



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. GUZMÁN

TESIS

MeTAs S.A DE C.V

TEMA:

**DISEÑO E INTEGRACIÓN DE HORNO DE RECOCIDO
PARA TERMÓMETROS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ELECTRÓNICA

PRESENTA:

AMANY RAOMI GUTIÉRREZ MAGAÑA

ASESOR (A) INTERNO:

M.C JORGE RUBÉN MORFÍN OROZCO

ASESOR (A) EXTERNO:

ING. JOSÉ ALONSO CANO CANO

CD. GUZMÁN JALISCO, MÉXICO, MARZO DE 2020



"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Cd. Guzmán, Jal. a **29/junio/2020**

No de Oficio: DEE/234/20
ASUNTO: ACEPTACION TRAB. TIT.

M.I.E. FAVIO REY LUJA MADRIGAL
JEFE DEL DEPTO. DE DIV. DE EST. PROF.
PRESENTE

Comunico a Usted que la comisión revisora asignada para la revisión del Trabajo Tesis, denominado "DISEÑO E INTEGRACION DE HORNO DE RECOCIDO PARA TERMOMETROS", que presentado por la C. AMANY RAOMY GUTIERREZ MAGAÑA, con numero de control 14290390 pasante de la carrera de Ingeniería Electrónica, quien aspira a obtener el título profesional bajo la opción TITULACION INTEGRAL, TESIS (Si aspira a mención honorífica), ha sido ACEPTADO, por lo que se solicita continúe con los trámites marcados en el Manual de Procedimientos para la obtención del título profesional vigente.

Sin más por el momento, quedo a sus apreciables órdenes.

ATENTAMENTE

M.E.H. MARCO ANTONIO SOSA LÓPEZ
JEFE DEL DEPTO. ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Cp. Archivo
MAR/adc

Av. Tecnológico No. 100 C.P. 49100



0150

Cd. Guzmán, Jal. Tel. Computador (341) 5752050
www.tecnm.mx | www.itog.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

MetAs

Por abrirme las puertas de su empresa y darme la oportunidad de desarrollar este proyecto, de aprender cosas que nunca imagine saber, de haber conocido personas que me compartieron parte de su conocimiento sin medida.

Al Ing. Víctor Manuel Aranda Contreras por instruirme a lo largo de este proceso y por haber confiado en mí para desarrollar el sistema de Horno de Recocido.

Al Ing. José Alonso Cano Cano quien fue mi asesor en este proyecto; por, guiarme y darme ideas para que este proyecto pudiera realizarse, quien a pesar de que no estuvo al comienzo del desarrollo de este sistema, mostro interés y por ende me brindo su ayuda.

A la Ing. Silvia Medrano quien me apoyo y me dio ideas para que este sistema fuera eficaz. Quien siempre se comportó de manera amable y tuvo la disponibilidad de aclarar cada duda se surgía, tuvo la paciencia de revisar documentos, protocolos, fotografías.

Al Lic. Iván quien siempre tuvo mucha disponibilidad para ayudarme, resolver mis dudas y guiarme. Por ayudarme a entender manuales, instructivos.

Y en general a todo el personal de MetAs quienes siempre fueron muy amables y solidarios; estaré profundamente agradecida por esta oportunidad.



Mi asesor: M.C. Jorge Rubén Morfín Orozco

Quien siempre estuvo al pendiente de los avances de este proyecto, me compartió de sus ideas y conocimiento.

Mi familia

A mi mamá Ma. Socorro Magaña Gutiérrez, mi papá Adonay Ariel Gutiérrez Medina, mi hermana Shanti Maryse Gutiérrez Magaña. Gracias por siempre apoyarme y no dejarme sola en este proceso, les estaré agradecida toda mi vida por estar ahí.

Mamá gracias por siempre levantarte temprano para acompañarme a tomar el autobús, por hacerme desayuno y lunch todos los días. Papá gracias por tener la mayoría del tiempo las palabras correctas para darme cuenta que a veces no hago las cosas bien. Shanti gracias por ser mi mejor amiga y apoyarme todo el tiempo, por ser mi confidente.

RESUMEN

Un horno de recocido es un equipo utilizado para calentar un material a temperaturas muy altas, para cambiar sus propiedades de dureza y resistencia. El recocido se asocia con el alivio de tensiones internas que pueden provocar fallas en el servicio y para producir una estructura interna más uniforme u homogénea; se usa en metales para que sean menos frágiles y más manejables. [1]

Este proyecto surgió a raíz de la necesidad de la demanda del recocido de termómetros en el laboratorio de “Temperatura de Contacto”, ya que la mayoría del tiempo, las manijas de los termómetros o termopares chocaban entre sí, impidiendo que el proceso de recocido se pudiera aplicar a varios instrumentos en una misma sesión, también uno de los problemas que es muy común, es la longitud de algunos de ellos. Razón por la cual al momento de construir el sistema de horno de recocido se tomó en cuenta la longitud de los instrumentos que llegaban al laboratorio, y se optó por una resistencia calefactora con mayor profundidad, para resolver este problema.

Para los intervalos de temperatura; se tomó en cuenta el protocolo para recocido NIST, este protocolo marca tres intervalos de temperatura, tomando en cuenta la capacidad que tiene cada instrumento para soportar la temperatura; estos intervalos son: 475 °C, 675 °C y 975 °C. Tomando en cuenta estos valores de temperatura para realizar el proceso recocido, se seleccionaron los elementos para poder fabricar el horno de recocido.

PALABRAS CLAVE:

- Recocido
- Termómetros
- Termopares
- Resistencia calefactora
- Protocolo NIST

CONTENIDO

CAPÍTULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 OBJETIVO GENERAL	12
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	12
1.4 OBJETIVOS PERSONALES.....	12
1.5 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA.....	12
1.6 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.7 JUSTIFICACIÓN	14
1.8 LIMITACIONES.....	14
1.9 DELIMITACIONES.....	14
1.10 METAS.....	14
1.11 METODOLOGÍA	15
1.12 LISTA DE ACTIVIDADES	15
1.13 DISEÑO	15
1.14 CONSTRUCCIÓN.....	16
1.15 CRONONGRAMA DE ACTIVIDADES	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 MAGNITUD.....	18
2.2 TEMPERATURA	18
2.3 TEMPERATURA DE CONTACTO.....	18
2.4 TRANSFERENCIA DE CALOR.....	18
2.5 EFECTO JOULE	18
2.6 EFECTO SEEBECK.....	19
2.7 PRINCIPIO DEL EFECTO SEEBECK	19
2.8 TRATAMIENTO TÉRMICO	19
2.9 SENSOR.....	20
2.10 INTERVALO.....	20
2.11 TERMOPAR.....	20
2.12 TERMOPAR TIPO N.....	21
2.13 COMPOSICIÓN DE UN TERMOPAR TIPO N.....	21
2.14 NORMA ANSI	21

2.15 INTERVALO DE MEDICIÓN	22
2.16 CONTROL PID.....	22
2.17 ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL.....	22
2.18 ACCIÓN DE CONTROL INTEGRAL.....	23
2.19 ACCIÓN DE CONTROL DERIVATIVO	23
2.20 TIPO DE CONTROL	24
2.21 LAZO DE CONTROL CERRADO	24
2.22 RAMPA	25
2.23 MESETA	25
2.24 PUNTO DE CONSIGNA	25
2.25 VARIABLE DE PROCESO.....	25
2.26 ELEMENTO FINAL DE CONTROL.....	25
2.27 CARACTERIZACIÓN	26
2.28 ESTABILIDAD.....	26
2.29 RESOLUCIÓN	27
2.30 CARGA RESISTIVA.....	27
2.31 ÁNGULO DE FASE.....	27
2.32 CERÁMICA	27
2.33 RESISTENCIA CALEFACTORA PARA ALTAS TEMPERATURAS	27
2.34 TUBO DE CERÁMICA DE ALUMINA, UTILIZADO COMO CAVIDAD RADIANTE Y CONDUCTORA DENTRO DEL HORNO.....	28
2.35 TUBOS PROTECTORES DE CERÁMICA PARA TERMOPAR.....	28
2.36 CONTROLADOR DE TEMPERATURA	28
2.37 TARJETA DE POTENCIA SCR	28
2.38 CONTACTOR	28
2.39 TABLA FIBRA CERÁMICA	29
2.40 ESTUDIO DE MERCADO	30
2.40.1 'BENCHMARKING'	30
2.40.1.1 TIPOS DE 'BENCHMARKING'	30
2.40.1.1.1 COMPETITIVO	30
2.40.1.1.2 INTERNO.....	30
2.40.1.1.3 FUNCIONAL	30
CAPÍTULO III DESARROLLO.....	31

3.1 DISEÑO	31
3.2 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE HORNO DE RECOCIDO PARA TERMÓMETROS	33
3.2.1 SELECCIÓN	33
3.2.2 COMPARACIÓN DE HORNOS DE RECOCIDO Y CARACTERÍSTICAS	33
3.2.3 DESCRIPCIÓN DE MATERIALES SELECCIONADOS, CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, TÉRMICAS Y MEDIDAS	34
3.2.3.1 RESISTENCIA CALEFACTORA PARA ALTAS TEMPERATURAS, MARCA OMEGA, MODELO CRFC-318/240-A.....	34
3.2.3.2 TUBO DE CERÁMICA DE ALUMINA, UTILIZADO COMO AISLANTE DENTRO DEL HORNO, MARCA POLIMEX	34
3.2.3.3 AISLADORES PARA TERMOPAR DE CERÁMICA, MARCA OMEGA, MODELO TRM-04018-6	34
3.2.3.4 TABLA FIBRA CERÁMICA, RATSA	35
3.2.3.5 CONTROLADOR DE TEMPERATURA, MARCA OMEGA, MODELO CN16DPT-305-C24PT SERIES	35
3.2.3.6 TARJETA DE POTENCIA SCR, MARCA OMEGA, MODELO SCR19P- 24-040-S9	35
3.2.2.8 CARGA RESISTIVA.....	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	40
4.1 PROCEDIMIENTO.....	40
4.2 PROTOCOLO NIST (National Institute of Standards Technology)	40
Métodos de calibración para SPRT basado en ITS-90	40
4.3 PROTOCOLO DKD (DEUTSCHER KALIBRIERDIENST)	42
PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO	42
4.4 PROTOCOLO FLUKE.....	43
4.5 PROCESO DE RECOCIDO UTILIZADO EN MetAs	45
4.6 TERMINOS TÉCNICOS USADOS EN LOS PROTOCOLOS	46
4.6.1 CALIBRACIÓN	46
4.6.2 CARGA TÉRMICA	46
4.6.3 PUNTO TRIPLE DEL AGUA.....	46
4.6.4 PUNTO CERO	47
4.6.5 RECOCIDO.....	47
4.6.6 TIPOS DE RECOCIDO	47

4.6.6.1 RECOCIDO POR RECRISTALIZACIÓN	47
4.6.6.2 RECOCIDO SUBCRÍTICO / RECOCIDO INTERCRÍTICO	47
4.6.6.3 RECOCIDO BLANDO	48
4.6.6.4 RECOCIDO POR NORMALIZACIÓN	48
4.7 PRUEBAS.....	48
4.6 PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE RECOCIDO	56
4.8 ESTUDIO ECONÓMICO.....	62
CAPÍTULO V CONCLUSIONES	71
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	72
EXPERIENCIA PROFESIONAL	72
EXPERIENCIA PERSONAL	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Norma ANSI, termopar tipo N.....	21
Figura 2.2 Lazo de control cerrado.....	24
Figura 4.1 Cara delantera de la cavidad con recubrimiento.....	50
Figura 4.2 Vista superior de la cavidad con recubrimiento.....	50
Figura 4.3 Cámara termográfica FLIR-T440.....	50
Figura 4.4 Medición de la temperatura externa del horno.....	51
Figura 4.5 Medición de temperatura para nuevas pruebas.....	52
Figura 4.6 Última medición de temperatura realizada para esta prueba.....	52
Figura 4.7A Prueba con 12 mA.....	53
Figura 4.7B Señal de 12 mA enviada por simulador FLUKE.....	53
Figura 4.8A Prueba con 16 mA.....	54
Figura 4.8B Señal de 16 mA enviada por simulador FLUKE.....	54
Figura 4.9A Prueba con 20 mA.....	54
Figura 4.9B Señal de 20 mA enviada por simulador FLUKE.....	54
Figura 4.10 Posición de los sensores dentro de la cavidad.....	55
Figura 4.11 Colación de los sensores dentro de la cavidad del horno.....	56
Figura 4.12 Caracterización del horno, en el primer punto 475 °C.....	56
Figura 4.13 Gráfica de datos, resultantes del intervalo 475 °C.....	57
Figura 4.14 Terminación de caracterización en el intervalo 675 °C.....	58
Figura 4.15 Fotografía tomada con cámara termográfica FLUKE.....	58
Figura 4.16 Gráfica de datos, resultantes del intervalo 675 °C.....	58
Figura 4.17 Terminación de caracterización en el intervalo 975 °C.....	59
Figura 4.18 Gráfica de datos resultantes del intervalo 975 °C.....	60
Figura 4.19 Propuesta de diseño para estructura del horno.....	66
Figura 4.20 Diseño final para estructura de montaje.....	67
Figura 4.21 Gráfica de prueba de uniformidad.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cronograma de actividades.....	16
Tabla 2.1 Características de los termopares.....	20
Tabla 3.1 Comparación de hornos de recocido.....	32
Tabla 3.2 Comparación y selección de resistencias calefactoras.....	37
Tabla 3.3 Comparación y selección de tarjetas de potencia.....	37
Tabla 3.4 Comparación y selección de termopares.....	37
Tabla 3.5 Comparación y selección de controladores de temperatura.....	38
Tabla 4.1 Prueba 1; sistema con tarjeta de potencia.....	48
Tabla 4.2 Prueba 2; sistema sin tarjeta de potencia, análisis interrumpido.....	49
Tabla 4.3 Prueba 3; continuación de análisis.....	49
Tabla 4.4 Prueba con recubrimiento.....	51
Tabla 4.5 Costo total del proyecto y características de los artículos seleccionados.....	64
Tabla 4.6 Comparación de hornos de recocido existentes en el mercado.....	65

CAPÍTULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El proceso del tratamiento térmico de recocido, nace a partir del descubrimiento del físico inglés James Prescott Joule (1818-1889), quien se da cuenta del efecto de las corrientes eléctricas y la generación de energía, para producir el famoso “Efecto Joule”, este efecto o ley de Joule ha sido a lo largo de la historia uno de los pilares más importantes para el desarrollo de muchos productos que son usados de forma cotidiana; consiste en el desprendimiento de calor provocado por el movimiento de electrones, también conocido como corriente eléctrica. Al moverse esos electrones, estos impactan con otros átomos y partículas subatómicas; partículas que componen los cables, las resistencias, etc. y, por lo tanto, provocan que estas se muevan en mayor o menor medida. Al aumentar su movimiento, aumenta su energía y, por lo tanto, el desprendimiento de calor al exterior.

Otro de los efectos que se usaron en este proyecto fue el “Efecto Seebeck”, este efecto se produce en los termopares, los termopares están compuestos por dos uniones, una unión fría y una unión caliente; al estar unidas estas dos partes, se usa como un sensor de temperatura.

Fueron utilizados distintos tipos de protocolos y normas, así como el protocolo que se sigue en MetAs, específicamente en el Laboratorio de Temperatura de Contacto.

Estas fueron guías para saber cómo es el comportamiento de un horno de recocido, así como la posición en la que deben de estar los termopares, los materiales que deben de ser utilizados para la fabricación de un sistema como este.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Diseño e implementación de horno de recocido para termómetros; para el recocido y la calibración de termopares.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para la realización del Horno de Recocido; se seleccionará una resistencia calefactora la cual tendrá la capacidad de trabajar a partir de la temperatura ambiente del laboratorio donde se situará (Aproximadamente 20 °C a 21 °C) hasta los 975 °C que es la temperatura máxima que marca el protocolo de recocido del NIST. Uso previo a la calibración de SPRT, PRT, RTD, TC.

