**Anexo 6.** Manual de proceso para el control de humedad en motores (Primera Parte).



- (5) Oil system deaeration:
- (a) Fill the oil system to MAX. mark (Ref. Para. 11.).
  - (b) Loosen oil line at the oil cooler adapter located adjacent to the oil pump (Ref. AMM).
  - (c) Disconnect oil line from the oil cooler adapter (2, Fig. 305) located adjacent to the pressure oil filter (Ref. AMM).
  - (d) Raise the connector (1) above level of engine oil inlet port. Pour engine oil (PWC03-001) slowly into the connector until oil seeps from the loose connector adjacent to the oil pump. Hand tighten the loose connector and continue pouring until the oil lines and pressure pump are filled and oil flows from connector (1).
  - (e) Connect the oil line to the oil cooler adapter (2) and torque both oil line connectors (Ref. AMM).
  - (f) Remove the pressure oil filter and cover (Ref. 72-01-50, OIL SYSTEM - SERVICING). Do not remove packings from the cover and filter.
  - (g) Remove air tube assembly (6, Fig. 306) from pressure oil check valve (Ref. 72-01-30, AIR SYSTEM - REMOVAL/INSTALLATION).

**CAUTION: COVER RESTRAINS SPRING.**

- (h) Remove bolts (1), cover (2), packing (3), spring (4) and washers (5). Record quantity. Do not remove packing from cover.
- (i) Put spring and washers into a plastic bag identified with engine serial number.
- (j) Install cover (2) and bolts (1). Tighten the bolts with your hand.
- (k) Install air tube assembly (6). Do not secure clamp assemblies (Ref. 72-01-30, AIR SYSTEM - REMOVAL/INSTALLATION).
- (l) Install the pressure oil filter and cover (Ref. 72-01-50, OIL SYSTEM - SERVICING).

**CAUTION: MAKE SURE THAT THE AIR BLEED IS OFF.**

- (m) Air Bleed - OFF.

**CAUTION: STOP MOTORING AFTER OIL PRESSURE IS REGISTERED ON GAGE.**

**CAUTION: ABORT MOTORING IF AN OIL-PRESSURE INDICATION IS NOT OBTAINED WITHIN 15 SECONDS. DETERMINE AND RECTIFY CAUSE BEFORE REPEATING RUN.**

- (n) Carry out a dry motoring run (Ref. AMM) until an oil-pressure indication is shown on gage.
- (o) Remove the pressure oil filter and cover. Discard packings (Ref. 72-01-50, OIL SYSTEM - SERVICING).
- (p) Remove air tube assembly (6) (Ref. 72-01-30, AIR SYSTEM - REMOVAL/INSTALLATION).
- (q) Remove bolts (1), cover (2) and packing (3). Discard the packing.
- (r) Lubricate new packing (3) with engine oil (PWC03-001) and install on cover (2).
- (s) Install washers (5), spring (4), cover (2) and bolts (1). Torque the bolts 32 to 36 lbf.in. (3.7-4.0 Nm) and secure with lockwire (PWC05-089) or (PWC05-295).

**NOTE:** Re-assemble using the same number of washers recorded in Step [h].

- (t) Install air tube assembly (6) (Ref. 72-01-30, AIR SYSTEM - REMOVAL/INSTALLATION).
- (u) Lubricate new packing with engine oil (PWC03-001) and install on pressure oil filter and filter cover.
- (v) Install the pressure oil filter and cover (Ref. 72-01-50, OIL SYSTEM - SERVICING).

- (6) Fuel system deaeration:

Export Classification: Outside US (EAR): Contains 10-25% 9E9918, US (EAR): 9E619.a., Outside US (ITAR): NSR, US (ITAR): NSR, EIPA (ECL): NSR, DPA (CGD): NSR Page 28

Printed on 03/DEC/21 P&WC Proprietary – subject to restrictions in Technical Data Agreement

MAINTENANCE MANUAL  
Manual Part No.3044822

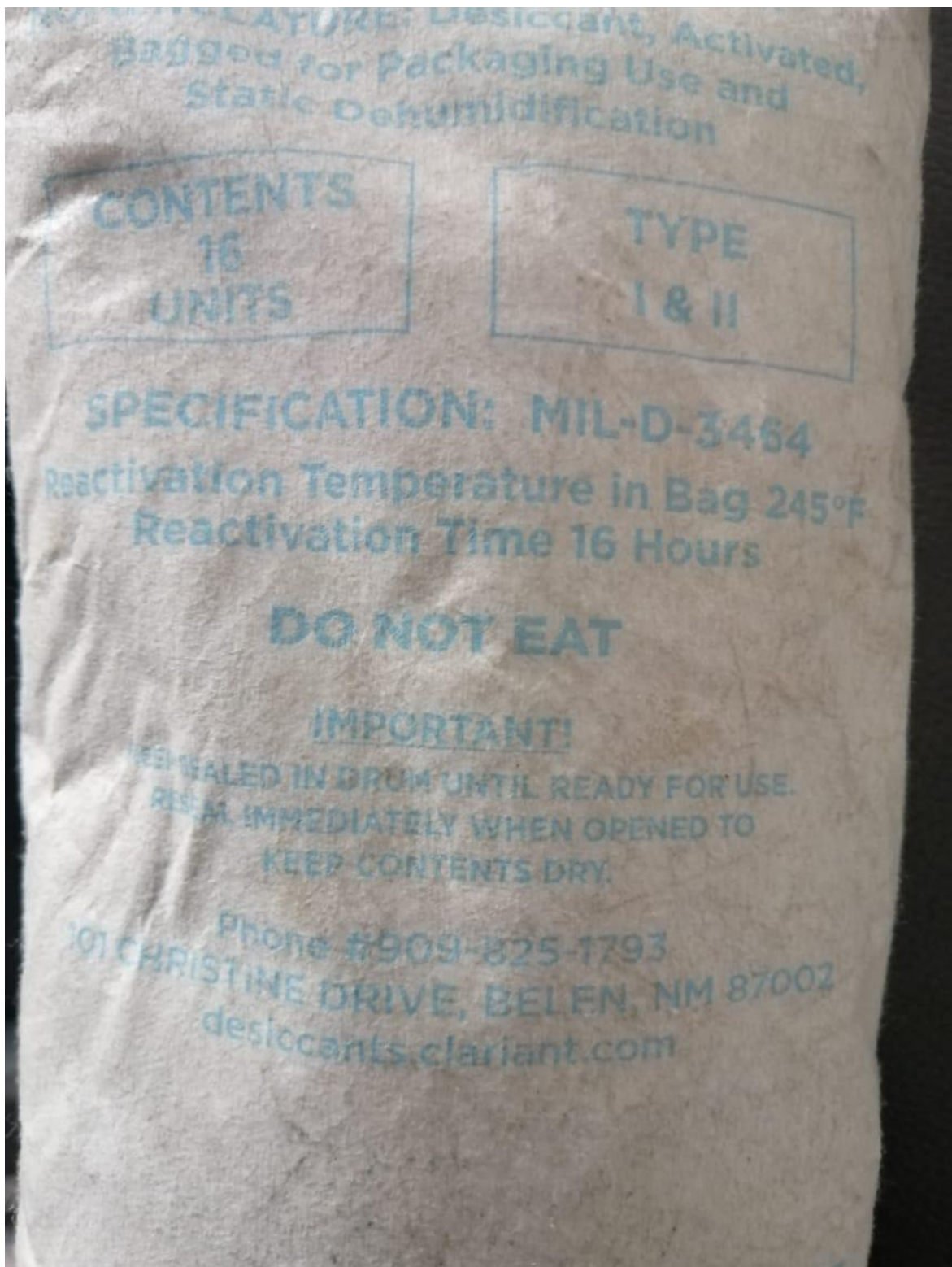
72-00-00 - ENGINE - SERVICING  
Rev. 45.0 - 22/NOV/21

- (a) Disconnect the fuel supply line to flow divider and dump valve (Ref. 72-01-40, FUEL SYSTEM - REMOVAL/INSTALLATION).

**CAUTION: PROLONGED MOTORING (IN EXCESS OF 15 SECONDS) MAY RESULT IN LEAKAGE OF OIL INTO EXHAUST DUCT AND P2.5 AIR PLENUM WITHIN COMPRESSOR CASE.**

- (b) Carry out a wet motoring run (Ref. AMM).
- (c) Check that a solid stream of fuel comes out of fuel-supply line.
- (d) Move condition lever to SHUT position. Check that stream of fuel stops.
- (e) Move condition lever to START position. Check that fuel stream resumes.
- (f) Reconnect the fuel supply line to the flow divider and dump valve (Ref. 72-01-40, FUEL SYSTEM - REMOVAL/INSTALLATION).

Anexo 7. Manual de proceso para el control de humedad en motores (Segunda Parte).



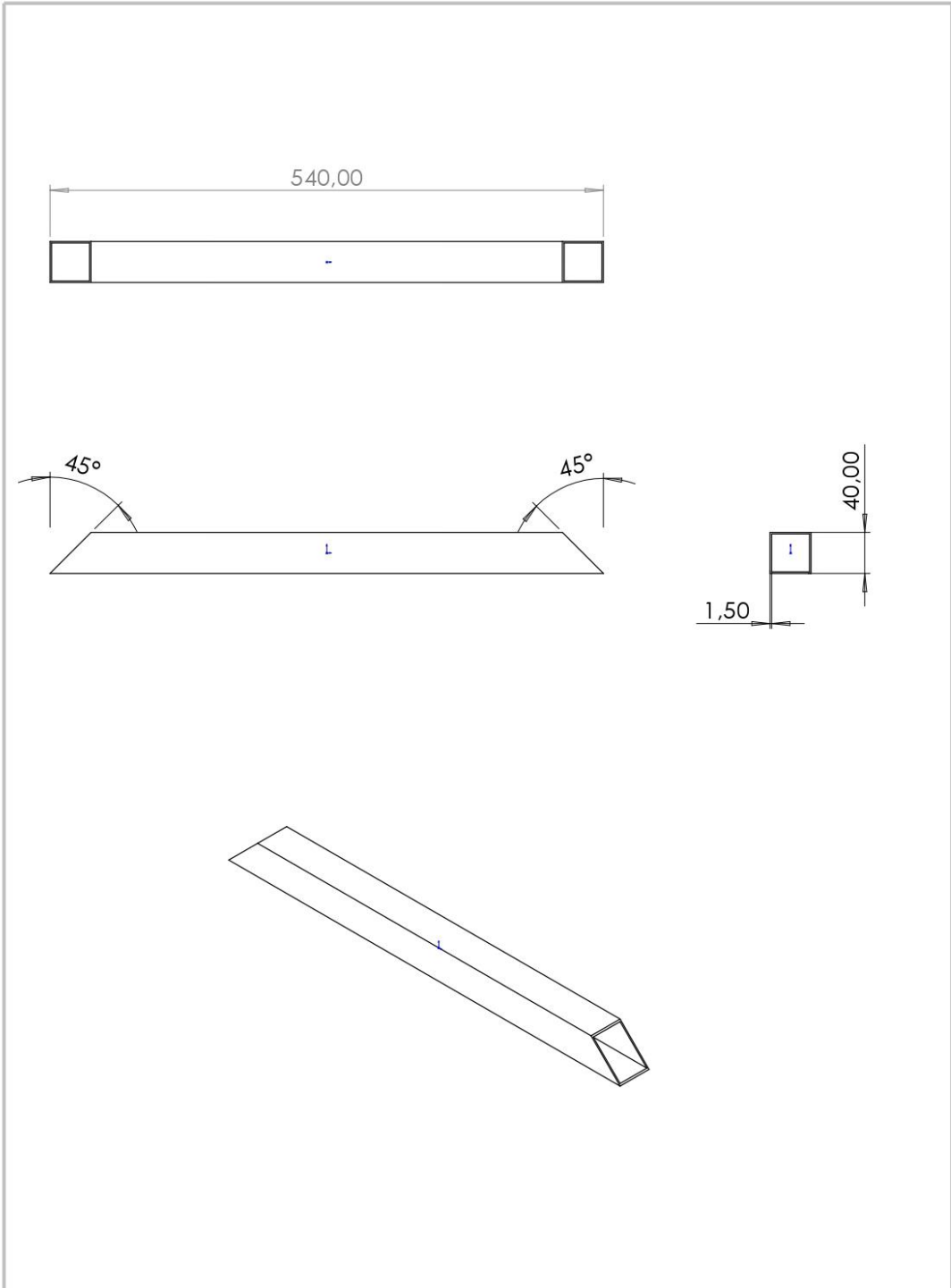
Anexo 8. Información adicional, producto DESI PAK.



