



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO
POR TOUCH PANEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS.”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico.

Autores:

Guevara López Andrés Sebastián

Riofrío Morales Cristian Andrés

Tutores:

Ing. Navarrete Luis

Ing. Barbosa Efren

Latacunga – Ecuador

Julio 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Guevara López Andrés Sebastián y Riofrio Morales Cristian Andrés declaro ser autores del presente proyecto de investigación: **“REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOUCH PANEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS.”** Ing. Luis Miguel Navarrete López tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Guevara López Andrés Sebastián
CI: 180480956-2

Riofrio Morales Cristian Andrés
CI:1717851867-7



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título: **“REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOCH PANEL PARA TRATAMIENTO TÉRMICOS”**, de **GUEVARA LÓPEZ ANDRÉS SEBASTIÁN Y CRISTIAN ANDRÉS RIOFRIO MORALES**, Estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 17 de julio del 2019

Ing.

Luis Miguel Navarrete López

C.C. 180374728-4



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas ; por cuanto, el o los postulantes: Guevara López Andrés Sebastián CI:180480956-2 y Riofrio Morales Cristian Andrés CI:171785186-7 con el título de Proyecto de titulación: **“REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOUCH PANEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS ”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 17-Julio-2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Luis Rolando Cruz Panchi
CC: 050259517-6

Lector 2
Nombre: Ing. Andrés German Arévalo Zabala
CC: 171032684-2

Lector 3
Nombre: Ing. Ángel Segundo Cevallos Betún
CC: 050178243-7



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 17 de julio 2019

Con el presente documento, pongo en constancia que los estudiantes **Guevara López Andrés Sebastián con C.I. 180480956-2** y **Cristian Andrés Riofrio Morales con C.I. 171785186-7**, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de **Ingeniería Electromecánica**, ha desarrollado la Propuesta Tecnológica: **“REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOCH PANEL PARA TRATAMIENTO TÉRMICOS”** y realiza la entrega de la prótesis al paciente cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que use el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Ing.

Luis Miguel Navarrete López

C.C: 180374728-4

Sr.

Guevara López Andrés Sebastián

C.C. 180480956-2

Sr.

Riofrio Morales Cristian Andrés

C.C: 171785186-7

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica	2
2.2. Tipo de alcance.....	2
2.3. Área del conocimiento	2
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	2
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	2
2.5.1. Objeto de estudio	2
2.5.2. Campo de acción	2
2.6. Situación problemática y problema.....	3
2.6.1. Situación problemática	3
2.6.2. Problema.....	3
2.6.3 Matriz causa-efecto.....	3
2.7 Hipótesis.....	4
2.8 Objetivos	4
2.8.1 Objetivo General.....	4
2.8.2 Objetivos Específicos	4
2.8.3 Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos	4

3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Antecedentes	5
3.2 Hornos tipo Mufla	6
3.2.1. Partes de la mufla	7
3.2.1.1. Cámara Interna de Mufla	7
3.3 Tratamiento térmico	7
3.3.1. Temple	7
3.3.2. Revenido	8
3.3.3. Normalizado	8
3.4. Ladrillo refractario	8
3.5 Resistencias Eléctricas	8
3.5.1. Resistencias eléctricas para calentamiento	9
3.6. Sistemas de medición de temperatura	10
3.7. Conexión en estrella	11
3.8. Medición y transformación de temperatura	11
3.8.1. Termocuplas	11
3.9. Control de dos posiciones (control on-off)	12
3.9.1. Ventajas del Control On - Off.	13
3.9.2. Desventajas del Control On - Off.	13
3.10. Ladrillo refractario	13
3.10.1. Tipos de ladrillos refractarios	13
3.11. Lana de vidrio.....	14
3.11.1. Usos y características de la lana de vidrio.....	14
3.11.2. Ventajas de la lana de vidrio	14
4. METODOLOGÍA Y MATERIALES.....	15
4.1 Mecánico Térmico.....	15
4.1.1 Transferencia de calor	15
Transferencia de calor por conducción.....	15
Transferencia de calor por convección.....	15
Transferencia de calor por radiación	15

4.1.2 Dimensionamiento para elección de elementos	15
Dimensionamiento de la cámara	15
Volumen del acero	16
4.1.3 Calor	16
Cantidad de calor a impartir a la carga.....	16
Calor debido al calentamiento del aire	16
Densidad del aire	16
Diferencia de volumen	17
Masa específica del aire	17
4.1.4 Calor	17
Calor específico del aire	17
Calor debido al calentamiento del material a realizar el tratamiento térmico.....	17
Resistencia de calor por Conducción	17
4.1.5. Área de transferencia.....	18
Longitud característica	19
Cálculo de convección del aire.....	19
4.1.6 Coeficientes	20
Coeficiente de expansión volumétrica	20
Numero de Rayleigh.....	20
Numero de Nusselt	20
Coeficiente de convección del horno	20
Pérdida de calor total.....	20
4.1.7 Rendimiento	21
Rendimiento del horno	21
Rendimiento neto de operación.....	21
Energía requerida del horno	21
4.2. Eléctrica.....	21

4.2.1 Cálculo de la resistencia eléctrica	21
Resistencia total requerida	21
Resistencia KANTHAL A-1	22
Resistencia por metro	22
Resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo.....	22
Longitud de resistencia requerida	22
Potencia de resistencias	23
4.2.2. Distribución.....	23
Distribución de ladrillos refractarios en el interior del horno mufla.....	23
Distribución de ladrillos refractarios y lana de vidrio en las paredes.	23
Distribución de la capa final del horno mufla.....	23
4.3 Sistema de Control	24
4.3.1 Medición de Temperatura	24
Curva para seleccionar la termocupla.....	24
4.3.2. Protecciones eléctricas	24
4.3.2.1. Parada de emergencia.....	24
4.3.2.2. Interruptores termomagnéticos de baja tensión	25
4.3.3. Cables de alta temperatura	25
4.3.3.1. Tipos de cables de alta temperatura.....	25
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	25
5.1. Dimensionamiento térmico	25
5.1.1. Volumen	25
Volumen de la cámara	25
Volumen del acero máximo de la probeta	26
5.1.2 Calor	26
Cantidad de calor a impartir a la carga.....	26
Diferencia de volúmenes	26
Masa específica del aire.....	26
5.1.3 Calor debido al calentamiento del aire	26
Calor debido al calentamiento del material a realizar el tratamiento térmico	27

5.1.4. Área de transferencia	27
5.1.9 Longitud característica	27
Cálculo de convección del aire	28
5.1.5. Coeficiente.....	28
Numero de Rayleigh.....	28
Numero de Nusselt	29
Coeficiente de convección.....	29
Pérdidas de calor total.....	29
5.1.6. Rendimiento	30
Rendimiento del horno	30
5.1.16. Energía requerida del horno	30
5.2 Calculo Eléctrico.....	30
5.2.1 Cálculo de la resistencia eléctrica.....	30
Cálculo de la resistencia	31
5.2.2 Recalculo resistencias y potencia en estrella 4 hilos 220v	31
Eleccion de los contactores.....	32
5.2.3 Consumo eléctrico	32
Cálculo de la resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo	33
Cálculo de la resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo	33
5.3. Sistema de Control del Horno	34
5.3.1 Curvas de histéresis	35
5.4. Comparación de resultados	47
5.4.1. Comparación antes de la repotenciación	48
5.5. Interpretación	49
5.6. Tratamiento térmico (Temple).....	50
Análisis de durezas	53
6. PRESUPUESTO.....	55
6.1. Análisis financiero.....	55
6.1.1. Costo Directos	55
6.1.2. Costo de equipos de protección personal	55
6.1.3. Costo de mano de obra	56

6.1.4. Costos indirectos	56
Costo de transporte	56
6.1.5. Costo Ingenieril	57
6.2. Análisis de impacto	57
6.2.1. Impacto práctico	57
6.2.2. Impacto tecnológico	57
6.2.3. Impacto ambiental	57
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
7.1. Conclusiones	58
7.2. Recomendaciones	58
8. BIBLIOGRAFÍA	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Actividades Y Tareas Propuestas Con Los Objetivos Establecidos.....	4
Tabla 4.1. Densidad Del Aire A 1000°c.	17
Tabla 4.2. Calor Específico Del Aire A 1000 °c.....	17
Tabla 4.4. Características De La Resistencia Kanthal A1.	22
Figura 4.4. Curva De Una Termocupla	24
Tabla 5.1. Condiciones De Mercado	31
Tabla 5.2 De Factores De Corrección De Conductores Por Calor	32
Tabla 5.3. Condiciones De Mercado Longitud De Resistencias	34
Tabla 5.4. Comparación De Dispositivos De Control	34
Tabla 5.5 Tiempo Vs Temperatura Pre-Calentamiento 100°C.....	36
Tabla 5.6. Tiempo Vs Temperatura Pre-Calentamiento 200°C.....	37
Tabla 5.7 Tiempo Vs Temperatura Pre Calentamiento 300°C.....	38
Tabla 5.8 Tiempo Vs Temperatura De Pre Calentamiento 400°C	40
Tabla 5.9 Tiempo Vs Temperatura De Pre Calentamiento 500°C	41
Tabla 5.10 Tiempo Vs Temperatura Pre-Calentamiento (100-500)°C.....	42
Tabla 5.11. Tiempo Vs Temperatura.....	48
Tabla5.12. Comparación De Resultados Antes Y Después De La Repotenciación.....	49
Tabla5.13. Interpretación De Resultados	50
Tabla 5.14. Código De Probetas	51
Tabla 5.15. Tabla Tiempo Temperatura Del Pre Calentamiento.....	51
Tabla 5.16. Tabal De Tiempo Vs Temperatura Del Temple	52
Tabla 5.17. Valores De Temperatura Y Tiempo Obtenidos Durante El Temple Del Acero 1045	52
Tabla 5.18. Códigos De Probetas Testigo Y Tratadas Por Temple	54
Tabla 5.19. Dureza De Las Probetas Tratadas Por Temple.....	54
Tabla 6.1. Costos De Materiales.....	55
Tabla 6.2. Costos De Equipos De Seguridad.....	56
Tabla 6.3. Costos De Mano De Obra.....	56
Tabla 6.4. Costo De Transporte.....	56
Tabla 6.5. Costo De Inversión	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Matriz Causa Efecto.....	3
Figura 3.1. Horno Mufla.....	6
Figura 2.2 Diagrama (Ttt) Para Un Acero Eutectoide.....	8
Figura 3.3. Ley De Ohm.....	9
Figura 3.4. Resistencias Eléctricas	10
Figura 3.5. Conexión Estrella.....	11
Figura 3.6. Termocupla	12
Figura 3.7. Diagrama De Control	12
Figura 3.8. Ladrillo Refractario.....	13
Figura 4.1. Ladrillos Refractarios Alrededor De La Cámara De Calentamiento	23
Figura 4.2. Conformación De Las Paredes.....	23
Figura 4.3. Distribución De Todos Los Materiales.	24
Figura 5.1 Resistencias Térmicas	29
Figura 5.2. Esquema Del Sistema De Control Instalado	35
Figura 5.3 Curva De Histéresis A 100°C	37
Figura 5.4. Curva De Histéresis A 200°C	38
Tabla 5.5 Curva De Histéresis A 300°C.....	39
Figura 5.6 Curva De Histéresis 400°C	41
Figura 5.7 Curva De Histéresis A 500°C	42
Figura 5.8 Curva De Histéresis (100-500) °C	46
Figura 5.9. Conexión En Estrella De Resistencias	47
Figura 5.10. Circuito De Potencia Y Control	47
Figura 5.11. Tiempo Vs Temperatura	48
Figura 5.12. Comparación Tiempo Vs Temperatura.....	49
Figura 5.13 Dimensiones De La Probeta.....	50
Figura 5.14. Probetas De Acero 1045	50
Figura 5.15. Curva De Pre Calentamiento Ideal	51
Figura 5.16. Curva Tratamiento Térmico De Temple	52
Figura 5.17. Comparación De Colores En Probetas.....	53
Figura 5.18. Preparación De Las Probetas	53
Figura 5.19. Ensayo De Dureza – Durómetro	54

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOUCH PANEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS.”

AUTORES: Guevara López Andrés Sebastián
Riofrio Morales Cristian Andrés

RESUMEN

El proyecto de titulación presenta los resultados de la repotenciación de un horno eléctrico, para garantizar la realización de los diferentes tratamientos térmicos. El estudio está enfocado en obtener la temperatura necesaria dentro de los parámetros de tiempo adecuados para realizar las técnicas de temple y revenido.

El horno eléctrico fue construido con materiales como: ladrillo refractario, chapa metálica y mortero refractario, mismos que fueron conservados durante el rediseño aplicado.

Dentro de los elementos electrónicos que se utilizaron están: la resistencia de hilo Kanthal A1 de 2 mm de diámetro, la cual solventa todos los requerimientos técnicos de calentamiento y es la más usada en la industria de hornos por su fiabilidad.

En el circuito de control se reemplazó el PLC 1200, la pantalla HMI y tres relés por un control de temperatura REX, que permite visualizar la temperatura que se desea alcanzar para la cámara y la temperatura a la que se encuentra la pared en el interior del horno en cada instante de tiempo.

Por otro lado los calibres y tipos de conductores tienen una protección térmica, es decir, un recubrimiento de fibra de vidrio para evitar su calentamiento, esto se obtuvo mediante pruebas en base a la potencia que se obtiene por su corriente.

Por último, se aplicó un análisis de transferencia de calor por radiación para calcular la energía, potencia y resistividad que se requiere, es así que ahora el horno posee una potencia de 9.6 KW y alcanza los 900 °C en 2 horas.

Palabras clave: Horno eléctrico, Tratamientos térmicos, Automatización, Mufla, Transferencia de calor.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: “ELECTRIC FURNACE REPOWERING CONTROLLED BY TOUCH PANEL FOR THERMAL TREATMENTS”

AUTHORS: Guevara López Andrés Sebastián
Riofrio Morales Cristian Andrés

ABSTRACT

This project presents the repowering of an electric furnace results, to guarantee the fulfillment of different thermal treatments. The study is focused on obtaining the necessary temperature within the appropriate time parameters to perform annealing and mettle techniques. The electric furnace was built with materials such as: firebrick, sheet metal and refractory mortar, which were preserved during the applied redesign. Among the electronic elements that were used are: Kanthal A1 wire resistance of thread of 2 mm diameter, which solves all heating technical requirements and it is the most used in the oven industry for its reliability. In the control circuit the PLC 1200, the HMI screen and three relays were replaced by a REX temperature control, which allows to visualize the temperature to be reached for the camera and the temperature which it is on the wall inside the oven at every second. On the other hand, the calibers and types of conductors have a thermal protection, in other words, a fiberglass recovering to avoid its heating, it was obtained through based on the power obtained by its current. Finally, a radiation heat transfer analysis was applied to calculate the energy, power and resistivity that is required, so now the oven has a power of 6.9 KW and reaches 900 ° C in 2 hours.

Keywords: Electric furnace, Thermal treatments, Automation, Muffle, Heat transfer.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

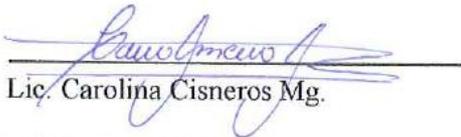
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, CRISTIAN ANDRÉS RIOFRIO MORALES** y **ANDRÉS SEBASTIÁN GUEVARA LÓPEZ**, cuyo título versa **“REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOUCH PANEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS.”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,


Lic. Carolina Cisneros Mg.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

CI: 0502766439



1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Guevara López Andrés Sebastián

Riofrio Morales Cristian Andrés

TEMA APROBADO:

REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOUCH PANEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

CARRERA:

Ingeniera Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Ing. Navarrete Luis.

Ing. Efren Barbosa.

EQUIPO DE TRABAJO:

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando

Ing. Arévalo Zabala Andrés German

Ing. Cevallos Betún Segundo Ángel

LUGAR DE EJECUCIÓN:

El Ejido- San Felipe, Latacunga- Cotopaxi Zona 3- Universidad Técnica de Cotopaxi.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:

Marzo 2019 – Agosto 2019

FECHA DE ENTREGA:

Agosto 2019

Línea de investigación:

Procesos Industriales

Sub líneas de Investigación de las Carreras:

Diseño, Construcción y Mantenimiento de Elementos, Prototipos y Sistemas Electromecánicos.

Área donde propone desarrollar la investigación:

Ingeniería, industria y construcción

Período: Marzo 2019 – Agosto 2019

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

REPOTENCIACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO CONTROLADO POR TOUCH PANEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

2.2. Tipo de alcance

Multipropósito

2.3. Área del conocimiento

Área: Ingeniería, industria y construcción

Sub Área: 52 Ingeniería y profesiones afines

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

En el presente proyecto se expone la repotenciación del horno mediante el rediseño eléctrico, mismo que se encontraba fuera de maniobra y que fue construido para el calentamiento de piezas y tratamientos térmicos. Como objetivo vital se establece reinstaurar este horno y ponerlo en funcionamiento para realizar temple y revenido en los cuáles se requiere controlar tiempos de permanencia a temperaturas deseadas.

En la información recolectada para la repotenciación del horno de tratamientos térmicos del laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mostro que su desempeño térmico actualmente se encuentra en el rango de (0-260) °C y se desea alcanzar un rango de (0-900) °C.

El horno consta de tres resistencias de calentamiento con las cuáles no alcanzan rangos de temperatura requeridos para los tratamientos térmicos, así que se provee incrementar su potencia de calentamiento cambiando las resistencias. Se utilizará el control ON/OFF para controlar la potencia de la nueva carga trifásica balanceada que se ha instalado con las tres resistencias de calentamiento.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Sistema de transferencia de calor del horno eléctrico tipo mufla

2.5.2. Campo de acción

Transferencia de calor por radiación

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación problemática

El tratamiento térmico de los metales es un procedimiento tecnológico complejo que alcanza las operaciones de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento, que en general permiten mejorar las características técnicas del acero y sus aleaciones, así como las de otros metales.

Debido a fallos en el sistema eléctrico el horno eléctrico tipo mufla la maquina se ha desaprovechado y no cumple con su objetivo para el cual fue creado, se ha visto la necesidad de repotenciar el sistema eléctrico para generar transferencia de calor cumplimiento con los estándares requeridos mínimos para los procesos de temple y revenido en acero que van en el rango de 850 °C en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Periodo Académico Marzo - Agosto 2019.

2.6.2. Problema

La generación de temperatura de control máxima del Horno Eléctrico tipo Mufla es de 260 °C la cual no cumple con los requerimientos para tratamientos térmicos.