1.4 OBJETIVOS PERSONALES

- Que el horno pueda ser utilizado a la temperatura máxima de operación de forma segura.
- Que la temperatura interna del horno sea estable, permitiendo que haya exactitud en el proceso de Recocido.
- Realizar informes técnicos de forma correcta.

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

MetAs Metrologos y Asociados se encuentra ubicado en la calle Antonio Caso # 246, en Ciudad Guzmán, Jalisco en colonia Centro.

MetAs Ciudad Guzmán cuenta con doce laboratorios: Presión y alto vacío (P-44), Temperatura de contacto (T-38), Temperatura de radiancia (T-38), Humedad (H-05), Eléctrica (E-67), Vibraciones y frecuencia de rotación (A-05), Masa (M-129), Densidad (DEN-09), Volumen (V-35), Dimensional (D-159), Mediciones Especiales (ME-15), Óptica (OP-05).

MISIÓN

MetAs, es una empresa comprometida con la metrología. Con la misión de proporcionar servicios de calibración, entrenamiento y consultoría de la más alta calidad; de acuerdo con las necesidades de nuestros clientes y con los requerimientos de normas y recomendaciones nacionales e internacionales, para que las soluciones implementadas por nuestros servicios promuevan en nuestros clientes una conciencia hacia la calidad y la eficiencia basado en la cultura metrológica.

VISIÓN

Ser un laboratorio de metrología líder y ser reconocido en el país, en las magnitudes de las áreas: termodinámica, electromagnetismo, mecánica, física e instrumentación industrial, en instalaciones fijas y móviles propias y en conjunto con asociados con personal altamente calificado y reconocido en su área, que aporten mediante su trabajo al desarrollo de su comunidad y sociedad.

POLÍTICA DE CALIDAD

Es un compromiso de MetAs-Metrólogos Asociados cumplir con la norma NMX-EC-17025 IMNC-2018, mantener y mejorar continuamente los servicios de calibración de los laboratorios de metrología respondiendo así a los requerimientos del cliente, asegurándoles un alto nivel de calidad constante, con trazabilidad a patrones nacionales, con personal altamente calificado en el marco de los requerimientos de normas y recomendaciones nacionales e internacionales, adoptadas por nuestro sistema de aseguramiento de calidad.

1.6 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se desea diseñar un horno de Recocido para termómetros, esto con el objetivo de solucionar una serie de problemas en el laboratorio de “Temperatura de Contacto”, como por ejemplo: que este nuevo sistema tenga una profundidad mayor, para esta forma poder recocer termopares con una longitud mayor; otro de los problemas a

resolver era el espacio en la cavidad donde son introducidos los termopares, así que se optó por una Resistencia calefactora con forma de cilindro que su diámetro interno fuera mayor.

1.7 JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración de este proyecto se pretende lograr el recocido para la calibración de termómetros, a tal grado que la escala a la que han sido calibrados presente bajo índice de error.

1.8 LIMITACIONES

Posibles causas por las cuales el proyecto no se termine a tiempo.

- Atraso en la entrega de los componentes para la construcción del horno.
- Disponibilidad de los materiales.

1.9 DELIMITACIONES

- El horno de Recocido está proyectado para trabajar principalmente en las temperaturas de recocido de 475 °C para termómetros SPRT que operan hasta los 20 °C y una temperatura de recocido de 660 °C para termómetros que operan hasta 675 °C. También para el uso de termopares que pueden operar hasta los 975 °C.
- Se está considerando que el horno de recocido sea calentado mediante resistencias calefactoras en un recinto de pozo seco tipo cavidad.

1.10 METAS

- Que la temperatura del sistema sea estable.
- Que el sistema sea capaz de llegar a 975 °C, que es la temperatura marcada por el NIST para recocido.

1.11 METODOLOGÍA

- Investigación documental
- Especificaciones técnicas del producto final
- Diseño
- Construcción
- Pruebas
- Ajuste, calibración y caracterización
- Elaboración del informe técnico para la empresa
- Elaboración de reporte final del proyecto de residencias profesionales

1.12 LISTA DE ACTIVIDADES

- INVESTIGACIÓN DOCUMENTADA
 - Consulta de documentos
 - Consulta de manuales
 - Fuentes electrónicas
 - Información de asesor externo
 - Información de asesor interno
 - Consulta de expertos
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO
 - Definición de características técnicas del horno de recocido
 - Definición de marcas y modelos que se ajusten a las necesidades y características del horno de recocido.
 - Contenido del informe técnico

1.13 DISEÑO

Con base en la problemática que se tiene para realizar el recocido en el laboratorio de “Temperatura de Contacto”, debido al tamaño de la cavidad de los hornos se decidió buscar resistencias calefactoras con un diámetro interno mayor, con el fin de poder generar recocido a un mayor número de termómetros.

Con la selección de una resistencia calefactora con un diámetro interno mayor y mayor profundidad, también se tuvo que buscar un tubo de cerámica que pudiera ensamblarse en el diámetro interno de la resistencia calefactora, este tubo tiene la función de separar las resistencias de los termómetros. Al momento de querer

ensamblarlo resulto ser más pequeño que el diámetro interno de la resistencia. Por tal motivo se requirió de la fabricación de dos placas de acero inoxidable de 12,5 cm X 12,5 cm, con tres pivotes en forma de triángulo para poder hacer el soporte al tubo y que pudiera quedar centrado dentro de la resistencia. La placa trasera quedaría cerrada a excepción de un pequeño orificio en la parte inferior para que el termopar que se usaría como sensor dentro del horno pudiera entrar a la cavidad, mientras que la placa delantera entre los pivotes se maquino un orificio donde entrará el tubo, este tubo es que se menciona anteriormente.

La elección de tarjeta de potencia fue con base en el voltaje de la resistencia calefactora, es decir, 220 V AC, con carga resistiva, esta carga se usa debido a que se está trabajando con una resistencia calefactora, trabaja con un fusible de 40 A y recibe una señal de 4 – 20 mA. El controlador de temperatura tiene la capacidad de soportar altas temperaturas, el controlador con el cuál se trabajará tiene la capacidad de trabajar con altas temperaturas, en su cuerpo presenta dos ‘displays’ el primero que muestra la temperatura dentro del sistema y el segundo el ‘Set point’ o la temperatura a la que tiene que llegar el horno. Está programado con dos tipos de control “ON – OFF” y “PID”, en esta ocasión se seleccionó el control PID, ya que es un tipo de control fino y que permite ver el comportamiento del sistema.

Para la estructura donde se había pensado montar todo el horno, la primera opción fue la adquisición de un gabinete para servidor, esto no funciono porque las dimensiones de las especificaciones no coincidían y por lo tanto era pequeño. Como segunda opción fue la fabricación de una estructura, que resistiera la temperatura irradiada y el peso de la cavidad. Para esto se trabajó con DYSCA, que es una empresa que se dedica al diseño, comercialización y automatización de procesos.

1.14 CONSTRUCCIÓN

Hacer que el tubo de cerámica pueda ser ensamblado con la resistencia calefactora, y que haya espacio para que el termopar tenga espacio para poder entrar.

- Pruebas

- Ajuste, calibración y caracterización

El controlador que se usará en el sistema se someterá a ajustes, calibración y caracterización, esto con el fin de que en la lectura de la temperatura los errores sean menores.

1.15 CRONGRAMA DE ACTIVIDADES

Cronograma de actividades a realizar durante el periodo de residencias.

Se inicio el proyecto en Junio 24, 2019; y se concluyó en Febrero 11, 2020.

Tabla 1.1 Cronograma de actividades

No. De actividad	ACTIVIDAD	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34		
		1	Familiarización de la magnitud y el laboratorio	■																																	
2	Benchmarking' del sistema problema			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Diseño del sistema propuesta				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Cotización de componentes y servicio					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Proceso de adquisición de componente								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Integración o fabricación del sistema													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Fabricación de la estructura para el horno																																				
8	Maquilación de placas, perforaciones en placas en el taller de torno																																				
9	Pruebas, calibración, sintonización y caracterización del sistema																																				
10	Elaboración de manuales, documentación y reporte del proyecto																																				

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 MAGNITUD

Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia. [2]

2.2 TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud escalar que mide la cantidad de energía térmica que tiene un cuerpo.

Medida de lo “caliente” de un cuerpo. La temperatura mide energías de las partículas en una muestra de una sustancia. En la práctica, la temperatura se mide empleando cierta propiedad física que depende de manera conocida como de la temperatura (resistencia, volumen, etc.) y utilizando una escala definida. La temperatura se puede considerar como la propiedad que determina si puede haber flujo neto de calor entre dos cuerpos. [24]

2.3 TEMPERATURA DE CONTACTO

La temperatura de superficie es la que los objetos emiten en forma de calor. [24]

2.4 TRANSFERENCIA DE CALOR

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. [23]

2.5 EFECTO JOULE

Es el desprendimiento de calor provocado por el movimiento de electrones. Si por un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido al choque que sufren los electrones con las moléculas del conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo. El efecto Joule y la cantidad de calor que se desprende dependen de varias variables: [20]

- Intensidad de corriente

- Resistencia
- Diferencia de potencial o voltaje
- Tiempo

2.6 EFECTO SEEBECK

Es la producción de electricidad a partir del contacto entre dos metales diferentes, dos semiconductores, o un metal y un semiconductor, que se hallen en un mismo circuito, debido a la diferencia de temperatura entre ellos. [3]

2.7 PRINCIPIO DEL EFECTO SEEBECK

Al conectar dos conductores diferentes entre sí, la diferencia de temperatura entre ellos causa una diferencia de potencial en el punto de contacto, lo cual genera una corriente eléctrica en los conductores que forman el circuito. El sentido del flujo de la fuerza electromotriz o F.E.M, en el caso de dos metales va desde el área de mayor temperatura hacia la de menos temperatura y está en el orden de algunos micro voltios por grados Celsius. En el caso de la unión entre un metal y un semiconductor el sentido de la f.e.m. depende del tipo de material que se utilice, P o N, y pueden alcanzar hasta 200 microvolts por grados Celsius. Los dispositivos construidos bajo este principio son conocidos como termopares. [3]

2.8 TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico es un proceso de calentamiento y enfriamiento donde varían las propiedades físicas o mecánicas y generan cambios micro estructural o de la composición en un material, generalmente en metales y aleaciones.

El tratamiento térmico no modifica la composición química de los materiales, pero si les proporciona propiedades específicas para su uso final, se requiere que esos cambios sean permanentes.

Existen cuatro parámetros fundamentales para el tratamiento térmico:

- Temperatura de calentamiento: es la máxima temperatura que se determina a la que se caliente el material y asegura el cambio o transformación de fase.

- Tiempo de permanencia: es el tiempo que permanece el material a la temperatura de calentamiento, durante ese tiempo se logra el cambio o transformación parcial o total de la microestructura del material, se vuelve uniforme la temperatura en todo el material.
- Velocidad de calentamiento: la velocidad en la que se genera el aumento progresivo de la temperatura del material en un intervalo de tiempo determinado.
- Velocidad de enfriamiento: es la disminución de la temperatura del material en un intervalo de tiempo, de este parámetro dependen las características finales del material. [24]

2.9 SENSOR

Elemento de un sistema de medida directamente afectado por la acción del fenómeno, cuerpo o sustancia portador de la magnitud a medir. [21]

2.10 INTERVALO

Conjunto de los valores de magnitudes de una misma naturaleza que un instrumento o sistema de medida dado puede medir con una incertidumbre instrumental especificada, en unas condiciones determinadas. [2]

2.11 TERMOPAR

Un termopar es un a sensor para medir temperatura. Consiste en dos metales diferentes unidos por un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría se produce un voltaje que se puede correlacionar con la temperatura.

Las aleaciones de termopar están disponibles por lo normal en forma de alambre. [27]

Tabla 2.1 Características de los termopares

TIPO DE TERMOPAR	COMPOSICIÓN QUÍMICA	INTERVALO DE USO	DESCRIPCIÓN
B	Platino 30% Rodio (+)	1370.0 °C	Se contamina fácilmente, este termopar requiere de protección.
	Platino 6% Rodio (-)	1700.0 °C	
C*	Tungsteno 5% Renio (+)	1650.0 °C	No tiene resistencia a la oxidación.
	Tungsteno 26% Renio (-)	2315.0 °C	
E**	Cromel (+)	95.0 °C	No se debe someter a corrosión en temperaturas criogénicas
	Constantán (-)	900.0 °C	
J	Hierro (+)	95.0 °C	El cable de hierro se somete a oxidación en altas temperaturas.
	Constantán (-)	760.0 °C	
K**	Cromel (+)	95.0 °C	Usado en atmosferas oxidantes.
	Alumel (-)	1260.0 °C	
N	Nicrosil (+)	650.0 °C	Uso general, resistencia a oxidación y al sulfuro tipo k.
	Nisil (-)	1260.0 °C	
R	Platino 13% Rodio (+)	870.0 °C	Termopar de fácil contaminación, atmosfera oxidante.
	Platino (-)	1450.0 °C	
S	Platino 10% Rodio (+)	980.0 °C	Termopar patrón, fácil de contaminarse, necesita de protección.
	Platino (-)	1450.0 °C	
T**	Cobre (+)	-200.0 °C	Estable en temperatura criogénicas, atmosfera reductora.
	Constantán (-)	350.0 °C	

2.12 TERMOPAR TIPO N

El termopar tipo N es una combinación de dos aleaciones altamente estables en el intervalo de temperatura de 300 a 500 °C.

La composición química del termopar N está basada en la aleación del Níquel – Cromo – Silicio en su polo positivo y con Níquel – Silicio en la terminal negativa. [5]

2.13 COMPOSICIÓN DE UN TERMOPAR TIPO N

Las aleaciones antes mencionadas dan origen al termopar tipo N, tienen el nombre de Nicrosil – Nisil. [5]

2.14 NORMA ANSI

El color anaranjado es el color diferencial en la Norma ANSI, es un cable de extensión para termopar tipo N, se encuentra que la terminal negativa es identificada por el color rojo, mientras que la terminal positiva se identifica con el color naranja.

[5]

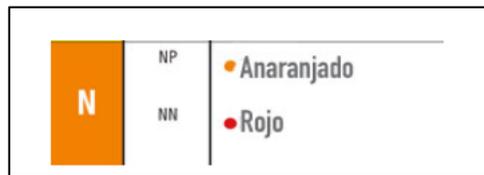


Figura 2.1 Norma ANSI, termopar tipo N

2.15 INTERVALO DE MEDICIÓN

El termopar Nicrosil – Nisil tiene un intervalo de temperatura de 0 a 1 100 °C, en medición continua y con pico desde -270 °C, hasta 1 300 °C. La sensibilidad de este tipo de termopar se encuentra en 39 $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. El sensor tipo N tiene una exactitud en grado termopar de ± 1.1 °C que equivale aproximadamente a 0,4%. [5]

2.16 CONTROL PID

El control de temperatura PID, ofrece una combinación del control proporcional, con control integral y control derivativo. De hecho, las siglas PID hacen referencia a un control Proporcional Integral Derivativo.

Un control de temperatura PID combina el control proporcional con dos ajustes adicionales, que ayuda a la unidad automáticamente a compensar los cambios en el sistema.

Estos ajustes, integral y derivativo, se expresan en unidades basadas en el tiempo, también se les nombra por sus recíprocos, 'RATE' y 'RESET', respectivamente. Los términos proporcional, integral y derivativo se deben ajustar de manera individual mediante el método prueba y error. [9]

2.17 ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL

En este tipo de control la salida depende directamente del error. Se define como error a la diferencia entre el valor real o medido y el valor de consigna o 'set point' correspondientes a la variable del proceso que se está controlando.