Anexo 9. Pieza que requiere remaches.



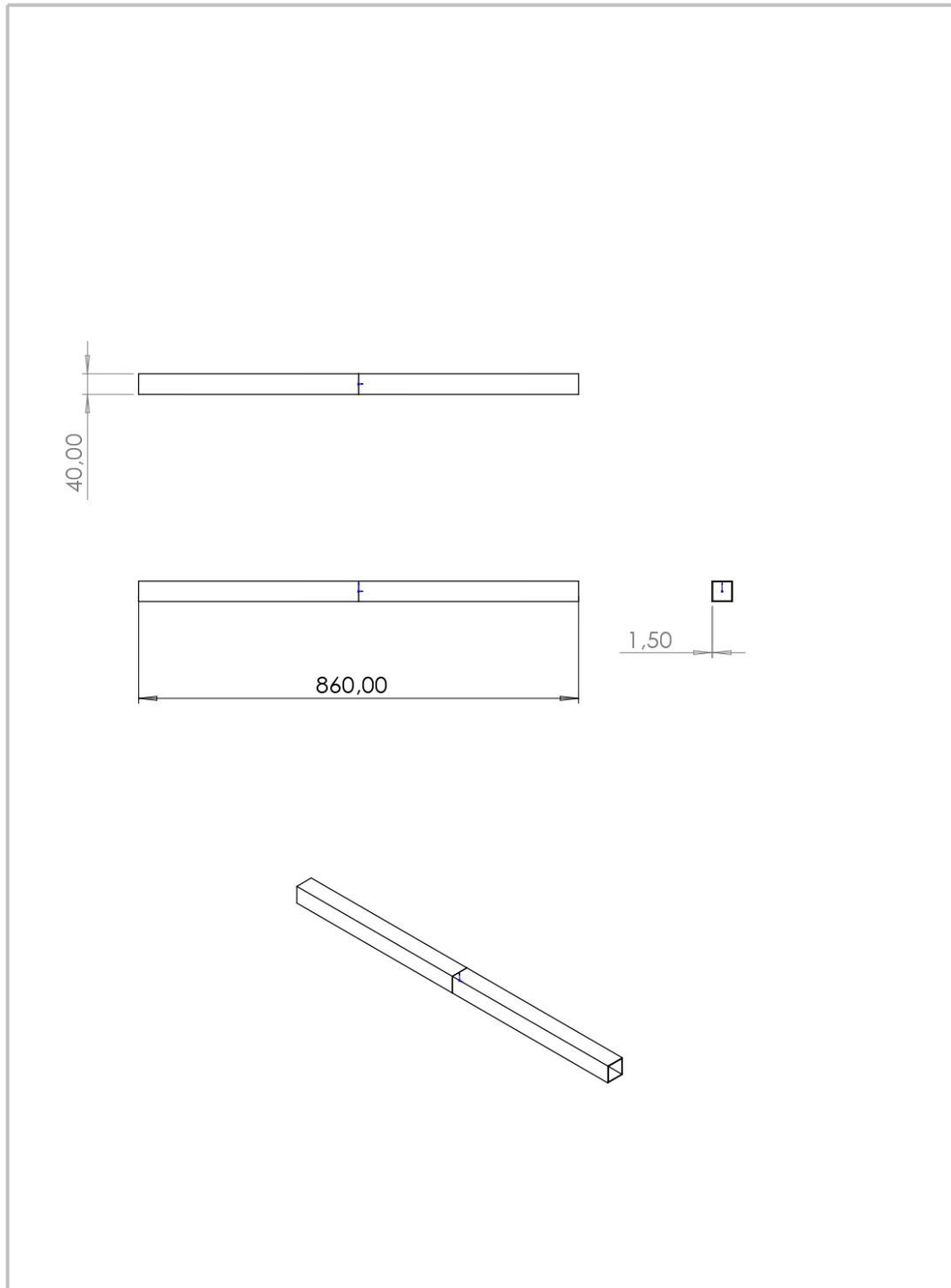
**Anexo 10.** Piezas aseguradas con remaches.



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 1018	Dim. Brutas:	40x40x6000 mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Jumbo Michael	29-06-2024	
		Dibujó:	Jumbo Michael	29-06-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	29-06-2024	
Pieza de marco	Escala: 1:5	Código:		Tol. Gral: ±1	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

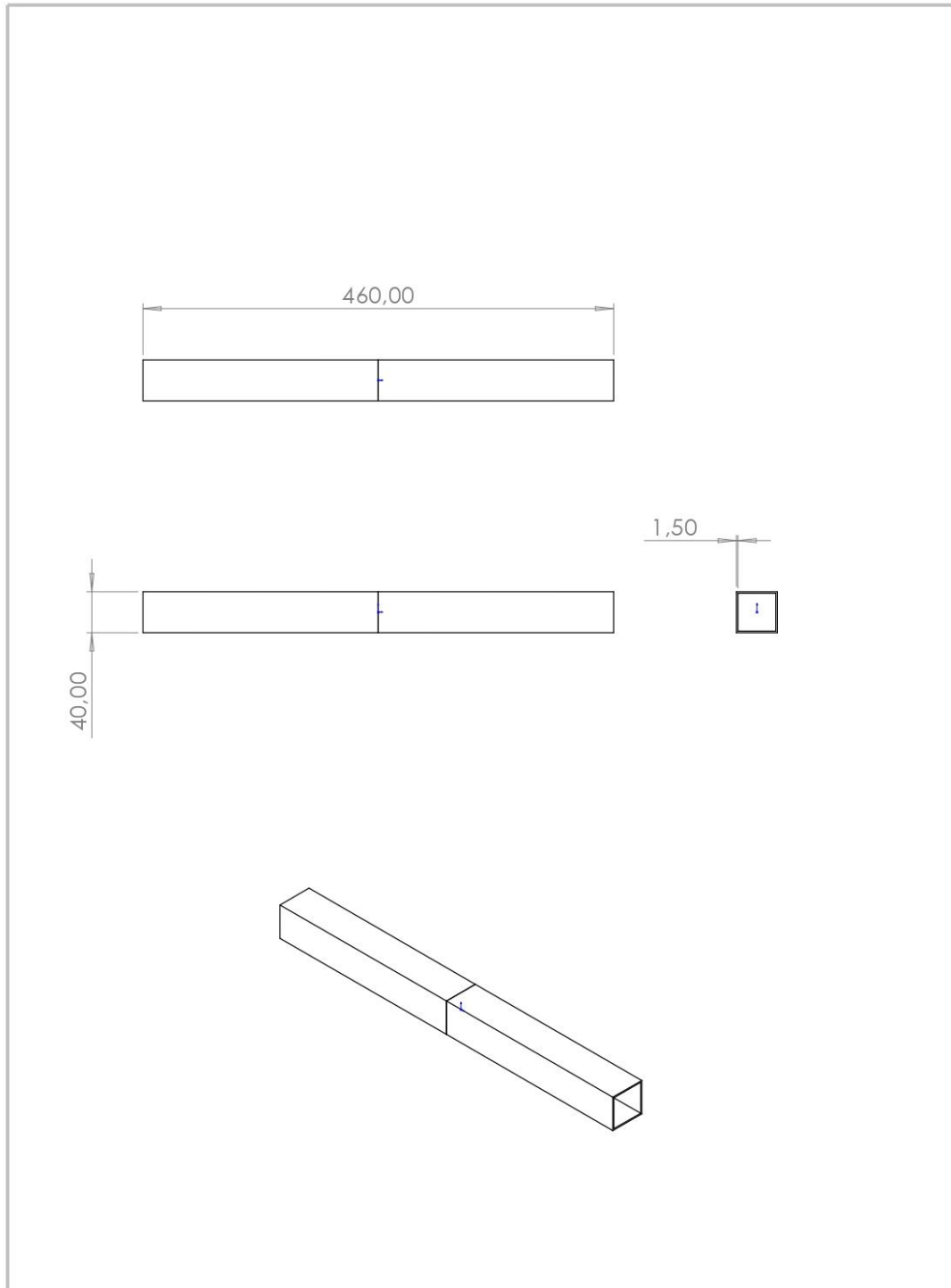
Anexo 11. Plano de construcción: Pieza de marco.



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 1018	Dim. Brutas:	40x40x6000 mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Jumbo Michael	29-06-2024	
		Dibujó:	Jumbo Michael	29-06-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	29-06-2024	
patas de mesa	Escala: 1:10	Código:		Tol. Gral:	±1