2.6.3 Matriz causa-efecto

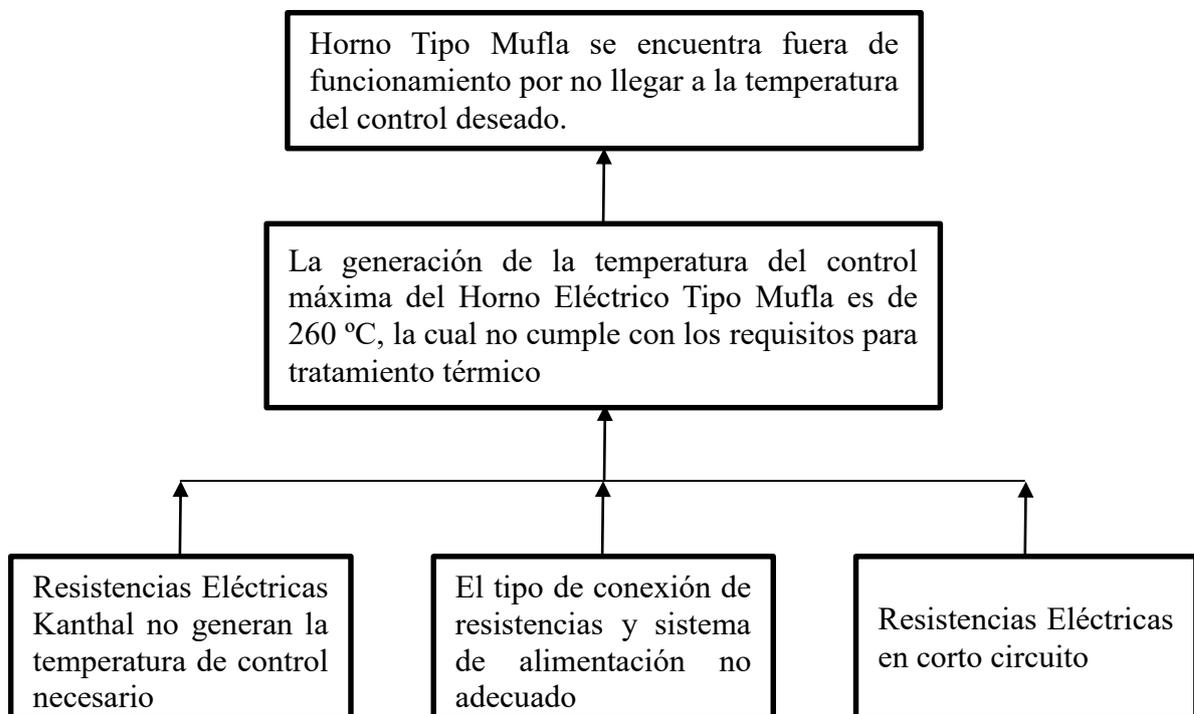


Figura 2.1. Matriz causa efecto

2.7 Hipótesis

La repotenciación eléctrica, mecánica y de control del horno tipo mufla permitirá habilitarlo para realizar prácticas de temple a una temperatura máxima de 900 ° C

2.8 Objetivos

2.8.1 Objetivo General

Repotenciar el horno eléctrico tipo mufla mediante el dimensionamiento de resistencias eléctricas, circuito térmico y control para realizar prácticas de temple y revenido en una temperatura máxima de 900 ° C.

2.8.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información del horno que permitan identificar y dimensionar el sistema de calentamiento térmico.
- Diseñar la propuesta de repotenciación en base a los criterios técnicos establecidos que permitan la utilización de los recursos existentes del horno.
- Implementar el diseño del horno eléctrico tipo mufla para que cumpla con las condiciones de tratamientos térmicos.

2.8.3 Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos

Tabla 2.1. Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos

Objetivo	Actividad	Resultado de las actividades	Descripción de la metodología por actividad
Recopilar información del horno que permitan identificar y dimensionar el sistema de calentamiento térmico.	Buscar antecedentes de tesis o proyectos similares al propuesto.	Dimensiones de la cámara. Potencia eléctrica de las resistencias. Sistema de control.	Porcentaje de rendimiento de la cámara. Ley de ohm. Control de dos posiciones (control On-Off).
Diseñar la propuesta de repotenciación en base a los criterios técnicos establecidos que permitan la utilización de los recursos	Establecer las necesidades para la adquisición de los equipos y presentación de datos. Delimitar los criterios	Planos Eléctricos. Diagrama de flujo de control.	Control eléctrico de potencia. Diagrama de flujo del fabricante.

existentes del horno.	técnicos de los equipos.		
Implementar la propuesta del horno eléctrico tipo mufla para que cumpla con las condiciones de tratamientos térmicos.	Obtener los equipos que cumplan las necesidades establecidas para la implementación en el horno tipo mufla.	Disminución del área de trabajo de la cámara. Conexión de las resistencias en Estrella. Pruebas de funcionamiento relación de tiempo vs temperatura	Temperatura Máxima 900 ° C Tiempo de Alcance temperatura 120 min Mejorar

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Para la presente propuesta tecnológica se basó en escritos afines con el tema, que son de importancia para entender el funcionamiento del sistema de calentamiento del horno eléctrico tipo mufla.

Se encontró una cantidad considerable de información en instituciones superiores en las diferentes carreras de ingeniería, en tesis que se relacionan con el tratamiento térmico o construcción de hornos.

La primera, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, realizado por Ushiña Luis [1], bajo el tema “Diseño, Rehabilitación y Puesta en Marcha del Sistema de Calentamiento del Horno de Tratamiento Térmicos hasta 1000 °C Marca Sybrom Modelo Termolyne 1500 Perteneciente al Laboratorio de Ciencias de Materiales del Decem” en el año 2014, donde se determinó trabajar en la parte de los requisitos técnicos, ya que es la parte más sensible y en la cual se requiere mayor precisión y es donde se realiza el diseño del sistema de calentamiento basado en una metodología de cálculo por transferencia de calor por radiación.

Por otra parte, en la Escuela Superior Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos se encontró la tesis titulada “Diseño y construcción de un horno eléctrico para el secado de los bobinados de motores de hasta 10 Hp”, de los autores José Méndez y William Suasnavas [2], publicado en enero del 2012; donde se argumenta que la potencia del horno se obtuvo con el cálculo de la cantidad de calor absorbido por la carga en un determinado ciclo de

funcionamiento; más las pérdidas de calor por conducción en las paredes de la cámara, más las pérdidas de calor por radiación y convección desde la cubierta exterior.

3.2 Hornos tipo Mufla

Un horno mufla es aquel que puede generar elevadas temperaturas y sirve para calentar materiales que son sometidos a distintos procesos de tratamiento térmico. Estos hornos muflas son utilizados en varias aplicaciones; así, en la metalurgia, secado y calcinación de precipitados, ensayos de flamabilidad a alta temperatura, aleaciones de metal, templado, ensayos de fundición y otras que necesitan de un tratamiento por calor. [3, p. 1]

Una mufla es un horno destinado normalmente para la cocción de materiales cerámicos y para la fundición de metales a través de la energía térmica. Dentro del laboratorio un horno mufla se utiliza para calcinación de sustancias, secado de sustancias, fundición y procesos de control. Una mufla es una cámara cerrada construida con materiales refractarios. Se compone de una puerta por la que se accede al interior de la cámara de cocción, en la que existe un pequeño orificio de observación. Las paredes del horno mufla están hechas de placas de materiales térmicos y aislantes. Este horno es utilizado cuando se requiere alcanzar temperaturas mayores a 200 °C. Es necesario mencionar que dentro del horno de mufla solamente puede utilizarse materiales de laboratorio refractarios (Por ejemplo: Un crisol de porcelana), debido a las altas temperaturas que el horno puede alcanzar (1200 °C). Existen dos tipos de hornos muflas, eléctricas y a combustible basadas en diferentes principios, pero ambas compuestas por un gabinete interno, gabinete externo, panel de control, contrapuerta y controladores de temperatura. [4]



Figura 3.1. Horno mufla

Fuente: [4]

3.2.1. Partes de la mufla

3.2.1.1. Cámara Interna de Mufla

El Horno Mufla para laboratorio está constituida por diferentes partes. Entre las cuales cabe destacar la cámara interna, que está construida en material refractario compuesto de alúmina y sílice, lo cual hace bastante resistente a las altas temperaturas de trabajo. En éste mismo material está construida la puerta. Por la misma se accede al interior de la cámara de cocción. [4]

En la parte superior de la mufla está ubicado un agujero por donde se puede realizar la verificación de temperatura. Esta verificación se hace con un termómetro externo. Adicionalmente sirve como desfogue para la salida de gases de la cámara interna. [4]

Dentro de la cámara interna de la mufla, se encuentran:

- **Elementos Calefactores:** Estos son los encargados de suministrar la fuente de calor en el interior de la mufla.
- **Termocupla:** O sensor, el cual envía una señal eléctrica al control para indicarle al mismo a qué temperatura se encuentra la cámara interna de la mufla. Panel de Control. [4]

3.3 Tratamiento térmico

El tratamiento térmico de los metales es un conjunto de ciclos de calentamientos y enfriamiento a que se someten los metales para modificar su microestructura y, por lo tanto, sus propiedades. Los tratamientos térmicos se definen como una combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento, de tiempos determinados y aplicadas a un metal o aleación en una forma tal que producirá propiedades deseadas. [5, p. 11]

La mayoría de los tratamientos térmicos se encuentran definidos por los siguientes parámetros:

- Velocidad de calentamiento.
- Temperatura alcanzada en el horno.
- Tiempo de permanencia en el horno. [6, p. 3]

3.3.1. Temple

El proceso de temple consiste en calentar la pieza a tratar con una temperatura lo suficientemente elevada, diferente para cada material, forzando una transformación y posteriormente un enfriamiento controlado lo suficientemente rápido para conseguir una estructura estable. Este tratamiento se realiza en hornos atmosféricos, baños de sales u hornos de vacío, según las necesidades de temperatura del material. El tratamiento de temple se aplica a todas aquellas piezas que requieran un aumento de sus características mecánicas tales como dureza, resistencia al desgaste, tenacidad, etc. Al mejorar estas características el material será

apto para desarrollar la aplicación para la cual fue diseñado. [6, p. 4]

3.3.2. Revenido

Revenido el revenido es el tratamiento complementario al temple; consiste en calentar el acero templado a una temperatura inferior a la eutécticoide ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$), mantener dicha temperatura hasta que la estructura se homogenice y luego enfriar a velocidad variable. [6, p. 9]

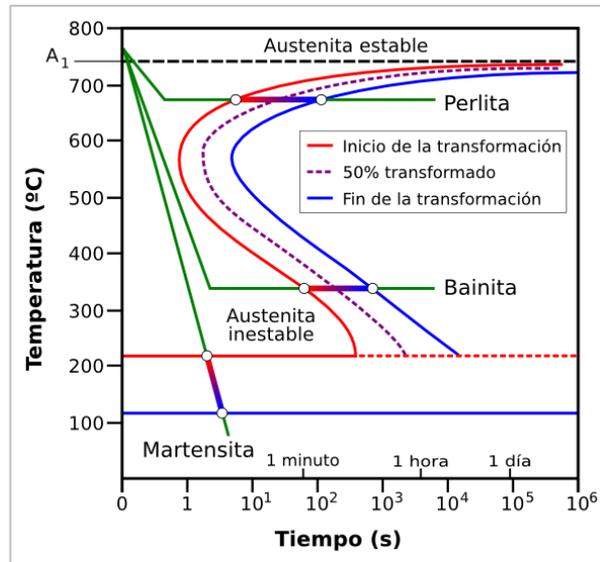


Figura 2.2 Diagrama (TTT) para un acero eutécticoide

Fuente: [7]

3.3.3. Normalizado

De igual manera que el temple se calienta la pieza de acero hasta una temperatura alta, determinada por el tipo de acero ($850\text{-}900^{\circ}\text{C}$); se mantiene la temperatura en dicho valor durante un quinto del tiempo de calentamiento; finalmente, a diferencia del temple, se debe enfriar al aire. Con este tratamiento térmico se logra armonizar la estructura del acero y darle mayor resistencia mecánica. [8, p. 6]

3.4. Ladrillo refractario

Los ladrillos refractarios son utilizados para revestir parrillas, calderas, ollas de aceración, hornos rotatorios de cementeras, etc., los cuales deben de estar pegados con mortero refractario [9]. Logran con ello una gran resistencia a altas temperaturas de ($1400\text{-}1800$) grados centígrados a la abrasión y además tiene una gran adherencia, logrando sellar los escapes de humo y gas. Este material por sus buenas propiedades térmicas es bastante caro. [10]

3.5 Resistencias Eléctricas

Las resistencias instaladas en un horno se comportan como una carga eléctrica puramente resistiva. Las relaciones entre la tensión V , la intensidad I , la potencia P y la resistencia eléctrica a temperatura RT se deducen de la ley de ohm. Permite determinar fácilmente las relaciones

existentes entre dichas magnitudes. La potencia máxima que puede disponerse en el interior de un horno con resistencias metálicas depende de la temperatura máxima y de la disposición que se adopten a las mismas. [2, p. 41]

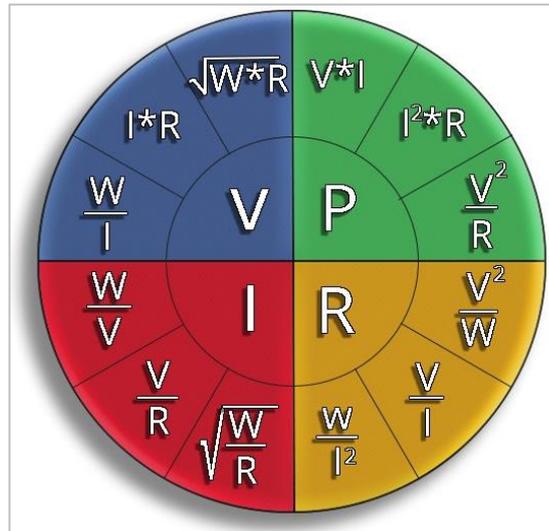


Figura 3.3. Ley de ohm

Fuente: [11]

3.5.1. Resistencias eléctricas para calentamiento

El calentamiento por resistencia eléctrica puede ser directo cuando la corriente eléctrica pasa por las piezas, o indirecto, cuando las piezas se calientan por radiación, convección o combinación de ambas. [12, p. 73]

En la industria es más frecuente el calentamiento indirecto por resistencias eléctricas [12, p. 73]. Las resistencias eléctricas se hacen de aleaciones de composición muy variadas, estas aleaciones son: carbono, cobre, hierro, manganeso, níquel, silicio, zinc y aluminio. Las aleaciones de níquel-cromo son utilizadas para alcanzar temperaturas de 1100°C, las de carburo de silicio trabajan hasta temperaturas de 1500°C, aleación de molibdeno soportan temperaturas de 1650°C, la aleación de tungsteno ya son utilizadas para mayores temperaturas que sobrepasan de los 2000°C, las de grafito se utilizan en temperaturas bajas como es los 600°C y las resistencias hechas de hilo Kanthal trabajan temperaturas de los 1200°C cuyas aleaciones son aluminio, cromo, hierro. [13]



Figura 3.4. Resistencias Eléctricas

Fuente: [13]

3.6. Sistemas de medición de temperatura

Los aparatos que se utilizan para medir la temperatura se clasifican en dos grupos:

- Aparatos de contacto
- Aparatos de radiación

Los aparatos de contacto miden la temperatura colocando un extremo en contacto directo con el cuerpo o ambiente del cual se desee obtener la medida de temperatura, en cambio los aparatos de radiación miden la temperatura mediante la energía que irradia el cuerpo caliente a la parte sensible del mismo. [6, p. 22]

Los aparatos por contacto directo más empleados son:

- Termómetros de dilatación (sólidos, líquidos, gaseoso,)
- Termómetros de resistencia eléctrica
- Pirómetros termoeléctricos

Los aparatos que emplean el fenómeno de radiación se clasifican en:

- Pirómetros de radiación total
- Pirómetros ópticos
- Pirómetros fotoeléctricos

Estos tres grandes grupos de pirómetros se subdividen en los siguientes subgrupos:

Pirómetros de radiación total

- (1) Instrumentos que efectúan la medición con termopar
- (2) Instrumentos que realizan la medición con bimetal
- (3) Instrumentos que la miden por variación de resistencia eléctrica. [6, p. 23]

3.7. Conexión en estrella

Las conexiones estrella son utilizadas para tener un mejor rendimiento de la potencia de un sistema, esto nos ayuda en la industria moderna ya que se necesita muchas veces superar la producción tanto por la demanda de algún producto, como por las necesidades de la empresa. [14]

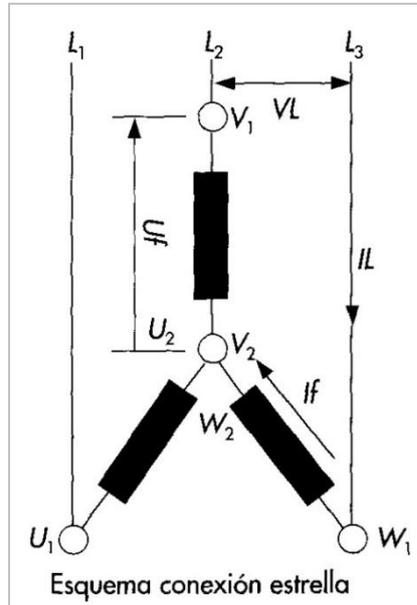


Figura 3.5. Conexión estrella

Fuente: [14]

3.8. Medición y transformación de temperatura

Termopar: un termopar es un dispositivo utilizado para medir temperaturas basadas en la fuerza electromotriz que se genera al calentar la soldadura de dos metales distintos. [15, p. 14]

3.8.1. Termocuplas

Una termocupla es un transductor de temperatura, es decir, un dispositivo que traduce una magnitud física en una señal eléctrica. Está compuesta por dos alambres de metales diferentes, los que unidos convenientemente generan entre sus extremos libres una diferencia de potencial proporcional a la diferencia de temperatura entre ellos. Su funcionamiento, se basa en un descubrimiento hecho por Seebeck: si se sueldan dos metales diferentes, cuyos extremos están a distintas temperaturas, aparece una composición, rango de temperaturas, diámetros de alambre apropiado y fuerzas electromotrices (F.E.M). [15, p. 15]

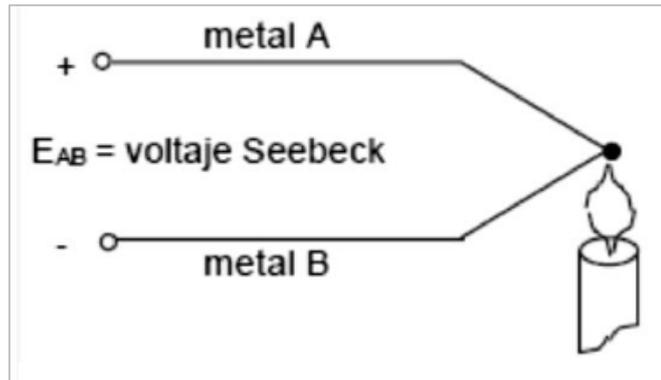


Figura 3.6. Termocupla

Fuente: [15, p. 15]

3.9. Control de dos posiciones (control on-off).

En un sistema de control de dos posiciones, el controlador en respuesta a la señal de error a su entrada solo tiene dos posiciones fijas a su salida como acción de control, independientemente de que el elemento final de control pueda tener posiciones intermedias a las anteriormente enunciadas. [16]

En relación a este comportamiento en el controlador, la salida simplemente pasa del estado: Si, Conectado, Todo, Encendido (On); al estado: No, Desconectado, Nada, Apagado (Off), o viceversa dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa, mas no de su magnitud. Como corolario se puede indicar que el controlador; o se encuentra Encendido; o se encuentra Apagado, según el signo de la señal de error ya que no hay estados intermedios y por ende el elemento final de control se ve obligado a tomar o su posición máxima o su posición mínima según corresponda. [16]

Este tipo de control es muy simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos, aparte de que muestra muchos de los compromisos fundamentales inherentes a todas las soluciones de control. [16, p. 20].