En el control proporcional la relación entre la salida y el error es proporcional o lineal. La ganancia "kp" es un parámetro ajustable en los controladores. La acción proporcional puede actuar de dos maneras: [7]

- Tiempo variable: es una modulación por ancho de pulso o PWM, dentro de un ciclo de tiempo constante, se produce una conexión y desconexión del elemento final de control. El valor de la salida se logra modificando la relación entre el tiempo de conexión y el tiempo total del ciclo.
- Salida modulante: existe una relación directa entre la salida y la posición de elemento final de control, este puede ubicarse en cualquier posición entre dos puntos extremos. Las señales con las que el controlador funciona son las normalizadas, es decir de 4 – 20 mA y 0 – 10 V. [7]

2.18 ACCIÓN DE CONTROL INTEGRAL

La acción integral toma los datos del error pasado y los va integrando en el tiempo, es decir va acumulando el valor del error del pasado.

La integral, algunas veces llamado 'reset' o control flotante, es una acción de control que provoca un cambio en la señal de salida respecto del tiempo a una razón proporcional de la cantidad de error, es la diferencia entre el valor de PV y SP. La acción integral del controlador responde a un error acumulado en el tiempo, cambiando la señal de salida tanto como se necesite para eliminar completamente el error. Si la acción proporcional (P) le dice a la salida que se desplazase cuando un error aparece, la acción integral (I) le dice a la salida que tan rápido moverse cuando un error aparece. Si la acción proporcional (P) actúa en el presente, la acción integral (I) actúa en el pasado. Por tanto, que tan rápido la señal de salida es controlada por la acción integral depende de la historia del error en el tiempo: cuanto error existió, y que duración. Esta acción de control maneja la salida para aumentar y aumentar su valor conforme haya una diferencia entre PV y SP. [7]

2.19 ACCIÓN DE CONTROL DERIVATIVO

La derivada, algunas veces llamado 'rate' (razón) o 'pre-act', es una acción de control que realiza un desplazamiento en la señal de salida proporcional la cual cambia la entrada.

La acción derivativa del controlador reacciona a que tan rápido cambia la entrada respecto al tiempo, alterando la señal de salida en proporción con la tasa de cambio de entrada.

La acción proporcional (P) indica a la salida que tan lejos ir cuando un error aparece, la acción derivativa (D) indica a la salida que tan lejos ir cuando la entrada cambia. La acción proporcional (P) actúa en el presente y la acción integral (I) actúa en el pasado.

La acción derivativa (D) actúa en el futuro: eficazmente “anticipa” los ‘overshoot’ o sobre impulso, intentando generando una respuesta de salida acorde a la velocidad de la variable de proceso está creciendo o cayendo. Esta acción de control actúa prudente y cuidadosamente, trabajando en contra del cambio. [7]

2.20 TIPO DE CONTROL

La forma en la que el elemento final de control actúa sobre el proceso para modificar sus condiciones se conoce como “tipo de control”. La primera característica a tener en cuenta es el tipo de acción que requiere el proceso, es decir, de qué manera se comporta el elemento final de control o la salida, ante un aumento de variable controlada.

- Control de acción directa: se utiliza cuando se produce un incremento en la magnitud que se quiere controlar; el controlador aumentará su salida. A este tipo de acción se le conoce como “acción de enfriamiento”.
- Control acción inversa: es un incremento en la magnitud que se quiere controlar, el controlador disminuye su salida. Es nombrado también como acción de calentamiento. [8]

2.21 LAZO DE CONTROL CERRADO

Los sistemas de control en lazo cerrado son aquellos en los que existe una realimentación de la señal de salida o, dicho de otra forma, aquellos en los que la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control.

La señal de salida, además ser la propia salida, es utilizada como una de las entradas del sistema, ya que le aporta información útil. [10]



Figura 2.2 Lazo de control cerrado

2.22 RAMPA

La entrada rampa supone una referencia con variación continua en el tiempo. Se utiliza en procesos que requieren que la temperatura no suba abruptamente a un valor fijo, sino que la temperatura se vaya incrementando poco a poco hasta alcanzar el valor deseado. [11]

2.23 MESETA

Hay dos zonas en las gráficas en la que la temperatura se mantiene constante, se le denomina meseta, hay cambios de estado. [10]

2.24 PUNTO DE CONSIGNA

El 'Set Point' o Punto de ajuste, es el valor de temperatura al cual se desea que el controlador active su señal principal de control. [11]

2.25 VARIABLE DE PROCESO

Son aquellas que pueden cambiar las condiciones de un proceso industrial ya sean, sus aspectos físicos, químicos o ambos según la composición de la sustancia, que pueden afectar al producto.

En todo proceso existen diversas variables, las cuales pueden afectar la entrada o salida del proceso. [30]

2.26 ELEMENTO FINAL DE CONTROL

Los elementos finales de control son los dispositivos encargados de transformar una señal de control en un flujo de masa o energía (variable manipulada). Es esta

variable manipulada la que incide en el proceso causando cambios de la variable controlada. [29]

2.27 CARACTERIZACIÓN

Conjunto de operaciones que determinan las diferentes características metrológicas y especificaciones de operación de un equipo; instrumento de medición, sistema de medición o medida materializada.

Tiene el propósito de documentar mediante diferentes pruebas, las características metrológicas de distribución de temperatura o humedad dentro del sistema evaluar si la temperatura dentro de la zona de trabajo que tiene el nivel requerido de uniformidad y si las variaciones de temperatura o humedad con el tiempo están dentro de los límites aceptables.

Los posibles parámetros a caracterizar dependerán del tipo de sistema y de la utilización del mismo; parámetros habituales: [28]

- Estabilidad (temperatura o humedad)
- Uniformidad (temperatura humedad)
- Indicación (temperatura o humedad) (calibración)
- Parámetros temporales, como:
 - Inercia térmica
 - Tiempo de recuperación
 - Tiempo de transferencia o decrecimiento térmico
 - Tiempos de esterilización
 - Mantenimiento y equilibrio [28]

2.28 ESTABILIDAD

Propiedad de un instrumento de medida por la que éste conserva constantes sus características metrológicas a lo largo del tiempo.

2.29 RESOLUCIÓN

Es la menor diferencia de valor que el instrumento puede distinguir. [2]

2.30 CARGA RESISTIVA

Convierte la energía eléctrica en calorífica. La resistencia depende de la tensión y de la corriente, la resistencia depende principalmente del material y de sus características físicas. [1]

2.31 ÁNGULO DE FASE

El ángulo de fase o ángulo de desfase (φ). Es la diferencia entre los ángulos de fase cero y de dos magnitudes alternas senoidales, con la misma frecuencia

Es el desfase entre dos ángulos, es la diferencia entre sus dos fases. Habitualmente, esta diferencia de fases, se mide en un mismo instante para las dos ondas, pero no siempre en un mismo lugar del espacio. [1]

2.32 CERÁMICA

La cerámica se obtiene de un material llamado arcilla. Para el desarrollo de este proyecto se optó por la cerámica de alúmina (Al_2O_3), este tipo de cerámica es utilizada debido a que soporta temperaturas altas, alrededor de 1 725 °C. [24]

2.33 RESISTENCIA CALEFACTORA PARA ALTAS TEMPERATURAS

El descubrimiento de las resistencias calefactoras se remonta al siglo XIX, cuando el físico inglés James Prescott Joule descubrió que, si en un material conductor es aplicada un poco de corriente eléctrica, entonces una parte de la energía cinética contenida en los electrones del material se transforma en calor, esto debido al movimiento que provoca la electricidad, hace que los átomos del material conductor choquen, y eleven la temperatura del material conductor. [25]

2.34 TUBO DE CERÁMICA DE ALUMINA, UTILIZADO COMO CAVIDAD RADIANTE Y CONDUCTORA DENTRO DEL HORNO

Los refractarios son el elemento aislante de uso más generalizado para las redes eléctricas de potencia, así como en los dispositivos de bajos, medianos y altos voltajes. [26]

2.35 TUBOS PROTECTORES DE CERÁMICA PARA TERMOPAR

Los tubos aislantes para termopar ayudan en la protección del sensor en un proceso de alta temperatura. [27]

2.36 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Es un instrumento usado para el control de la temperatura. El controlador de temperatura tiene una entrada procedente de un sensor de temperatura y tiene una salida que está conectada a un elemento de control tal como un calentador o ventilador. [11]

2.37 TARJETA DE POTENCIA SCR

La regulación de la temperatura es requerida en procesos de manufactura, algunos de los propósitos son: calentar, derretir, secar o dar forma. Las tarjetas de potencia con SCR, también llamados “Rectificador controlado de silicio”, los SCR juegan un papel importante en la regulación de la temperatura. Su uso primario es controlar el flujo de electricidad de la red eléctrica al elemento calefactor. Esta función regula la temperatura para producir efectos específicos o propiedades específicas dentro de un horno de recocido o algún otro equipo. [28]

2.38 CONTACTOR

Dispositivo con la capacidad de corta la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia.

A los contactos principales se conecta el circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactor principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor.

Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

La bobina está concebida para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por sus espiras, con el fin de reducir los choques mecánicos de la bobina o circuito magnético, a veces los dos se montan sobre amortiguadores.[29]

2.39 TABLA FIBRA CERÁMICA

La tabla de fibra cerámica es una aislante térmico y refractario, fabricado a partir de fibras de alúmina y sílice, que puede operar a una temperatura máxima de 1 260 °C. Su proceso de manufacturación es a través del proceso de formado al vacío, para tener condición de resistir impacto de gases a altas velocidades.

Las principales propiedades de este material son: baja conductividad térmica, baja pérdida de calor, encogimiento línea mínimo, con contiene asbesto y puede resistir el impacto de aire y gases a altas velocidades. [30]

2.40 ESTUDIO DE MERCADO

2.40.1 'BENCHMARKING'

El 'benchmarking' es un proceso por el cual se toma como referencia los productos, servicios o procesos de trabajo de las empresas líderes, para compararlos con los propios y posteriormente realizar mejoras e implementarlas.

No se trata de copiar lo que está haciendo la competencia, si no de aprender que están haciendo los líderes para implementarlo añadiéndole mejoras. [18]

2.40.1.1 TIPOS DE 'BENCHMARKING'

2.40.1.1.1 COMPETITIVO

El 'benchmarking' competitivo busca medir los productos, servicios, procesos y funciones de los principales competidores para realizar una comparación y poder detectar y llevar a cabo mejoras que superen a las de a los competidores. [18]

2.40.1.1.2 INTERNO

El 'benchmarking' interno se lleva a cabo dentro de la empresa. Se suele llevar a cabo en empresas grandes que cuentan con diferentes departamentos o también con grupos empresariales que están formados por varias empresas. En el proceso se identifica un departamento o área que sea un ejemplo por sus buenos resultados para poder llevar a cabo un 'benchmarking' con los demás departamentos internos. [18]

2.40.1.1.3 FUNCIONAL

El 'benchmarking' funcional identifica las mejores prácticas de una empresa. No es necesario que esta empresa sea competidora o incluso que pertenezca al mismo sector. [18]

CAPÍTULO III DESARROLLO

3.1 DISEÑO

Se utilizó una resistencia calefactora de 46 cm de profundidad para poder recibir termómetros de longitudes largas; para el diseño de este horno se optó por colocar el elemento calefactor en forma horizontal para el cuidado de las manijas que rodean al termómetro; ya que si se hubiera optado por colocarlo en forma vertical el calor sube y daña los protectores. Dentro de la resistencia calefactora se utilizó un segundo tubo de cerámica, la razón principal de ser usado fue para separar las resistencias del elemento calefactor de los termómetros a recocer. Para que este segundo tubo quedará en el centro del elemento calefactor, se diseñaron dos placas una para la parte trasera y otra más para la parte delantera, ambas placas de forma cuadrada con medidas de 12,5 cm X 12,5 cm, al centro de éstas se les agrego un triángulo, en cada vértice se le agrego un pivote para que el tubo pudiera estar concretico dentro de la resistencia.

Alrededor del elemento calefactor o la resistencia, se usó tabla de cerámica para construir dos capas de aislamiento, esto con dos objetivos: uno; que el calor no llegue a la superficie y dañe la estructura y dos; que se mantenga la temperatura dentro de la resistencia o lo más cercano a ella.

Para la parte del control de este sistema de horno de recocido, se utilizó un controlador para altas temperaturas, para tener monitoreo de la temperatura que hay en el interior del elemento calefactor, y con este dato poder recocer los termómetros a la temperatura adecuada. Para el flujo de corriente que pasa a través de la resistencia se conectó una tarjeta de potencia, esta tarjeta basa su funcionamiento en componente electrónicos conocidos como SCR. La función de un SCR o rectificador de silicio es en la regulación de la temperatura y controlar el flujo eléctrico.

Se optó por utilizar un gabinete tipo rack para hacer el montaje del horno y la parte de control, la estructura que se adquirió no fue la correcta debido a que las dimensiones del gabinete no eran las que el fabricante marcaba.

Al percatarnos de esta situación se puso en marcha el diseño de la estructura para el montaje del horno; el diseño que se tomó fue el de un horno que se encuentra en el laboratorio de "Temperatura de Radiancia". Se tomó en cuenta las medidas de todos los elementos que se instalarían dentro de la estructura; desde el largo y ancho de la cavidad o los elementos que conforman al horno o el elemento calefactor, rejillas para ventilación natural y rejillas donde el aire caliente tuviera una vía de escape, medidas del controlador de temperatura, medidas de la tarjeta de potencia, diámetros de los porta fusible, largo y ancho de ventiladores, interruptores, se tomó en cuenta también donde colocar las conexiones para toma de corriente y para los protocolos de comunicación.

En este diseño se pensó en la parte de control de sistema de horno de recocido, ya que en esta sección de la estructura es donde se harán las conexiones eléctricas, es decir donde se tendrá todo el cableado del sistema, es por eso que se optó por placas con tornillos, esto para facilitar el desarmado, en caso de que haya algún fallo eléctrico o en las conexiones.

Realizar los planos de esta estructura fue una de las partes más complicadas debido a que se tenían que tomar en cuenta tamaños, peso y temperatura irradiada por varios elementos, ya que estos datos son importantes debido a que con base en esos datos se seleccionaría el material con el que se fabricaría la estructura para el horno.

Lo mencionado anteriormente respecto al diseño de la estructura para el montaje puede verse ilustrado en la imagen 3.1 Para más información sobre el diseño de la estructura, revisar el capítulo 4 (Resultado 2).

3.2 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE HORNO DE RECOCIDO PARA TERMÓMETROS

3.2.1 SELECCIÓN

Para llevar a cabo la selección de materiales fue necesario realizar una investigación sobre sistemas de horno de recocido, mejor conocido como 'Benchmarking' o estudio de mercado, con base en esta búsqueda se hizo una comparación de diferentes marcas de hornos de recocido y protocolos para llevar a cabo este proceso. En esta comparación entraron marcas como: Fluke, DKD, NIST, PANRAN y NABERTHERM.

Cabe mencionar que se revisaron cada una de las características de los hornos, esto con el objetivo de que el nuevo sistema de recocido funcionara igual o cercano a los sistemas de recocido que se fabrican a nivel industrial.