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

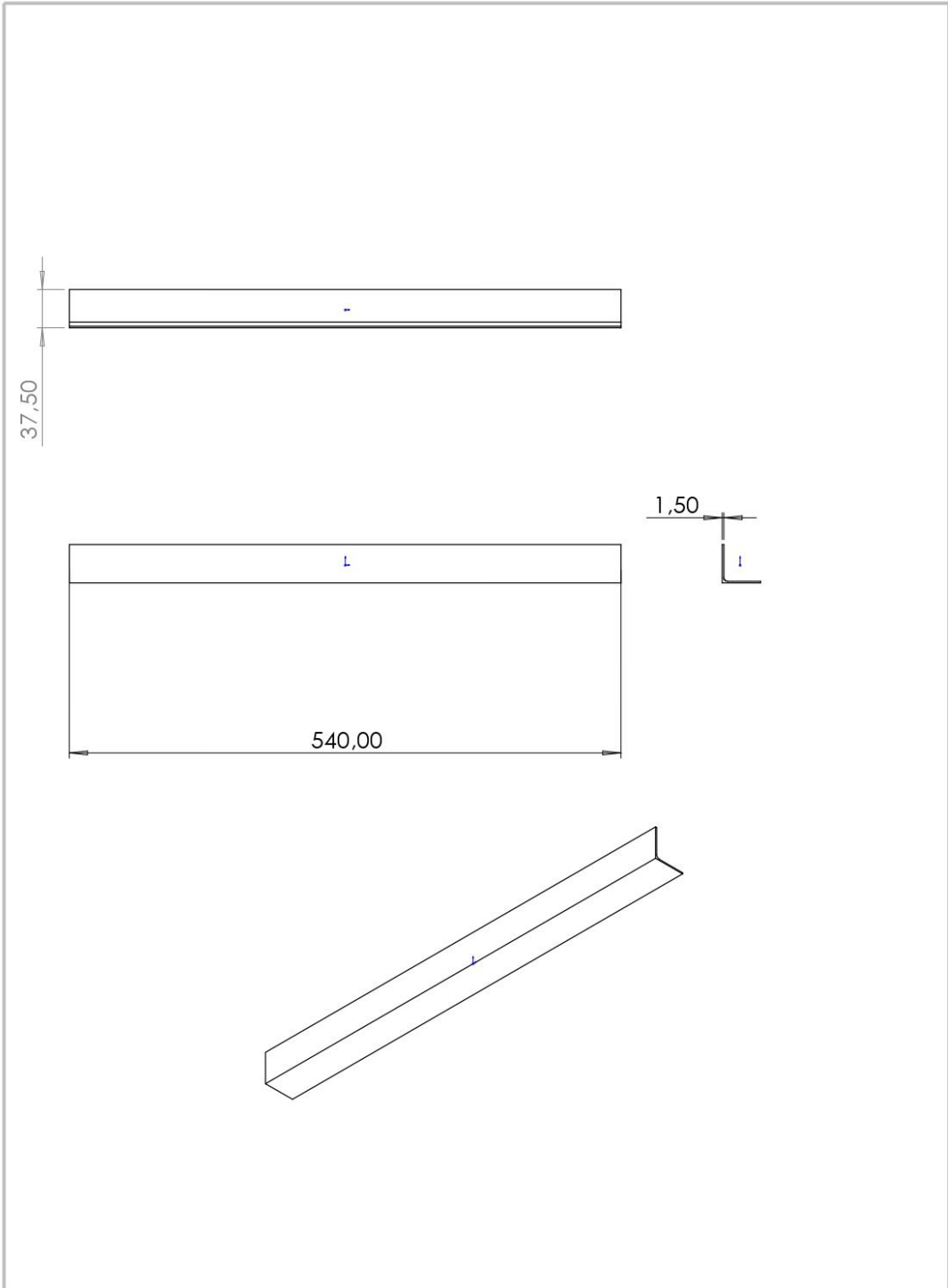
Anexo 12. Plano de construcción: Patas de mesa.



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 1018	Dim. Brutas:	40x40x6000 mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Jumbo Michael	29-06-2024	
		Dibujó:	Jumbo Michael	29-06-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	29-06-2024	
Uniones Inferiores	Escala: 1:5	Código:		Tol. Gral: ±1	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Anexo 13. Plano de construcción: Uniones Inferiores.

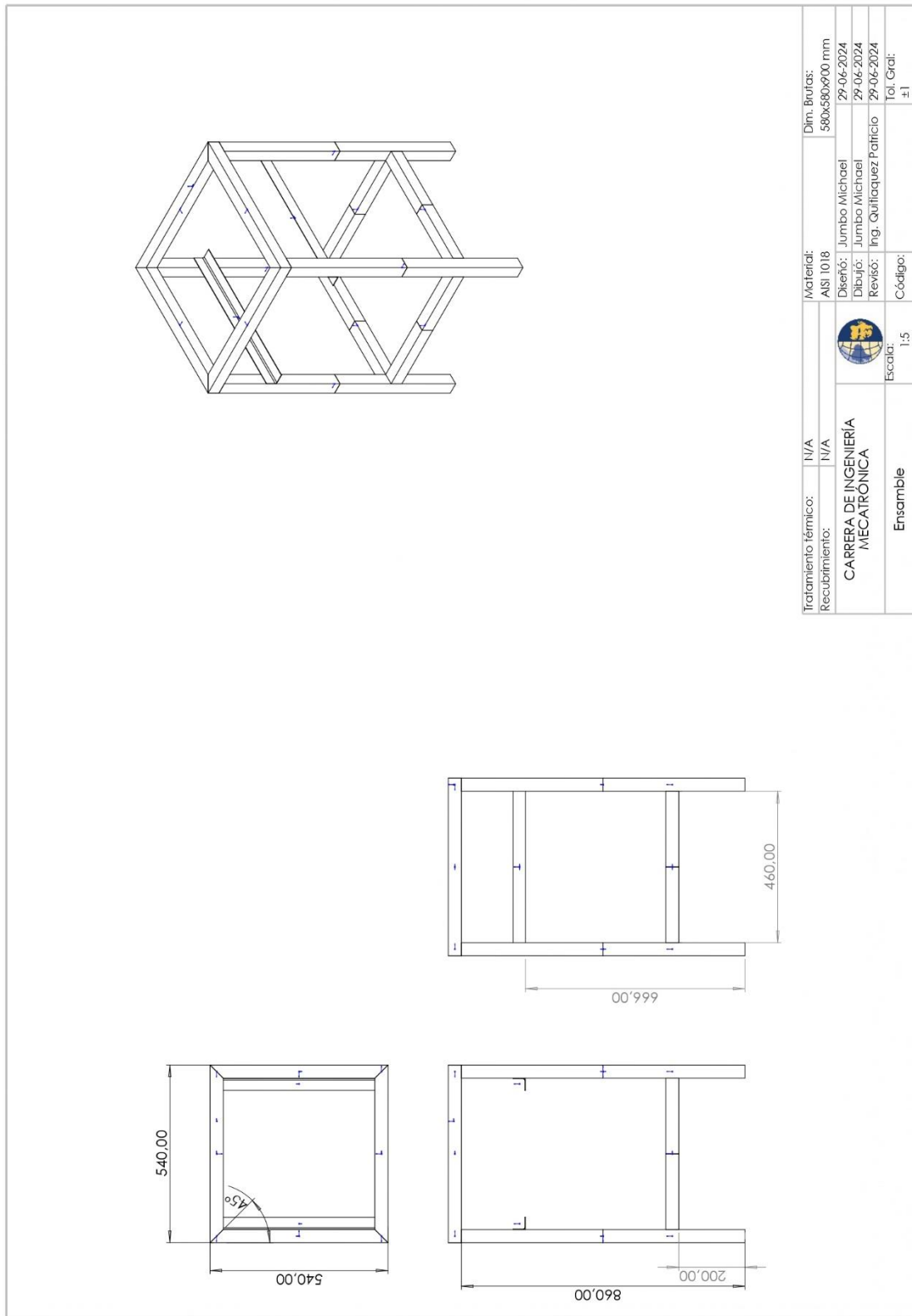


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 1018	Dim. Brutas:	40x40x600 mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA			Diseño:	Jumbo Michael	29-06-2024
			Dibujó:	Jumbo Michael	29-06-2024
			Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	29-06-2024
Angulos		Escala:	1:5	Código:	Tol. Gral: ±1

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Anexo 14. Plano de construcción: Ángulos.





Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Anexo 15. Plano de Ensamble: Mesa de Soporte.

controlador digital

REX-C100 / C400 / C410 / C700 / C900

MANUAL DE INSTRUCCIONES

IMNZC21-E1

Gracias por comprar el instrumento que RKC. Con el fin de lograr el máximo rendimiento y garantizar un funcionamiento adecuado del nuevo instrumento, lea cuidadosamente todas las instrucciones de este manual. Por favor, coloque este manual en un lugar conveniente para una fácil referencia.



#### ADVERTENCIA

- Una protección externa se debe instalar si el fallo de este instrumento podría dar lugar a daños en el instrumento, equipo o lesiones al personal.
- Todo el cableado debe ser completado antes de conectarse a la alimentación para evitar descargas eléctricas, incendios o daños al instrumento y equipo.
- Este instrumento debe ser utilizado de acuerdo con las especificaciones para evitar incendios o daños al instrumento y equipo.
- Este instrumento no está diseñado para su uso en lugares expuestos a gases inflamables o explosivos.
- No toque las conexiones de alta tensión, tales como terminales de alimentación, etc., para evitar descargas eléctricas.
- RKC no se hace responsable si se repara este instrumento, modificado o desmontado por otra persona o personal aprobada por la fábrica. Puede ocurrir un mal funcionamiento y garantía no es válida en estas condiciones.

#### PRECAUCIÓN

- Este es un instrumento de Clase A. En un entorno doméstico, este instrumento puede causar interferencias de radio, en cuyo caso puede ser necesario que el usuario tome las medidas adecuadas.
- Este instrumento está protegido de la descarga eléctrica por aislamiento reforzado. Proporcionar aislamiento reforzado entre el alambre para la señal de entrada y los cables para alimentación del instrumento de suministro, fuente de potencia y carga.
- Asegúrese de proporcionar un circuito de control de sobretensiones apropiados, respectivamente, para el siguiente:
  - Si las líneas de entrada / salida o de señalización dentro del edificio son más de 30 metros.
  - Si las líneas de entrada / salida de señal o salen del edificio, independientemente de la longitud.
- Este instrumento está diseñado para la instalación en un recinto cerrado panel de instrumentación. Todas las conexiones de alta tensión, tales como terminales de alimentación deben estar encerrados en el panel de instrumentación para evitar descargas eléctricas por el personal operativo.
- Todas las precauciones que se describen en este manual deben tomar medidas para evitar daños al instrumento o equipo.
- Todo el cableado debe realizarse de acuerdo con los códigos y reglamentos locales.
- Todo el cableado debe ser completado antes de conectarse a la alimentación para evitar descargas eléctricas, fallo del instrumento, o acción incorrecta. El poder debe estar apagado antes de reparar el trabajo para las vacaciones de entrada y el fallo de salida que incluye la sustitución del sensor, contactor o SSR, y todo el cableado debe ser completado antes de que se encienda de nuevo el poder.
- Para evitar daños al instrumento de fracaso, proteger la línea de alimentación y la entrada / líneas de salida de altas corrientes con un dispositivo de protección tales como fusibles, interruptor de circuito, etc.
- Fragmentos de metal prevenir o partículas de cable de caída en el interior de caja del instrumento para evitar descargas eléctricas, fuego o mal funcionamiento.
- Apriete cada tornillo del terminal con el par especificado en el manual para evitar descargas eléctricas, fuego o mal funcionamiento.
- Para el correcto funcionamiento de este instrumento, proporcionar una adecuada ventilación para disipación de calor.
- No conecte cables con terminales sin utilizar ya que esto va a interferir en el correcto funcionamiento del instrumento.
- Apagar la fuente de alimentación antes de limpiar el instrumento.
- No utilice un disolvente volátil como el aguarrás para limpiar el instrumento. ocurrirán deformación o decoloración. Use un paño suave y seco para eliminar las manchas del instrumento.
- Para evitar daños a la pantalla del instrumento, no se frote con un material abrasivo o empujar panel frontal con un objeto duro.
- No conecte los conectores modulares de línea telefónica.