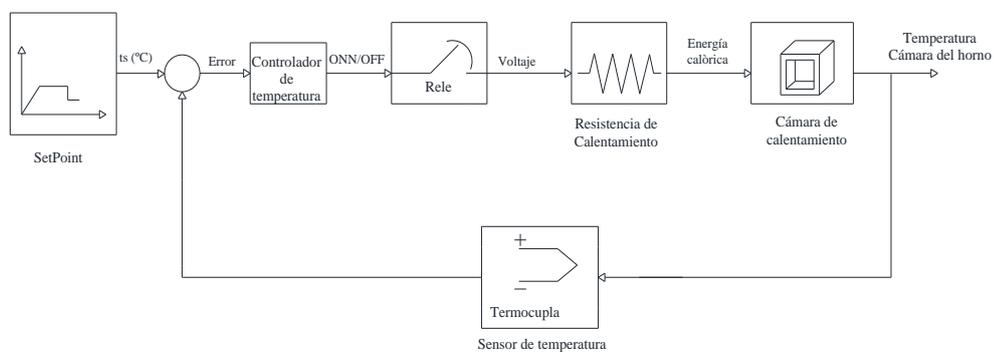


Figura 3.7. Diagrama de control

3.9.1. Ventajas del Control On - Off.

- Las válvulas de solenoides son también más económicas que los posicionadores incorporados en el elemento de acción final.
- El sistema es confiable.
- Es fácil de instalar y de ajustar.
- Siempre que el ciclo límite pueda tolerarse, un controlador on-off con histéresis es un candidato a tener en cuenta por el nivel de inmunidad al ruido. [16, p. 15]

3.9.2. Desventajas del Control On - Off.

Hay una oscilación continua en la variable controlada (constantemente se está abriendo y cerrando la válvula). Si el sistema tiene tiempo muerto significativo, dependiendo de su valor se pueden producir grandes desviaciones respecto al punto de consigna, aunque la histéresis del controlador sea nula. [16, p. 15]

3.10. Ladrillo refractario

Los ladrillos refractarios son utilizados para revestir parrillas, calderas, ollas de aceración, hornos rotatorios de cementeras, etc., los cuales deben de estar pegados con mortero refractario. Logran con ello una gran resistencia a altas temperaturas de (1400-1800) grados centígrados a la abrasión y además tiene una gran adherencia, logrando sellar los escapes de humo y gas. Este material por sus buenas propiedades térmicas es bastante caro. [10]

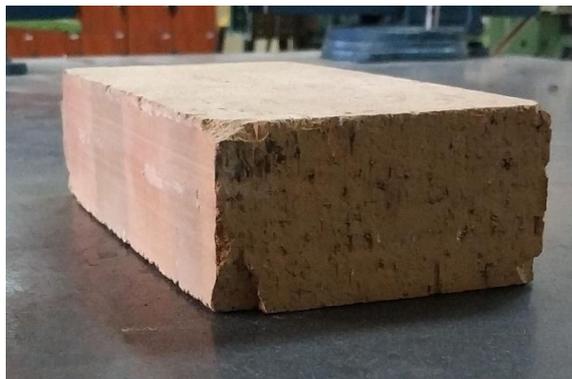


Figura 3.8. Ladrillo refractario

3.10.1. Tipos de ladrillos refractarios

- **Con alto contenido en alúmina**

Estos ladrillos tienen un coeficiente de dilatación térmica muy bajo, por lo cual están preparados para soportar altas temperaturas y luego se enfrían sin llegar a presentar dilataciones o deformaciones significativas que lo afecten. Son ladrillos de alto coste porque son escasas las arcillas con que se fabrican. [17, p. 24]

- **Con alto contenido de sílice**

Estos ladrillos pueden soportar altas temperaturas, y a diferencia de los anteriores, se dilatan de manera considerable cuando son sometidos a fases alternativas y continuas de calor y frío. Dichos cambios bruscos de temperatura los afecta de tal modo, que finalmente los desintegra. Se los emplea en aquellos sitios donde las temperaturas altas son continuas. [17, p. 24]

3.11. Lana de vidrio

La lana de vidrio es un material aislante térmico y acústico utilizado en la construcción y en la industria. Se fabrica fundiendo arena a altas temperaturas, y luego mediante un proceso de fibrado se obtiene un producto de óptimas propiedades para aislamiento térmico acústico. Su estructura está conformada por largas y finas fibras de vidrio ligadas con una resina térmicamente fraguada para formar una frazada aislante, de peso liviano y flexible. Las frazadas son de 12 o 30 metros de largo por 1.2 m de ancho, y están disponibles en tres grosores 30, 50 y 75 mm. Normalmente vienen armadas con papel kraft, polietileno o foil de aluminio para refractar los rayos solares. [18]

3.11.1. Usos y características de la lana de vidrio.

Este material es muy usado como aislante térmico y acústico para techos, muros y pisos, tanto en obras nuevas como para remodelaciones y ampliaciones. Es utilizada en proyectos constructivos residenciales, comerciales, industriales y de servicios. La lana de vidrio es 100% reciclable, no contamina y es un producto inerte tanto para la naturaleza, como para el ser humano. Es un producto atóxico, no cancerígeno y no es perjudicial para la salud. Una de sus ventajas más relevantes que, a diferencia de otros productos aislantes, tal como los derivados del petróleo, fibras vegetales o acrílicas, es que es incombustible, no es inflamable, no genera humo ni gases nocivos y resisten altas temperaturas, limitando la propagación de las 15 llamas y retrasando el esparcimiento del fuego. Esto quiere decir que, si hay fuego proveniente del exterior o de ambientes vecinos, la lana de vidrio retrasa la propagación del fuego por tiempo determinado. [18]

3.11.2. Ventajas de la lana de vidrio

Este producto es un buen aliado cuando necesitamos ahorrar energía, ya que debido a sus propiedades aislantes es capaz de mantener climatizados los espacios por un mayor período de tiempo, ahorrando costos en calefacción y climatización. El control del ruido (absorción y aislamiento acústico) es una característica natural de la lana de vidrio. Posee muy buena absorción acústica, ya que, gracias a su elasticidad y estructura, la lana de vidrio es absorbente, elástica y tiene un efecto disipante. [18]

4. METODOLOGÍA Y MATERIALES

4.1 Mecánico Térmico

4.1.1 Transferencia de calor

Es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. [19]

Transferencia de calor por conducción

El fenómeno de transferencia de calor por conducción es un proceso de propagación de energía en un medio sólido, líquido o gaseoso, mediante comunicación molecular directa o entre cuerpos a distintas temperaturas. [2, p. 10]

Transferencia de calor por convección

Es un proceso de transporte de energía que se lleva a cabo por consecuencia del movimiento de un fluido (líquido o gas), y está íntimamente relacionado con el movimiento de éste [2, p. 10].

- **Transferencia de calor por convección forzada.** Se provoca el flujo de un fluido sobre una superficie sólida por medio de una fuerza externa como lo es una bomba, un ventilador u otro dispositivo mecánico.
- **Transferencia de calor por convección libre o natural.** Resulta como consecuencia de las fuerzas de empuje que se ejercen sobre este cuando disminuye su densidad, al encontrarse en la vecindad de la superficie de transferencia de calor y en presencia de un campo gravitacional. [2, p. 10]

Transferencia de calor por radiación

Tanto los mecanismos de transferencia de calor por conducción, como por convección requieren un medio para la propagación de energía. Sin embargo, el calor también puede propagarse aún en el vacío absoluto mediante radiación. [2, p. 10]

4.1.2 Dimensionamiento para elección de elementos

Dimensionamiento de la cámara

Para realizar los respectivos cálculos se debe conocer las ecuaciones que nos llevarán a obtener todos los datos necesarios para la transferencia de calor.

$$V_c = A \cdot B \cdot C \quad (4.1)$$

Donde:

Vc: Volumen de la cámara (m)

A: Alto (m)

B: Ancho (m)

C: Profundidad (m)

Volumen del acero

$$V_a = A_a \cdot B_a \cdot C_a \quad (4.2)$$

Donde:

Va: Volumen del Acero (m)

Aa: Alto (m)

Ba: Ancho (m)

Ca: Profundidad (m)

4.1.3 Calor

Cantidad de calor a impartir a la carga

La cantidad de calor que absorbe la carga se la puede separar en algunas partes es decir: la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura del aire y la cantidad de calor que absorbe el material.

$$Q_c = Q_A + Q_m \quad (4.3)$$

Donde:

Qc: Cantidad de calor a impartir a la carga. (kJ)

QA: Calor debido al calentamiento del aire. (kJ)

Qm: Calor debido al calentamiento del material a realizar el tratamiento térmico. (kJ)

Calor debido al calentamiento del aire

$$Q_A = m_A \cdot C_{pA} \cdot \Delta T \quad (4.4)$$

Donde:

mA: Masa del específica del aire (kg).

Cp: Calor específico $\left(\frac{kJ}{kg K}\right)$.

ΔT : Diferencia de temperaturas (K).

Densidad del aire

La densidad del aire es una magnitud de influencia para gran número de mediciones entre las que se encuentran: la medición de masa, la medición de densidad de líquidos y sólidos, las mediciones de volumen, etc. Debido a tal situación es importante conocer la forma de evaluar

la densidad del aire así como su incertidumbre. [17]

Tabla 4.1. Densidad del aire a 1000°C.

Temperatura K	Temperatura °C	Densidad del aire “ρA” (Kg/m ³)
1273.15	1000	0.274

Diferencia de volumen

$$VA = Vcamara - Vacero \quad (4.5)$$

Donde:

Vacero: Volumen del acero. (m³)

Vcamara: Volumen de la cámara. (m³)

Masa específica del aire

$$mA = VA \cdot \rho A \quad (4.6)$$

Dónde:

VA: Diferencia de volumen. (m³)

ρA: Densidad del aire. (kg/m³)

4.1.4 Calor

Calor específico del aire

Es la cantidad de calor requerida para para elevar la temperatura en una unidad de masa.

Tabla 4.2. Calor específico del aire a 1000 °C

Temperatura K	Temperatura °C	Calor específico “CpA” (kJ/kgK)
1273.15	1000	1.185

Calor debido al calentamiento del material a realizar el tratamiento térmico

$$Qm = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (4.7)$$

Donde:

m: Masa específica del acero (kg)

Cp: Calor específico del acero $\left(\frac{kJ}{kgK}\right)$

ΔT: Diferencia de temperaturas (K)

Resistencia de calor por Conducción

$$R1 = \frac{e1}{K1 \cdot A1} \quad (4.8)$$

$$R2 = \frac{e2}{K2 \cdot A2} \quad (4.9)$$

$$R3 = \frac{e3}{K3 \cdot A3} \quad (4.10)$$

$$R4 = \frac{e4}{K4 \cdot A4} \quad (4.11)$$

$$R5 = \frac{1}{h0 \cdot A4} \quad (4.12)$$

Donde:

e1: Espesor del ladrillo refractario = 0.065 (m)

e2: Espesor del tol = 0.004 (m)

e3: Espesor de la lana de vidrio = 0.050 (m)

e4: Espesor del tol negro = 0.001 (m)

R1: Resistencia térmica del ladrillo refractario (Ω)

R2: Resistencia térmica de ladrillo del tol (Ω)

R3: Resistencia térmica de la lana de vidrio (Ω)

R4: Resistencia térmica de ladrillo del tol (Ω)

R2: Resistencia térmica por convección de aire (Ω)

K1: Conductividad térmica del ladrillo refractario (Ω)

K1: $0.19 \left(\frac{W}{mK} \right)$

K2: Conductividad térmica del tol de 4 (mm)

K2: $68 \left(\frac{W}{mK} \right)$

K3: Conductividad térmica de lana de vidrio

K3: $0.06 \left(\frac{W}{mK} \right)$

K4: Conductividad térmica del tol de 1(mm)

h_0 = Coeficiente de convección en el exterior del horno $\left(\frac{W}{mK} \right)$

4.1.5. Área de transferencia

$$A1 = 2((a1 \cdot c1) + (b1 \cdot c1) + (a1 \cdot b1)) \quad (4.13)$$

$$A2 = 2((a2 \cdot c2) + (b2 \cdot c2) + (a2 \cdot b2)) \quad (4.14)$$

$$A3 = 2((a3 \cdot c3) + (b3 \cdot c3) + (a3 \cdot b3)) \quad (4.15)$$

$$A4 = 2((a4 \cdot c4) + (b4 \cdot c4) + (a4b4)) \quad (4.16)$$

Donde:

A1: Área de transferencia de calor del ladrillo refractario.

A2: Área de transferencia de calor del tol.

A3: Área de transferencia de calor lana de vidrio.

A4: Área del exterior del horno.

Longitud característica

$$L = \frac{1}{\frac{1}{LA} + \frac{1}{LB} + \frac{1}{LC}} \quad (4.17)$$

$$LA = A \cdot 2 \cdot (e1 + e2 + e3 + e4) \quad (4.18)$$

$$LB = B \cdot 2 \cdot (e1 + e2 + e3 + e4) \quad (4.19)$$

$$LC = C \cdot 2 \cdot (e1 + e2 + e3 + e4) \quad (4.20)$$

Donde:

L: Longitud característica (m)

LA: Longitud característica altura (m)

LB: Longitud característica ancho (m)

LC: Longitud característica profundidad (m)

Cálculo de convección del aire

$$Gr = (\Delta T) \left(\frac{g \cdot \beta \cdot \rho^2}{u^2} \right) L^3 \quad (4.21)$$

Tabla 2.3 Propiedades de convección del aire

Temperatura K	Temperatura °C	Densidad del aire “p” (kg/m ³)	Masa atómica “u” (kg/ms)	Número de Prandtl “Pr”
303.15	30	1.247	1.76x10 ⁻⁵	0.704

Dónde:

ΔT : Diferencia de temperatura (K)

G: Gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

β : Coeficiente de expansión volumétrica K⁻¹

L: Longitud característica (m)

u: Masa atómica $\left(\frac{kg}{ms}\right)$

4.1.6 Coeficientes

Coeficiente de expansión volumétrica

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (4.22)$$

Donde:

T_f: Temperatura final (K)

Numero de Rayleigh

$$Ra = Gr \cdot Pr \quad (4.23)$$

Donde:

Gr: Convección del aire (adimensional)

Pr: Número de Prandtl (adimensional)

Numero de Nusselt

Si $10^4 < Gr \cdot Pr < 10^9$ entonces $C=0.6$ y $m=1/4$

$$Nu = C(Pr \cdot Gr)^m \quad (4.24)$$

Donde:

Gr: Convección del aire (adimensional)

Pr: Número de Prandtl (adimensional)

Coeficiente de convección del horno

$$h = \frac{Nu \cdot K}{L} \quad (4.25)$$

Donde:

Nu: Numero de Nusselt (adimensional)

K: Constante $\left(\frac{W}{K}\right)$

L: Longitud característica (m)

Pérdida de calor total

$$q = \frac{T_1 - T_6}{\frac{e_1}{k_1 \cdot A_1} + \frac{e_2}{K_2 \cdot A_2} + \frac{e_3}{K_3 \cdot 3} + \frac{e_4}{K_4 \cdot A_4} + \frac{1}{h \cdot A_4}} \quad (4.26)$$

Donde:

T₁: Temperatura en la pared interior del horno = 1000°C

T₆: Temperatura ambiente = 22°C

h_0 : Coeficiente de convección en el exterior del horno (adimensional)

4.1.7 Rendimiento

Rendimiento del horno

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_c + q} \quad (4.27)$$

Donde:

η : Rendimiento del horno (adimensional)

Q_c : Cantidad de calor a impartir a la carga (W)

q : Perdida de calor total (W)

Rendimiento neto de operación

$$Nto = \frac{\text{peso-carga}}{kwh} \quad (4.28)$$

Donde:

Peso del material a tratar [kg]

Q_c en función del tiempo [kWh]

Nto : Rendimiento neto de operación

Energía requerida del horno

$$P = \frac{Q_c}{\eta \cdot t} \quad (4.29)$$

Donde:

Q_c en función del tiempo [KW-h]

η : Rendimiento del horno

t : Tiempo (h)

4.2. Eléctrica

4.2.1 Cálculo de la resistencia eléctrica

$$I = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\theta} \quad (4.30)$$

Donde:

P : Potencia (W)

V : Voltaje (V)

Resistencia total requerida

$$Rr = \frac{V}{I} \quad (4.31)$$

Donde:

V: Voltaje (V)

I: Corriente (I)

Resistencia KANTHAL A-1

Para este horno utilizaremos un tipo de material especial para hornos de alta temperatura llamado KANTHAL A-1 el cual es de una aleación compuesta principalmente por hierro y cromo (20–30 %), aluminio (4–7,5 %) y está diseñado para trabajar a temperaturas hasta 1400 °C.

Es necesario conocer algunas propiedades del KANTHAL ya que tendremos que saber cuánto material será necesario utilizar para hacer las resistencias, estas propiedades son importantes porque cambian del tipo de aleación con que se trabaje. [1, p. 63]

Tabla 4.4. Características de la resistencia Kanthal A1.

Kanthal A1	Característica
Tipo de aleación	Hierro y cromo (20–30 %), aluminio (4– 7,5 %)
Diámetro	2 mm
Resistividad (ρ)	$1.45 \times 10^{-6} \Omega \text{ m}$
Coefficiente de resistividad a 1000°C	1.045

Resistencia por metro

$$R_{20} = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (4.32)$$

Donde:

R_{20} : Resistencia eléctrica a 20°C.

ρ : Resistividad en ($\Omega \cdot \text{m}$).

L: Longitud de material en (m)

A: Área transversal en (m^2)

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo

$$R_t = C_t \cdot R_{20} \quad (4.33)$$

Donde:

C_t : Coeficiente de resistividad a 1000°C.

R_{20} : Resistencia eléctrica a 20°C.

Longitud de resistencia requerida

$$L_{rt} = \frac{R_r}{R_t} \quad (4.34)$$

Donde:

Rr: Resistencia total requerida. (Ω)

Rt: Resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo. (Ω)

Potencia de resistencias

$$Pr = \frac{v^2}{Rt} \quad (4.35)$$

Donde:

V: Voltaje suministrada.

Rt: Resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo.

4.2.2. Distribución

Distribución de ladrillos refractarios en el interior del horno mufla.

En el interior de la cámara de calentamiento encontramos ladrillo refractario adherido con mortero refractario y en unos canalillos se ubicarán las resistencias eléctricas, las mismas que servirán para calentar dicha cámara.

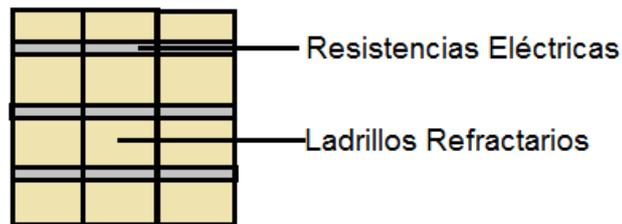


Figura 4.1. Ladrillos refractarios alrededor de la cámara de calentamiento

Distribución de ladrillos refractarios y lana de vidrio en las paredes.

Las paredes se conforman de una capa de ladrillo refractario, seguido de una capa de lana de vidrio, evitando así la fuga de calor hacia el exterior.

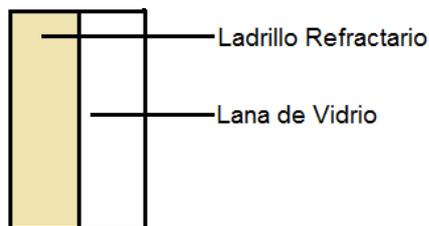


Figura 4.2. Conformación de las paredes

Distribución de la capa final del horno mufla.

En el horno mufla luego de haberse conformado las paredes, se procede a instalar la chapa metálica que cubrirá totalmente a todos los materiales antes mencionados.

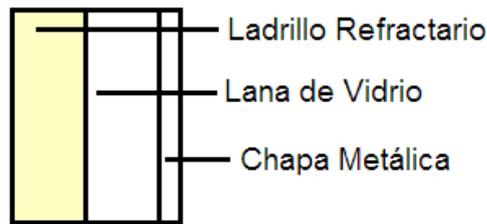


Figura 4.3. Distribución de todos los materiales.

4.3 Sistema de Control

4.3.1 Medición de Temperatura

Curva para seleccionar la termocupla.

La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje. [20, p. 2].