3.2.2 COMPARACIÓN DE HORNOS DE RECOCIDO Y CARACTERÍSTICAS

Revisar capítulo 4 (Resultado 2), para más información

Tabla 3.1 Comparación de horno de recocido

COMPARACIÓN DE HORNOS					
	Instrumento	Instrumento	Instrumento	Instrumento	Instrumento
Características	PANRAN PR320	Nabertherm RD 15/150/11	Nabertherm GR 1300/13	Nabertherm R 100/750/13	Nabertherm RT 250/13
Intervalo de temperatura de operación	300 °C a 1200 °C	1300 °C	1300 °C	1300 °C	1300 °C
Tipo de termopares permitidos para calibración	K, N, J y E	K y S	S	S	S
Dimensiones	70 x 37 x 45 cm	30 x 17 x 32 cm	No lo especifica	100 x 36 x 64 cm	35 x 38 x 74 cm
Ilustración del horno					

3.2.3 DESCRIPCIÓN DE MATERIALES SELECCIONADOS, CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, TÉRMICAS Y MEDIDAS

3.2.3.1 RESISTENCIA CALEFACTORA PARA ALTAS TEMPERATURAS, MARCA OMEGA, MODELO CRFC-318/240-A

- Temperatura de operación 982 °C
- Voltaje 240 V
- Corriente 8,75 A
- Potencia 2 100 W
- Longitud 46 cm (18 in)
- OD 13 cm (5 in)
- ID 8 cm (3 in)
- Tipo de material con el que fue fabricado: cerámica
- Resistencia de aleación: Hierro-cromo-aluminio

3.2.3.2 TUBO DE CERÁMICA DE ALUMINA, UTILIZADO COMO AISLANTE DENTRO DEL HORNO, MARCA POLIMEX

- Temperatura máxima de operación 1 400 °C
- Longitud 46 cm (18 in)
- OD 7,62 cm (3 in)
- ID 5,08 cm (2 in)
- Tipo de material con el que fue fabricado: Alúmina (Al_2O_3)

3.2.3.3 AISLADORES PARA TERMOPAR DE CERÁMICA, MARCA OMEGA, MODELO TRM-04018-6

Los tubos protectores para termopar ayudan en la protección del sensor en un proceso de alta temperatura. [27]

- Temperatura máxima de operación 1 650 °C
- Longitud 15,24 cm (6 in)
- OD 0,3175 cm (1/8 in)

- ID 0,1016 cm (0,04 in)
- Tipo de material con el que fue fabricado: cerámica

3.2.3.4 TABLA FIBRA CERÁMICA, RATSA

- Espesor 2,54 cm (1 in)
- Largo 91 cm (35,82 in)
- Ancho 61 cm (24,01 in)
- Temperatura máxima de operación 1 260 °C

3.2.3.5 CONTROLADOR DE TEMPERATURA, MARCA OMEGA, MODELO CN16DPT-305-C24PT SERIES

Es un instrumento usado para el control de la temperatura. El controlador de temperatura tiene una entrada procedente de un sensor de temperatura y tiene una salida que está conectada a un elemento de control tal como un calentador o ventilador. [11]

- DIN 1/16
- Relé mecánico SPDT, 1 salida analógica
- Comunicación RS- 232 y RS-485
- Resolución de temperatura 0,01 °C
- Salida analógica programable de 4- 20 mA
- Voltaje de entrada 90 – 240 V
- Corriente de entrada 100 mA a 400 mA
- Control PID completo

3.2.3.6 TARJETA DE POTENCIA SCR, MARCA OMEGA, MODELO SCR19P-24-040-S9

La regulación de la temperatura es requerida en procesos de manufactura, algunos de los propósitos son: calentar, derretir, secar o dar forma. Las tarjetas de potencia con SCR, también llamados “Rectificador controlado de silicio”, los SCR juegan un papel importante en la regulación de la temperatura. Su uso primario es controlar el flujo de electricidad de la red eléctrica al elemento calefactor. Esta función regula la

temperatura para producir efectos específicos o propiedades específicas dentro de un horno de recocido o algún otro equipo. [28]

- Señal de salida de 4- 20 mA.
- Voltaje de entrada 240 V
- Frecuencia 50 – 60 Hz
- Corriente 40 A
- Tipo de carga resistiva
- Control de ángulo por fase
- Una fase, una línea de control

3.2.3.7 CONTACTOR, MARCA SIEMENS, MODELO SIRIUS 3RT1036-1AR16

Los contactores 3RT1, disponen de conexiones por tornillo o de la técnica de conexión por resorte. Esto hace posible la conexión de terminales de cable. Los contactores pueden conectarse con elementos RC.

- V_{in} 380 /440 V
- Tres líneas para realizar conexión
- Corriente por fase 32 A
- Frecuencia 60 Hz
- Potencia (en caballos de fuerza) 30 cv
- 2 contactos normalmente abiertos y 2 contactos normalmente cerrados

3.2.2.8 CARGA RESISTIVA

Convierte la energía eléctrica en calorífica. La resistencia depende de la tensión y de la corriente, la resistencia depende principalmente del material y de sus características físicas. [22]

3.3 PROCESO

Para llevar a cabo el proceso de selección se realizó una comparación de marcas, modelos, precios, intervalos de temperatura, temperaturas de operación, entre otras características que se muestran en las tablas al final de este apartado; la parte

sombreada de color azul son los productos que se utilizaron para la construcción del horno de recocido.

Con base en el análisis de hornos de recocido y la comparación de elementos que integrarían al horno; se facilitó la toma de decisiones de las partes con las que se fabricaría el horno; ya que tenía que haber compatibilidad entre voltajes, corrientes y potencia, tanto en los elementos de control y el elemento calefactor.

Los primeros elementos en llegar a MetAs fueron: el controlador de temperatura, la resistencia calefactora, y la tarjeta de potencia. Al momento que realizar pruebas con el controlador de temperatura, la tarjeta de potencia y la resistencia calefactora, se pudo observar que la temperatura máxima de la resistencia no podía alcanzarse, esto debido al flujo eléctrico que dejaba pasar la tarjeta de potencia, ya que la tarjeta daba un voltaje de 127 V ac, y el elemento calefactor de 220 V ac; esto provoco que la resistencia solo trabajara a la mitad de su capacidad, es decir 487 °C; la lectura de la temperatura se tomó con un termopar tipo N.

Paso seguido se conectó la resistencia de forma directa en él toma corriente de 220 V ac junto con el controlador de temperatura y el termopar, de esta manera pudo alcanzar su temperatura de operación, es decir 982 °C, continuó conectada y llego a los 1 110 ° C; se llegó a la conclusión de que la tarjeta de potencia era el problema ya que el flujo eléctrico que dejaba pasar no era el suficiente para que la resistencia funcionara a toda su capacidad.

Después de haber realizado estas pruebas; se colocó un recubrimiento de dos capas de tabla de cerámica alrededor de la resistencia; este recubrimiento se colocó pensando en la estructura donde se montaría el horno, una vez que el aislante se colocó, la temperatura que se irradiaba era de alrededor 100 °C, por lo tanto era necesario buscar un material que soportara tal temperatura, que no se fusionara y que no se oxidara al paso del tiempo.

Se buscó una empresa que se dedicara al diseño y construcción de estructuras, para este proyecto se trabajó con DYCSA empresa ubicada en Zapopan Jalisco;

por parte de ellos se nos apoyó en la busca de aluminios que pudieras soportar la temperatura irradiada por las tablas de fibra cerámica usado como recubrimiento.

A continuación, se muestran las tablas donde se realizó el análisis de materiales; la parte de color azul hace referencia a los materiales seleccionados para la fabricación del sistema de recocido.

Tabla 3.2 Comparación y selección de resistencia calefactora

RESISTENCIA CALEFACTORA									
MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			TEMPERATURA MAX	PRECIO	ESTILO	DIMENSIONES	
		POTENCIA	TENSIÓN	CORRIENTE				L	D
OMEGA	AHP-7562	750 W	240 V	3,125 A	540 °C	\$ 2,865.00	Tipo T	15,24 cm (6 in)	48,26 cm (19 3/4 in)
KINTEL					400...870 °C				
OMEGA	CRF - 318/240-A	2100 W	240 V	8,75 A	982 °C	\$ 16,077.00	Cilindro	46 cm	OD: 13 cm ID: 8 cm
MTI		1600 W	120 V	13, 333 A	1100 °C	399DL		30,48 cm (12 in)	
WATLOW	VS105A12S-A0011	1250 W	120 V	10,416 A	1204 °C	696,56DL	Semi cilindro		

Tabla 3.3 Comparación y selección de tarjetas de potencia

TARJETA DE POTENCIA						
MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		CARACTERÍSTICAS DE LA SALIDA DE CONTROL	TIPO DE CONTROL	PRECIO
		TENSION	CORRIENTE			
AVATAR INSTRUMENTS	A1P-12-30	120 V ac	30 A	4 - 20 mA		
OMEGA	SCR19H-12-125	120 ac	125 A	4 - 20 mA		21,138
ATHENA	19P-12-040-A-0-00	110/120 V ac	40 A	4 - 20 mA		5,331.65
OMEGA	SCR19P-24-040-S9	240 V	40 A	4 - 20 mA	PID	11,050

Tabla 3.4 Comparación y selección de termopares

TERMOPARES							
MARCA	TIPO DE TERMOPAR	TEMPERATURA DE OPERACIÓN		CALIBRE	LONGITUD	TIPO DE AISLAMIENTO	AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR
OMEGA		980 °C	1038.0 °C	20	1 metro	Fibra de sílice	Cerámica trenzada
MARLIN	K	0.0 °C	276.0 °C				
		276.0 °C	1260.0 °C				
MARLIN	N	0.0 °C	276.0 °C				Fibra cerámica
		-276.0 °C	1260.0 °C				
MARLIN	S	1482 °C	1704.0 °C				
MARLIN	R	1482 °C	1704.0 °C				

Tabla 3.5 Comparación y selección de controladores de temperatura

CONTROLADOR DE TEMPERATURA									
MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			NÚMERO DE SALIDAS	PRECIO	INTERVALO DE TEMPERATURA		TIPO DE ENTRADA
		POTENCIA	TENSIÓN	CORRIENTE					
ATHENA	25JFFB00	0,4 W	20 V	20 mA	2	\$ 1,250.00			
ATHENA	16				2	\$4003,69	0.0 °C	1349.0 °C	K
ATHENA					2	\$4003,69	0.0 °C	1300.0 °C	N
ATHENA					2	\$4003,69	0.0 °C	1750.0 °C	R
OMEGA	CN16DPT-305-C24	5 W	90 - 240 V	4 - 20 mA	2	\$ 8,560.00	-100.0 °C	1300.0 °C	N

Revisar capítulo 4 (Resultado 3) para selección final.

3.4 ADQUISICIÓN

Al realizarse la comparación de horno de recocido de marcas diferentes y saber que era exactamente lo que se necesitaba, se inició el proceso de adquisición de los productos para la construcción del sistema de horno de recocido, se contactó a la marca OMEGA, en esta compañía se realizó la compra de la parte que realizaría el control del sistema, es decir; controlador de temperatura y tarjeta de potencia, así como la resistencia calefactora. Cabe mencionar que la tarjeta de potencia se regresó a OMEGA, esto con el afán de realizar un cambio por una tarjeta que cumpliera con las necesidades que se requerían para el horno como se mencionó en el punto 3.3 PROCESO.

Para adquirir el recubrimiento se contactó a la marca RATSA, aquí fue donde se realizó la compra de la tabla de cerámica aislante para altas temperaturas; se optó por este tipo de material porque presenta cierta flexibilidad para trabajar con ella y darle la forma que se requería, una de sus características es la de soportar altas temperaturas, específicamente 1 260 °C.

Esta tabla se colocaría alrededor de la resistencia formando una especie de caja, con el fin de aislar el calor y proteger la carcasa donde se montaría, en POLIMEX se hizo la compra de tubos de cerámica, dichos tubos tendrían el fin de ser una barrera entre el termómetro y la resistencia, ya que, si estos dos elementos se tocan por alguna causa, el termómetro puede sufrir algún daño.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 PROCEDIMIENTO

Para llevar a cabo este horno de recocido, fue necesario adentrarse en protocolos y normas que dictan como debe de llevarse a cabo este proceso; ya el diseño del horno es para trabajar con altas temperaturas y cada termómetro que sea introducido dentro del horno para realizarle un tratamiento de recocido, se tiene que tomar en cuenta que tiene características propias.

A continuación, se muestran extractos de los protocolos, artículos y normas, que indican como debe llevarse a cabo el proceso de recocido.

4.2 PROTOCOLO NIST (National Institute of Standards Technology)

Métodos de calibración para SPRT basado en ITS-90

El método del NIST indica que para los SPRT (Standard Platinum Resistance Thermometers; Termómetro de Resistencia de Platino Estándar), que para la estabilidad térmica de un SPRT una calibración anterior es importante para que los termómetros sean estables durante los ciclos de calibración. La estabilidad de un SPRT es necesaria para poder mantener su estado de calibración con las incertidumbres de calibración indicadas. El valor después del recocido con respecto a una medición anterior del recocido debe repetirse lo equivalente a $<0,2$ mK.

El protocolo de recocido de NIST indica tiempos y temperaturas para el recocido para intervalos específicos de calibración.

Cuando un SPRT es usado por encima de los 475 °C, los termómetros requieren de un manejo especial para minimizar la degradación. Para los SPRT con revestimientos de cristal y los revestimientos de sílice fundido, deben ser protegidos de la desvitrificación. La desvitrificación es el proceso en el cual la sílice fundido se cristaliza, resultado de presencia de cualquier aceite o sales que pueden ser llevados por el usuario cuando los termómetros son manipulados antes de la exposición a temperaturas por encima de los 475 °C.

La desvitrificación es irreversible y puede causar que el revestimiento se vuelva frágil y poroso, y eventualmente quebradizo.

Entonces, con el fin de evitar la desvitrificación, los SPRT son limpiados con una toalla empapada con etanol mientras es usado, guantes de látex libre de polvo o guantes de nitrilo (guantes que no sean de algodón).

Para SPRT con revestimientos de metal, la funda debe ser limpiada y tratada de la misma forma que los SPRT con funda de vidrio para prevenir la transferencia de aceites o sales a la celda de punto fijo.

Además, los termómetros con revestimiento de metal no pueden ser calentados por encima de los 675 °C y la cantidad de tiempo por encima de los 660 °C es menor para prevenir la pérdida de oxígeno disponible dentro de la funda, haciendo que los SPRT sean inestables.

Revisar Anexo 5 para consultar más información..

4.3 PROTOCOLO DKD (DEUTSCHER KALIBRIERDIENST)

PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO

El estrés mecánico que se tiene, por ejemplo, surgido durante el transporte, puede en parte ser eliminado por el recocido (Aging test/ Prueba de envejecimiento) a altas temperaturas. Para verificar la estabilidad adecuada de los termómetros, una prueba de envejecimiento generalmente se realiza a un valor fijo de temperatura (temperatura nominal, punto de hielo, triple punto de agua).

Si un termómetro de resistencia es usado, la resistencia mide primero el punto de hielo.

Cuando el sensor de temperatura está caliente durante un periodo de tiempo apropiado (aproximadamente de 8 a 12 horas) a 10 K más allá de la temperatura máxima de calibración, tomando en cuenta que la temperatura máxima de operación según lo establecido por el fabricante no debe ser excedido. Más tarde, la resistencia del termómetro se mide nuevamente a la temperatura de referencia (punto de hielo). Si la diferencia entre las dos medidas en el punto de hielo excede el 30% de la incertidumbre medida, el procedimiento del envejecimiento tiene que ser repetido. Si después de repetir la medición el valor de referencia se desvía de nuevo de la medición anterior más del 30%, la calibración del artículo será registrado como no calibrado.

Si el termómetro es recalibrado y no hay ningún cambio desde la última calibración de más del 30%, la incertidumbre medida apunta que la prueba de envejecimiento se puede prescindir.

Revisar Anexo 6 para consultar más información.