#### DARSE CUENTA

- En este manual se asume que el lector tiene un conocimiento fundamental de los principios de la electricidad, control de procesos, la tecnología informática y de comunicaciones.
- Las figuras, diagramas y valores numéricos utilizados en este manual son sólo para propósito de ilustración.
- RKC no se hace responsable de ningún daño o lesión que se produce como resultado de la utilización de este instrumento, fallo del instrumento o daños indirectos.
- Se requiere un mantenimiento periódico para un funcionamiento seguro y adecuado de este instrumento. Algunos componentes tienen una vida útil limitada, o características que cambian con el tiempo.
- Se ha hecho todo lo posible para asegurar la exactitud de toda la información contenida en el presente documento. RKC no hace ninguna garantía expresa o implícita, con respecto a la exactitud de la información. La información contenida en este manual está sujeta a cambios sin previo aviso.
- Ninguna parte de este documento puede ser reproducido, modificado, copiado, transmitido, digitalizado, almacenado, procesado o se recupera a través de cualquier medio mecánico, electrónico, óptico o de otro tipo sin la autorización previa por escrito de RKC.

Todos los derechos reservados. Copyright © 2004, RKC INSTRUMENT INC.

**RKC** RKC INSTRUMENT INC.

## 1. CONTROL DE PRODUCTOS

C100	-	*	C400	-	*
(1) (2) (3)	(4)	(6) (7)	C410	(1) (2) (3) (4) (5)	(6) (7)
			C700		
			C900		

### (1) Acción de control

F: acción PID con autoajuste (acción inversa) D: acción PID con autoajuste (acción directa) W: calor / frío acción PID con autoajuste (refrigeración por agua) †

A: calor / frío acción PID con autoajuste (Aire de refrigeración) †

### (2) Tipo de entrada, (3) Código de Rango

Consulte el "9. TABLA rango de entrada."

### (4) Primera salida de control [OUT1] (calor lado)

Contacto de relé: M 8: Corriente (de 4 a 20 mA DC)

V: voltaje de impulso G: gatillo (para una conducción triac) ‡

### (5) segunda salida de control de [OUT2] (Cool-lateral) †

Sin símbolo: Cuando la acción de control es F o D. Contacto de relé: M

V: pulso de voltaje 8: Corriente (de 4 a 20 mA DC)

### (6) Alarma 1 [ALM1], (7) de alarma 2 [ALM2]

N: No hay alarma H: Alarma de proceso de alta  
A: Alarma de desviación alta J: Alarma de proceso bajo  
B: Alarma de desviación baja K: Proceso de alarma alta con la acción de retención  
C: Desviación alta / baja alarma L: Proceso de alarma baja con acción de retención D: alarma Band  
P: Calentador de alarma de rotura (CTL-6) †  
E: Alarma de desviación alta S: Calentador de alarma de rotura (CTL-12) †  
con la acción de retención R: alarma de rotura de lazo de control †  
F: Alarma de desviación baja  
con la acción de retención G: Desviación alta / baja alarma con  
acción de retención

† C100 no se puede especificar de calor / frío acción PID.

‡ Para el C100, cuando la salida de control se emite gatillo para la conducción del triac, sólo el

ALM1 está disponible.

§ Para el C100, no hay segunda salida de control.

¶ alarma de rotura de calentador no se puede especificar en caso de ALM1. Además, no es posible

para especificar cuando la salida de control es la salida de corriente.

‡ Como control de la alarma de rotura de lazo, sólo se selecciona ya sea la ALM1 o ALM2.



Compruebe que la tensión de alimentación es también el mismo que el especificado en el pedido.

#### <Accesorios>

Los soportes de montaje (C100 / C400 / C410 / C700 / C900): 2  
manual de instrucciones (IMNZC21-E1): 1

## 2. MONTAJE

### 2.1 Precauciones de montaje

(1) Este instrumento está destinado a ser utilizado bajo la siguiente condiciones ambientales. (IEC 61010-1)  
[VOLTAJE CATEGORÍA II, grado de contaminación 2] (2) El uso de este

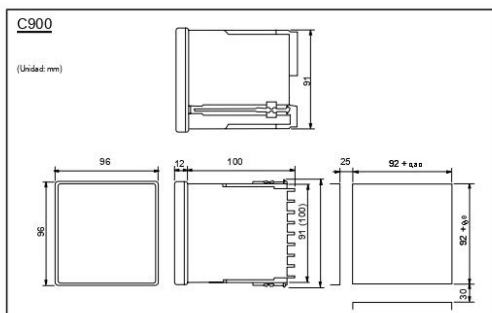
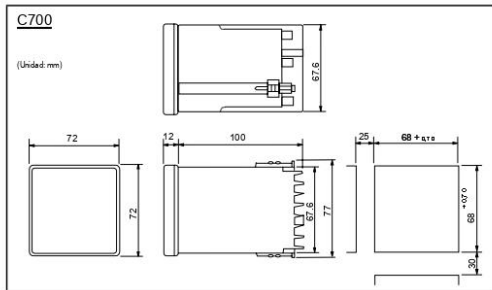
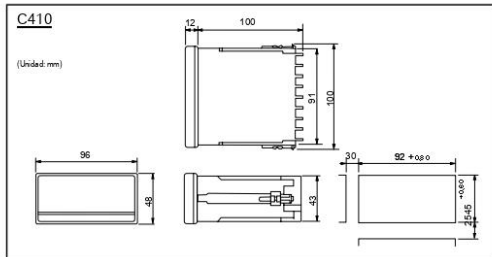
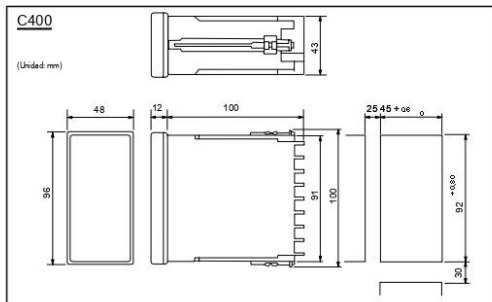
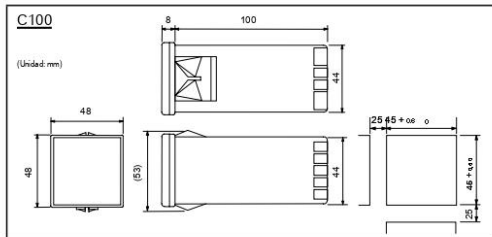
instrumento dentro de la siguiente temperatura ambiente y humedad ambiental.

• temperatura ambiente admisible: 0 a 50 ° C  
• humedad ambiente admisible: 45 a 85% de HR

(3) evitar los siguientes cuando se selecciona el lugar de montaje.  
• Rápidos cambios en la temperatura ambiente que puede causar condensación.

- Los gases corrosivos o inflamables.
- Vibraciones o golpes directos a la computadora central.
- Agua, aceite, productos químicos, vapor o vapor salpicaduras.
- polvo, la sal de hierro o partículas excesivas.
- El exceso de ruido de inducción, la electricidad estática, campos magnéticos o ruido.
- flujo de aire directo de un acondicionador de aire.
- La exposición a la luz solar directa.
- La acumulación excesiva de calor.

## 2.2 Dimensiones



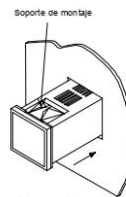
Espesor del panel: 1 a 5 mm o de 5 a 9 mm (C100)  
1 a 8 mm (C400 / C410 / C700 / C900)

## 2.3 Procedimientos de montaje

### C100

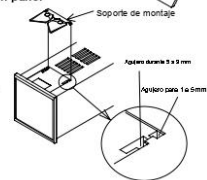
#### Quando los controladores están montados en panel con 1 a 5 mm de espesor

Dado que los soportes de montaje ya están instalados en el controlador, inserte el controlador en el panel frontal sin la eliminación de los soportes.



#### Quando los controladores están montados en panel con 5 a 9 mm de espesor

Retire los soportes de montaje desde el controlador con un destornillador de punta plana. Enganche cada soporte de montaje con los agujeros marcados con 5-9 en la carcasa y luego insertar el controlador en el panel desde la parte frontal del panel.

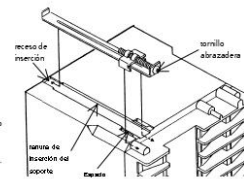


### C400 / C410 / C700 / C900

#### 1. Preparar el corte del panel como especificada en 2.2 Dimensiones.

2. Insertar el instrumento a través del corte del panel.

3. Inserte una ménsula superior de montaje a lo largo de la ranura de inserción del soporte de la parte posterior. La continuación, acoplarse con una proyección en el extremo del soporte con un rebaje en la parte delantera ranura. También inserte medidor accesorio piezas en las ranuras.



#### 4. Apretar un tornillo de ajuste del soporte de la parte posterior del soporte con Philips

destornillador. No apriete demasiado el tornillo de fijación del soporte.

#### 5. El otro soporte de montaje debe instalarse de la misma manera descrita en 3. y 4.



C900 se utiliza en las figuras anteriores para explicación, pero los mismos procedimientos de montaje también se aplican a C400 / C410 / C700.

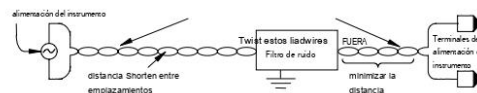
## 3. El cableado



Para evitar el fracaso de choque o instrumento eléctrico, no conecte la alimentación hasta que se complete todo el cableado.

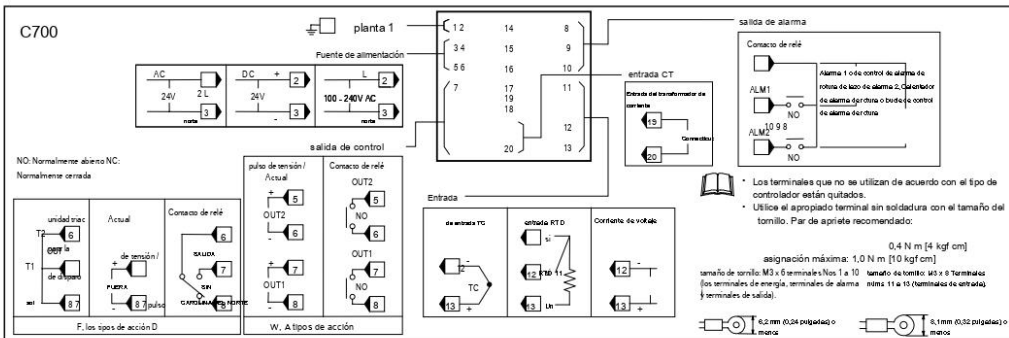
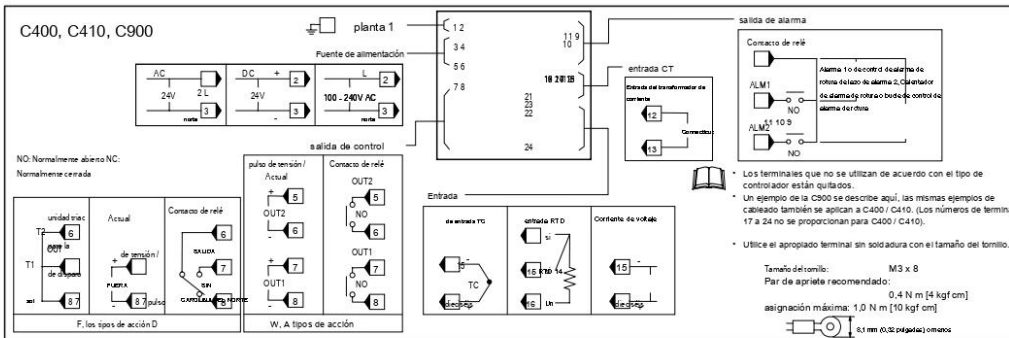
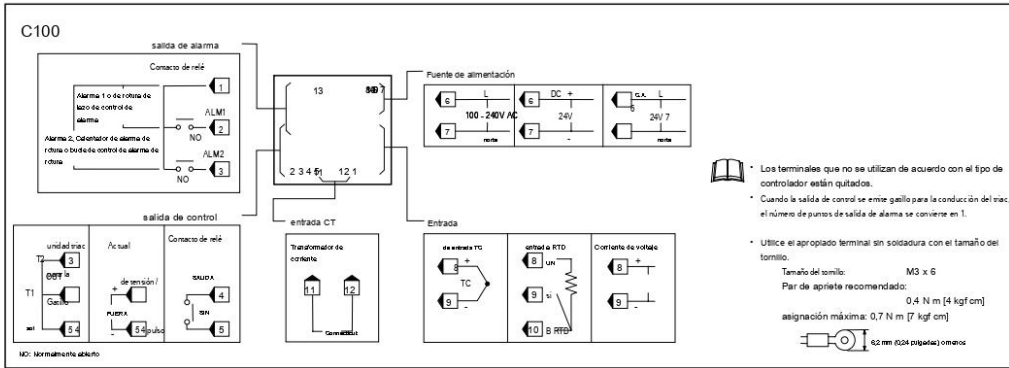
### 3.1 Precauciones de cableado