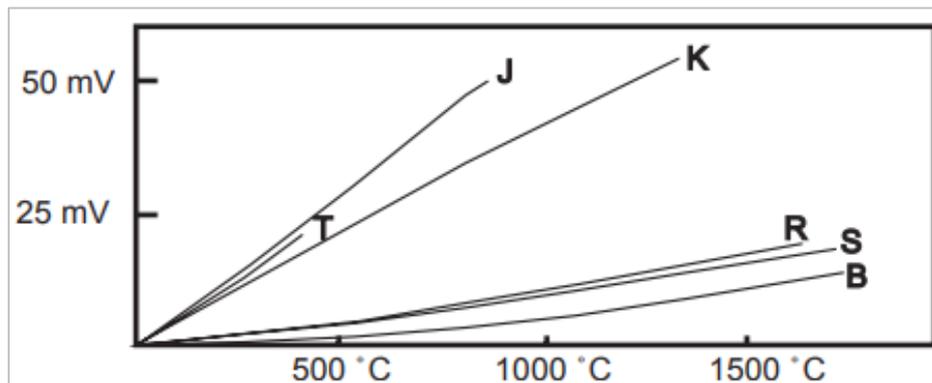


Figura 4.4. Curva de una termocupla

Fuente: [20, p. 2]

4.3.2. Protecciones eléctricas

4.3.2.1. Parada de emergencia.

Toda máquina que pueda necesitar ser parada lo más rápidamente posible, con el fin de evitar o minimizar los posibles daños, deberá estar dotada de un sistema de paro de emergencia. Este sistema estará colocado como mínimo en las máquinas sujetas a las siguientes condiciones: Cuando estando el trabajador en una zona de peligro, el mando ordinario de paro del elemento que produce el peligro no pueda alcanzarse rápida y fácilmente por el mismo. Cuando la máquina no pueda ser suficientemente vigilada desde el puesto de mando. Cuando ante una emergencia pueda ser necesario un paro más enérgico distinto del ordinario. Cuando la parada accidental de una máquina funcionando dentro de un conjunto interdependiente pueda originar peligro para las personas o daños a las instalaciones, o cuando el conjunto no pueda pararse accionando un único elemento fácilmente accesible. En todo caso la parada de emergencia no

supondrá nuevos riesgos para las personas. [22, p. 73]

4.32.2. Interruptores termomagnéticos de baja tensión

Todos los interruptores podrán ser del tipo atornillable o enchufable según indique el proyecto. Así mismo, ser de la capacidad nominal en amperios requerida y contar con zapatas adecuadas para recibir calibres de conductores, cuya conducción de corriente sea acorde con la del interruptor. Estos deberán ser capaces de operar bajo corriente de corto circuito instantánea (Elemento magnético Instantáneo) y sobrecarga (Elemento térmico del tipo con retardo de tiempo). [23, p. 8]

4.33. Cables de alta temperatura

Pueden resistir temperaturas hasta 150°C a 300°C. Nuestro inventario de cables termopares puede ser usado en aplicaciones diversas.

4.33.1. Tipos de cables de alta temperatura

- Cable SF-2/SEW-2, cable TGGT, cable MGT
- Cables termopares de PVC
- Cables termopares de FEP, TFE, PFA, fibra de vidrio, y Ceramaflex

Cable MGT es adecuado para hornos comerciales, industriales, y domésticos. Cable TGGT esta encontrado en el cableado interno de hornos domésticos y equipamiento de cocinar y secar. Algunas construcciones son adecuadas para el procesamiento de petróleo o en aviones. [24]

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se usará las ecuaciones propuestas para dimensionar térmica, eléctrica y resistividad de los elementos a elegir para reacondicionar el horno eléctrico y que llegue al rango de temperatura propuesto (0-900) grados centígrados.

5.1. Dimensionamiento térmico

Se redujo las dimensiones originales del horno de (40x40x40) cm a (30x30x35) cm en busca mejorar la eficiencia de calentamiento sin perder el volumen necesario para tratamientos de probetas.

5.1.1. Volumen

Volumen de la cámara

El cálculo del volumen de la cámara interna nos dará el espacio total a calentar y se consigue mediante la ecuación (4.1).

$$V_c = A \cdot B \cdot C$$

$$V_c = 300mm \cdot 300mm \cdot 350mm$$

$$V_c = 42000000mm^3$$

$$\underline{V_c = 0.042m^3}$$

Volumen del acero máximo de la probeta

El cálculo del volumen del acero nos sirve para tener un punto de referencia para nuestras ecuaciones se puede cambiar el tipo de metal y sus dimensiones según sea requerido para nuestro dimensionamiento tomamos unas dimensiones de $120mm \cdot 60mm \cdot 80mm$ mediante la ecuación (4.2).

$$V_a = A_a \cdot B_a \cdot C_a$$

$$V_a = 120mm \cdot 60mm \cdot 80mm$$

$$V_a = 576000mm^3$$

$$\underline{V_a = 0.000576m^3}$$

5.1.2 Calor

Cantidad de calor a impartir a la carga

La cantidad de calor que absorbe la carga se la puede separar en algunas partes, es decir: la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura del aire y la cantidad de calor que absorbe el material con la ecuación (4.3). Pero primero debemos usar otras ecuaciones.

$$Q_c = Q_A + Q_m$$

Diferencia de volúmenes

Se usará la ecuación (4.5)

$$V_A = V_{camara} - V_{acero}$$

$$V_A = 0.042m^3 - 0.000576m^3$$

$$\underline{V_A = 0.0414m^3}$$

Masa específica del aire

Se usa la Ecu ecuación (4.6)

$$m_A = V_A \cdot \rho_A$$

$$m_A = 0.0414m^3 \cdot 0.274kg/m^3$$

$$\underline{m_A = 0.0113kg}$$

5.1.3 Calor debido al calentamiento del aire

Se usa la ecuación (4.4)

$$Q_A = m_A \cdot C_{pA} \cdot \Delta T$$

$$Q_A = 0.0113kg \cdot 1.185kJ/kgK \cdot (1273 - 295)K$$

$$\underline{Q_A = 13.10kJ}$$

Calor debido al calentamiento del material a realizar el tratamiento térmico

Se usa la ecuación (4.7)

$$Q_m = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_m = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_m = 7865 \cdot 0,000576 \cdot 0.460 \text{KJ/kgK} \cdot (1273 - 283.15) \text{K}$$

$$\underline{Q_m = 2049 \text{ kJ}}$$

Ya con todos los valores podemos aplicar la Ecu (4.3)

$$Q_c = Q_A + Q_m$$

$$Q_c = 2049 \text{ kJ} + 13.10 \text{ kJ}$$

$$\underline{Q_c = 2062.10 \text{ kJ}}$$

Factor de transformación de kJ a W-h: $0.277778 \frac{\text{Wh}}{\text{kJ}}$

$$Q_c = 2062.10 \text{ kJ} \cdot 0.277778 \frac{\text{Wh}}{\text{kJ}}$$

$$\underline{Q_c = 572.81 \text{ Wh}}$$

5.1.4. Área de transferencia

Se utilizará la ecuación (4.13), (4.14), (4.15), y (4.16) para deducir la resistencia de cada capa.

$$A_1 = 2((a_1 \cdot c_1) + (b_1 \cdot c_1) + (a_1 \cdot b_1))$$

$$A_1 = 2((0.53 \text{m} \cdot 0.536) + (0.53 \text{m} \cdot 0.536 \text{m}) + (0.53 \text{m} + 0.53 \text{m}))$$

$$\underline{A_1 = 3.256 \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$A_2 = 2((a_2 \cdot c_2) + (b_2 \cdot c_2) + (a_2 + b_2))$$

$$A_2 = 2((0.538 \text{m} \cdot 0.542 \text{m}) + (0.538 \text{m} \cdot 0.542 \text{m}) + (0.538 \text{m} + 0.538 \text{m}))$$

$$\underline{A_2 = 3.318 \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$A_3 = 2((a_3 \cdot c_3) + (b_3 \cdot c_3) + (a_3 + b_3))$$

$$A_3 = 2((0.638 \text{m} \cdot 0.644 \text{m}) + (0.638 \text{m} \cdot 0.644 \text{m}) + (0.638 \text{m} + 0.638 \text{m}))$$

$$\underline{A_3 = 4.195 \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$A_4 = 2((a_4 \cdot c_4) + (b_4 \cdot c_4) + (a_4 + b_4))$$

$$A_4 = 2((0.64 \text{m} \cdot 0.646 \text{m}) + (0.64 \text{m} \cdot 0.646 \text{m}) + (0.64 \text{m} + 0.64 \text{m}))$$

$$\underline{A_4 = 4.214 \text{ (m}^2\text{)}}$$

5.1.9 Longitud característica

Se utilizará las ecuaciones: (4.17), (4.18), (4.19) y (4.20)

$$L = \frac{1}{\frac{1}{LA} + \frac{1}{LB} + \frac{1}{LC}}$$

$$LA = A \cdot 2 \cdot (e1 + e2 + e3 + e4)$$

$$LA = 0.4\text{m} + 2 \cdot (0.065 + 0.004 + 0.05 + 0.001)\text{m}$$

$$\underline{LA = 0.640 \text{ (m)}}$$

$$LB = 0.30\text{m} + 2 \cdot (0.065 + 0.004 + 0.05 + 0.001) \text{ m}$$

$$\underline{LB = 0.54 \text{ (m)}}$$

$$LC = 0.356\text{m} + 2 \cdot (0.065 + 0.004 + 0.05 + 0.001) \text{ m}$$

$$\underline{LC = 0.60 \text{ (m)}}$$

$$L = \frac{1}{\frac{1}{LA} + \frac{1}{LB} + \frac{1}{LC}}$$

$$L = \frac{1}{\frac{1}{0.640 \text{ m}} + \frac{1}{0.54\text{m}} + \frac{1}{0.60\text{m}}}$$

$$\underline{L = 0.25\text{m}}$$

Cálculo de convección del aire

Para encontrar la convección del aire usaremos las ecuaciones (4.21), (4.22) y (4.23).

$$Gr = (\Delta T) \left(\frac{g \cdot \beta \cdot \rho^2}{u^2} \right) L^3$$

$$\beta = \frac{1}{T_f}$$

$$\beta = \frac{1}{303.15\text{K}}$$

$$\underline{\beta = 0.00329 \text{ K}^{-1}}$$

$$Gr = (\Delta T) \left(\frac{g \cdot \beta \cdot \rho^2}{u^2} \right) L^3$$

$$Gr = (303.15\text{K} - 283.15\text{K}) \left(\frac{9.81 \cdot 3.165 \times 10^{-3} \cdot 1.2468^2 \cdot (0.25\text{m})^3}{(1.76 \times 10^{-5})^2} \right)$$

$$\underline{Gr = 48692379.14}$$

5.1.5. Coeficiente

Numero de Rayleigh

El número de Rayleigh (Ra) de un fluido es un número adimensional asociado con la transferencia de calor en el interior del fluido y lo deduce con la ecuación (4.23).

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

$$Ra = 48692379.14 \cdot 0.704$$

$$\mathbf{Ra = 342794349.91}$$

$$Ra = 34.27 \times 10^6$$

Si $10^4 < Gr \cdot Pr < 10^9$ entonces $C=0.6$ y $m=1/4$

Numero de Nusselt

Es un número adimensional que mide el incremento de la transmisión de calor desde una superficie por la que un fluido discurre y se deduce con la ecuación (4.24).

$$Nu = C(Pr \cdot Gr)^{1/4}$$

$$Nu = 06(48692379.14 \cdot 0.704)^{1/4}$$

$$\mathbf{Nu = 119.78}$$

Coefficiente de convección

Se utilizará la ecuación (4.25)

$$h = \frac{Nu \cdot K}{L}$$

$$h = \frac{119.78 \cdot 0.026664}{0.25}$$

$$\mathbf{h = 12.93 \left(\frac{W}{mK} \right)}$$

Pérdidas de calor total

Sumatoria de las pérdidas de calor en el circuito deduce con la ecuación (4.26)

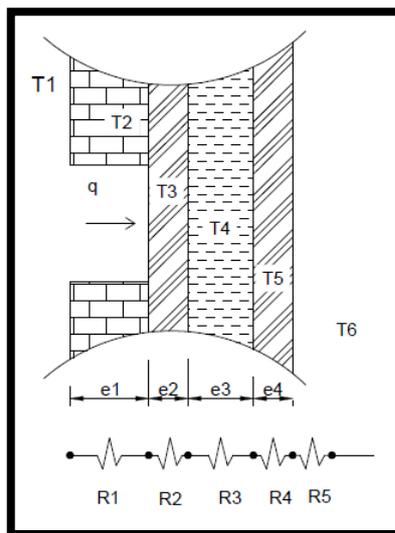


Figura 5.1 Resistencias térmicas

$$q = \frac{T1 - T6}{R1 + R2 + R3 + R4 + R5}$$

$$q = \frac{T_1 - T_6}{\frac{e_1}{k_1 \cdot A_1} + \frac{e_2}{K_2 \cdot A_2} + \frac{e_3}{K_3 \cdot A_3} + \frac{e_4}{K_4 \cdot A_4} + \frac{1}{h \cdot A_4}}$$

$$q = \frac{1273 - 283.15}{\frac{0.065}{0.19 \cdot 3.26} + \frac{0.004}{68 \cdot 3.18} + \frac{0.050}{0.06 \cdot 4.195} + \frac{0.001}{68 \cdot 4.14} + \frac{1}{12.93 \cdot 4.214}}$$

$$**q = 3073.23 W**$$

$$**Q_c + q = 3073.23 W + 572.81 W**$$

$$**= 3646.04**$$

5.1.6. Rendimiento

Rendimiento del horno

Se utilizará la ecuación (4.27)

$Q_c = 572.81 W - h$ En función del tiempo 1h

$$Q_c = \frac{572.81 Wh}{1h} = 572.81 W$$

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_c + q}$$

$$\eta = \frac{572.81}{572.81 + 3646.04}$$

$$**\eta = 0.14**$$

5.1.16. Energía requerida del horno

Se utilizará la ecuación (4.29)

$$P = \frac{Q_c}{\eta \cdot t}$$

$$P = \frac{572.81 Wh}{0.14 \cdot 1h}$$

$$**P = 4091.5 W**$$

5.2 Calculo Eléctrico

5.2.1 Cálculo de la resistencia eléctrica

Mediante la ley de ohm tenemos, ecuación (4.30):

$$I = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\theta}$$

$$I = \frac{4091.5 W}{220 V \sqrt{3} \cdot 1}$$

$$**I = 10.75 (A)**$$

Cálculo de la resistencia

Se utilizará la ecuación (4.31)

$$Rr = \frac{V}{A}$$
$$Rr = \frac{127 (V)}{10.75 (A)}$$
$$\underline{\underline{Rr = 11 (\Omega)}}$$

Tabla 5.1. Condiciones de mercado

Calculado	Disponible en el mercado
11Ω	5Ω por fase

5.2.2 Recalculo resistencias y potencia en estrella 4 hilos 220v

Usando las ecuaciones (4.31) y (5.33) se determinará las características y condiciones que nos proporciona esta conexión.

$$Vf = \frac{vl}{\sqrt{3}} \quad (5.33)$$
$$Vf = \frac{220v}{\sqrt{3}}$$
$$\underline{\underline{Vf = 127V}}$$
$$Il = \frac{127v}{5\Omega}$$
$$\underline{\underline{Il = 25.4A}}$$

$$P = 127V \cdot 25.4A$$

$$\underline{\underline{P = 3225.8W ; Por fase}}$$

$$\underline{\underline{3P= 9677.4; Todo el sistema}}$$

El sistema en estrella da las condiciones adecuadas para su uso ya que sus protecciones y conductores térmicos se encuentran disponibles en el mercado y su potencia es la suficiente para llegar a la temperatura planteada.

Elección de conductor

Se necesita un conductor que soporte altas temperaturas y soporte una corriente de 25.4 amperios o superior.

Se eligió el cable de altas temperaturas número 10 que soporta hasta 30 amperios.

Debido a las temperaturas a manejar en el horno se debe recalculer el amperaje que soporta el conductor número 10 a 50°C.

Tabla 5.2 de factores de corrección de conductores por calor

Sección Transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S, TW, UF	Tipos FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW*, UF*	Tipos RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TBS, SA, SIS, THHN*, THW-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,7	455	545	615	375	445	500	1000
633,38	495	590	665	405	485	545	1250
760,05	520	625	705	435	520	585	1500
886,73	545	650	735	455	545	615	1750
1013,4	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

Fuente: [25]

$$I = 0.82 \cdot 30A$$

$$I = 24.6A$$

Elección de los contactores

Se va a usar los contactores ya instalados en el horno para aprovecharlos y abaratar costos los cuales son 3 de 70 amperios a 220V. Se recomienda cambiarlos por 1 contactor de 35 amperios a 220V.

5.2.3 Consumo eléctrico

El consumo de energía eléctrica se mide en kWh, lo que significa kilovatios por hora. El vatio es la unidad de potencia, mientras que la hora hace referencia al tiempo. Por lo tanto, un kilovatio hora (kWh) implica que, durante una hora, se realiza un consumo de potencia de 1000 vatios.

$$\text{Consumo} = P \cdot h$$

$$\text{Consumo} = 9677.4W * 7h$$

$$\underline{\text{Consumo} = 67741.8Wh}$$

$$\underline{\text{Consumo} = 67.7kWh}$$

Cálculo de la resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo

Se utilizará la ecuación (4.32)

$$R_{20} = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi 0.0020^2}{4}$$

$$\underline{A = 1 \times 10^{-6}(m^2)}$$

$$R_{20} = \frac{1.45 \times 10^{-6} \Omega m \cdot 1m}{1 \times 10^{-6} m^2}$$

$$\underline{\mathbf{R_{20} = 1.45 (\Omega)}}$$

Cálculo de la resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo

Se utilizará la ecuación (4.33) y (4.34)

$$R_T = C_t \cdot R_{20}$$

Donde:

R_t = Resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo en Ω

C_t = Coeficiente de resistividad a 1000°C

$$R_t = 1.045 \cdot 1.45 (\Omega)$$

$$\underline{\mathbf{R_t = 1.52 (\Omega)}}$$

Con esto tenemos la resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo a **1.52** por metro

$$L_{rt} = \frac{R_r}{R_t}$$

$$L_{rt} = \frac{15}{1.52}$$

$$\underline{\mathbf{L_{rt} = 9.87m}}$$

$$\underline{\mathbf{3L_{rt} = 29.61m}}$$

Tabla 5.3. Condiciones de mercado longitud de resistencias

Calculado	Disponible en el mercado
29.61m	30m

5.3. Sistema de Control del Horno

La selección del sistema de control más idóneo depende de los parámetros que están involucrados en el tratamiento térmico que son los siguientes:

- Temperatura (Mínima y Máxima)
- Tiempo expuesto de las probetas a tratamiento térmico
- Programación de parámetros

5.3.1 Selección del sistema de control

Para seleccionar el elemento de control más idóneo buscamos una tabla comparativa de sus funciones más destacadas de los diferentes elementos de control.

Tabla 5.4. Comparación de dispositivos de control

ITEM	PLC	Controlador De Temperatura	Microprocesador PIC
Disponibilidad	Regular	Alta	Alto
Precisión	Alta	Alta	Alta
Precio	Alto	Medio	Bajo
Software	Propio	Propio	Libre
Tamaño	Considerable espacio	Escaso Espacio	Escaso espacio
Reparación	No	No	Si
Programación	Medio	Fácil	Difícil

Los datos que pudimos comparar de los diferentes dispositivos que se pueden usar para el control del horno observamos que el controlador de temperatura se puede utilizar como nuestro sistema de control porque es de fácil adquisición en el mercado a un precio módico, El controlador elegido es un Rex-004280 el cual cumple con nuestros requerimientos técnicos y además que su remplazo en caso de algún fallo sería de fácil a comparación del PLC y Touch panel.

El Rex-004280 tiene un nivel de control de -100 °C a 1200 °C

5.3.2 Termocupla

La termocupla va de acuerdo al rango temperatura el cual requerimos es de hasta 900 °C y apoyándonos en la curva de temperaturas de las termocuplas de nuestra metodología y materiales utilizaremos un tipo “K” la misma que está diseñada para una temperatura de hasta 1300 °C, al mismo tiempo que le podemos encontrar con facilidad en el mercado nos podemos referir a la Figura 4.4.

5.3.3 Sistema de Control

El sistema de control empleado en los hornos es un sistema lazo cerrado, ya que las señales de salida y entrada están relacionada a un bucle de realimentación, la señal de salida interviene sobre la de entrada. La señal de salida interviene sobre la operación de control.

El sistema de control elegido para el horno eléctrico es un ON / OFF ya que su rapidez de respuesta es alta y su dificultad en calculo y programación sencilla. La curva de histéresis es como una oposición a experimentar cualquier cambio, cosa que normalmente sería un efecto perjudicial para ciertas aplicaciones por lo que se debe escoger adecuadamente las aplicaciones en las cuales este controlador funcionaria adecuadamente. El control del tiempo es manual.

El esquema que maneja con el sistema térmico para realizar prácticas de tratamientos térmicos se representa en la siguiente figura.