4.4 PROTOCOLO FLUKE

El protocolo de Fluke para recocido habla sobre el cuidado y mantenimiento correcto de un SPRT, ya que al cuidarlos de forma correcta este puede proveer de exactitud y medidas estables por años. Sin el cuidado y mantenimiento adecuados, un SPRT puede dañarse sin posibilidad de reparación o re calibración en un corto periodo de tiempo.

Se observó un SPRT sin el manejo adecuado durante un año, esto para aumentar su resistencia al punto triple del agua equivalente a 0,1. Esto puede provocar errores en la temperatura de hasta 10 mK sin calibración. Anteriormente no se tenía claro la importancia de un horno de recocido. En la actualidad se tiene más conocimiento sobre la importancia de un horno de recocido para el mantenimiento y cuidado de los SPRT.

PASOS PARA EL CUIDADO Y MANTENIMIENTO DE UN SPRT DURANTE EL RECOCIDO

PASO 1:

Durante el uso normal; un SPRT está sujeto al choque mecánico que induce tensión en el cable del sensor resultando en cambios en la resistencia.

Se puede producir un choque mecánico con el toque más leve del sensor del SPRT al insertarlo o extraerlo de un instrumento. La vibración durante el transporte también puede causar choques mecánicos. El SPRT es un instrumento muy delicado. Aun con gran cuidado el choque mecánico puede introducirse y causar cambios.

El recocido de un SPRT a 660 °C por una hora puede eliminar la mayor parte de estrés causado por golpes menores y restableces la resistencia cerca de su valor original. Realizar recocido es recomendable después de que un SPRT sea transportado.

PASO 2:

Todos los sólidos contienen defectos inherentes, un defecto cristalino. Se define como una irregularidad de la red que tiene una o más de sus dimensiones del orden de un Angstrom, este punto está relacionado con la constante de Boltzmann.

Para los metales el punto de fusión está en el orden de 10^4 . El SPRT se tiene que retirar de altas temperaturas y enfriarlo rápidamente a temperatura ambiente para evitar una concentración de defectos en la estructura cristalina causando un aumento en la resistencia. Este incremento puede ser tan alto como 30 mK. El recocido de un SPRT a 700 °C por dos horas puede reducir de forma significativa el incremento de puntos defectuosos. Los SPRT deben de ser enfriados al menos en 500 °C en aumento de 100 °C por hora. Una vez que el SPRT haya llegado a los 500 °C se debe retirar y colocar a temperatura ambiente sin dañarlo. Durante el proceso de calibración a altas temperatura es recomendado que el SPRT sea calentado y mantener el horno de recocido a una temperatura al punto fijo de calibrar. Una vez que el SPRT haya sido calibrado se debe remover rápidamente de la celda de punto fijo y regresar al horno de recocido.

El recocido de un SPRT tiene una duración de dos horas después de la calibración y la disminución de la temperatura a 500 °C evita el enfriamiento del alambre de platino

PASO 3:

La oxidación impacta en la pureza de los elementos y, por lo tanto, la exactitud en las lecturas de la temperatura. Una superficie de la película de óxido (PtO_2) forma un intervalo de -40 °C a 300 °C, inicialmente esto puede provocar aumentos en la resistencia en intervalos equivalente a 0,5 mK por hora.

La oxidación se forma en el cuerpo del cable den intervalo de 300 °C a 500 °C, y puede hacer que la resistencia aumente en valor mK por hora. Los óxidos de platino se pueden separar recociendo el SPRT a 600 °C de una a dos horas.

PASO 4:

De acuerdo con la información de ITS-90. Después de usar un SPRT a altas temperaturas por encima de los 700 °C, los termómetros deben ser recocidos antes de realizar mediciones a temperaturas bajas.

Revisar Anexo 8 para consultar más información.

4.5 PROCESO DE RECOCIDO UTILIZADO EN MetAs

El proceso de recocido que se lleva a cabo en MetAs en el laboratorio de Temperatura de Contacto se describirá a continuación.

- En caso de requerirse es posible limpiar el termopar con etanol
- El termopar se debe instalar en su posición normal de trabajo. La posición más común del uso de un termopar es de manera vertical.
- Coloque el termopar en el pozo de horno o en el bloque igualador del baño de profundidad requerida.
- En caso de que el orificio del pozo seco sea de diámetro mayor al termopar, se requerirá rellenar el orificio con polvo de alúmina.
- Instalar la unión de referencia en el punto de fusión del hielo, la unión de referencia debe introducirse al baño del punto de fusión de hielo (PFH) a una profundidad aproximada de 15 cm o mayor, para evitar la presencia de ruido térmico. De la unión de referencia al multímetro se utilizarán cables de cobre.
- Previo a la medición y calibración con el termopar es recomendable realizar previamente una prueba de ciclo y operación llevando el instrumento entre las temperaturas extremas en que será utilizado (0 °C), no debe excederse el intervalo de medición del termómetro patrón.
- El recocido se realizará a la temperatura de operación máxima, algunos recomiendan una temperatura mayor o hasta la temperatura máxima permitida por el horno de calibración de pozo seco (1 200 °C, en el caso de los hornos existentes en el laboratorio de Temperatura de contacto) (para el horno fabricado el intervalo de temperatura se encuentra en 975 °C, de acuerdo a la temperatura de recocido marcada por el protocolo de recocido NIST). Por 30 minutos para después someterlos a un lento enfriamiento con el propósito de eliminar esfuerzos internos que puede causar F.E.M parasitas.
- La indicación de cero (E_0) se verifica a la temperatura del punto de fusión de hielo (PFH), antes y después del conjunto de mediciones o calibración de algún instrumento.

- Los puntos de medición y calibración se deben medir en forma ascendente. Se tomarán 4 mediciones por punto.
- Una vez terminados los puntos de calibración y las series de calibración correspondientes se deja enfriar el baño o el horno a una temperatura cercana a la temperatura ambiente.
- Se retira el termómetro del horno y el polvo de alúmina en caso de que se haya requerido.

4.6 TERMINOS TÉCNICOS USADOS EN LOS PROTOCOLOS

4.6.1 CALIBRACIÓN

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas, obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación. [2]

4.6.2 CARGA TÉRMICA

Además del envejecimiento a corto plazo, también hay efectos en la magnitud a largo plazo que dependen del uso de una carga térmica. Una evaluación en esta incertidumbre medida es requerida con el usuario del termómetro y se determina a partir de los valores de re calibración. El estado de la incertidumbre medida en el certificado de calibración no incluye una aportación para la estabilidad del termómetro a largo plazo. [24]

4.6.3 PUNTO TRIPLE DEL AGUA

El punto triple del agua es el punto en el que las tres fases del agua coexisten de forma equilibrada, este punto se encuentra a 0,01 °C y 0,006 atmósferas; es decir, está prácticamente a 0 °C y a una presión unas 165 veces más pequeña que la atmosférica. [2]

4.6.4 PUNTO CERO

Es la temperatura más pequeña alcanzable por un cuerpo o molécula. Se cree que en este punto no existe ninguna vibración.

A -273,15 °C, todos los elementos o sustancias se presentarían en un estado sólido y las moléculas ni vibran ni se moverían. [4]

4.6.5 RECOCIDO

El recocido es un proceso de tratamiento térmico utilizado para reducir la dureza, aumentar la ductilidad y ayudar a eliminar las tensiones internas. [24]

4.6.6 TIPOS DE RECOCIDO

4.6.6.1 RECOCIDO POR RECRISTALIZACIÓN

La re cristalización es un proceso que se obtiene mediante calentamiento, en el que los granos deformados se sustituyen por un nuevo conjunto de granos que forman núcleo y crecen hasta que los granos originales han sido completamente consumidos. El recocido por re cristalización es un proceso de recocido que se aplica a metales trabajados en frío para obtener la nucleación y el crecimiento de nuevos granos sin cambio de fase. Este tratamiento térmico elimina los resultados de la deformación de las piezas de plástico altamente perfiladas conformadas en frío. El recocido es eficaz cuando se aplica a aceros endurecidos o trabajados en frío, en los que la estructura se recristaliza para formar nuevos granos de ferrita. [24]

4.6.6.2 RECOCIDO SUBCRÍTICO / RECOCIDO INTERCRÍTICO

El objetivo del proceso de recocido suave es formar una distribución uniforme de carburos esferoidales en el acero, lo que hará al material más blando y más resistente. [24]

4.6.6.3 RECOCIDO BLANDO

El recocido blando es un proceso de tratamiento térmico de temperatura elevada; el objetivo del proceso consiste en ablandar un material tanto como sea posible. Tras el recocido blando, el material tendrá una estructura blanda y fácil de mecanizar. [24]

4.6.6.4 RECOCIDO POR NORMALIZACIÓN

La normalización tiene como objetivo proporcionar una estructura uniforme y de grano fino al acero. El proceso se utiliza para obtener una microestructura predecible y una garantía de las propiedades mecánicas del acero. [19]

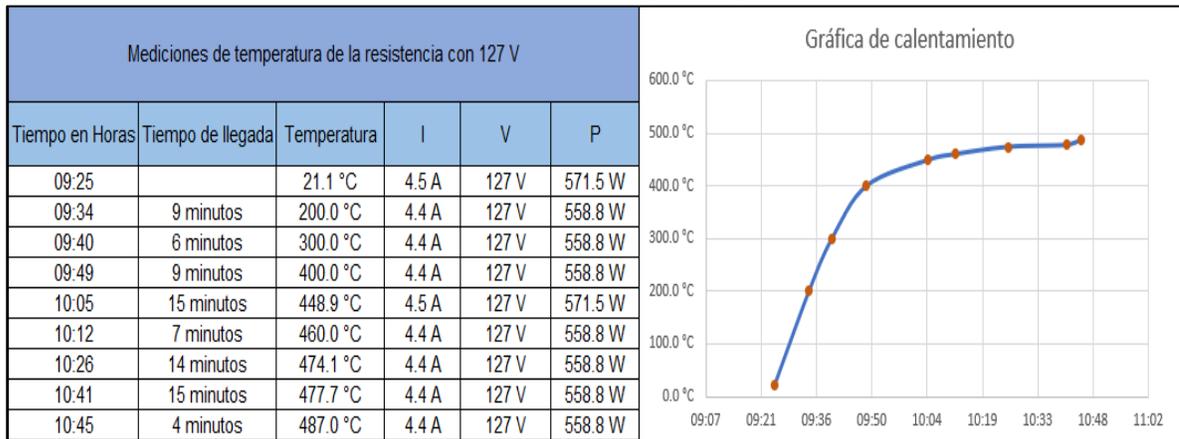
4.7 PRUEBAS

A continuación, se muestran las pruebas que se realizaron con los tres elementos principales del sistema de recocido, es decir: controlador de temperatura, elemento calefactor o resistencia calefactora y tarjeta de potencia.

- **PRUEBA NÚMERO 1: CONTROLADOR DE TEMPERATURA, RESISTENCIA Y TARJETA DE POTENCIA**

La primera prueba se realizó conectando las dos terminales de la resistencia a la tarjeta de potencia; dentro de la resistencia se colocó un termopar tipo N, este iba conectado al controlador de temperatura, este último elemento nos indica que tanto calor hay dentro de la cavidad. Todo este sistema se conectó a 127 V ac; este ensayo, no tuvo un resultado bueno, debido a la corriente que la tarjeta de potencia suministraba a la resistencia. Se observa en la gráfica de calentamiento que la temperatura se convertiría en una variable lineal debido a la cantidad de corriente suministrada, puede apreciarse en la gráfica de calentamiento que en los tres últimos puntos medidos hubo un gran cambio en el comportamiento de la variable.

Tabla 4.1 Prueba 1, sistema con tarjeta de potencia



- **PRUEBA NÚMERO 2: CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y RESISTENCIA CALEFACTORA (PRUEBA INTERRUMPIDA)**

En esta prueba solo fueron utilizados dos elementos; la resistencia se conectó de forma directa a una toma de 220 V ac (127 V ac 2Ø), se introdujo dentro de la cavidad el termopar tipo N conectado al controlador de temperatura. Se suspendió esta prueba debido a que la estructura donde se realizaba comenzó a calentarse y se temía causarle daño.

Se puede observar en esta ocasión la temperatura que se tomó fue de 875 °C, es decir 388 °C, este cambio fue debido a que la tarjeta no estaba conectada al sistema. Esto nos indicó que la tarjeta debía de cambiarse por un modelo que nos entregará 240 V ac.

La gráfica muestra que se comportaría de forma lineal, hasta que pasarán unos minutos y la resistencia aumentará su temperatura y hubiera cambios en los puntos medidos

Tabla 4.2 prueba 2, sistema sin tarjeta de potencia, análisis interrumpido

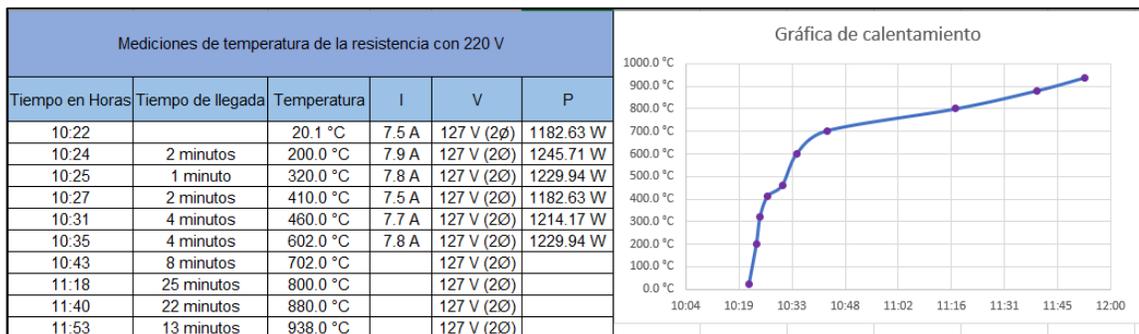


• PRUEBA NÚMERO 3: CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y RESISTENCIA CALEFACTORA

En esta ocasión se colocó fibra de cerámica, esta fibra es una especie de colcha que, aparte de soportar altas temperaturas, tiene una gran flexibilidad, en esta fibra se envolvió la resistencia calefactora; como base se utilizaron piso de cerámica para separar la fibra de cerámica de la estructura donde se realizaban las pruebas. Se continuó con la prueba anterior una vez que se había colocado un recubrimiento de tabla de cerámica.

Se dejó que la resistencia llegará a los 938 °C, es decir 63 °C más que en el experimento anterior. La grafica indica que la temperatura continuaría incrementando conforme el tiempo siguiera pasando.

Tabla 4.3 Prueba 3, continuación del análisis



- **PRUEBA NÚMERO 4: CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y RESISTENCIA CALEFACTORA CON RECUBRIMIENTO DE TABLA DE FIBRA CERÁMICA.**

Para esta prueba, se construyó una caja con la tabla de fibra cerámica para la resistencia calefactora. Esto se puede observar en la figura 4.1 y 4.2.



Figura 4.1 Cara delantera de la cavidad con recubrimiento

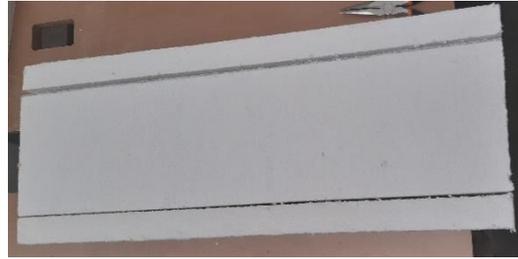


Figura 4.2 Vista superior de la cavidad con recubrimiento

Con este recubrimiento se realizó la prueba 4; se hizo la toma de temperatura irradiada por la tabla de cerámica con ayuda de una cámara termográfica. A continuación, se muestran los resultados.