- Para terminar de entrada, utilice el cable de compensación apropiada.
- Para la entrada de RTD, utilizar cable de baja resistencia de los cables sin diferencia en la resistencia entre los tres cables de plomo.
- Para la inducción de ruido EVITAR, mantener cable de la señal de entrada lejos de la línea de alimentación del instrumento, líneas de carga y las líneas de energía de otro equipo eléctrico.
- Si hay ruido eléctrico en las proximidades del instrumento que podría afectar el funcionamiento, utilice un filtro de ruido.
  - Acorotar la distancia entre los emplazamientos de alambre de alimentación retorcidos para lograr la reducción de ruido más eficaz.
  - Siempre instale el filtro de ruido en un panel de conexión a tierra. Minimizar la distancia de cableado entre la salida del filtro de ruido y los terminales de alimentación instrumento para lograr la reducción de ruido más eficaz.
  - Hacer fusibles o interruptores no conecta al cableado de salida del filtro de ruido ya que esto reducirá la eficacia del filtro de ruido.



- Cableado de alimentación debe ser retorcida y tienen una baja caída de tensión.
- Alrededor de 6 a 8 segundos son necesarios como el tiempo de preparación para la salida de contacto cada vez que el instrumento está encendido. Utilice un relé de retardo cuando la línea de salida, se utiliza para un circuito de segunda orden.
- Este instrumento no está equipada con un interruptor de la fuente de alimentación o los fusibles. Por lo tanto, si se requiere un interruptor de fusible o fuente de alimentación, instale cerca del instrumento.
  - Tipo de fusible: fusible de retardo
  - Recomendada del fusible: Tensión nominal 250 V Corriente nominal: 1 A
- Para un instrumento con fuente de alimentación de 24 V, fuente de alimentación de un circuito SELV.

### 3.2 Configuración del terminal



#### Especificaciones

##### Entrada: Tipo de

##### entrada:

Termpopar: K, J, R, S, B, E, T, N, PLII,

W5Re / W26Re, U, L Impedancia de

entrada: Aprox. 1 M  $\Omega$

RTD: Pt100, JPt100

Voltaje: 0 a 5 V DC, 1 a 5 Impedancia de entrada V

DC: 250 k  $\Omega$  o más

Actual: 0 a 20 mA CC, de 4 a 20 mA Impedancia de

entrada de CC: Aprox. 250  $\Omega$

Ciclo de muestreo: 0,5 segundos

Rango de entrada: Ver tabla de rango de entrada

Método de control: control PID

ON / OFF, P, PI, PD o acciones está disponible

##### Salida de control:

salida de contacto de relé: 250 V AC, 3A (carga resistiva)

Vida eléctrica: 300.000 veces o más (carga nominal)

salida de impulsos de voltaje: 0/12 V DC

(Resistencia de carga 600  $\Omega$  o más)

Salida de corriente: 4 a 20 mA DC

(Resistencia de carga 600  $\Omega$  o menos)

Salida de disparo (para una conducción triac):

Zero método cruzado para la conducción triac capacidad media

(100 A o menos) Tensión de carga utilizado: 100 línea V AC,

200 de carga de la línea V AC utilizado: carga resistiva

##### Salida de alarma:

Salida de relé de contacto:

250 V AC, 1A (carga resistiva) Vida eléctrica:

50.000 veces o más (carga nominal)

##### Calentador función de alarma de rotura:

corriente medida:

0 a 30 A (CTL-6-PN) 0 a 100 A

(CTL-12-556-10L-N)

Potencia de entrada: Valoración máxima: 120 mA

Impedancia de entrada: Aprox. 2,5  $\Omega$

##### Rendimiento: Display precisión (a la

temperatura ambiente 23 °

°C  $\pm$  2 °C)

Par termoelectrónico:

$\pm$  (0,5% de la indicación del valor + 1 dígito) o  $\pm$  3 °C [6 °F] el valor

superior de entrada R y S: de 0 a 399 °C [de 0 a 799 °F]

$\pm$  6 °C [12 °F]

0-399 °C [de 0 a 799 °F]: La precisión

no está garantizada.

RTD:  $\pm$  (0,5% de la indicación del valor + 1 dígito)

o  $\pm$  0,8 °C [1,6 °F] que sea mayor

Corriente de voltaje:  $\pm$  (0,5% de la amplitud + 1 dígito)

##### Respaldo de memoria:

Respaldo por la memoria no volátil Número de

tiempos de escritura:

Aprox. 100.000 veces Datos período

de almacenamiento:

Aprox. 10 años

##### Potencia: Tensión de

alimentación:

85 a 264 V de CA (rango de tensión de fuente de

alimentación), 50/60 Hz Valoración: 100 a 240 V AC

21,6 a 26,4 V de CA (rango de tensión de fuente de

alimentación), 50/60 Hz Valoración: 24 V AC

21,6 a 26,4 V DC (rango de tensión de la fuente de

alimentación) Valoración: 24 V DC

##### El consumo de energía:

6 VA max. (A 100 V AC) 9 VA max.

(A 240 V AC) 6 VA max. (A 24 V

AC) 145 mA máx. (A 24 V DC)

##### Peso:

C100:

Aprox. 170 g

C700:

Aprox. 250 g

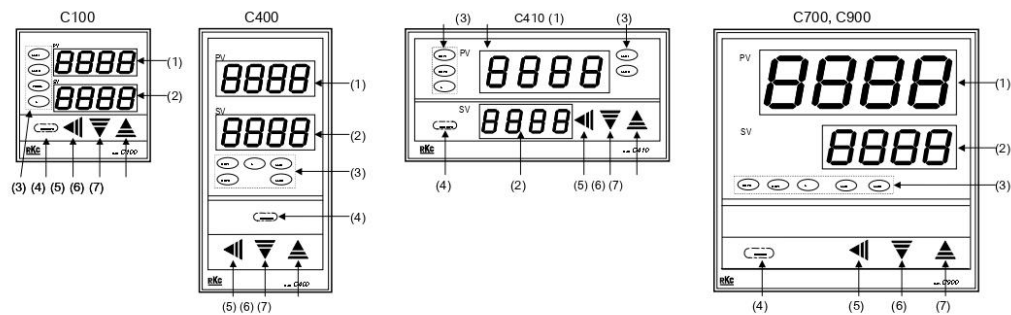
C400 / C410: Aprox. 250 g C900:

Aprox. 340 g

IMNZC21-E1

3

## 4. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES



(1) El valor medido (PV) de visualización [Verde]

Muestra PV o varios símbolos de parámetros.

(2) Valor seleccionado (SV) de visualización [Naranja]

Muestra SV o varios valores seleccionados de parámetro (o valor de entrada CT).

(3) Las lámparas de indicación

lámparas de salida de alarma (ALM1, ALM2) [Rojo]

ALM1: Se enciende cuando la salida de alarma 1 está activada. ALM2: Se enciende cuando la salida de alarma 2 está activada.

Autotuning (AT) de la lámpara [Verde]

Parpadea cuando se activa el ajuste automático. (Después de autoajuste se ha completado; AT lámpara se convertirá en OFF)

lámparas de salida de control (OUT1

[Amarillo], OUT2 [Verde])

OUT1: Se enciende cuando la salida de control es encendido \* OUT2: Se enciende cuando el control del lazo frío la salida está activada.

(4) (Tecla Set)

Se utiliza para llamar a los parámetros y configurar el registro de valor.

(5) (Tecla Shift)

Cambiar los dígitos cuando se cambian los ajustes.

(6) (ABAJO)

números disminuir.

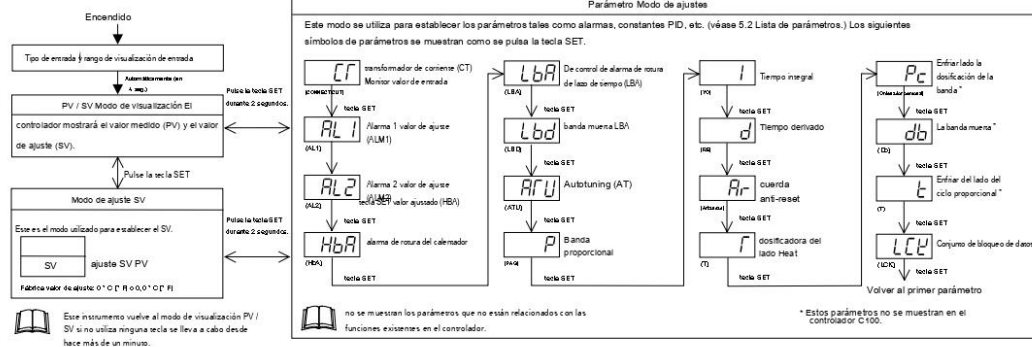
(7) (tecla UP)

Aumentar numerales.

Para evitar daños en el instrumento, nunca utilice un objeto puntiagudo para pulsar las teclas.

## 5. AJUSTE

### 5.1 Funcionamiento del menú



### Tipo de entrada y visualización de entrada de gama

Este instrumento confirma inmediatamente el símbolo tipo de entrada y rango de entrada se conecta la unidad. Ejemplo: Cuando el tipo de sensor de entrada es K termpoar.



### 5.2 Lista de parámetros

Los siguientes símbolos de parámetros se muestran como se pulsa la tecla SET.

no se muestran símbolos de parámetros que no están relacionados con las funciones existentes en el controlador.