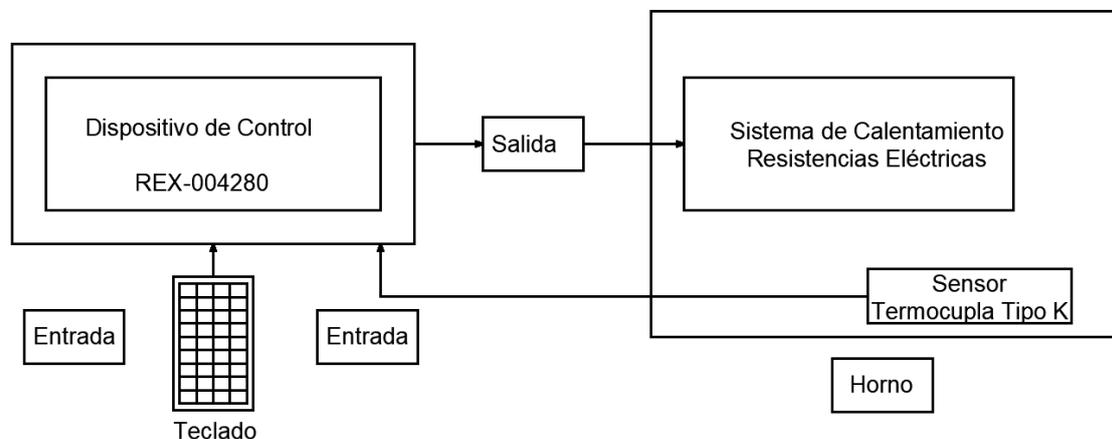


Figura 5.2. Esquema del sistema de control instalado

Revisar anexo 7, diagrama de configuración del dispositivo de control.

5.3.1 Curvas de histéresis

Debido a ser un control ON OFF se tiene un rango de error entre la temperatura deseada y la real en las siguientes tablas y figuras podremos ver el margen de error por cada 100 grados Celsius.

Tabla 5.5 Tiempo vs temperatura pre-calentamiento 100°C

Tiempo (mnt)	Temperatura °C
0	20
1	89
2	132
3	139
4	137
5	132
6	125
7	119
8	113
9	108
10	103
11	99
12	109
13	110
14	109
15	107
16	104
17	100
18	103
19	109
20	110
21	109
22	107
23	104
24	101
25	99
26	108
27	110
28	110
29	109
30	107

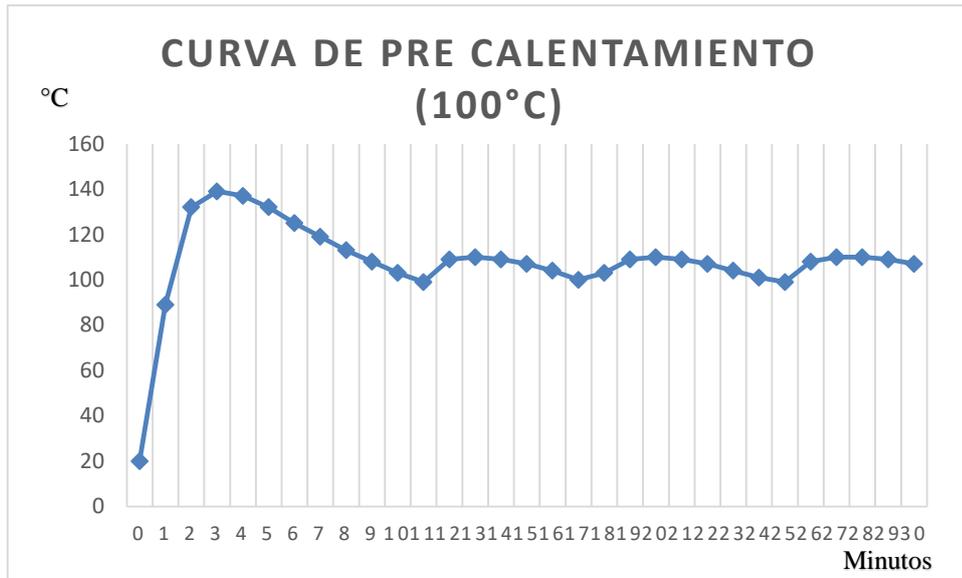


Figura 5.3 Curva de histéresis a 100°C

Al transcurrir el tiempo podemos notar que la temperatura llega a un equilibrio después del minuto 10 tenemos un rango de error de (± 10) **grados Celsius**. Tenemos el pico más alto a 139 grados Celsius a los 3 minutos y el más bajo a 89 grados Celsius en el primer minuto.

Tabla 5.6. Tiempo vs temperatura pre-calentamiento 200°C

Tiempo (mnt)	Temperatura °C
0	107
1	114
2	167
3	220
4	226
5	217
6	206
7	197
8	200
9	211
10	207
11	199
12	207
13	207
14	201
15	207
16	209
17	204
18	199

Continua

19	207
20	205
21	199
22	207
23	207
24	203
25	200
26	208
27	206
28	201
29	204
30	208

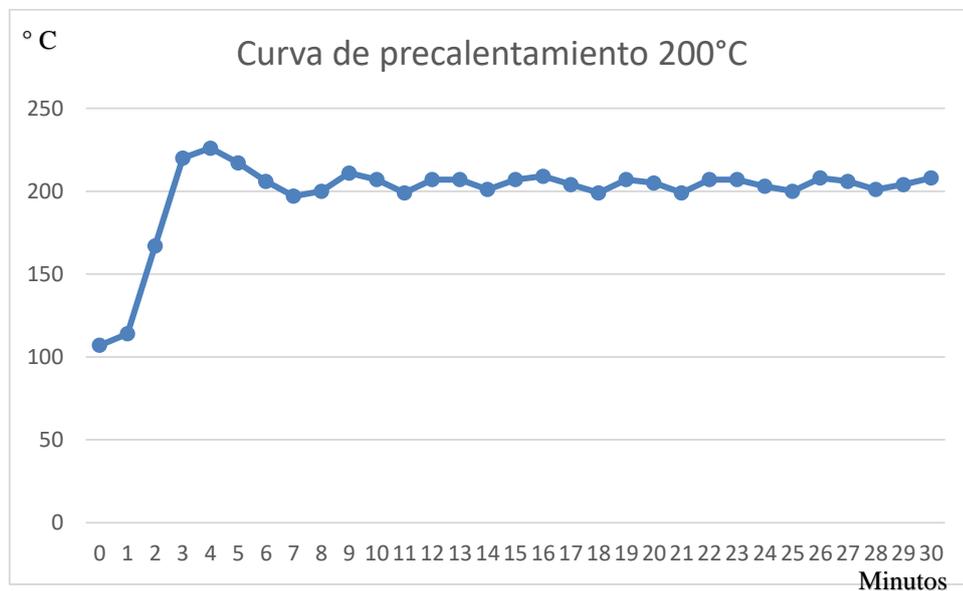


Figura 5.4. Curva de histéresis a 200°C

Podemos notar un parecido a la curva de la figura 5.3 pero con menores picos. Al transcurrir el tiempo podemos notar un equilibrio térmico después del minuto 6, tenemos un rango de error de (± 8) °C. Tenemos el pico más alto en el minuto 4 a 226°C y el más bajo 114°C en el minuto 1.

Tabla 5.7 Tiempo vs temperatura pre calentamiento 300°C

Tiempo (mnt)	Temperatura °C
0	220
1	271
2	319
3	319

Continua

4	309
5	298
6	306
7	298
8	306
9	298
10	303
11	298
12	300
13	308
14	303
15	304
16	307
17	297
18	309
19	302
20	306
21	307
22	298
23	310
24	304
25	302
26	306
27	298
28	301
29	303
30	304

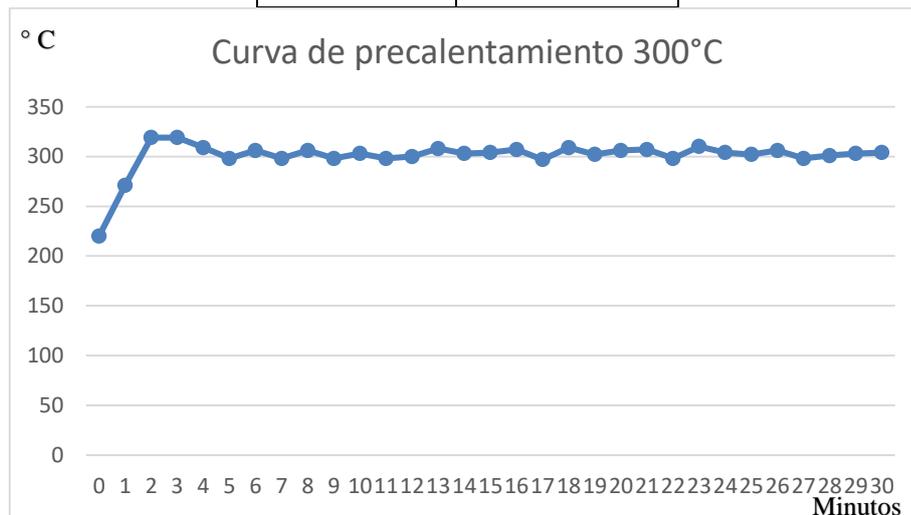


Tabla 5.5 Curva de histéresis a 300°C

Podemos notar un parecido a la curva de la figura 5.4 pero con menores picos. Al transcurrir el tiempo podemos notar un equilibrio térmico después del minuto 6, tenemos un rango de error

de (± 8) °C. Tenemos el pico más alto en el minuto 2 a 319°C y el más bajo 271°C en el minuto 1.

Tabla 5.8 Tiempo vs temperatura de pre calentamiento 400°C

Tiempo (mnt)	Temperatura °C
0	304
1	328
2	390
3	411
4	395
5	403
6	407
7	397
8	400
9	406
10	400
11	400
12	402
13	400
14	401
15	409
16	400
17	409
18	397
19	405
20	402
21	402
22	407
23	398
24	408
25	398
26	406
27	399
28	405
29	403
30	400

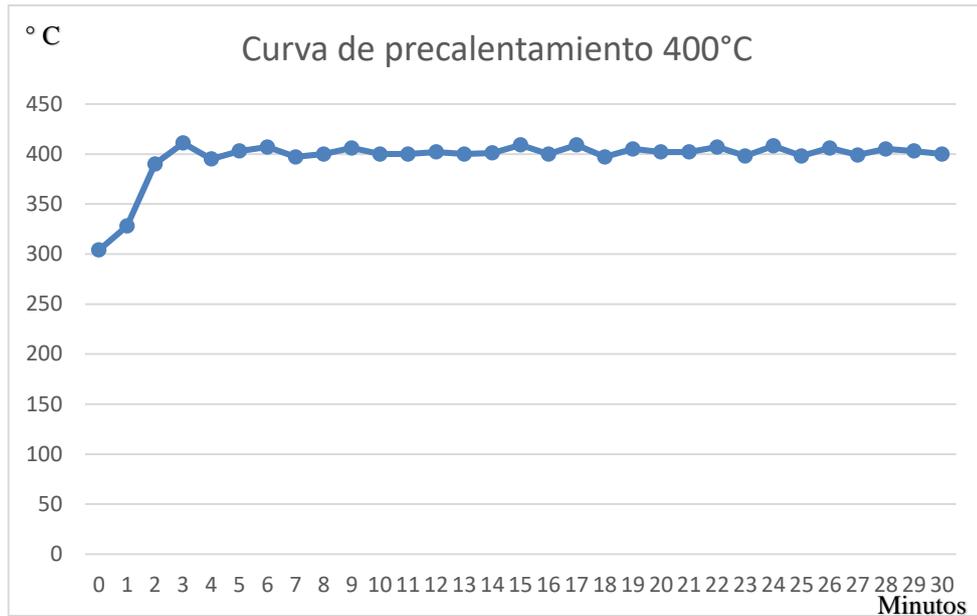


Figura 5.6 Curva de histéresis 400°C

Podemos notar un parecido a la curva de la figura 5.5 pero con menores picos. Al transcurrir el tiempo podemos notar un equilibrio térmico después del minuto 8, tenemos un rango de error de (± 9) °C. Tenemos el pico más alto en el minuto 3 a 411°C y el más bajo 328°C en el minuto 1.

Tabla 5.9 Tiempo vs temperatura de pre calentamiento 500°C

Tiempo (mnt)	Temperatura °C
0	400
1	426
2	470
3	509
4	505
5	501
6	498
7	495
8	504
9	507
10	500
11	495
12	503
13	507
14	500
15	497
16	500
17	508
18	501

Continua

19	495
20	506
21	501
22	497
23	495
24	503
25	508
26	506
27	501
28	497
29	497
30	504

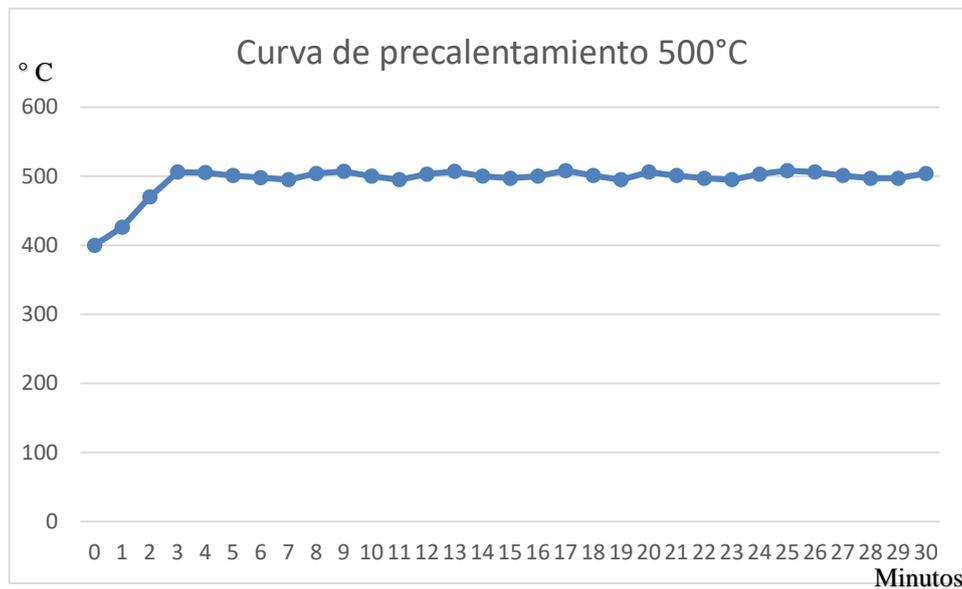


Figura 5.7 Curva de histéresis a 500°C

Podemos notar un parecido a la curva de la figura 5.6 pero con menores picos. Al transcurrir el tiempo podemos notar un equilibrio térmico después del minuto 4, tenemos un rango de error de (± 7) °C. Tenemos el pico más alto en el minuto 3 a 509°C y el más bajo 426°C en el minuto 1.

Tabla 5.10 Tiempo vs temperatura pre-calentamiento (100-500) °C

Tiempo (mnt)	Temperatura °C
0	20
1	89
2	132
3	139

Continua

4	137
5	132
6	125
7	119
8	113
9	108
10	103
11	99
12	109
13	110
14	109
15	107
16	104
17	100
18	103
19	109
20	110
21	109
22	107
23	104
24	101
25	99
26	108
27	110
28	110
29	109
30	107
31	107
32	114
33	167
34	220
35	226
36	217
37	206
38	197
39	200
40	211
41	207
42	199
43	207
44	207
45	201
46	207
47	209

48	204
49	199
50	207
51	205
52	199
53	207
54	207
55	203
56	200
57	208
58	206
59	201
60	204
61	208
62	220
63	271
64	319
65	319
66	309
67	298
68	306
69	298
70	306
71	298
72	303
73	298
74	300
75	308
76	303
77	304
78	307
79	297
80	309
81	302
82	306
83	307
84	298
85	310
86	304
87	302
88	306
89	298
90	301
91	303

92	304
93	304
94	328
95	390
96	411
97	395
98	403
99	407
100	397
101	400
102	406
103	400
104	400
105	402
106	400
107	401
108	409
109	400
110	409
111	397
112	405
113	402
114	402
115	407
116	398
117	408
118	398
119	406
120	399
121	405
122	403
123	400
124	400
125	426
126	470
127	506
128	505
129	501
130	498
131	495
132	504
133	507
134	500
135	495

136	503
137	507
138	500
139	497
140	500
141	508
142	501
143	495
144	506
145	501
146	497
147	495
148	503
149	508
150	506
151	501
152	497
153	497
154	504

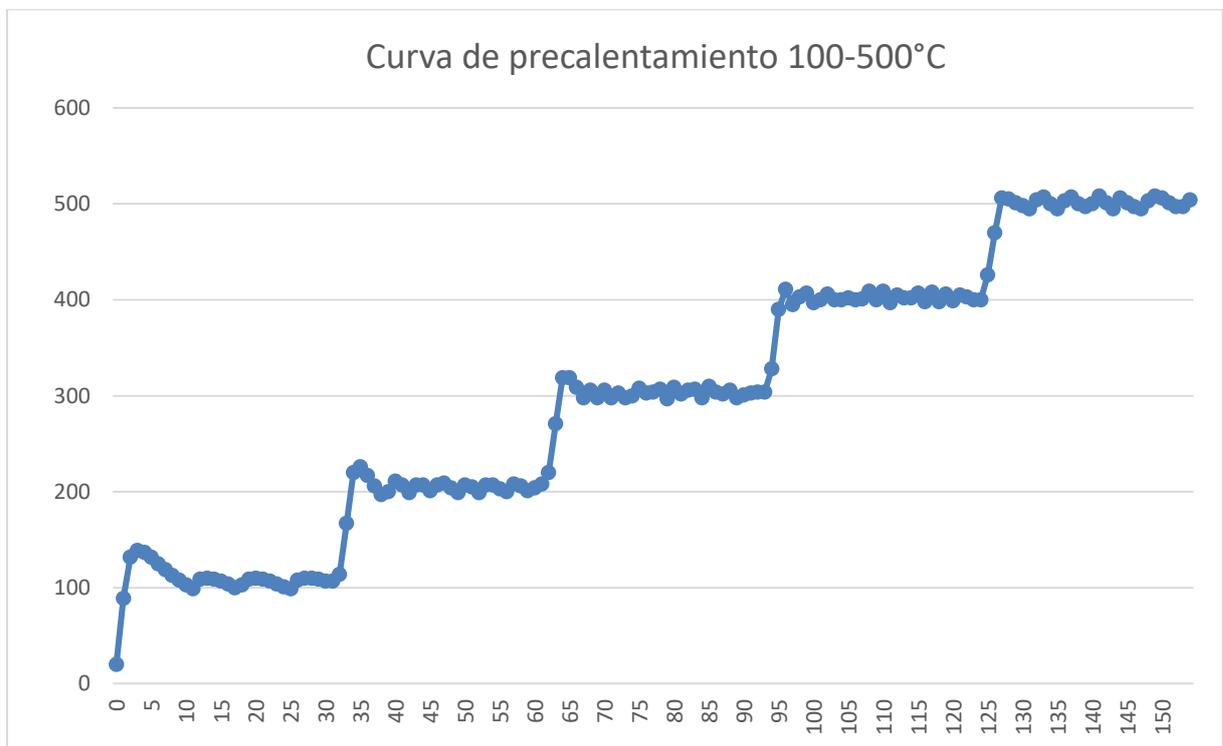


Figura 5.8 Curva de histéresis (100-500) °C

Podemos observar que entre más alta sea la temperatura y el tiempo mayor será el equilibrio térmico y más estable será la curva además de ser menor el error.