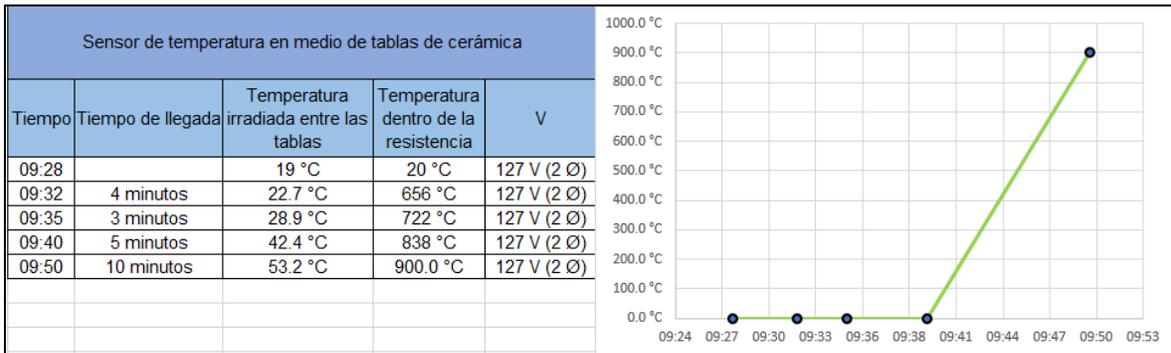


Figura 4.3 Cámara termográfica FLIR T440

Como en los análisis anteriores, se midió la temperatura dentro de la resistencia calefactora con ayuda de un termopar tipo N, conectado a un controlador de temperatura.

Puede verse en la tabla 4.4 que en esta ocasión la resistencia llegó a su temperatura de operación en un menor tiempo, alcanzando los 900 °C

Tabla 4.4, prueba con recubrimiento



Se realizaron pruebas nuevamente, pero esta vez con el uso de la tarjeta de potencia que no fue utilizada en las pruebas anteriores; también con el uso de una cámara infrarroja FLUKE Ti 450, se monitoreo la temperatura tanto interna, como externa, así como la temperatura de los equipos que se conectan al sistema para controlar el flujo de corriente. Esta cámara tiene la función de mostrar la imagen como si fuera una foto, junto con la imagen del espectro infrarrojo, su intervalo de temperatura es alto, va de los -20 °C hasta los 1 200 °C. Las pruebas pueden apreciarse a continuación.



Figura 4.4 Medición de la temperatura externa del horno

El horno se encontraba a una temperatura de 38,8 °C, se tenía poco tiempo con el sistema de recocido encendido. Una de las características de la resistencia calefactora, es, que, su temperatura tiende a ir en aumento en poco tiempo, en pruebas anteriores se observó que la resistencia estaba en temperatura ambiente, es decir 20,1 °C, y en dos minutos se vio un aumento en la temperatura, tomando la medición de 200 °C.

Para esta prueba, el controlador de temperatura fue programado para que su 'set point' fuera 400 °C, y mantuviera la temperatura, esto tardo aproximadamente quince minutos. El proceso de estabilización del controlador fue en lo que se llevó más tiempo a alrededor de una hora; esto se debe a la configuración del controlador de temperatura, esto aunado al arranque suave de la tarjeta de potencia; este arranque hace que sea vuelva un poco más lento el proceso de llegar hasta la temperatura programa, al mismo tiempo hace que el horno ahorre energía y proteja al equipo.

A continuación, se muestran imágenes donde se observa el aumento de temperatura.



Figura 4.5 Medición de temperatura para nuevas pruebas.



Figura 4.6 Última medición de temperatura realizada para esta prueba.

Durante el tiempo que se mantuvo encendido, la temperatura máxima a la que se logro llega fue 389,8 °C, como se mencionó en la parte superior, esta temperatura fue la máxima debido a la configuración del controlador de temperatura; estas mediciones cambiaran cuando se ingresen nuevos parámetros en el control que PID del controlador y una vez que sea caracterizado el sistema.

Como se mencionó en el capítulo 3, una de las características de la tarjeta de potencia es el cruce por ángulo de fase, se conectaron todos los elementos que forman al horno, pero con la diferencia de la conexión de un osciloscopio, marca TKTRONIK, modelo TDS 210 (Revisar anexo 12), se colocaron dos sondas en el osciloscopio, cada una se conectó en los cables que están expuestos de la

resistencia calefactora, esto fue con el objetivo de observar la señal de 4 – 20 mA que le estaba enviando un simulador marca FLUKE, modelo 754 Documenting Process Calibrator (Revisar anexo 13), cuando todo esté conectado esta señal de control será enviada por el controlador de temperatura. La señal del controlador de 4 – 20 mA gobierna el flujo de corriente que es liberado por la tarjeta de potencia y que ocasiona el calentamiento de la resistencia calefactora, provocando el Efecto Joule, usado para el recocido.

Este ejercicio se realizó de dos maneras distintas; la primera de 4 a 20 aumentando de 2 en 2, la segunda de 20 a 4 descendiendo de 2 en 2.

Para la escala ascendente, es decir 4 a 20 mA, se pudo observar el cambio en la forma de la onda de manera lenta, cuando se llegaba a los 16 mA esta forma se mantenía hasta los 20 mA. En las siguientes figuras puede apreciarse los cambios que se generaban cuando el flujo de corriente era modificado.

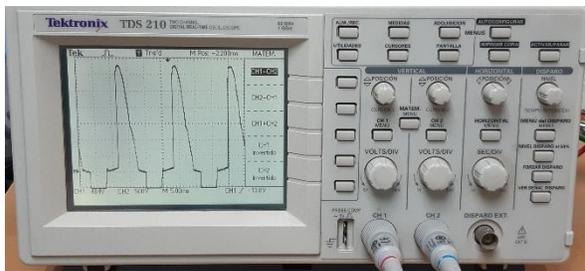


Figura 4.7 A Prueba con 12 mA



Figura 4.7 B señal de 12 mA enviada por simulador FLUKE

En las siguientes figuras se muestra la prueba con una señal de 16 mA, los cambios en la forma de onda se comienzan a notar, a partir de este valor la onda comienza a presentar estabilidad.

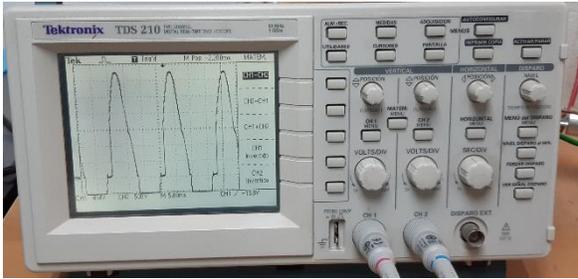


Figura 4.8 A Prueba con 16 mA



Figura 4.8 B señal de 16 mA enviada por simulador FLUKE

En las imágenes que se muestran a continuación se muestra la forma de onda con 20 mA. Puede observar que si se compara con las imágenes anteriores donde son aplicados 16 mA, no hay mucha diferencia.

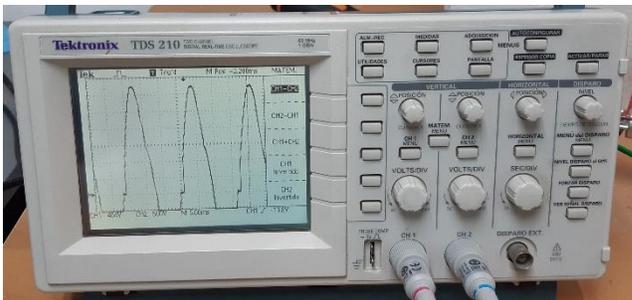


Figura 4.9 A Prueba con 20 mA



Figura 4.9 B señal de 20 mA enviada por simulador FLUKE

Comparando los resultados antes mostrados, puede verse que conforme la señal enviada por el simulador, la parte inferior de la forma de onda comienza a modificarse entregando una forma senoidal más clara.

4.6 PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE RECOCIDO

El proceso de caracterización es un conjunto de operaciones para determinar características de como operar cierto equipo y cómo será el comportamiento de este, en este caso el sistema de horno de recocido.

Para llevar a cabo este proceso se colocaron 9 sensores tipo termopar N, estos 9 sensores se esparcieron a lo largo de la cavidad como lo muestra la siguiente imagen.

Los círculos color morado indican el número de sensor en el multipunto. El multipunto es un equipo que tiene la capacidad de leer hasta 20 lecturas de 20 sensores diferentes, para poder leer estos datos, se conecta a una computadora y con ayuda de un software se reciben los datos de la toma de lectura de cada uno de los sensores. Cabe mencionar que la toma de datos respecto a la temperatura dentro de la cavidad, se tomó cada minuto.

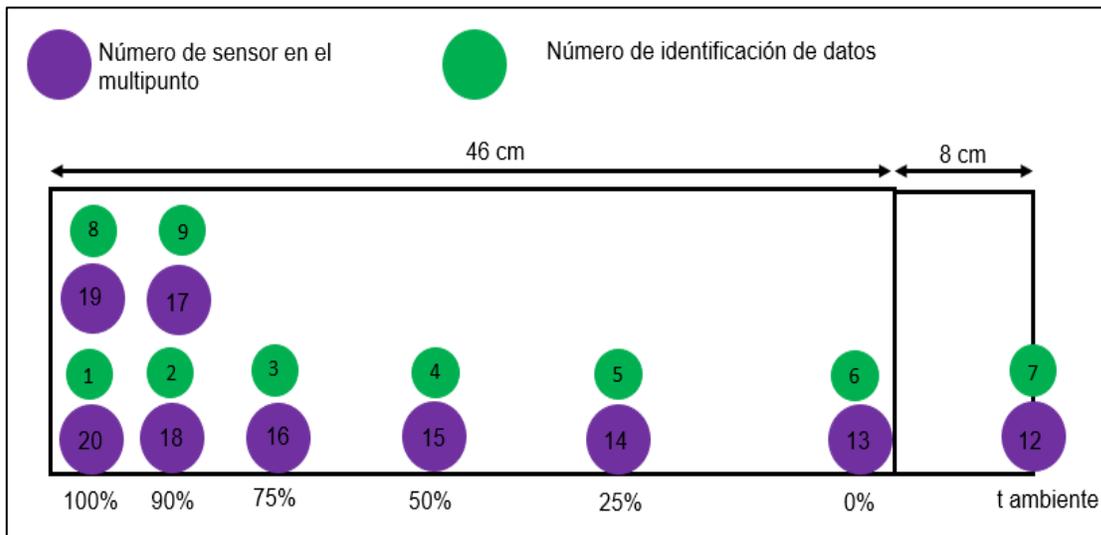


Figura 4.10 Posición de los sensores dentro de la cavidad

Una vez que todos los sensores se terminaron de montar dentro de la cavidad, se realizaron 3 pruebas con 3 intervalos de temperatura diferentes 475 °C, 675 °C y 975 °C; estas temperaturas están marcadas en el protocolo de recocido del NIST (protocolo que se menciona en el anexo 5)

Para el primer análisis que fue con el intervalo de 475 °C.



Figura 4.11 Colocación de los sensores dentro de la cavidad del horno



Figura 4.12 Caracterización del horno, en el primer punto 475 °C

Para caracterizar el horno en este punto que fue 475 °C, fue necesario dejarlo desde las 10:35 a.m. hasta las 6:00 p.m. ya que, se podía observar que el comportamiento era bastante inestable y se esperaba que este pudiera tornarse estable al pasar el tiempo. Gracias a los sensores que se colocaron en los extremos de la cavidad, pudo observarse que en estas partes la temperatura no es homogénea, ya que al momento de que comienza a calentarse la parte del centro es donde más aumenta la temperatura. Por lo tanto, cuando se vaya a recocer un termómetro en el intervalo de 475 °C es necesario dejarlo 8 horas como marca el protocolo de recocido del NIST; esto para cumplir con la norma y para que el horno pueda alcanzar una buena estabilidad.

A continuación, se muestra la gráfica que resulto de la toma de datos en el punto 475 °C. Cada línea en la gráfica representa un sensor dentro de la cavidad; al comienzo puede apreciarse que los sensores tienen cierta homogeneidad en la temperatura que perciben, conforme el tiempo transcurre cada sensor toma una posición diferente, un ejemplo de ello son los sensores 13, 19 y 20 que están representadas por las 3 líneas inferiores en la gráfica, estos sensores que son los que se colocaron en los extremos de la cavidad, dejan muy claro en que parte la temperatura no aumenta con la misma velocidad como en el centro, que está

representados por los sensores 14, 15 y 16, en la gráfica son las 3 curvas superiores.

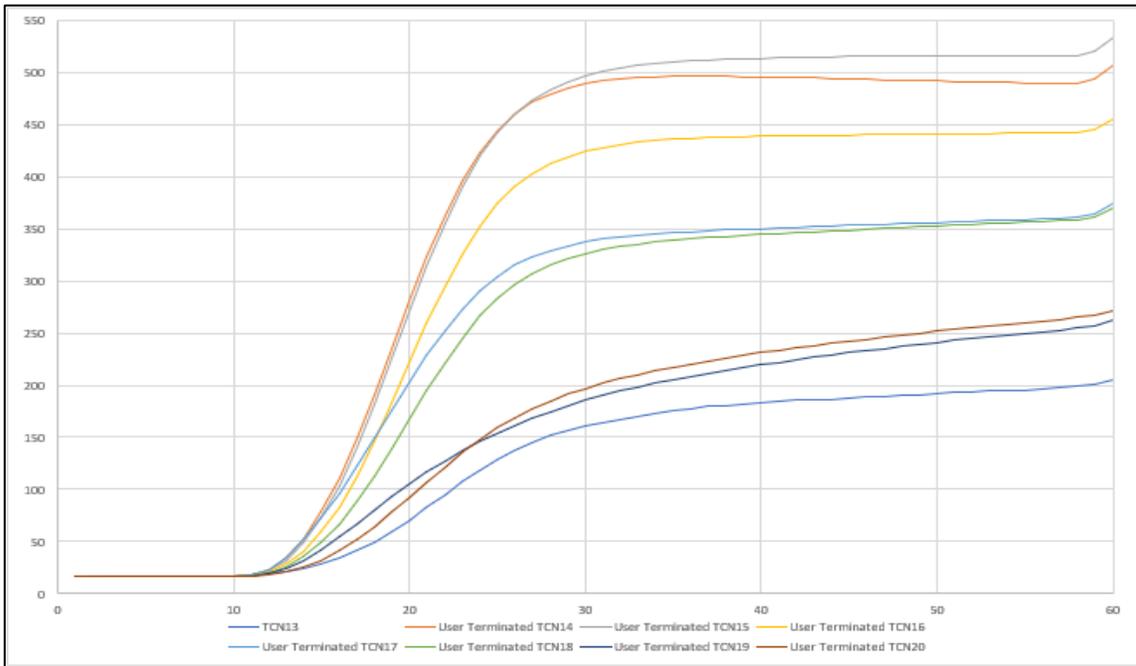


Figura 4.13 Gráfica de datos, resultante del intervalo 475 °C

Para la caracterización del segundo punto que fue 675 °C, fue el mismo procedimiento que en el 475 °C, a excepción de que este segundo intervalo el tiempo fue menor, que fue de las 11:35 a.m. hasta las 2:30 p.m., también la toma de datos fue por minuto. El tiempo se redujo debido a que, al momento de poner un intervalo de temperatura un poco más alto, el sistema comenzó a comportarse de forma más estable. El set point que se le programo al controlador de temperatura fue de 675 °C, cuando termino el proceso, la medición fue de 675,1 °C, se hizo notable un pequeño error de ,1 °C; error que es aceptable, ya que no representa algún daño para el o los instrumentos que estén bajo el proceso de recocido.

Para corroborar que la temperatura que indicaba el controlador de temperatura era correcta se utilizó una cámara termográfica se tomaron mediciones para observar en que zonas de la cavidad la temperatura aumentaba o si la temperatura se comportaba de forma homogénea.