Símbolo	Nombre	Rango de ajuste	Descripción	ajustes de fábrica
CT	transformador de corriente (CT) Monitor valor de entrada	0.0 a 100.0 A [Muestra solamente]	Mostrar valor de entrada del transformador de corriente. [Se muestra sólo cuando el instrumento tiene la alarma de rotura de calentador]	
AL1	Alarma 1 valor de ajuste (ALM1)	Entrada de temperatura: Alarma de desviación, alarma de proceso: - 1.999-9999.9 °C [° F] Por - 199.9-999.9 °C [° F] Tensión / entradas de corriente: Alarma de desviación: - 199.9-200.0%	Establecer el valor de consigna de la alarma 1 y el valor de consigna de la alarma 2. Para el tipo de acción de alarma, consulte la página 7. Alarma espacio diferencial: Entrada de temperatura: 2 o 2.0 °C [° F] Voltaje / entradas de corriente: 0.2% de la amplitud	Entrada de temperatura: 50 (50.0) Voltaje / entradas de corriente: 5.0
AL2	Alarma 2 valor de ajuste (ALM2)	Alarma de proceso: - 199.9-300.0%		

Símbolo	Nombre	Rango de ajuste	Descripción	ajustes de fábrica
HBA	alarma de rotura de calentador (HBA) valor establecido *	0.0 a 100.0 A	Valor de alarma se establece por referencia a valor de entrada del transformador de corriente (CT). Se utiliza solamente para una sola fase.	0.0
LBA	Descontrol de alarma de rotura de lazo de tiempo (LBA) :	0,1 a 200,0	Set valor de ajuste de alarma de rotura de lazo de control.	8,0
Lbd	banda muerta LBA :	Entrada de temperatura: de 0 a 999.9 °C [ ° F] Tensión / entradas de corriente: 0 a 100% de la amplitud	Ajuste el área de no dar salida a LBA. Sin LBA banda muerta funciones con 0 conjunto. brecha diferencial: Entrada de temperatura: <b>0.8 ° C [ ° F]</b> Votaje / entradas de corriente: 0,8% de la amplitud	0
ATU	Autotuning (AT)	0: en el fin o cancelar 1: comienzan en o ejecución	Enciende el autoajuste ON / OFF.	0
P	Proporcional de entrada de banda	de temperatura: 1 (0,1) a palmo <b>0.1 ° C [ ° F] Resolución: Dentro de 999.9 ° C [ ° F] Tensión / entradas de corriente: 0.1 a 100.0% del span</b>	Set cuando se realiza PI, PD o PID. Calor / frío acción PID: ajuste de la banda proporcional en el lado de calor. EN control de acción / OFF cuando establece en 0 (0,0). ON / OFF espacio diferencial acción: Entrada de temperatura: <b>2(0,2) ° C [ ° F]</b> Votaje / entradas de corriente: 0,2% de la amplitud	Entrada de temperatura: 30 (30,0) Tensión / entradas de corriente: 3.0
I	Tiempo integral	1 a 3600 segundos (0 segundos: acción PD)	Ajuste el tiempo de acción integral para eliminar desviaciones que ocurren en un control proporcional.	240
d	Tiempo derivado	1 a 3600 segundos (0 segundos: acción PI)	Ajuste el tiempo de la acción derivada para mejorar la estabilidad de control mediante la preparación para los cambios de salida.	60
AR	windup Anti-reset (ARW)	1 a 100% de la banda proporcional del lado de calor (0%: acción OFF Integral)	El rebasamiento y undershooting están restringidos por el efecto integral.	100
F	del ciclo proporcional del lado de calor	1 a 100 segundos (No se muestra si la salida de control es la salida de corriente.)	Conjunto ciclo salida de control. Calor / frío acción PID: ciclo de dosificación del lado de calor	Salida de relé de contacto: 20 Tensión de salida de impulsos / salida de disparo para inac conducir: 2
PC	Cool-lateral banda proporcional 1 a 1000%	banda proporcional	banda proporcional puesta a lado frío cuando el calor / frío acción PID.	100
db	La banda muerta	Entrada de temperatura: - 10,10 ° C [ ° F] Par - 10,0-10,0 ° C [ ° F] Tensión / entradas de corriente: - 10,0 a 10,0% de la amplitud	Conjunto banda muerta acción de control entre el lado del calor y entrar <b>bandas proporcionales a lab. menos (-) el establecimiento de los resultados</b> en superposición.	0 o 0.0
L	Cool-lateral del ciclo proporcional	1 a 100 segundos (No se muestra si la salida de control es la salida de corriente.)	Conjunto ciclo de salida del lado frío de control de calor / frío acción PID.	Salida de relé de contacto: salida de impulsos 20 Voltaje: 2
LCK	Bloqueo de datos del conjunto (LCK)	0100: No hay datos de conjuntos cerrados (Todos los parámetros modificables) 0101: los datos del conjunto bloqueados (Todos los parámetros bloqueados) 0110: Sólo el valor de ajuste (SV) es cambiable con los datos del conjunto de llave	Realiza cambio de datos establecidos activar / desactivar.	0100

#### Función de interrupción de calentador de alarma (HBA)

Los monitores de la función HBA la corriente que fluye a través de la carga por un transformador de corriente dedicada (CT), compara el valor medido con el valor de ajuste HBA, y detecta un fallo en el circuito de calefacción.

#### Bajo o nulo flujo de corriente (rotura del calentador, mal funcionamiento del dispositivo de control, etc.):

Cuando la salida de control está en ON y el valor de entrada del transformador de corriente es igual o menor que el punto de determinación de interrupción de calentador para el número predeterminado de ciclo de muestreo consecutivo, se activa una alarma.

#### Sobre corriente o cortocircuito:

Cuando la salida de control está en OFF y el valor de entrada del transformador de corriente es igual o mayor que el punto de determinación de interrupción de calentador para el número predeterminado de ciclo de muestreo consecutivo, se activa una alarma.



#### Precaución para el ajuste de HBA:

- Sólo se muestra para cuando HBA se selecciona como alarma 2.
- HBA no está disponible en una salida de corriente.
- Establecer el valor ajustado a aproximadamente el 85% de la lectura máxima de la entrada CT.
- Establecer el valor ajustado a un valor ligeramente más pequeño para evitar una falsa alarma si la fuente de alimentación se puede volver inestable.
- Cuando más de un calentador está conectado en paralelo, puede ser necesario aumentar el valor de ajuste HBA para detectar un único fallo del calentador.
- Cuando el transformador de corriente no está conectado o el valor de ajuste HBA está ajustado a "0,0", el HBA está activada.

#### Función de control de rotura de lazo de alarma (LBA)

La función de LBA se utiliza para detectar una ruptura de carga (calentador) o un fallo en el actuador externo (controlador de potencia, el imán del relé, etc.), o un fallo en el bucle de control causada por una rotura de entrada (sensor). La función de LBA se activa cuando la salida de control llega a 0% o 100%. LBA monitorea variación del valor medido (PV) para la longitud de tiempo LBA. Cuando ha transcurrido el tiempo de LBA y el PV es todavía dentro del rango de determinación de alarma, el LBA estará en ON.



#### Precaución para el ajuste LBA:

- Sólo se muestra para cuando LBA se selecciona como Alarma 1 o Alarma 2.
- No hay alarma de rotura de lazo de control se puede utilizar en calor / frío acción de control PID.
- La función LBA no se puede activar cuando la función AT se enciende.
- La función de LBA se activa cuando la salida de control llega a 0% o 100%. El tiempo requerido para la salida de LBA para encender incluye tanto el tiempo de la aparición inicial de la insuficiencia de bucle y el tiempo de fraguado LBA. configuración recomendada para el LBA es para el valor de ajuste de la LBA a ser el doble del valor del tiempo integral (I).
- Si el tiempo de fraguado LBA no coincide con los requisitos de objeto controlado, el LBA tiempo la venta debe ser alargado. Si el tiempo de ajuste no es correcto, el LBA mal funcionamiento por encender o apagar en momentos inadecuados o no funcione en absoluto.

#### LBA función de banda muerta

El LBA puede funcionar incorrectamente debido a las perturbaciones externas. Para evitar el mal funcionamiento debido a la perturbación externa, LBA banda muerta (LBD) establece una zona neutral en el que LBA no está activado. Cuando el valor medido (PV) está dentro del área de LBD, no se activará LBA. Si el ajuste de LBD no es correcta, el LBA no funcionará correctamente.



A Durante el aumento de temperatura zona de alarma.  
Durante temperatura con: Non-alarma área

B Durante aumento de la temperatura: Non-alarma área  
Durante la caída de temperatura: zona de alarma  
Votaje / Entradas de corriente: 0,8% de la amplitud (8%)

\* TC / RTD entrada: 0.8 ° C [ ° F] (8%)

### 5.3 Modificación de los ajustes de parámetros

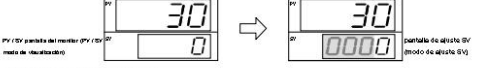
Procedimientos para cambiar ajustes de parámetros se muestran a continuación.

Para almacenar un nuevo valor para el parámetro, siempre pulse la tecla SET. La pantalla cambia al siguiente parámetro y se almacenará el nuevo valor.

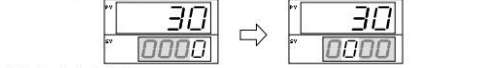
- Un nuevo valor no será almacenado sin necesidad de pulsar la tecla SET después de la nueva valor se visualiza en la pantalla.
- Después de un nuevo valor que se haya visualizado mediante el uso de las teclas ARRIBA / ABAJO, la tecla SET se debe presionar dentro de un minuto, o el nuevo valor no se almacena y la pantalla volverá a la pantalla del monitor PV / SV.

Cambie el valor seleccionado (SV)  
**Cambie el valor seleccionado (SV) de 0 ° a 200 ° C**

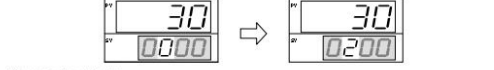
1. Seleccione el modo de ajuste SV  
 Presione aparece la tecla SET en la pantalla del monitor PV / SV hasta que la pantalla de ajuste SV.



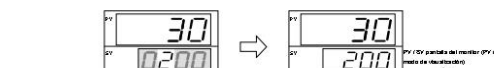
2. Cambiar el dígito de alta iluminada  
 Pulse la tecla de mayúsculas a alta iluminada el dígito de las centenas. El dígito de alta iluminada indica qué dígito se puede ajustar.



3. Cambiar el valor de ajuste  
 Pulse la tecla ARRIBA para cambiar el número a 2.



4. Guarde el valor establecido  
 Pulse la tecla SET para almacenar el nuevo valor ajustado. La pantalla vuelve a la pantalla del monitor PV / SV.



Cambiar los parámetros que no sean el valor seleccionado (SV)  
 Los procedimientos cambiantes son los mismos que los del ejemplo 2 a 4 en la anterior "Cambiar el valor de ajuste (SV)". Al pulsar la tecla SET después de los cambios de configuración de gama al siguiente parámetro. Cuando no se requiere ningún ajuste de parámetros, enviar el equipo al modo de visualización PV / SV.

## 6. FUNCIONAMIENTO

### PRECAUCIONES

Todo el montaje y el cableado debe ser completado antes de que se encienda la alimentación. Si el cableado de señal de entrada está desconectado o en circuito corto (solo de entrada RTD), el instrumento determina que se ha producido el desgaste.