Después del precalentamiento se debe llevar la temperatura a la adecuada para el temple

Sistema eléctrico de calentamiento

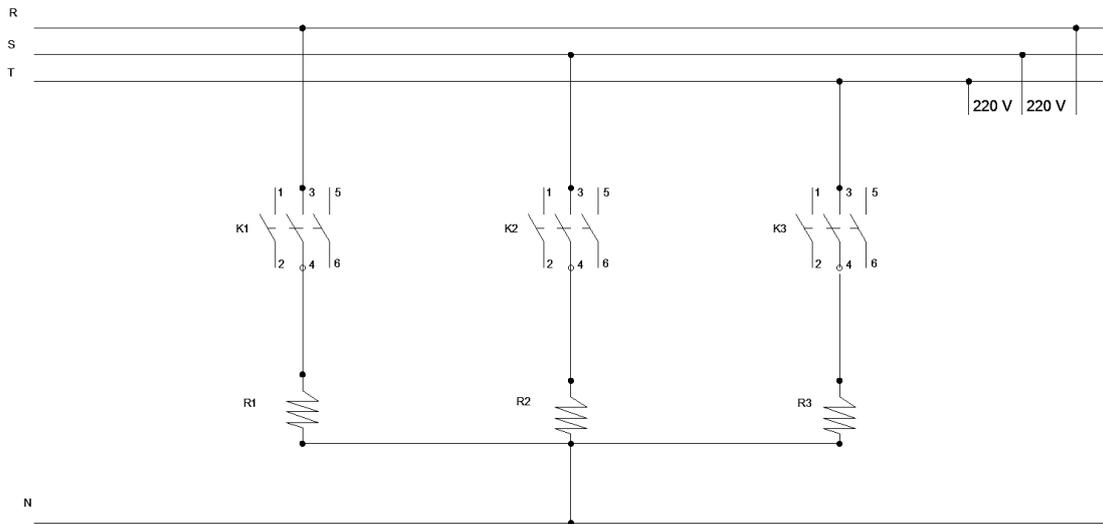


Figura 5.9. Conexión en estrella de resistencias

El sistema de calentamiento en el horno funciona mediante tres resistencias de 5 ohm cada una conectadas en configuración estrella a fin de conseguir de Watts que es la potencia calculada para que el horno trabaje de modo correcto en las temperaturas requeridas.

Sistema de control y potencia

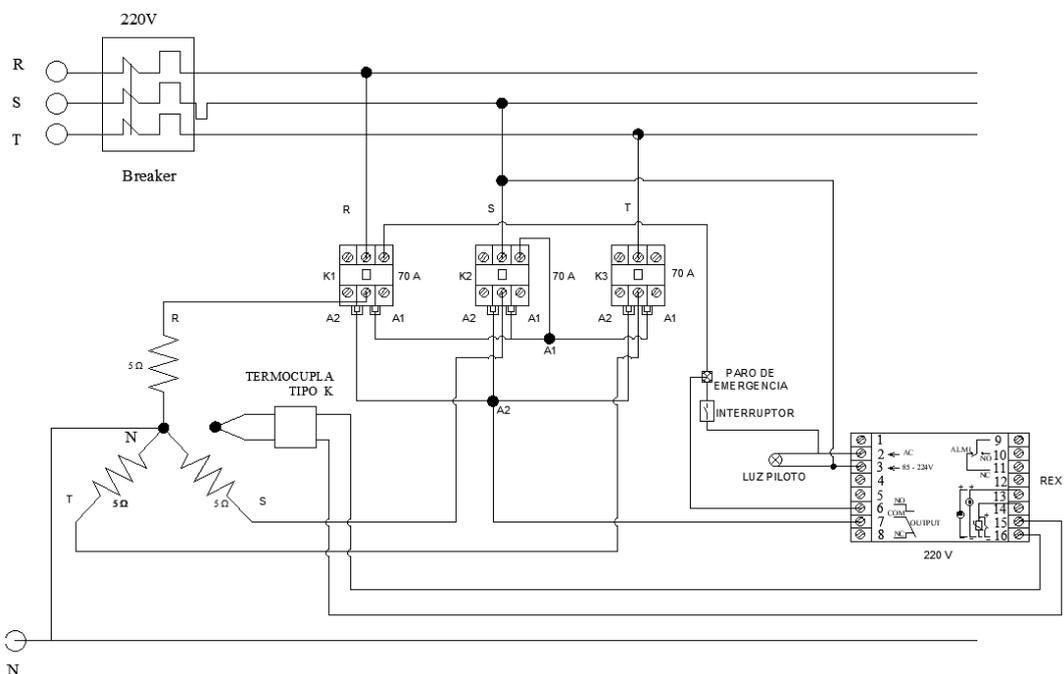


Figura 5.10. Circuito de potencia y control

5.4. Comparación de resultados

Se eligió la conexión en estrella por su gran potencia y baja corriente lo que facilita la compra e instalación de protecciones. Con esta conexión tenemos una potencia de **9677.4W** con un

consumo de **25 amperios** y un voltaje de alimentación de **220V** fase fase y **127V** fase neutro. Mediante la experimentación se pudo obtener los siguientes resultados:

Tabla 5.11. Tiempo vs Temperatura

Tiempo min	Temperatura °C
0	20
10	464
20	550
30	604
40	654
50	702
60	744
70	782
80	816
90	848
100	875
120	903

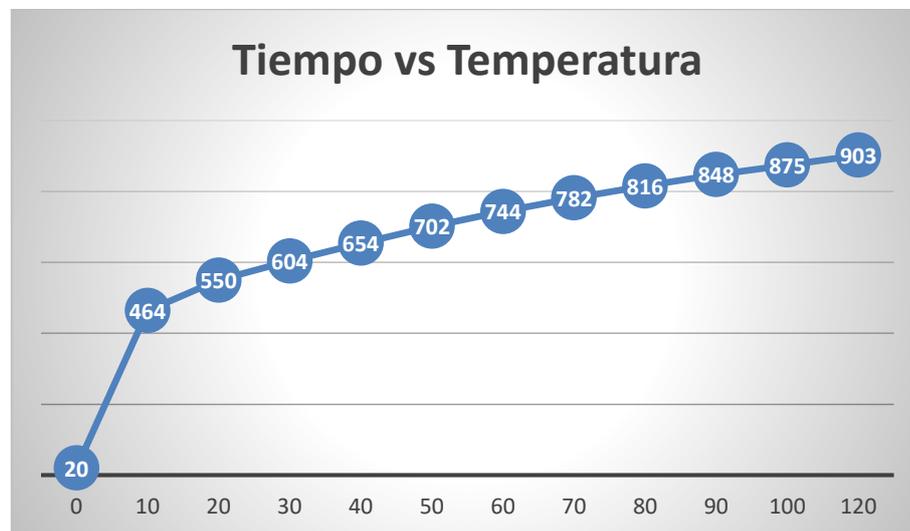


Figura 5.11. Tiempo vs Temperatura

5.4.1. Comparación antes de la repotenciación

Antes de la repotencien el horno trabajaba con una conexión en serie a **110 voltios** y la corriente sobrepasaba los **60 amperios** lo que producía que las protecciones salten y apaguen el equipo.

Tabla 5.12. Comparación de resultados antes y después de la repotenciación

Después de la repotenciación		Antes de la repotenciación	
Tiempo min	Temperatura °C	Tiempo min	Temperatura °C
0	20	0	20
10	464	10	130
20	550	20	260
30	604		
40	654		
50	702		
60	744		
70	782		
80	816		
90	848		
100	875		
120	903		

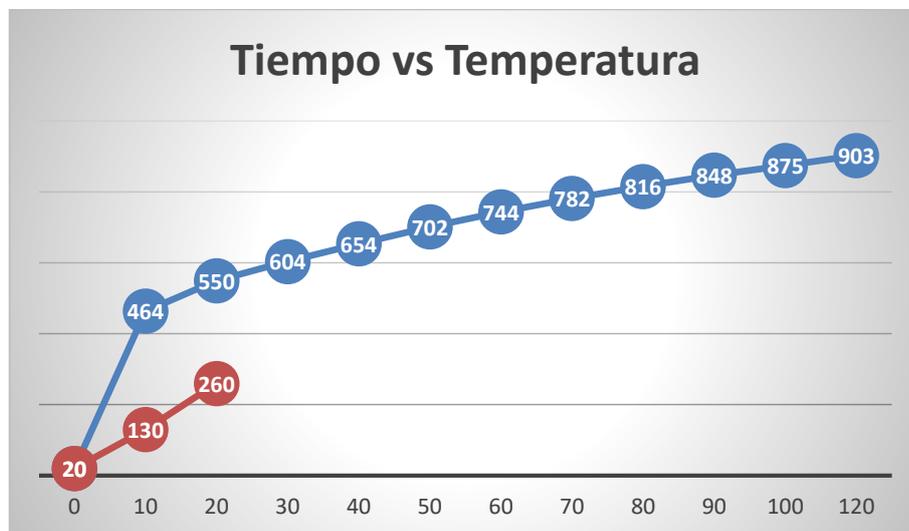


Figura 5.12. Comparación tiempo vs temperatura

Se aumentó la eficiencia del horno en 3.5 veces del estado anterior con lo cual ya puede cumplir con sus objetivos iniciales además de que ya no se apaga después de 20 minutos en el estado actual se puede usar por tiempos indefinidos.

5.5. Interpretación

Dependiendo de los resultados en el dimensionamiento se decidirá los materiales a adquirir para la repotenciación del horno eléctrico.

Tabla 5.13. Interpretación de resultados

Resistencia Kanthal A1	Soporta altas temperaturas hasta 1400 grados centígrados. Se requiere 30 metros. Se dividirá en 3 resistencias de 10 metros. Cada 10 metros se tiene 5 ohm.
Protección al calor	Lana de vidrio.
Conductores térmicos	De calibre 10AWG (30A). Tiene una protección hasta 300°C
Ladrillo refractario	Alto contenido en alúmina. Su expansión por el calor es casi nula
Termocupla	Tipo K (-100 a 1200) grados centígrados.
Control de temperatura	Rex-004280 Control de -100°C a 1200°C

5.6. Tratamiento térmico (Temple)

- El acero a usar será el AISI 1045 se usaran 4 probetas
- Se creó un código para cada probeta su forma denominada “chaveta” de dimensiones de 25 x 25 x 10 mm.

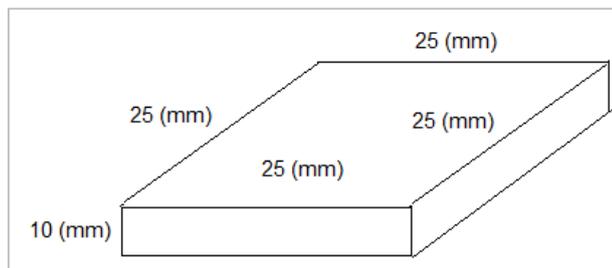


Figura 5.13 Dimensiones de la probeta



Figura 5.14. Probetas de acero 1045

Tabla 5.14. Código de probetas

Probetas de Acero AISI 1045	Código
Testigo	0
Temple	1
Temple	2
Temple	3

- La probeta denominada testigo y de código 0 será usada para medir la dureza del material sin tratamiento y las probetas 1, 2 y 3 serán templadas y se comparara la dureza.
- Introducir la probeta dentro del Horno
- Seguir la curva de precalentamiento

Se tiene que hacer un precalentamiento para que el material se caliente adecuadamente uniformemente en el temple además de ser necesario para aumentar la vida útil de los ladrillos refractarios.

Tabla 5.15. Tabla tiempo temperatura del pre calentamiento

Tiempo (h)	Temperatura (°C)
0	20
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500

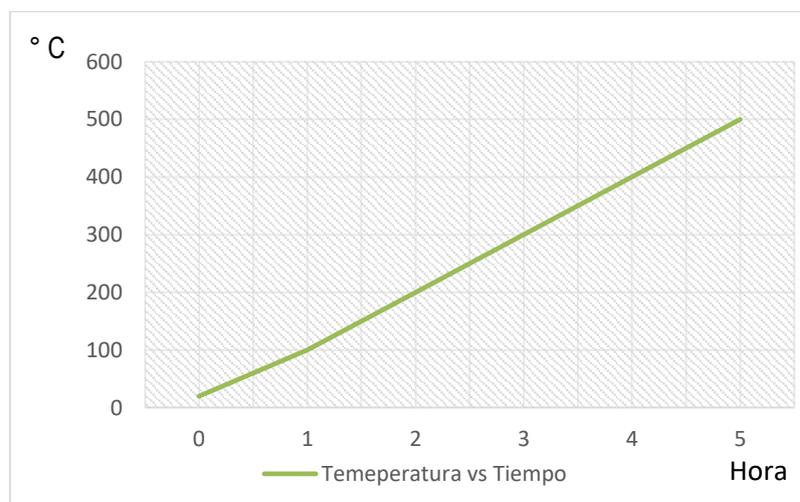


Figura 5.15. Curva de pre calentamiento ideal

Se debe revisar las curvas reales en el título 5.3 Curva de histéresis

Tabla 5.16. Tabal de tiempo vs temperatura del temple

Tiempo (h)	Temperatura (°C)
6	820
6,1	825
6,2	811
6,3	823
6,45	20

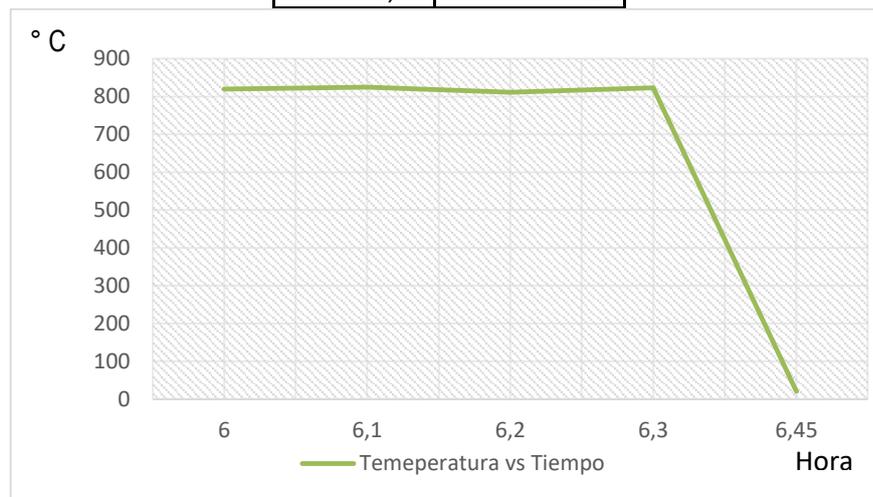


Figura 5.16. Curva Tratamiento Térmico de Temple

Para conseguir el calentamiento y conservar las propiedades mecánicas y refractarias de los bloques se debe seguir un escalonamiento de cinco horas hasta llegar a 500 °C, por cada hora 100 °C. Luego elevar la temperatura hasta 820 °C, una vez alcanzado la temperatura conservarla por media horas de permanencia en el horno para garantizar la estructura de alta dureza inmediatamente después las probetas se las sumerge en el medio de agua durante 15 minutos para llevarlas a temperatura ambiente.

Tabla 5.17. Valores de temperatura y tiempo obtenidos durante el temple del acero 1045

ACERO 1045	
Temple	
Temperatura (°C)	Tiempo (horas)
100	1
200	2
300	3

400	4
500	5
820	6
820	6,5

En primer resultado preliminar al juzgar por el color de las probetas al ser retiradas del horno reiteran su temperatura que están expuestas es de 820 °C en el horno como se puede apreciar en la siguiente figura.

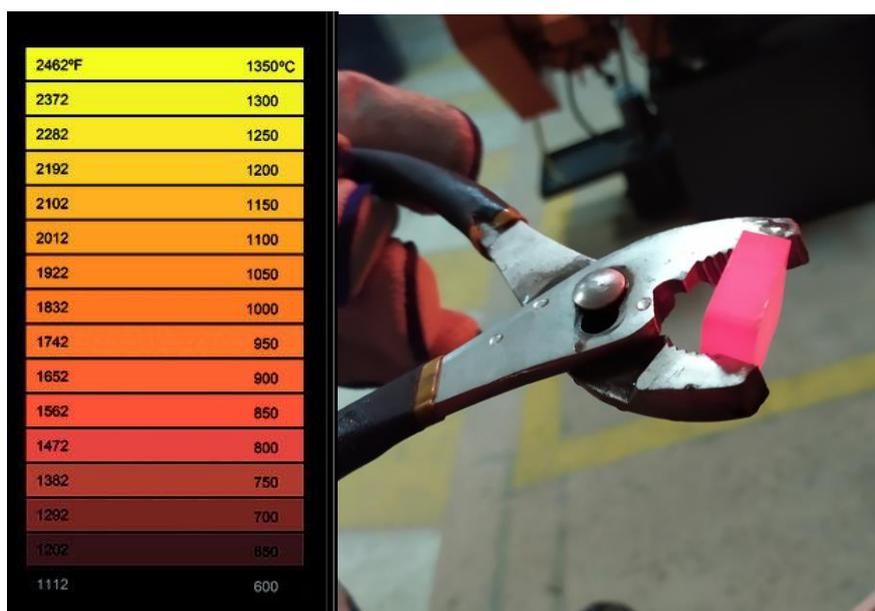


Figura 5.17. Comparación de colores en Probetas

Análisis de durezas

Para garantizar que el Acero sea AISI 1045 sometemos la probeta “0” en el Durómetro y comparamos el resultado con las tablas que nos provee el fabricante en escala BRINELL. Se prepara el material para someter al durómetro mediante lijado como le puede apreciar en la figura:



Figura 5.18. Preparación de las probetas



Figura 5.19. Ensayo de dureza – Durómetro

Tabla 5.18. Códigos de probetas testigo y tratadas por temple

Probetas de Acero AISI 1045	Código
Testigo	0
Temple	1
Temple	2
Temple	3

Tabla 5.19. Dureza de las probetas tratadas por temple

DETERMINACIÓN DE DUREZAS ANTES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO						
Probeta	1 Identación	2 Identación	3 Identación	4 Identación	5 Identación	Promedio
	HB	HB	HB	HB	HB	BRINELL
0	166	195	203	180	199	188.60
DETERMINACIÓN DE DUREZAS ANTES DEL TRATAMIENTO TÉRMICO						
Probeta	1 Identación	2 Identación	3 Identación	4 Identación	5 Identación	Promedio
	HB	HB	HB	HB	HB	BRINELL
1	336	430	334	303	303	343.20
2	334	337	323	319	331	332.80
3	393	307	327	328	356	342.20

Las probetas de acero AISI 1045 sometidas a temple presentan un aumento de su dureza, esto afirma los cambios en su estructura, los valores están en los esperados

6. PRESUPUESTO

A continuación, se detalla el estudio de precios correspondientes a la rehabilitación del sistema de calentamiento del horno, partiendo que se disponía de algunos elementos críticos para el equipo en el laboratorio, considerando que los costos se clasifican en dos grupos, los cuales son:

- Costo Directos
- Costo Indirectos

Dentro de los costos indirectos se detallan valores como:

- Transporte
- Alimentación
- Gastos Operativos

6.1. Análisis financiero

6.1.1. Costo Directos

En los costos directos se presentan la inversión fija que se necesitó:

Tabla 6.1. Costos de materiales

RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO/UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Ladrillos Refractario	18	c/u	1.50	27
Mortero Refractario	1	kg	10	10
Guías de alúmina	9	c/u	25	225
Resistencias Eléctricas Khantal A1	30	m	6.50	195
Terminales de bornera	12	c/u	1.70	20.40
Conductor térmico	5	m	6.70	33.5
Gastos técnicos de construcción (tornillos, remaches, electrodo, etc.)	100	c/u	0.28	28
SUBTOTAL				538.9

6.1.2. Costo de equipos de protección personal

En la tabla se detalla el costo por uso de equipos de protección personal

Tabla 6.2. Costos de equipos de seguridad

MÁQUINAS	CANTIDAD	COSTO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Tapones de oído	1	1.30	1.30
Guantes	1	2.50	2.50
Gafas	1	2.00	2.00
Mascarilla	1	0.75	0.75
SUBTOTAL			6.55

6.1.3. Costo de mano de obra

En la tabla se muestra los costos por mano de obra durante la rehabilitación del horno.