Figura 4.14 Terminación de caracterización en el intervalo 675 °C

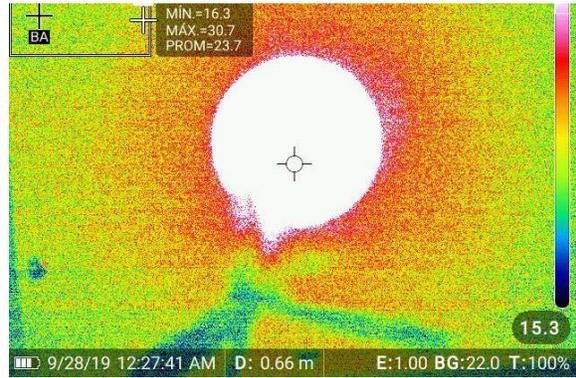


Figura 4.15 Fotografía tomada con cámara termográfica FLUKE.

En la siguiente gráfica se muestran los resultados del comportamiento del horno al someterlo a 675 °C.

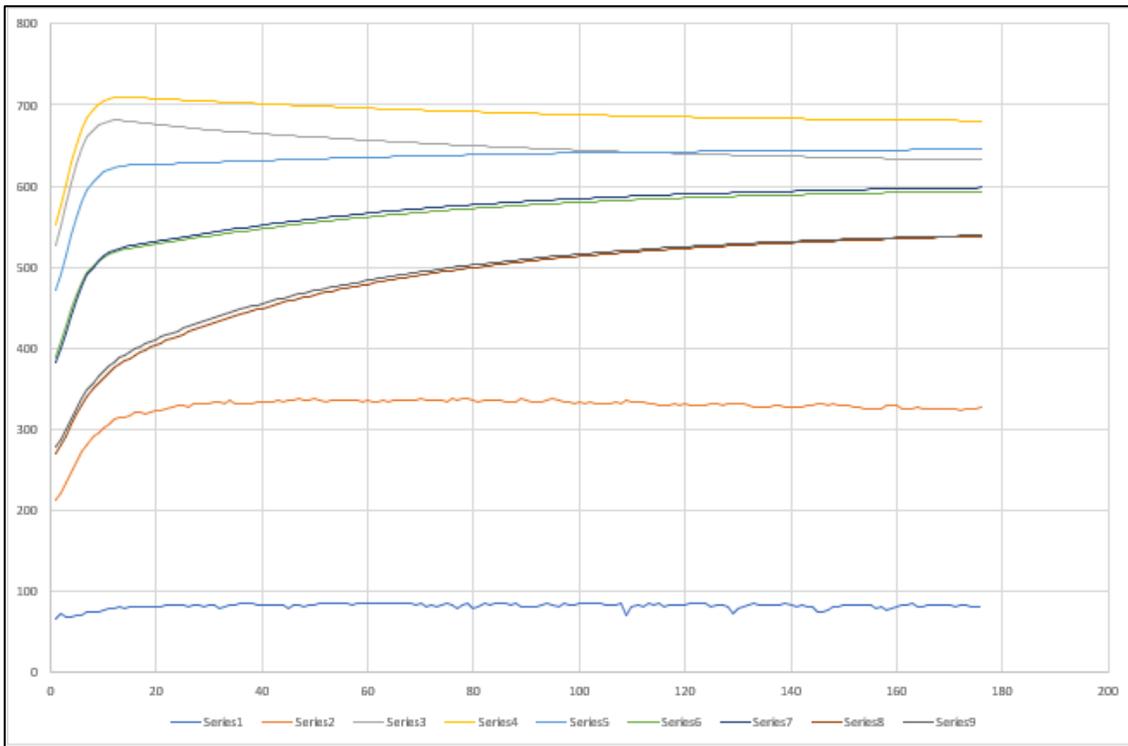


Figura 4.16 Gráfica de datos: resultante del intervalo 675 °C

En esta gráfica es muy notorio como es el comportamiento de la temperatura dentro del horno, ya que cada curva de cada sensor se encuentra en posiciones diferentes. Si se comienza a leer la gráfica desde la parte inferior las curvas color azul y naranja, sensor 20 y 19, que son los termopares que se colocaron al fondo de la cavidad puede verse que la temperatura que leen es baja; a partir de la tercera curva y hasta la sexta que tienen color café, gris, verde y azul marino que serían los sensores 13, 12, 15 y 16, en estas 4 curvas es claro como la temperatura en estas zonas comienza a subir, a partir del 75% de la cavidad.

Para los sensores que detectaron altas temperaturas que son las 3 curvas con color azul cielo, gris medio, y amarillos, que serían los sensores 14, 18 y 17, en esta zona que es la parte media de la cavidad; es donde se concentra las altas temperaturas y que los extremos de la cavidad suelen permanecer en temperaturas bajas.

El tercer intervalo de temperatura que se caracterizó en la cavidad fue de 975 °C, en la gráfica de este punto se puede apreciar un comportamiento parecido que en el punto anterior; para los 975 °C el tiempo en esta temperatura fue de las 2:30 p.m. hasta las 6:00 p.m. es decir 3,5 horas, como en los dos puntos anteriores la toma de datos también fue por minuto.

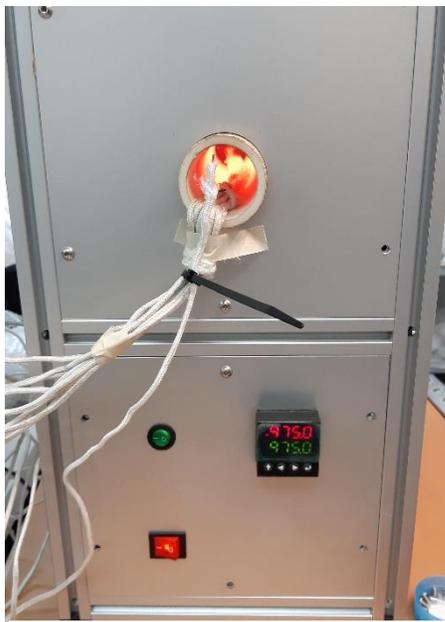


Figura 4.17 Terminación de caracterización en el intervalo 975 °C

En la imagen anterior se observan los sensores que son termopares tipo N, durante todo el proceso se usaron los mismos 9 termopares.

A diferencia del intervalo de 675 °C, en este último punto puede apreciarse como la cavidad se torna de un color rojizo con amarillo, esta tonalidad comienza a apreciarse a partir de los 750 °C y solo puede verse en la parte media de la cavidad, debido a que los extremos de la resistencia se mantienen a una temperatura menor que en la zona media. Cabe mencionar que el tubo aislante que sobresale de la estructura su sensor llego a medir arriba de los 55a0 °C, por lo cual se tomó la decisión de añadirle un disipador, debido a que las asas de los termómetros que serán introducidos dentro del horno, soportan temperaturas menores a los 300 °C, si estos son expuestos a la temperatura que el sensor midió, pueden dañarse y por lo tanto el laboratorio comenzaría a tener problemas con los clientes que envían sus termómetros a recocer.

A continuación, se agrega la gráfica resultante de los datos que se tomaron durante la caracterización de este último punto.

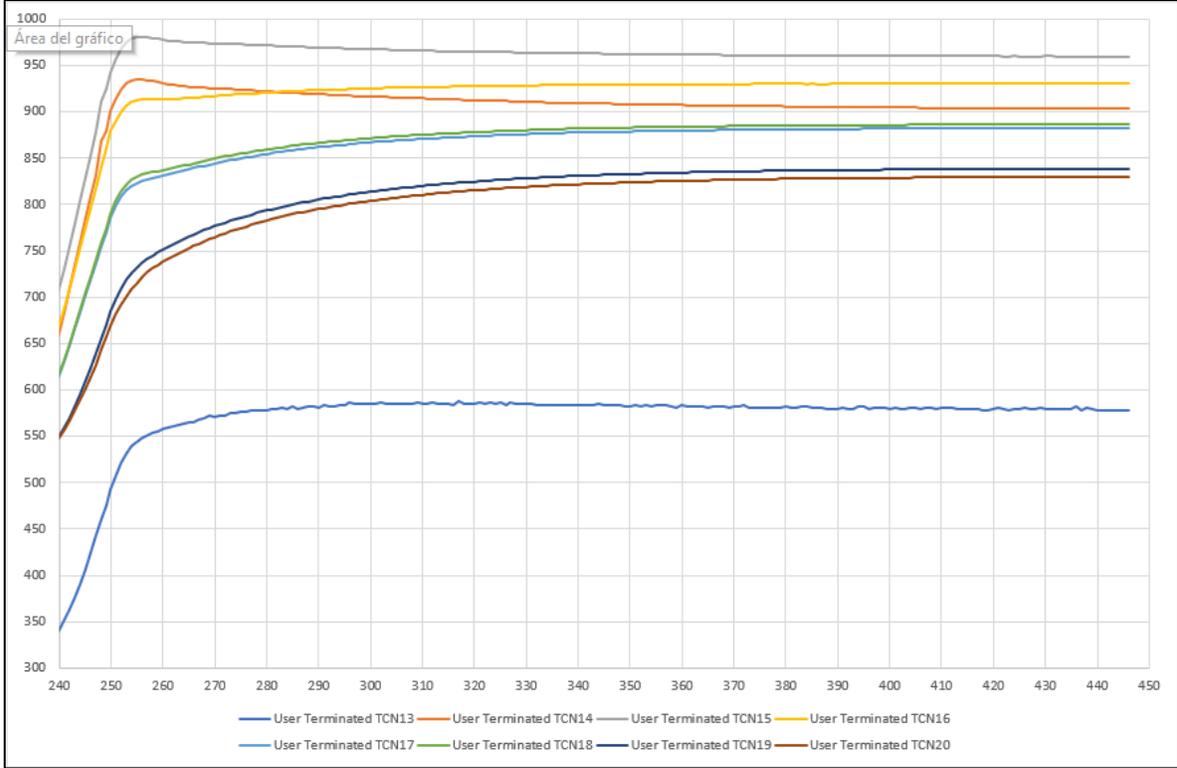


Figura 4.18 Gráfica de datos resultantes del intervalo 975 °C

La siguiente explicación sobre la gráfica comienza de abajo hacia arriba; la primera curva que pertenece al sensor número 13 color azul acqua, es el sensor que se colocó en la entrada de la cavidad y por el cual se tomó la decisión de colocar un disipador, con el objetivo de proteger las asas de los termómetros, ya que, la temperatura en esta parte era cercana a los 600 °C.

Las cuatro siguientes curvas pertenecientes al número de sensor 20, 19,17 y 18, con color café, azul marino, azul cielo y verde, la temperatura que los sensores tomaban una lectura de 550 °C hasta 880 °C, estas mediciones corresponden a la zona final de la cavidad. Para la mitad de la cavidad se registró una temperatura de 900 °C hasta los 980 °C, que en la gráfica son las últimas tres curvas, sensores 14, 16 y 15, con colores naranja, amarillo y gris; como en los puntos anteriores, es decir, 475 °C y 675 °C, puede verse que en la zona media de la cavidad es en donde la temperatura aumenta.

4.8 ESTUDIO ECONÓMICO

Previo a la construcción se realizó un estudio sobre sistemas de recocido, las marcas que se compararon fueron: PANRAN, NABERTHERM y ABBOTT FURNACE MEXICO.

Al realizar esta investigación pudimos tener una idea más clara sobre lo que se esperaba como resultado final, una vez que la comparación de horno de recocido estaba concluida; se prosiguió con la búsqueda de los elementos que serían utilizados para la construcción del sistema de recocido de MetAs.

Para seleccionar nuestro elemento calefactor o resistencia calefactora, o también nombrada como cavidad, se hizo la comparación entre cinco marcas: OMEGA, Kintel, Thermacraft, MTI Corporation y TD thermal devices, la resistencia por la que se optó fue una de marca OMEGA, debido a que esta cumplía con muchas de las especificaciones que estábamos buscando, entre ellas que su temperatura de operación puede llegar a los 982 °C suficiente para cumplir con los intervalos de temperatura que marca el protocolo NIST de recocido, además de la longitud, la profundidad, y el corto tiempo en el cuál puede llegar a altas temperaturas, y porque su forma cilíndrica y su diámetro interno almacenaría muchos termómetros al mismo tiempo, y también porque las resistencias están recubiertas por cerámica, que es

uno de los aislantes que más se usan en procesos donde las temperaturas son altas.

Los termopares no deben estar en contacto directo con la resistencia, debido a que pueden sufrir daño en su estructura y por lo tanto no continuar midiendo e incluso ser inservibles, es por eso que buscó un tubo de cerámica que tuviera la función de separar la resistencia de los termopares y al mismo tiempo ser un buen conductor de calor, para encontrar un tubo con estas características se buscaron marcas dedicadas a esta materia, en las cuales se encuentra: Ceramic Oxide Fabricators, Refractarios Naucalpan, POLIMEX y ANDERMAN, se optó por la marca POLIMEX debido a que nos dieron la posibilidad de cortar el tubo conforme a las medidas que se requerían.

Para la parte del control, nuevamente se realizó una búsqueda de diferentes marcas de controladores de temperatura, obteniendo los siguientes resultados, solo dos marcas fueron las que cumplían con los requerimientos; OMEGA y ATHENA, de la marca ATHENA se compararon dos modelos, pero ninguno de los dos cumplía con las especificaciones que se necesitaban, con la marca OMEGA, se encontró uno que tiene la capacidad de trabajar con cualquier clase de termopar, RTD o termistor, tiene la opción de dos tipos de control ON – OFF y PID, su tamaño es compacto y funciona en altas temperaturas.

Para la tarjeta de potencia se hizo una búsqueda entre las siguientes marcas: Avatar Instruments, OMEGA y ATHENA, eligiendo una tarjeta de potencia de marca OMEGA, teniendo la característica de disipadores para evitar el aumento de la temperatura en el circuito, cumplía con características eléctricas similares al del controlador.

Como la tarjeta de potencia es usada para trabajar por largas jornadas y a temperaturas altas, se hizo la compra de un ventilador para enfriar la tarjeta realizando también, una investigación en las siguientes marcas: Dayton y Avaly. El ventilador seleccionado fue uno de marca Dayton, añadiendo protección, esto para evitar que algún objeto se introduzca en el ventilador o evitar algún accidente.

El sensor encargado de la toma de mediciones dentro del horno, también se sometió a una comparación entre las siguientes marcas: OMEGA, Marlin, Industrias KEW,

como aún no se conocían algunas de las dimensiones como la longitud que habría de la cavidad al controlador de temperatura, se optó por utilizar alambre de termopar marca Marlin; como protección del alambre se utilizaron aisladores de termopar de cerámica marca OMEGA, el aislador de termopar también se utilizó para separar los dos alambres de termopar, ya que si se llegan a tocar las mediciones que dan al controlador de temperatura son erróneas, este aislador también tiene la función de que el termopar no toque las resistencias dentro de la cavidad y que esto provoque un corto o inducción de corriente y pueda dañar al controlador de temperatura o cualquier otro elemento encargado de controlar el proceso.

Para poder montar todos los elementos antes descritos, se compró por un gabinete para computadora de la marca HIGHPRO, se eligió esta caja debido a las dimensiones que marcaban en las especificaciones, cuando llegó al laboratorio nos percatamos que tales medidas no coincidían con las descritas, así que se tomó la decisión de hacer un diseño y que fuera fabricado; para este proceso se trabajó con DYCSA, una empresa que se dedica a la fabricación y a la automatización de procesos. Se recibió mucha ayuda del diseñador de la estructura en cuanto al tipo de material que se utilizaría para las paredes, en este caso fue aluminio 6061 anodizado, con perfiles de 30 x 30 mm, para que pudiera soportar el peso de la cavidad, que es alrededor de 13 kg. Fueron necesarios muchos diseños de la estructura, ya que algunas de las ideas no se ajustaban a lo que se requería o eran muy costosas.