**- Muestra:**

- exclusivo: Entrada de tempor. entrada de RTD (cuando descanso de entrada)
- Downscale: Entrada de tempor. (indicar en el pedú), entrada de RTD (cuando en control/route), Entrada de tensión (1 a 5 V DC), entrada de corriente (4 a 20 mA DC)
- Para la tensión (de 0 a 5 V DC) o corriente (0 a 20 DC mA) de entrada, la pantalla se vuelve indefinida (visualización de alrededor de cero valor).

**- salidas:**

- Control de salida: OFF (calor / frío control: la salida de control en tanto del lado del calor y del lado del fresco se apaga)
- Salida de alarma: Ambos de la alarma de alarma 1 y 2 salidas de este instrumento se enciende cuando se produce el agotamiento independientemente de cualquiera de las siguientes acciones tomadas. (Alarma alta, alarma baja, etc.) Además, cuando se utiliza para ningún otro propósito que estas alarmas (eventos, etc.), especifique la especificación Z-124 (no ser convertido en la fuerza).

Un fallo de alimentación de 20 ms o menos no afectará la acción de control. Cuando se produce un fallo de alimentación de más de 20 ms, el instrumento asume que el poder ha sido desactivado. Cuando vuelve la energía, el controlador conservará las condiciones que existían antes de cerrar. La acción de retención de alarma se active cuando no sólo se conecta la alimentación, pero también se cambia el SV.

### 6.1 Precauciones de funcionamiento

(1) Todo el montaje y el cableado debe ser completado antes de que se encienda la alimentación. (2) Los ajustes para el SV y todos los parámetros deben ser apropiados para el objeto controlado.  
 Intermittor (3) Una fuente de alimentación no está equipada con este instrumento. Está dispuesta a operar tan pronto como la alimentación está encendida.

### 6.2 Conjunto de Datos de Seguridad (LCK) Función

Los datos del conjunto de bloqueo restringe los cambios de ajuste de parámetros mediante las lectas. Esta función restringe al operador de cometer errores durante el funcionamiento.

Valor ajustado	Los parámetros que se pueden cambiar
0100	Todos los parámetros [valor de ajuste de fábrica] 0101
	No hay parámetros [Todos Cerrado] 0110
SV	

Parámetros protegidos por la función de bloqueo de conjunto de datos todavía se muestran para el monitoreo.

### 6.3 El autoajuste (AT) Función

El ajuste automático (AT) de forma automática mide, calcula y establece las constantes PID óptimas y LBA. Las siguientes condiciones son necesarias para llevar a cabo el ajuste automático y las condiciones que harán que el autoajuste de la parada.

**Precaución para el uso de la Autotuning (AT) Cuando un cambio de temperatura (UP / o hacia abajo) se 1 ° C o menos por minuto durante el autotuning, Autotuning puede ser cancelado antes de calcular los valores de PID. En ese caso, ajuste los valores de PID manualmente. Es posible que ocurra cuando el valor de ajuste es de alrededor de la temperatura ambiente o está cerca de la temperatura máxima alcanzada por la carga. Requisitos de la puesta AT**

Iniciar el autoajuste cuando se cumplen todas las condiciones siguientes:

- Antes de iniciar la función AT, acabar con todos los ajustes de parámetros distintos de PID y LBA.

- Confirmar la función LCK no se ha comprometido.
- Cuando se termina el ajuste automático, el controlador vuelve automáticamente a control PID.

**Requisitos para la cancelación de AT**  
 El autoajuste se cancela si se da alguna de las siguientes condiciones.

- Cuando se cambia el valor de ajuste (SV).
- Cuando se cambia el valor de polarización PV.
- Cuando el PV se convierte en anormal debido al agotamiento.
- Cuando la alimentación está apagada.
- Cuando falta de energía de más de 20 ms se produce.


Si el AT se cancela, el controlador cambia inmediatamente al control de PID. Los valores PID serán los mismos que antes se activó a. Cuando se completa AT, el controlador cambia inmediatamente al control de PID. Si el sistema de control no permite que el proceso de AT ciclar, estabiliza cada constante PID manualmente para satisfacer las necesidades de la aplicación.

## 7. AJUSTE INICIAL

### ! ADVERTENCIA

Parámetros en el modo de inicialización deben establecerse de acuerdo con la aplicación antes de establecer cualquier parámetro relacionado con el funcionamiento. Una vez que los Parámetros en el modo de inicialización se establecen correctamente, esos parámetros no son necesarios para ser cambiado para la misma aplicación en condiciones normales. Si se cambian innecesariamente, puede provocar un mal funcionamiento o fallo del instrumento. RKC no asumirá ninguna responsabilidad por mal funcionamiento o fallo como resultado de cambios indebidos en el modo de inicialización.

### 7.1 Ir a modo de inicialización

1. A su vez en el poder de este controlador. El instrumento pasa a la PV / SV mostrar después de confirmar símbolo tipo de entrada y rango de entrada.
2. Pulse la tecla SET durante cinco segundos para ir al modo Ajuste de parámetros desde la pantalla PV / SV.
3. Pulse la tecla SET hasta que se visualice "LCK" (Data Set pantalla de bloqueo).
4. El dígito de alta iluminada indica qué dígito se puede ajustar. Pulse la tecla de desplazamiento hacia de alta la luz el dígito de las centenas. (Los  sección en cada imagen de la del controlador muestra los dígitos que no son de alta iluminada.)
5. Pulse la tecla ABAJO para cambiar de 1 a 0.
6. Pulse la tecla SET para almacenar el nuevo valor ajustado. La pantalla va a la siguiente parámetro, y el modo de inicialización está desbloqueado.
7. Pulse la tecla de mayúsculas durante cinco segundos mientras pulsa la tecla SET para ir a el modo de inicialización. Cuando el controlador pasa al modo de inicialización, se mostrará "SL".



### 7.2 Salir del modo de inicialización

Cuando se cambia cualquier ajuste de parámetros en el modo de inicialización, compruebe todos los valores seleccionados de parámetro en SV ajuste de modo y de parámetros de ajuste del modo.

1. Pulse la tecla de mayúsculas durante cinco segundos mientras pulsa la tecla SET de cualquier mostrar en el modo de inicialización. El controlador vuelve al modo de funcionamiento y se visualizará la pantalla PV / SV.
2. Pulse la tecla SET durante cinco segundos en la pantalla PV / SV.
3. Pulse la tecla SET hasta que se visualice "LCK" (Data Set pantalla de bloqueo).
4. El dígito de alta iluminada indica qué dígito se puede ajustar. Pulse la tecla de desplazamiento hacia de alta la luz el dígito de las centenas.



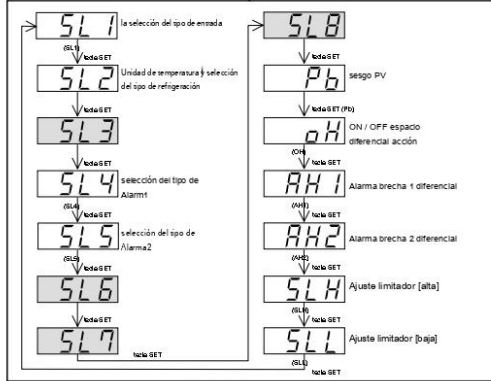
### 7.3 menú de ajustes iniciales

Mostrar diagramas de flujo en el modo de inicialización se muestran en la siguiente:

No cambie a la  parámetros de la sección y cualquier parámetro en el modo de inicialización que no se describe en el menú inicial de ajuste a continuación. Puede dar lugar a mal funcionamiento o fallo del instrumento.

modo de visualización PV / SV o modo de ajuste de parámetros

Pulse la tecla de mayúsculas mientras pulsa la tecla SET durante cinco segundos con el desbloqueo.



### 7.4 Tipo de entrada de selección (SL1)

Cuando se cambia cualquier ajuste de parámetros en el modo de inicialización, compruebe todos los valores seleccionados de parámetro en SV ajuste de modo y de parámetros de ajuste del modo. Valor de ajuste de fábrica varía en función del tipo de entrada.

Valor ajustado	Tipo de entrada	Hardware	
0000	K	Par termoelectrónico (TC)	UN
0001	J		
0010	L		
0011	mi		
0100	norte		
0111	R		
1000	S		
1001	sl		
1010	W5Re / W26Re		
1011	PL II		
0101	T	IDT	C
0110	T		
1100	PT100 Ω (JIS / IEC)	voltaje	re
1101	JPT100 Ω (JIS)		
1110	0 a 5 V DC		
1111	1 a 5 V DC		
1110	0 a 20 mA DC	Actual	mi
1111	4 a 20 mA DC		

Conducta ajuste a fin de satisfacer la especificación del instrumento (tipo de entrada). Cambio ajuste entre los diferentes símbolos puede provocar un mal funcionamiento, pero el ajuste se puede cambiar cuando los tipos de hardware tienen el mismo símbolo. Sin embargo, cuando se cambia el ajuste, siempre reset "SLH" y "SLL" (ver página 8).

### Cambiar ajustes

Ejemplo: Cambiar el tipo de entrada de "K" a "J".  
1. Pulse la tecla SET. La pantalla irá a SL1.



2. Pulse la tecla ARRIBA para cambiar el número a 1.



3. Pulse la tecla SET para almacenar el nuevo valor ajustado. La pantalla pasa al siguiente parámetro.

### 7.5 Temperatura Unidad de Enfriamiento Tipo de selección (SL2)

ajuste erróneo puede provocar un mal funcionamiento. Tipo de control entre sólo calor y el calor / frío no puede ser cambiado por este parámetro.

valor de ajuste de fábrica varía dependiendo de la especificación del instrumento.

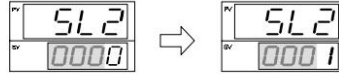
Valor ajustado	Descripción	
	temperatura	Enfriamiento selección del tipo de
0000	° C	Aire de refrigeración (tipo A) o sólo calor escriba (F, tipo D)
0001	° F	Aire de refrigeración (tipo A) o sólo calor escriba (F, tipo D)
0010	° C	El agua de refrigeración (tipo W)
0011	° F	El agua de refrigeración (tipo W)

### Cambiar ajustes

Ejemplo: Cambiar la unidad de temperatura del único tipo Heat

desde ° C (0000) a ° F (0001)

1. Pulse la tecla SET hasta que se muestre SL2.
2. Pulse la tecla ARRIBA para cambiar el número a 1.



3. Pulse la tecla SET para almacenar el nuevo valor ajustado. La pantalla va a la siguiente parámetro.

### 7.6 Alarma 1 [ALM1] Tipo de selección (SL4) de alarma 2 [ALM2] Tipo de selección (SL5)

Si la función de alarma no se proporciona con el Instrumento cuando sale de fábrica, sin salida de alarma está disponible cambiando SL4 y / o SL5.

SL4 se establece en 0000 en los siguientes casos.

- Cuando el instrumento no tiene salida de ALM1
- Cuando se proporciona control de rotura de lazo de alarma (LBA) y se asigna a ALM1

SL5 se establece en 0000 en los siguientes casos.

- Cuando el instrumento no tiene salida de ALM2
- Cuando se proporciona control de rotura de lazo de alarma (LBA) y se asigna a ALM2
- Cuando se proporciona la alarma SV y se asigna a ALM2
- Cuando se proporciona la alarma de interrupción de calentador (HBA)

valor de ajuste de fábrica varía dependiendo de la especificación del instrumento.