Tabla 6.3. Costos de mano de obra

OPERARIO	CARGO	TIEMPO (H)	COSTO HORA (\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Técnico Industrial	80	3,00	240.00
2	Técnico Industrial	80	3,00	240.00
SUBTOTAL				480.00

6.1.4. Costos indirectos

Dentro de los costos indirectos se detallan valores como:

- Transporte
- Alimentación
- Gastos operativos

Costo de transporte

En la tabla 6.7 se muestra los costos realizados por movilización dentro y fuera de la ciudad.

Tabla 6.4. Costo de transporte

TRANSPORTE	COSTO TOTAL (\$)
Transporte dentro de la provincia	9
Transporte fuera de la provincia	45
SUBTOTAL	54

6.1.5. Costo Ingenieril

En la tabla se puede apreciar la inversión total de la máquina

Tabla 6.5. Costo de inversión

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL (\$)
Costos directos	1025.45
Costos indirectos	54
INVERSIÓN TOTAL	1079.45

Dentro en la tabla se puede apreciar que la inversión total del proyecto es de **1079,45 (mil setenta y nueve dólares con 45 centavos)**; este costo total es significativamente inferior en relación a las máquinas existentes en el mercado.

6.2. Análisis de impacto

6.2.1. Impacto práctico

El horno eléctrico de tratamientos térmicos está diseñado y reconstruido para cumplir satisfactoriamente con los requerimientos y necesidades estipuladas en el calentamiento térmico como también para otros tipos de prácticas en intervengan alta temperatura, tanto en el aspecto de seguridad evitando posibles accidentes debido a superficies calientes, considerando que para el ingreso de probetas al interior del horno es accesible y seguro para una persona de altura promedio, cuenta con sistema de control de fácil manipulación.

6.2.2. Impacto tecnológico

El aporte tecnológico del proyecto, se basa en el aprovechamiento de la energía eléctrica en este caso la radiación que generan las resistencias eléctricas es absorbida por la probeta y por medio de circulación forzada llevada hacia el interior del horno, con el objetivo de elevar la eficiencia del calentamiento, mismo que permite mantener un flujo continuo de calor siendo una máquina estática, de esta manera se busca realizar prácticas de tratamientos térmicos o no metales.

6.2.3. Impacto ambiental

El horno eléctrico de tratamientos térmicos al tener como elemento principal de calentamiento las resistencias eléctricas, usamos energía renovable la cual no genera emisión de gases y al ser una maquina estática no crea ruido, el recubrimiento térmico de la superficie hace que la transferencia de calor sea permisible para el ambiente.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se ha rediseñado y reconstruido un horno de tratamiento térmicos suministrado por resistencias eléctricas con una potencia de 9.6 KW y una temperatura máxima de 900 °C; con este rango de temperaturas se abarca los tratamientos como temple.
- Para el sistema de calentamiento, se seleccionó el alambre de resistencias tipo KANTHAL A1 de aleación de 2 mm, de acuerdo con la potencia obtenida de 9.6KW, con este se construyó las 3 resistencias de 5 ohmios, conectadas en estrella.
- La distribución en estrella es la más adecuada para llegar a la temperatura propuesta por tener alta potencia y bajo consumo de corriente.
- La temperatura aumento 3.5 veces más después de la repotenciación, cambio del sistema de calentamiento (resistencias eléctricas).
- Se simplifico el control de temperatura al cambiar el PLC y Touch panel por un Rex-004280.
- Se seleccionó el control tipo On/Off del controlador de temperatura Rex-004280 y se determinó los parámetros para su implementación en el horno con una termocupla tipo K, durante las pruebas el sistema de control se desempeñó de manera óptima.
- La dimensión de la cámara del horno es de ancho: 300 mm, largo: 300 mm, profundidad 350 mm acorde a características técnicas que permite el funcionamiento y buen desempeño al momento de realizar el trabajo, teniendo en cuenta también que la cámara se redujo para mejor el rendimiento del horno.
- Realizado las pruebas de funcionamiento del horno y examinar los valores de rediseño y experimentales para las diferentes variables (Temperatura, Voltaje, Amperaje) se comprueba que hay relación entre el modelo matemático utilizado en el rediseño y el funcionamiento real del sistema.

7.2. Recomendaciones

- Las resistencias en todo momento deben estar sobre un espacio liso debido a que se pueden chocar entre si y causar un corto circuito si entran en contacto con superficies ásperas.
- Después de una hora de encendido el horno no se debe tocar la puerta sin guantes térmicos el horno.
- Seguir las curvas de precalentamiento y temple como se especifica
- Se debe revisar el amperaje del sistema continuamente al momento de usarse para

constatar que no se esté produciendo un corto circuito lo que podría ocasionar que las resistencias se rompan o se quemen.

- Si se quiere aumentar la potencia y temperatura máxima del horno se debe plantear un dimensionamiento similar a la propuesta, pero con las condiciones deseadas para garantizar su eficiencia y seguridad.
- Se debe cambiar cada que se considere prudente el recubrimiento de fibra de vidrio ya que esta pierde sus propiedades aislantes después de varios usos.
- No se debe manipular el modulo al estar a su máxima potencia sin el debido equipo de protección contra el calor el cual debe contar con guantes térmicos, mascara térmica y un mandil térmico que proteja el pecho.
- Antes de usar el modulo se debe conocer las condiciones del tratamiento térmico a aplicar.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. V. Ushiña Peralta, Diseño, rehabilitación y puesta en marcha del sistema de calentamiento del horno para tratamientos térmicos hasta 1000C° marca Sybron modelo termolyne 1500 perteneciente al laboratorio de Ciencias de materiales del DECEM, Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, 2014.
- [2] J. P. Méndez Altamirano y W. P. Suasnavas Flores, Diseño y Construcción de un Horno eléctrico para el secado de los bobinados de motores de hasta 10 HP, Quito: Escuela Politécnica Nacional. Escuela de Formación de Tecnólogos, 2012.
- [3] L. A. Monteros Vizcaíno, Diseño y construcción de un horno mufla para la realización de tratamientos térmicos en aceros, Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, 2015.
- [4] DeQuímica.com, «Mufla,» DeQuímica.com, 2019. [En línea]. Available: <https://dequimica.com/teoria/mufla>. [Último acceso: 05 Junio 2019].
- [5] P. Molera Solá, Tratamientos térmicos de los metales, Barcelona: Marcombo, S.A., 1991.
- [6] C. I. Torres Castillo y M. X. Ojeda Ponton, Tratamientos térmicos, pruebas mecánicas y metalográficas de los aceros utilizados en el campo automotor a nivel nacional, Cuenca: Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología, 2010.
- [7] M. M. Sesma Berhó y F. Gómez Serrano, «Tratamientos Térmicos.,» Tecnomarmolejo, 2019. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/tecnomarmolejo/que-aprendemos/--tecnologia-industrial-i-y-ii/--tecnologia-industrial-i/--materiales-tecnicos/--tratamientos-termicos>. [Último acceso: 07 Junio 2019].
- [8] J. F. Arévalo Mancheno y R. A. Vicente Calva, Rediseño y construcción de un sistema de control de temperatura para el horno eléctrico resistivo del laboratorio de tratamientos térmicos, Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2014.
- [9] Refratermic S.A, «¿Refractario, qué es, para qué se usa?,» Soluciones Termoacusticas / Refratermic, 20 Abril 2018. [En línea]. Available: <http://solucionestermoacusticas.blogspot.com/2018/04/que-es-refractario-probablemente-te.html>. [Último acceso: 08 Junio 2019].

- [10] J. M. Salas Vallejo, «Ladrillos refractarios: características y precios,» Homify Internacional, 01 Diciembre 2018. [En línea]. Available: https://www.homify.es/libros_de_ideas/6184423/ladrillos-refractarios-caracteristicas-y-precios. [Último acceso: 09 Junio 2019].
- [11] Frank Mecafenix, «¿Que es la ley de ohm y como se utiliza?,» Ingeniería Mecafenix, 18 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/ley-de-ohm/>. [Último acceso: 10 Junio 2019].
- [12] D. G. Álvarez Cruz, Estudio de embalaje de productos con película termoencogible PVC en la Empresa Leito para reducir tiempo de producción, Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2011.
- [13] Resista Ltda., «Resistencias en espiral de alambre montadas en electrodos de cerámica,» Resista Ltda., 2019. [En línea]. Available: <https://www.resistaltda.com/resista/vp5810/sp/resistencias-espiral-alambre-electrodos#ancla>. [Último acceso: 11 Junio 2019].
- [14] El rincón del eléctrico, «Conexión Estrella – Triángulo,» El rincón del eléctrico, 2019. [En línea]. Available: <https://automatismosuets.wordpress.com/conexion-estrella-triangulo/>. [Último acceso: 12 Junio 2019].
- [15] C. R. Calderón Vásquez, Estudio de los tiempos de control en los procesos que se realizan en el horno de mufla perteneciente al laboratorio de materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería y Mecánica, 2011.
- [16] T. González y A. Ramírez, «Practica: Control On-Off. Sistemas de Control y Controladores,» *Universidad Nacional Experimental del Táchira. Departamento de Ingeniería Electrónica. Núcleo de Instrumentación y Control*, n° 33, pp. 1-22, 03 Febrero 2015.
- [17] J. C. Medina López y J. H. Taco Tercero, Diseño y construcción de un horno cubilote con aire precalentado para fines didácticos, Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Mecánica, 2009.
- [18] Arquigráfico, «Lana de Vidrio como Aislante Térmico y Acústico,» Arquigráfico, 2019. [En línea]. Available: <https://arquigrafico.com/lana-de-vidrio-como-aislante-termico-y-acustico/>. [Último acceso: 14 Junio 2019].
- [19] A. Gatto, S. Mendieta y S. Pedreira, «¿Qué es el calor y cómo se transfiere?,» Ciencias

Físicas - 2º C.B. Aulas Uruguay Educa, 2019. [En línea]. Available: <http://aulas.uruguayeduca.edu.uy/mod/book/view.php?id=36861&chapterid=9736>.

[Último acceso: 15 Junio 2019].

[20] ARIAN Control & Instrumentación, «¿Que són y como funcionan las termocuplas?,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>. [Último acceso: 18 Junio 2019].

[21] UNET, «Sensores de temperatura,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/Sensores%20de%20Temperatura.htm>. [Último acceso: 19 Junio 2019].

[22] B. Hernando Lucas, Seguridad en el Mantenimiento de Vehículos, Segunda ed., Madrid: Paraninfo, 2007.

[23] INIFED; SEP, Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, vol. Volumen 5 Tomo 1, México D.F.: INIFED Infraestructura Educativa. SEP Secretaría de Educación Pública, 2015.

[24] Allied Wire & Cable, «Cable de alta temperatura,» AWC Allied Wire & Cable, 2019. [En línea]. Available: <https://www.awcwire.com/es/cable-alta-temperatura>. [Último acceso: 21 Junio 2019].

[25] Tabla Temperatura nominal del conductor DE LA CONSTRUCCIÓN, Norma Ecuatoriana. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Recuperado el, 2014, vol. 31. Pág. 20

A-9a. Densidad del aire

Temp. del aire °C	Densidad del aire en kilogramos por metro cúbico para las presiones manométricas en bar indicadas																		
	<i>Basado en una presión atmosférica de 1005 bar y un peso molecular de 28,97</i>																		
	0 bar	0.5 bar	1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar	11 bar	12 bar	13 bar	14 bar	15 bar	16 bar	17 bar
0°	1.293	1.930	2.568	3.844	5.12	6.39	7.67	8.94	10.22	11.50	12.77	14.05	15.32	16.60	17.88	19.15	20.43	21.70	22.98
5	1.269	1.896	2.522	3.775	5.03	6.28	7.53	8.78	10.04	11.29	12.54	13.80	15.05	16.30	17.55	18.81	20.06	21.31	22.56
10	1.247	1.862	2.477	3.708	4.93	6.17	7.40	8.63	9.86	11.09	12.32	13.55	14.78	16.01	17.24	18.47	19.71	20.94	22.17
15	1.225	1.830	2.435	3.644	4.85	6.06	7.27	8.48	9.69	10.90	12.11	13.32	14.53	15.74	16.95	18.15	19.36	20.57	21.78
20	1.204	1.799	2.393	3.581	4.77	5.96	7.15	8.34	9.52	10.71	11.90	13.09	14.28	15.47	16.66	17.84	19.03	20.22	21.41
25	1.184	1.768	2.353	3.522	4.69	5.86	7.03	8.20	9.37	10.53	11.70	12.87	14.04	15.21	16.38	17.55	18.71	19.88	21.05
30	1.165	1.739	2.314	3.463	4.61	5.76	6.91	8.06	9.21	10.36	11.51	12.66	13.81	14.96	16.11	17.26	18.41	19.55	20.70
35	1.146	1.711	2.277	3.407	4.54	5.67	6.81	7.95	9.09	10.23	11.37	12.50	13.64	14.77	15.90	17.03	18.16	19.29	20.42
40	1.127	1.684	2.240	3.353	4.47	5.58	6.70	7.82	8.94	10.06	11.18	12.29	13.40	14.51	15.61	16.71	17.82	18.93	20.04
50	1.093	1.632	2.171	3.249	4.33	5.41	6.48	7.55	8.62	9.69	10.76	11.82	12.88	13.93	15.00	16.06	17.12	18.18	19.24
60	1.060	1.583	2.106	3.152	4.20	5.24	6.28	7.32	8.36	9.40	10.44	11.47	12.50	13.53	14.56	15.59	16.62	17.65	18.68
70	1.028	1.537	2.044	3.060	4.08	5.09	6.11	7.12	8.14	9.15	10.17	11.18	12.20	13.21	14.22	15.24	16.25	17.26	18.29
80	1.0	1.493	1.986	2.973	3.960	4.95	5.93	6.92	7.91	8.90	9.89	10.88	11.87	12.86	13.85	14.84	15.83	16.82	17.81
90	0.972	1.452	1.932	2.891	3.851	4.81	5.77	6.73	7.69	8.65	9.61	10.57	11.53	12.49	13.45	14.41	15.36	16.32	17.28
100	0.946	1.413	1.880	2.814	3.748	4.68	5.62	6.56	7.49	8.42	9.35	10.28	11.22	12.15	13.08	14.02	14.95	15.88	16.82
120	0.898	1.342	1.784	2.671	3.557	4.44	5.32	6.21	7.10	7.99	8.87	9.76	10.65	11.53	12.42	13.31	14.19	15.08	15.97
140	0.855	1.276	1.698	2.541	3.385	4.23	5.07	5.91	6.76	7.60	8.45	9.29	10.13	10.97	11.82	12.66	13.51	14.35	15.19
160	0.815	1.217	1.620	2.424	3.229	4.03	4.84	5.64	6.45	7.25	8.05	8.85	9.65	10.45	11.25	12.05	12.85	13.65	14.45
180	0.779	1.164	1.548	2.317	3.086	3.855	4.62	5.39	6.16	6.93	7.70	8.47	9.24	10.01	10.77	11.54	12.31	13.08	13.85
200	0.746	1.114	1.483	2.219	2.955	3.692	4.43	5.18	5.93	6.68	7.43	8.18	8.93	9.68	10.43	11.18	11.93	12.68	13.43
220	0.716	1.069	1.423	2.129	2.836	3.542	4.25	4.96	5.67	6.37	7.08	7.78	8.48	9.18	9.88	10.61	11.31	12.02	12.73
240	0.688	1.027	1.367	2.046	2.725	3.404	4.09	4.78	5.44	6.12	6.80	7.48	8.16	8.84	9.51	10.19	10.87	11.55	12.23
260	0.662	0.989	1.316	1.969	2.623	3.277	3.930	4.58	5.24	5.89	6.54	7.20	7.85	8.51	9.16	9.81	10.47	11.12	11.77
280	0.638	0.953	1.268	1.898	2.528	3.158	3.795	4.42	5.05	5.68	6.31	6.94	7.57	8.20	8.83	9.46	10.09	10.72	11.35
300	0.616	0.920	1.224	1.832	2.440	3.048	3.676	4.29	4.87	5.48	6.09	6.70	7.30	7.91	8.52	9.13	9.74	10.34	10.95
	18 bar	19 bar	20 bar	25 bar	30 bar	40 bar	50 bar	60 bar	70 bar	80 bar	90 bar	100 bar	110 bar	120 bar	130 bar	140 bar	150 bar	160 bar	170 bar
0°	24.25	25.53	26.81	39.6	52.3	65.1	77.8	90.6	103.3	116.1	128.8	141.6	154.4	167.2	180.0	192.8	205.6	218.4	231.2
5	23.82	25.07	26.32	38.8	51.4	63.9	76.4	88.9	101.5	114.0	126.5	139.0	151.5	164.0	176.5	189.0	201.5	214.0	226.5
10	23.40	24.63	25.86	38.2	50.5	62.8	75.1	87.4	99.7	112.0	124.3	136.6	148.9	161.2	173.5	185.8	198.1	210.4	222.7
15	22.99	24.20	25.41	37.5	49.6	61.7	73.8	85.9	98.0	110.1	122.2	134.3	146.4	158.5	170.6	182.7	194.8	206.9	219.0
20	22.56	23.79	24.98	36.9	48.7	60.6	72.5	84.4	96.3	108.2	120.1	132.0	143.9	155.8	167.7	179.6	191.5	203.4	215.3
25	22.22	23.39	24.56	36.2	47.9	59.6	71.3	83.0	94.7	106.4	118.1	129.8	141.5	153.2	164.9	176.6	188.3	200.0	211.7
30	21.85	23.00	24.15	35.6	47.1	58.6	70.1	81.7	93.1	104.6	116.1	127.6	139.1	150.6	162.1	173.6	185.1	196.6	208.1
35	21.50	22.63	23.76	35.1	46.4	57.7	69.0	80.3	91.6	102.9	114.2	125.5	136.8	148.1	159.4	170.7	182.0	193.3	204.6
40	21.16	22.27	23.38	34.5	45.6	56.8	67.9	79.0	90.1	101.2	112.3	123.4	134.5	145.6	156.7	167.8	178.9	190.0	201.1
50	20.50	21.58	22.66	33.4	44.2	55.0	65.8	76.6	87.4	98.2	109.0	119.8	130.6	141.4	152.2	163.0	173.8	184.6	195.4
60	19.88	20.93	21.98	32.4	42.9	53.4	64.0	74.5	85.0	95.5	106.0	116.5	127.0	137.5	148.0	158.5	169.0	179.5	190.0
70	19.31	20.32	21.34	31.5	41.6	51.8	62.1	72.4	82.7	93.0	103.3	113.6	123.9	134.2	144.5	154.8	165.1	175.4	185.7
80	18.76	19.75	20.73	30.6	40.5	50.3	60.2	70.1	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0	150.0	160.0	170.0	180.0
90	18.24	19.20	20.16	29.76	39.4	48.9	58.5	68.1	77.7	87.3	96.9	106.5	116.1	125.7	135.3	144.9	154.5	164.1	173.7
100	17.75	18.69	19.62	28.96	38.3	47.6	57.0	66.3	75.6	84.9	94.2	103.5	112.8	122.1	131.4	140.7	150.0	159.3	168.6
120	16.85	17.74	18.62	27.49	36.4	45.2	54.1	62.9	71.8	80.6	89.4	98.2	107.0	115.8	124.6	133.4	142.2	151.0	159.8
140	16.04	16.88	17.72	26.17	34.6	43.0	51.5	59.9	68.3	76.7	85.1	93.5	101.9	110.3	118.7	127.1	135.5	143.9	152.3
160	15.30	16.10	16.91	24.95	33.0	41.0	49.1	57.1	65.2	73.2	81.3	89.3	97.4	105.4	113.4	121.4	129.4	137.4	145.4
180	14.62	15.34	16.16	23.85	31.5	39.2	46.9	54.6	62.3	70.0	77.7	85.4	93.1	100.8	108.5	116.2	123.9	131.6	139.3
200	14.00	14.74	15.47	22.84	30.2	37.6	44.8	52.3	59.7	67.0	74.3	81.6	88.9	96.2	103.5	110.8	118.1	125.4	132.7
220	13.43	14.14	14.85	21.91	28.98	36.0	43.1	50.2	57.2	64.3	71.3	78.4	85.4	92.5	99.5	106.6	113.6	120.7	127.7
240	12.91	13.59	14.27	21.06	27.85	34.6	41.4	48.2	55.0	61.8	68.6	75.4	82.2	89.0	95.8	102.6	109.4	116.2	123.0
260	12.43	13.08	13.73	20.27	26.81	33.3	39.8	46.4	52.9	59.4	65.9	72.4	78.9	85.4	91.9	98.4	104.9	111.4	117.9
280	11.98	12.61	13.24	19.54	25.83	32.1	38.4	44.7	51.0	57.3	63.6	69.9	76.2	82.5	88.8	95.1	101.4	107.7	114.0
300	11.56	12.17	12.78	18.86	24.94	31.0	37.1	43.2	49.3	55.4	61.5	67.6	73.7	79.8	85.9	92.0	98.1	104.2	110.3

Tabla de densidades del aire

Las tablas A-9a se han calculado según la ley de los gases perfectos dada antes. La corrección debida a la supercompresibilidad, desviación de la ley de los gases perfectos, sería un valor inferior al 3% y no se ha tenido en cuenta. La densidad de otros gases puede determinarse a partir de estas tablas, multiplicando la densidad del aire por el peso específico del gas, con relación al aire, dado en las tablas A-7.

DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

**PLANCHAS
ACERO INOXIDABLE**

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	AS	SUS 304
	ASTM	304
	EN	4301

ESPEORES desde 0,40-1,5mm

DIMENSIONES 1220 x 2440mm (estándar)
1220 x otros largos (especial)



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8-10,5	18-20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

ACERO INOXIDABLE

	HOJA DE DATOS DE APLICACIÓN	996
	MARCA: CERABOND-40-S	Edición: 12 de Agosto, 2011
Praça Louis Ensch, 240 P.O. Box 25 32210-050 Cidade Industrial – Contagem – MG – Brasil		Telefone: + 55 31 3368 1228 Fax: + 55 31 3333 0768 e-mail: export@magnesita.com.br

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Mortero refractario de sílice-alúmina, seco, pega al aire.
Temperatura máxima de uso: 1550°C.

PRINCIPALES APLICACIONES

Asentamiento de ladrillos y material aislante, ambos de sílice-alúmina.

PLAZO DE ALMACENAMIENTO

El plazo de almacenamiento de 365 días es el período de tiempo durante el cual el producto, en su embalaje original y almacenado en condiciones adecuadas, mantiene sus características esenciales de aplicación y desempeño, sin modificaciones que contraindiquen su uso.

Para obtener informaciones adicionales consulte el Manual de Embalaje de Magnesita Refratários S.A.

MÉTODOS DE APLICACIÓN**-Cuidados:**

Durante el manejo y carga del producto evitar generación de polvo. Usar un respirador con filtro mecánico, guantes, gafas, vestimenta adecuada y demás equipos de seguridad. No permitir el contacto del producto con el cuerpo. Para obtener informaciones adicionales consultar la Hoja de Seguridad 996.

-Equipo de mezcla:

Usar mezclador de muela o palas de raspar. Para mezcla con las manos se puede utilizar caja de albañil.

-Humidificación y aplicación:

Después de cargar el producto en el contenedor, agregar agua potable y mezclar durante 10 minutos al menos. Asegurar una consistencia cremosa y homogénea, con buena trabajabilidad.

Cuchara – agregar 24 hasta 28 litros de agua potable por cada 100kg del producto seco y mezclar durante 10 minutos al menos.

Relleno de juntas – diluir el mortero con agua potable y extender horizontalmente en la superficie con utilización de una paleta.

Pintura refractaria – diluir el mortero con agua potable y aplicar con un cepillo o por pulverización. Para obtener una cobertura perfecta, la sugerencia es aplicar 3 capas del producto con un intervalo de tiempo adecuado entre las aplicaciones para obtener una buena pega.

-Secado y calentamiento:

Deben ser tomados acorde la curva de secado y calentamiento del equipo.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Las informaciones adicionales de este folleto se basan en el estado de la técnica de nuestro conocimiento. Se suministran de buena fe, con el objeto de optimizar el desempeño del producto, no se deben confundir con garantías y podrán sufrir modificaciones sin aviso previo. Contacte nuestra área comercial.

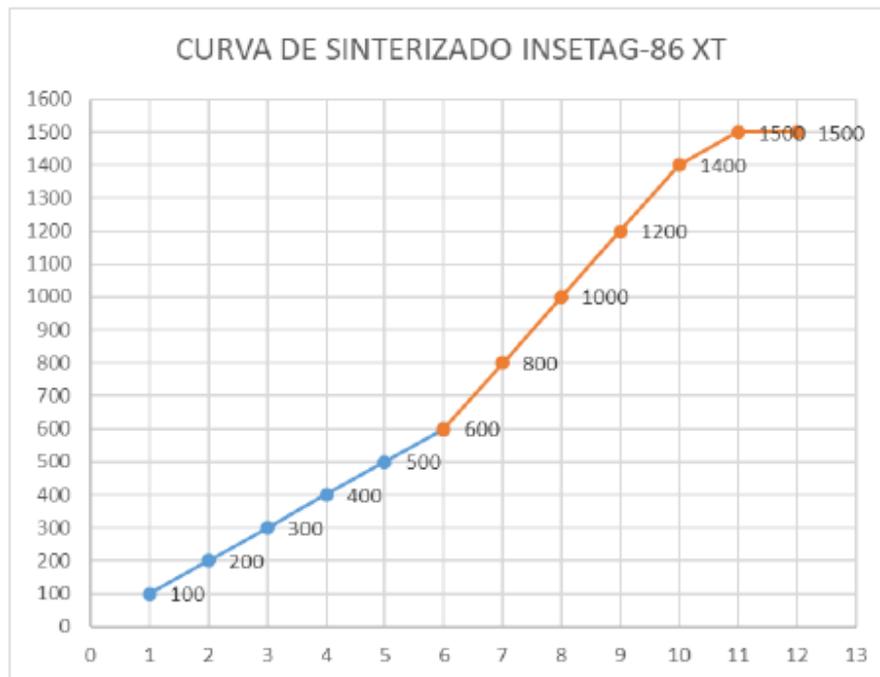
APROBACIÓN

Centro de Investigaciones y Desarrollo

INSTALACIÓN REFRACTARIO INSETAG-86 XT

RECOMENDACIONES PREVIAS A LA INSTALACIÓN

1. Realizar pruebas del sistema de refrigeración de las bobinas, de manera que se verifique que no existan fugas de agua que puedan hidratar el refractario.
2. Realizar la limpieza del área de trabajo, a fin de eliminar la presencia de elementos que puedan contaminar el refractario.
3. Verificar que la formaleta no tenga presencia de humedad o grasa que puedan afectar al performance del refractario.
4. Verificar que el largo de la herramienta de desairado corresponda a la altura de la capa de refractario a instalar.
5. Verificar el centrado de la formaleta con el objeto de garantizar la uniformidad de la capa de refractario del horno.
6. En la aplicación de todas las capas, realizar primero la actividad de desairado, y posteriormente el apisonado, una vez concluidas las dos acciones, proceder a colocar la nueva capa.
7. Las capas de refractario recomendadas son de entre 20 y 25 cm de altura.
8. Realizar la curva de sinterizado de acuerdo al siguiente esquema:



NOTA: Los períodos de conexión y desconexión del horno varían en cada caso dependiendo de la potencia del mismo, sin embargo, es recomendable iniciar con períodos cortos de conexión (2 min) y períodos largos de desconexión (5 a 7 min) para garantizar el sinterizado lento bajo los 600 °C.

Acero al carbono para maquinaria

ACEROS

► Cód. IBCA: 760 ≅ C45 ≅ AISI 1045



Información general

Acero al carbono sin alea de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Características en su alta uniformidad y rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas. Dureza de suministro aproximada: 200 HB.

Análisis típico %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
C45	0.42 - 0.50	≤ 0.40	0.50 - 0.80	0.045	0.045	≤ 0.40	≤ 0.10
AISI 1045	0.43 - 0.50	0.15 - 0.35	0.60 - 0.90	0.030	0.050		
Normas equivalentes	AISI (1045), SAE (C1045), W.Nr (1.1820), DIN (CK45)						
Código de color	Rojo / Plomo						

Propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción	65 kg/mm ²
Esfuerzo de cedencia	32 kg/mm ²
Elongación, A5	min 10%
Reducción de área	40 %
Dureza	220 - 235

Tratamiento térmico

TIPO	°C
Forjado	800 - 1050
Normalizado	830 - 850
Temple (agua)	770 - 810
Temple (aceite)	790 - 830
Revenido (herramientas de corte)	100 - 300
Revenido de bonificación	550 - 650

Aplicaciones

Componentes sencillos, como por ejemplo:

- Pernos
- Chavetas
- Piezas de mediana resistencia para aplicación automotriz
- Ejes

Medidas en stock

Redondo						Cuadrado			
Díámetro (mm)	Peso (kg/m)	Díámetro (mm)	Peso (kg/m)	Díámetro (mm)	Peso (kg/m)	Cuadrado (mm)	Peso (kg/m)	Cuadrado (mm)	Peso (kg/m)
25	3,9	90	51,0	105	171,5	5 x 5	0,2	35 x 35	9,8
30	5,7	100	63,0	170	182,1	6 x 6	0,3	40 x 40	12,8
32	6,5	105	69,5	180	204,1	8 x 8	0,5	45 x 45	16,2
38	9,1	115	83,3	190	227,4	10 x 10	0,8	50 x 50	20,0
40	10,1	120	90,7	200	252,0	12 x 12	1,2	60 x 60	28,8
50	15,8	125	98,4	230	333,3	16 x 16	2,0	70 x 70	39,2
60	22,7	130	106,5	250	393,8	20 x 20	3,2	80 x 80	51,2
70	30,9	140	123,5	300	507,0	25 x 25	5,0	90 x 90	64,8
80	40,3	150	141,8	320	645,1	30 x 30	7,2	130 x 130	135,2
				350	771,8	32 x 32	8,2		

Planchas				Platinas			
Planchas (mm)	Peso (kg/m)	Planchas (mm)	Peso (kg/m)	Platinas (mm)	Peso (kg/m)	Platinas (mm)	Peso (kg/m)
10 x 610	48,8	35 x 700	190,0	10 x 40	3,2	25 x 40	8,0
12 x 610	58,6	40 x 610	195,2	12 x 40	3,8	25 x 50	10,0
20 x 610	97,6	50 x 615	246,0	12 x 60	5,8	25 x 80	16,0
20 x 620	99,2	60 x 610	292,8	15 x 100	12,0	30 x 70	16,8
25 x 610	122,0	60 x 615	295,2	20 x 100	10,0	30 x 80	19,2
25 x 620	124,0	70 x 615	344,4	20 x 150	24,0	40 x 80	25,6
30 x 615	147,6	90 x 700	504,0	20 x 50	8,0	60 x 100	48,0

* Medidas y pesos son teóricos IVAN BOHMAN C.A. facturará al peso del material una vez efectuado el corte



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180480956220190718-EDB	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Andrés Sebastian Guevara López.	
Dirección: Las Tres Carabelas y Pasaje Oriental. Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804809562	Teléfono: 0995807094.
E-mail: andresguevaralopez92@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Materiales Metálico.
Método de ensayo: NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte 1: Método de ensayo

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación del grupo	Descripción	Probetas a Ensayar
1	180480956220190722-EDB 01	AISI 1045 en forma de suministro	1
2	180480956220190722-EDB 02	AISI 1045 aplicado temple	1
3	180480956220190722-EDB 03	AISI 1045 aplicado temple	1
4	180480956220190722-EDB 04	AISI 1045 aplicado temple	1
Total			4

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180480956220190722-EDB 01	Cumple criterios dimensionales	2019/07/19
2	180480956220190722-EDB 02	Cumple criterios dimensionales	2019/07/19
3	180480956220190722-EDB 03	Cumple criterios dimensionales	2019/07/19
4	180480956220190722-EDB 04	Cumple criterios dimensionales	2019/07/19

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO
ENSAYO DE DUREZA BRINELL

INFORME DE RESULTADOS N°: 180480956220190718-EDB

DATOS GENERALES

N° de proforma: AM 2019_018.

Empresa / Cliente: Sr. Andrés Sebastian Guevara López.

RUC/C.I.: 1804809562

Ciudad: Ambato.

Dirección: Av: Las Tres Carabelas y Pasaje Oriental.

E-mail: andresguevaralopez92@gmail.com

Teléfono: 0995807094.

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis Metalográfico.

Dirección: Ambato/Catiglata. Río de Janciro y Toronto.

Método de ensayo: NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte 1: Método de ensayo.

Equipo utilizado: Durómetro ERNST.

Modelo: NR3 DR.

Serie: 4651.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Tiempo de duración de la fuerza: 10 s

Última verificación de máquina: RG-AM-003.

Patrón utilizado: PR3. AlMgSiO-10mm 95,4 HB/30 ± 5.

Verificación de la máquina por medio de patrón: 97 HB/30 (ACEPTABLE).

Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/07/05. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/07/05.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de **Materiales Metálicos**. La recepción de las muestras se efectuó en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del CFPMC del H. Gobierno Provincial de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

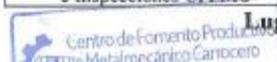
Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Descripción	Probetas a Ensayar
1	180480956220190722-EDB 01	AISI 1045 en forma de suministro	1
2	180480956220190722-EDB 02	AISI 1045 aplicado temple	1
3	180480956220190722-EDB 03	AISI 1045 aplicado temple	1
4	180480956220190722-EDB 04	AISI 1045 aplicado temple	1
Total			4

Observaciones: El material y los tratamientos térmicos aplicados para los ensayos son declarados por el cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Código: RG-AM-004
Fecha de Elaboración: 12-08-2017
Fecha de última aprobación: 06-06-2018
Revisión: 2

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 22 de julio de 2019.

N° Factura: 001-002-000007452.



Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL
1	180480956220190722-EDB 01	22,1	57,5	Medición 1
				166
				Medición 2
				195
				Medición 3
				203
				Medición 4
180				
Medición 5				
				199
				Promedio \bar{x}
				188,60
				Desviación estándar S_{n-1}
				15,34
				Coefficiente de variación CV
				8,13
2	180480956220190722-EDB 02	22,5	56,7	Medición 1
				336
				Medición 2
				430
				Medición 3
				344
				Medición 4
303				
Medición 5				
				303
				Promedio \bar{x}
				343,20
				Desviación estándar S_{n-1}
				52,01
				Coefficiente de variación CV
				15,15

Código: RG-AM-004
 Fecha de Elaboración: 12-08-2017
 Fecha de última aprobación: 06-06-2018
 Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL.

Página 2 de 3



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL
3	180480956220190722-EDB 03	22,1	57,5	Medición 1
				Medición 2
				Medición 3
				Medición 4
				Medición 5
				Promedio \bar{x}
				Desviación estándar S_{n-1}
				Coficiente de variación CV
				334
				337
				323
				319
				331
				332,80
				6,26
				1,88

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL
4	180480956220190722-EDB 04	23,1	55,8	Medición 1
				Medición 2
				Medición 3
				Medición 4
				Medición 5
				Promedio \bar{x}
				Desviación estándar S_{n-1}
				Coficiente de variación CV
				393
				307
				327
				328
				356
				342,20
				33,33
				9,74

Observaciones del ensayo: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180480956220190718-EDB

DATOS DEL CLIENTE

Empresa / Cliente: Sr. Andrés Sebastian Guevara López.

Dirección: Las Tres Carabelas y Pasaje Oriental. Ambato.

Núm. de cédula / RUC: 1804809562

Teléfono: 0995807094.

E-mail: andresguevaralopez92@gmail.com

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Análisis Metalográfico

Designación del material:

Materiales Metálicos.

Método de ensayo:

NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte I: Método de ensayo

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180480956220190722-EDB 01	2019/07/19	2019/07/22	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180480956220190722-EDB 02	2019/07/19	2019/07/22	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RC-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

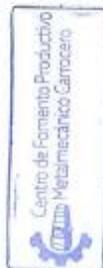
HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

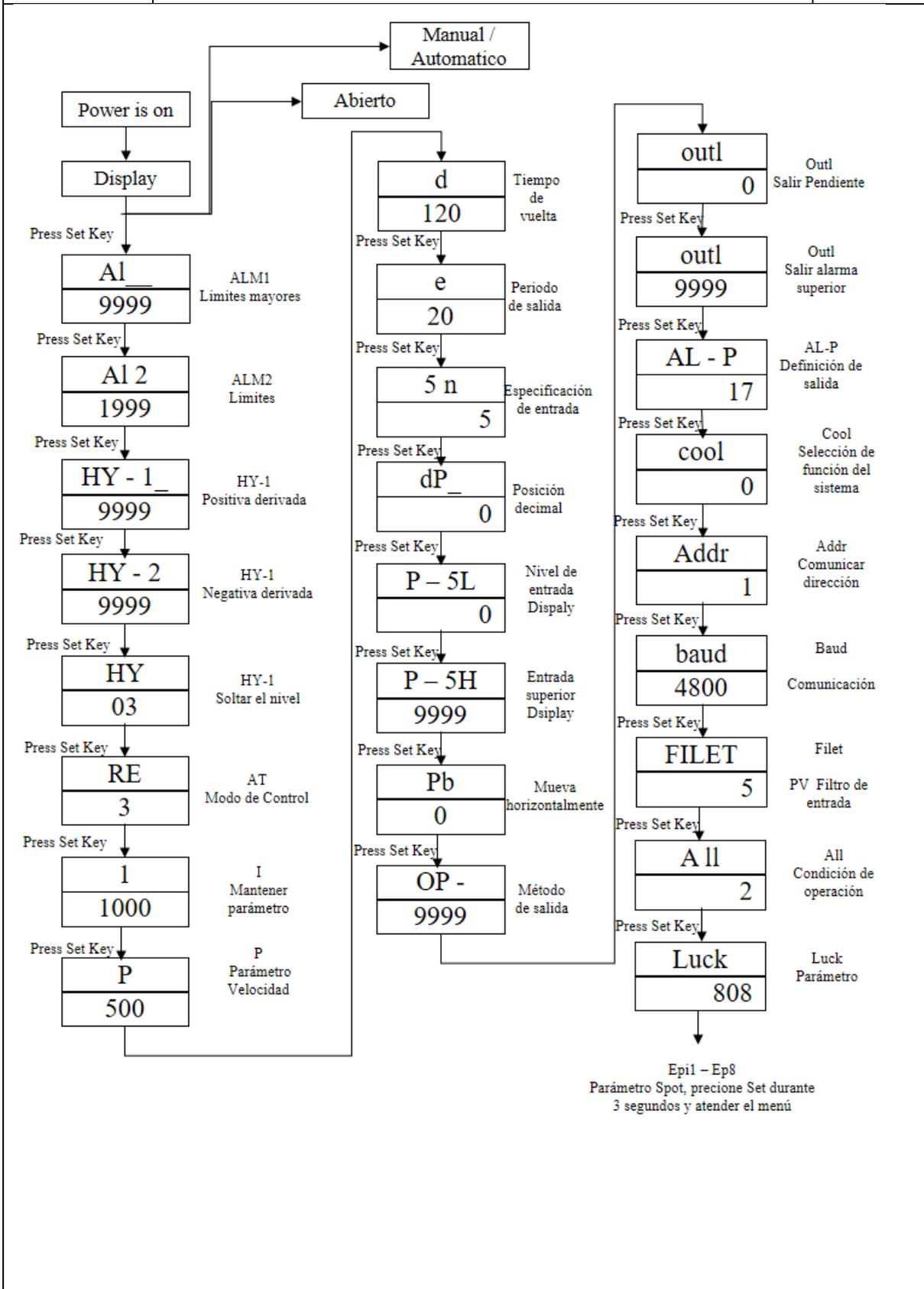
Página 1 de 2

 Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		 Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua				
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180480956220190722-EDB 03	2019/07/19	2019/07/22	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180480956220190722-EDB 04	2019/07/19	2019/07/22	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras por acuerdo son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC











PLANOS ELÈCTRICOS