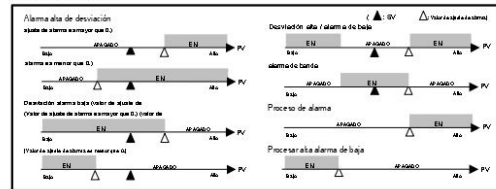
Valor ajustado	Los detalles de configuración
0000	No hay alarma
0001	Alarma alta de desviación 0101
	Alarma baja de desviación 0101
	Desviación alta / baja de alarma 0110
	Alarma de banda
0011	Proceso de alarma alta 0111
	Proceso de alarma baja 1001
	Alarma alta de desviación con la acción de retención * 1101
	Alarma baja de desviación con la acción de retención * 1010
	Desviación alta / baja de alarma con la acción de retención * 1011
	Procesar la alarma alta con la acción de retención * 1111
	Procesar alarma baja con la acción de retención *

\* Retención de acción:

Cuando la acción de retención está en ON, la acción de alarma se suprime en el arranque o el control de cambio de valor de ajuste hasta que el valor medido entra en el rango de no alarma.

### funcionamiento de la alarma

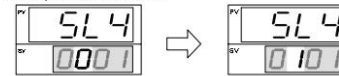
Tanto de las salidas de alarma 1 y alarma 2 de este instrumento están activados cuando se produce el agotamiento independientemente de cualquiera de las siguientes acciones tomadas (alarma alta, alarma baja, etc.). Además, cuando se utiliza para ningún otro propósito que estas alarmas (eventos, etc.), especifique la especificación Z-124 (no ser convertido en la fuerza).



### Cambiar ajustes

Ejemplo: Cambiar el tipo de ALM1 de "Desviación alarma alta (0001)" a "Alarma de desviación bajo (0101)"

1. Pulse la tecla SET tres veces en SL1 hasta que aparezca SL4.
2. Pulse la tecla de mayúsculas a alta humar el dígito de las centenas.
3. Pulse la tecla ARRIBA para cambiar el número a 1.



4. Pulse la tecla SET para almacenar el nuevo valor ajustado. La pantalla pasa al siguiente parámetro.

### 7,7 sesgo PV (Pb)

El valor establecido en el sesgo PV se añade al valor de entrada (valor medido real) para corregir el valor de entrada. El sesgo PV se utiliza para corregir las variaciones individuales en los sensores o cuando hay diferencia entre los valores medidos (PV) de otros instrumentos. Rango de ajuste:

Entrada de temperatura: - 1.999-9999 ° C [ ° Por

- 199.9-999.9 ° C [ ° F]

Tensión / entradas de corriente: - 199.9-200.0%

valor de ajuste de fábrica: Entrada de temperatura: 0 ° C [ ° F] a 0.0 ° C [ ° F]

Tensión / entradas de corriente: 0.0%

Continúa en la siguiente página.





Anexo .24. Zonas de alta temperatura del horno

<b>Punto</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Temperatura Promedio (°C)</b>	<b>Descripción</b>
1	Centro del horno	400	Zona central del horno, cerca de las resistencias, donde se alcanza la máxima temperatura de funcionamiento.
2	Puerta del horno interna	375	La puerta del horno es un punto muy caliente debido a la proximidad directa al interior del horno cuando está cerrado y al aire exterior cuando está abierto.
3	Pared lateral derecha interna	350	Área cerca de una de las resistencias laterales internas, alta temperatura debido a la proximidad al elemento calefactor.
4	Pared lateral izquierda interna	350	Similar a la pared derecha interna, alta temperatura debido a la proximidad a la resistencia lateral.
5	Fondo del horno	325	Área que recibe menos calor directo, pero aun así alcanza altas temperaturas.
6	Techo del horno	340	Zona superior del horno, donde el calor se acumula, pero puede disiparse más fácilmente que en las áreas laterales.
7	Pared lateral derecha externa	50	Pared externa derecha del horno, que se mantiene a una temperatura más baja y segura debido al aislamiento.
8	Pared lateral izquierda externa	50	Pared externa izquierda del horno, que se mantiene a una temperatura más baja y segura debido al aislamiento.
9	Puerta del horno externa	60	La parte externa de la puerta del horno, que se mantiene más fría gracias al aislamiento, pero aún puede ser más caliente que otras áreas externas debido a la transferencia de calor.

**Anexo .25.** Series de aleaciones de Aluminio

<b>Serie de Aleación</b>	<b>Composición</b>	<b>Temperatura de Recocido (°C)</b>	<b>Temperatura de Recocido (°F)</b>	<b>Norma ASTM/ISO/SAE</b>
<b>1xxx</b>	Puro	300-410	570-770	ASTM B918/B918M  ISO 15548-1:2013
<b>2xxx</b>	Cobre	345-415	650-780	ASTM B918/B918M  SAE AMS2770
<b>3xxx</b>	Manganeso	345-400	650-750	ASTM B918/B918M  ISO 15548-1:2013
<b>5xxx</b>	Magnesio	345-400	650-750	ASTM B918/B918M  ISO 15548-1:2013
<b>6xxx</b>	Magnesio-Silicio	340-380	645-715	ASTM B918/B918M  SAE AMS2770
<b>7xxx</b>	Zinc	375-425	705-800	ASTM B918/B918M  ISO 15548-1:2013

## ***INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN: HORNO SHYBRON THERMOLYNE***

### ***1. Preparación y encendido inicial***

- a. Verificación del Sistema Eléctrico:
  - Tiempo de Espera: Al encender el equipo, espere 3 minutos para que el protector de fase verifique la ausencia de fallas en la red eléctrica. Esto protege el control y los componentes de fuerza como las resistencias.
  - El controlador verifica el estado del sensor de temperatura, si existe algún fallo se mostrará un error en el controlador, esto se puede observar en el manual del controlador, adjuntado en los anexos 16-23. En el manual mencionado, los errores se encuentran en la sección 8.
- b. Encendido del Control del Horno:
  - Una vez transcurridos los 3 minutos, encienda el control del horno.

### ***2. Configuración de la temperatura***

- a. Ajuste de Temperatura en el Controlador REX C700:
  - Pulse el botón SET para ingresar al modo de configuración de temperatura.
  - Utilice las teclas de Izquierda, Arriba y Abajo para modificar los parámetros al valor deseado.
  - Confirme el ajuste de temperatura deseada.
  - Si se requiere realizar tratamientos térmicos a diferentes temperaturas, se recomienda realizarlos en orden ascendente de acuerdo a su temperatura requerida.

### ***3. Proceso de calentamiento***

- a. Calentamiento del Horno:
  - El horno tardará aproximadamente 2 horas y media en alcanzar y estabilizar la temperatura configurada, este tiempo puede variar dependiendo que tan alta sea la temperatura deseada.
  - Se adjunta un registro de puntos calientes del horno en el Anexo 24, que evidencia la distribución de calor en el horno.
  - Durante este tiempo, monitoree el display del controlador para asegurar un calentamiento adecuado y seguro.

#### **4. Tratamiento térmico de las piezas**

##### **a. Introducción de las Piezas:**

- Una vez que la temperatura esté estable y la alarma amarilla se mantenga encendida, introduzca las piezas a tratar dentro del horno.

##### **b. Configuración del Tiempo de Exposición:**

- Utilice el temporizador analógico para definir el tiempo de exposición al calor.
- Ajuste el tiempo en minutos mediante el selector del temporizador.
- Active el selector para iniciar el conteo del tiempo.

#### **5. Finalización del proceso**

##### **a. Alarma y Retiro del Material:**

- Al llegar al tiempo configurado, una alarma visual y sonora se activarán indicando que el proceso ha terminado.
- Retire las piezas del horno con cuidado.

##### **b. Apagado del Horno:**

- En caso de requerir otro ciclo, ajuste nuevamente la temperatura y el tiempo según sea necesario.
- Si no se va a continuar con otro ciclo de uso, apague el horno.
- Deje enfriar el horno a temperatura ambiente.

#### **6. Seguridad**

- Protección Personal: Use siempre equipos de protección personal como guantes resistentes al calor, gafas de seguridad y ropa adecuada; Obedezca la señalética “WARNING” marcada en el horno.
- Evite Sobrecargas: No exceda las capacidades de carga del horno ni el tiempo de exposición configurado para evitar daños al equipo y a las piezas tratadas. La capacidad máxima de remaches para el horno es de 4 lotes de 5 remaches cada uno, exceder este límite puede ocasionar un aumento en el tiempo de calentamiento. Tenga en cuenta también, que el proceso de remachado se debe realizar inmediatamente al finalizar el tratamiento térmico.
- Seguridad Eléctrica: Antes de realizar cualquier mantenimiento, asegúrese de que el horno esté completamente desconectado de la fuente de energía.

## ***INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO: HORNO SHYBRON THERMOLYNE***

### **Mantenimiento Semanal**

- Verifique la limpieza del horno y el estado de las resistencias: Para su revisión se debe destapar la parte trasera del horno donde se encuentran las conexiones de estos elementos.
- Inspeccione el regulador de voltaje y los componentes eléctricos para asegurarse de que no hay signos de desgaste o daños, esto puede incluir cables sobrecalentados, lascados o ruidos extraños provenientes del tablero de control.

### **Mantenimiento Trimestral**

- Realice una revisión completa del sistema de control, asegurándose de que todos los botones y controles funcionan correctamente.
- Limpie el interior del horno para eliminar cualquier residuo o material que pueda haberse acumulado.
- Compruebe el ajuste de los tornillos de los componentes para evitar fugas de tensión y sobrecalentamiento de cables y/o componentes eléctricos.
- Encienda el controlador y verifique que no se muestre ningún mensaje de error, caso contrario, refiérase a la sección 8 del manual del controlador REX C-700.

### **Mantenimiento Anual**

- Realice una inspección técnica completa del horno, verificando la integridad de todos los componentes eléctricos y mecánicos.
  - Verificar el funcionamiento de las resistencias, viendo su consumo y valor de ohmiaje para saber si se encuentran averiadas.
  - Verificar que el accionamiento del SSR funciona correctamente, la señal de salida de este componente es de 12 V DC, revisar la salida del rectificador de corriente, localizada en el lateral inferior izquierdo en una caja negra.
  - Revisar el estado de los relés y fusibles del cuadro eléctrico, en caso de requerir repuestos, tomar en cuenta que los fusibles son de 4 A para proteger las dos líneas de fase, los relés requieren de una entrada de 220 V, su salida se dirige hacia la fuente DC, para más detalles, refiérase al plano eléctrico de la figura 21.

- En caso de requerir un reemplazo para el controlador, tomar en cuenta su modelo: REX C-700.
- Consulte a un técnico especializado para una revisión detallada del sistema de control en caso de requerir una recalibración o reemplazo de componentes.
  - En caso de requerir una recalibración, se deberá acceder a los parámetros de configuración del controlador REX C-700, refiérase a la sección 7 del manual.
- En caso de cambiar el sensor de temperatura se debe destapar la parte posterior del horno, mientras éste se encuentre apagado y desconectado de cualquier tipo de alimentación, deshacer las conexiones del sensor y tomar en cuenta el tipo de sensor a reemplazar (Termocupla Tipo K).
- Los parámetros establecidos en el control PID son los siguientes:
  - P: 48
  - I: 1
  - D: 120