En la tabla que se muestra, se encuentra el precio total del proyecto. Dentro de los datos, hay dos que se encuentran en dólares, el alambre de termopar con un valor de \$19,230.33 (1,000.00 dl) y la estructura para el horno con un valor de \$19,653.40 (1,186.02 dl) estos precios corresponden al 9 de diciembre de 2019.

En esta tabla también se incluyó el total a pagar del taller torno, barrenado de placas, corte del tubo para cavidad, etc.

Tabla 4.5 Costo total del proyecto y características de los artículos seleccionados

MATERIALES SELECCIONADOS PARA EL SISTEMA DE HORNO DE RECOCIDO								
Artículo	Marca	Modelo	Características Eléctricas			Temperatura de operación		Precio del producto
			Voltaje	Corriente	Potencia			
Resistencia Calefactora	OMEGA	CRF-318/240-A	220 V	8.75 A	2100 W	982.0 °C		\$ 11,600.00
Tarjeta de Potencia	OMEGA	SCR19P-24-040-S9	240 v	40 A	9600 W	-1.1 °C	50 °C	\$ 11,050.00
Controlador de Temperatura	OMEGA	CN16DPT-305-C24	90V - 240 V	100 mA	5 W	-250.0 °C	-100.0 °C	\$ 8,560.34
Contractor	SIEMENS	3RT1034-1AR16	220 v	40 A	22 KW		1300.0 °C	
Ventilador de extracción	DAYTON	6KD75	115 V	0.24 A	20 W			\$ 899.00
Tabla de cerámica	RATSA					1260.0 °C		\$ 1,260.61
Tubo de cerámica	POLIMEX					1400.0 °C		\$ 3,120.00
Alambre de termopar tipo N	MARLIN					1205.0 °C		1,000.00 DL
Aislante protector para termopar	OMEGA					1950.0 °C		\$ 775.86
Gabinete 1, no utilizado por dimensiones	HIGHPRO	DEFINE R6 USB-C						\$ 3,410.00
Estructura final para horno	DYCSA	D38439229-4						1,186.02 DL
Fabricación de placas de acero inoxidable, cortes y maquinados	Torno Jiménez					1370 °C	1400 °C	\$ 3,840.00
Protección para ventilador	GRAINGER	31CC76						\$ 104.40
Ensamble de filtro para ventilador	GRAINGER	31CC66						\$ 127.60
Porta fusible			250 V	2A				\$ 30.00
Cable calibre 12			600 V					\$ 32.00
Cable calibre 14			600 V					\$ 32.00
Terminales para cable								\$ 50.00
Precio total del proyecto de sistema de recocido								\$ 84,975.54

4.8 RESULTADOS

En la siguiente lista se muestran cada uno de los resultados que obtuvieron a lo largo del desarrollo del proyecto.

1. Comparación de hornos recocido
2. Diseño de estructura para horno de recocido
3. Diseño final de la estructura para horno de recocido.
4. Prueba de uniformidad.

RESULTADO 1 COMPARACIÓN DE HORNO DE RECOCIDO

La tabla que se muestra a continuación es el resultado de la búsqueda de sistemas de recocido que actualmente se encuentran en el mercado y que son utilizados por empresas.

Tabla 4.6 Comparación de hornos de recocido existentes en el mercado.

COMPARACIÓN DE HORNOS					
	Instrumento	Instrumento	Instrumento	Instrumento	Instrumento
Características	PANRAN PR320	Nabertherm RD 15/150/11	Nabertherm GR 1300/13	Nabertherm R 100/750/13	Nabertherm RT 250/13
Intervalo de temperatura de operación	300 °C a 1200 °C	1300 °C	1300 °C	1300 °C	1300 °C
Tipo de termopares permitidos para calibración	K, N, J y E	K y S	S	S	S
Dimensiones	70 x 37 x 45 cm	30 x 17 x 32 cm	No lo especifica	100 x 36 x 64 cm	35 x 38 x 74 cm
Precio MXN	\$200,000.00	\$320,000.00	\$250,000.00	\$150,000.00	\$500,000.00
Ilustración del horno					

RESULTADO 2 DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA HORNO DE RECOCIDO

Las imágenes que se muestran en la siguiente tabla, es el diseño previo de la estructura donde el horno sería montado. Este diseño fue una propuesta para después pudiera definirse el diseño final.

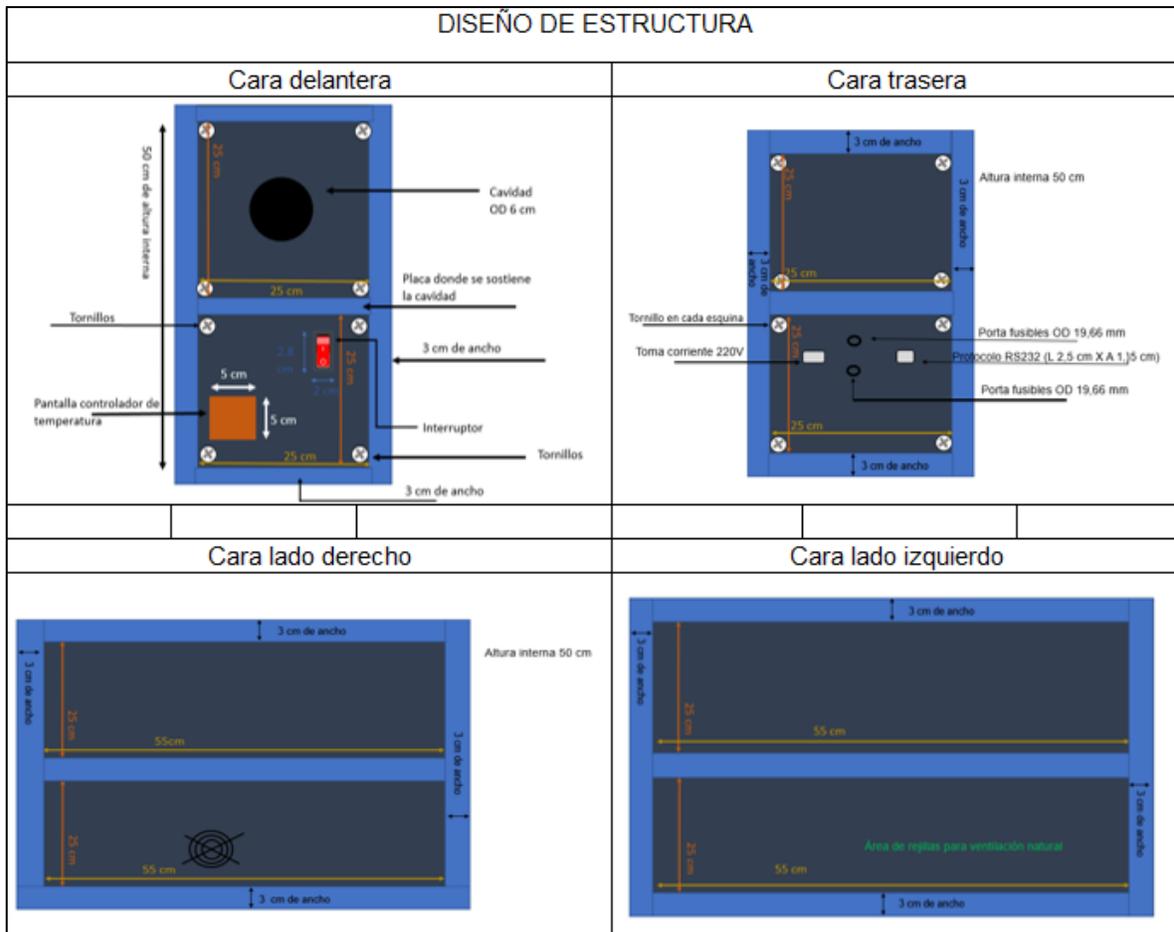


Figura 4.19 Propuesta de diseño para la estructura del horno

RESULTADO 3 DISEÑO FINAL DE LA ESTRUCTURA PARA HORNO DE RECOCIDO

La imagen que se muestra a continuación, fue la propuesta de DYCSA, puede observarse, que la estructura muestra muchos cambios, esto se debió al precio, ya que, al ser de aluminio anodizado, aumentaba su precio, así que se optó por tener menos detalles para que la estructura tuviera un costo accesible para la empresa.

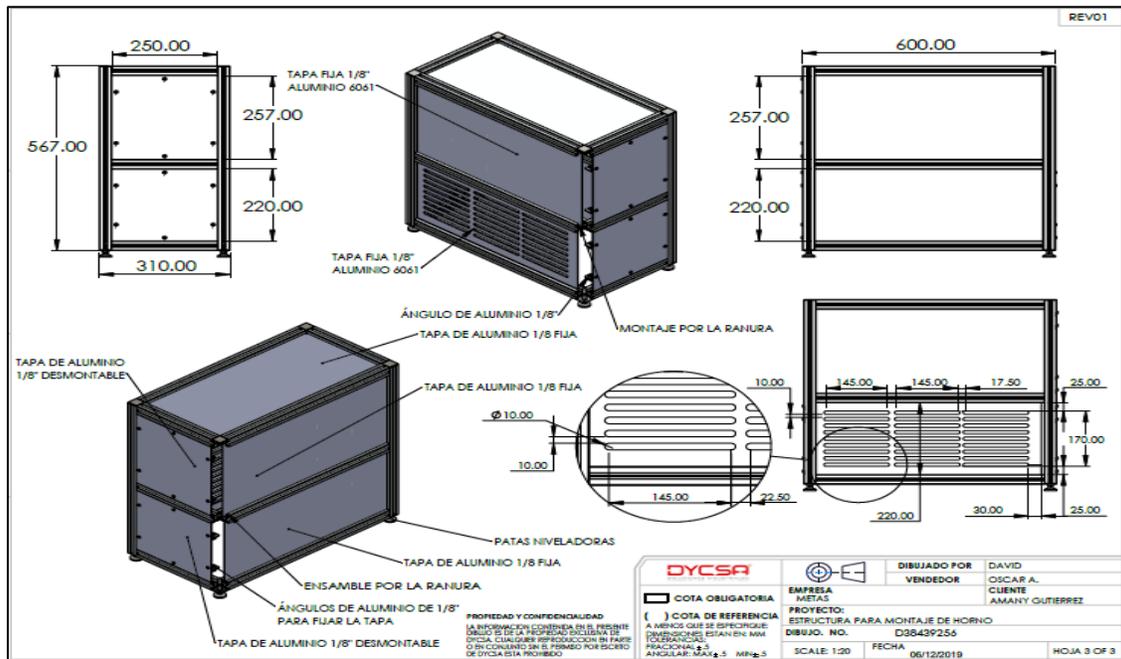


Figura 4.20 Diseño final para estructura de montaje

RESULTADO 4: PRUEBA DE UNIFORMIDAD O TUS (TEMPERATURE UNIFORMITY SURVEY)

Esta prueba está directamente con las pruebas que realizaron de caracterización. La uniformidad se evalúa espacialmente en gradientes. (un gradiente es una magnitud física que relaciona la variación de temperatura por unidad de distancia).

Cuando se realiza esta evaluación en la uniformidad de la temperatura en cierto sistema, en este caso en el horno de recocido, se proporcionan características para el uso que se le dará, como, por ejemplo:

- En qué parte del horno sería más viable colocar los termómetros para que la temperatura de recocido fuera idea para ellos y que el procedimiento fuera el correcto.
- Para conocer como es el funcionamiento del horno, en cada intervalo de temperatura donde se realizó el proceso de caracterización.
- Para conocer en qué espacio es ideal colocar los termómetros para recocerse.

En la gráfica que aparece a continuación se aprecia la uniformidad de la temperatura del horno, tomando en cuenta que el sensor se colocó al 75% de la resistencia, es decir a los 34,5 cm.

A esta prueba también se le conoce como TUS y es importante hacerla en los equipos que se utilizan en la industria para saber el comportamiento y como actuara en ciertas temperaturas.

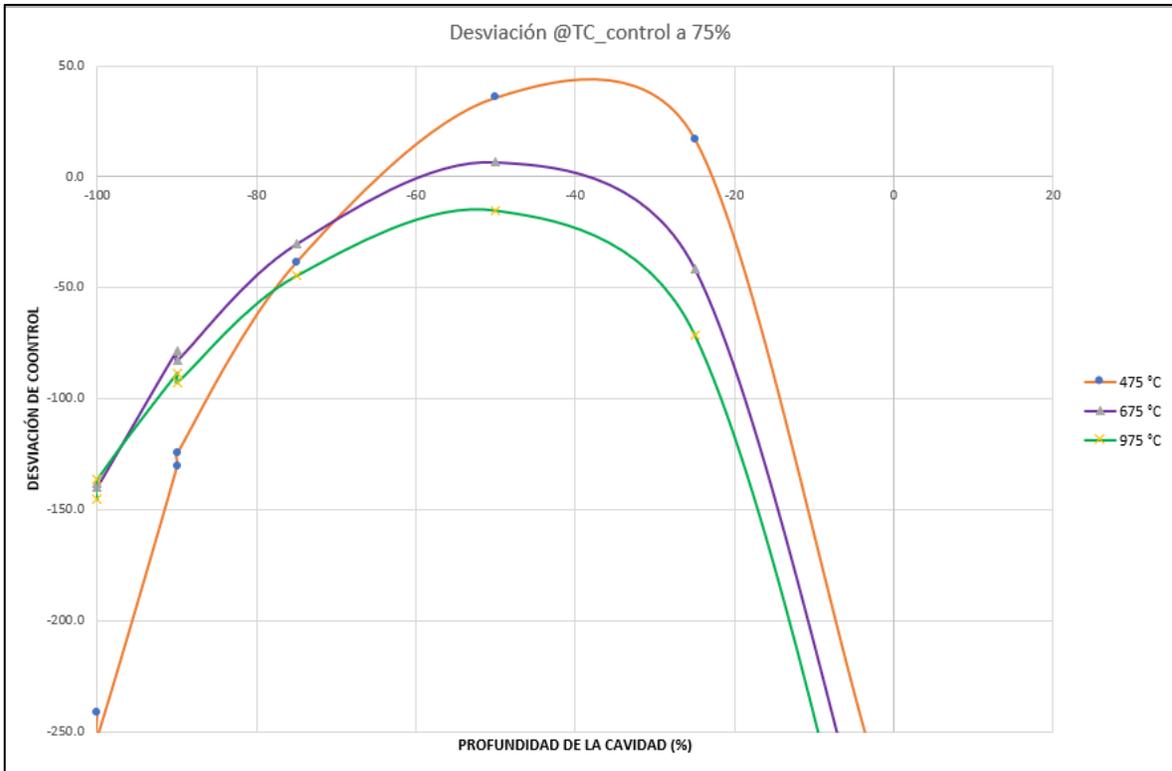


Figura 4.21 Gráfica prueba de uniformidad

En la figura 4.21 se muestran las curvas de comportamiento en tres puntos diferentes, 475 °C, 675 °C y 975 °C, intervalos donde se llevó a cabo el proceso de caracterización

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

Con las pruebas de caracterización que se le realizaron al horno de recocido, se pudo observar que la resistencia no presentaba una temperatura uniforme, además de que el proceso de estabilización en temperaturas bajas era tardado. Tomando en cuenta que la variable de temperatura es lenta, se tiene la ventaja de que la resistencia podía incrementar su temperatura de una forma rápida. Probablemente este sistema de recocido hubiera funcionado de una mejor manera si se hubiera utilizado resistencia de tipo cartucho, que sería recomendable colocarla entre el 75% y el 100% de la profundidad ya que en esta zona la temperatura tiende a disminuir.

Como se mencionó en el capítulo 4, las asas de los termómetros que se someterán al proceso de recocido, solo soportan temperaturas máximas de 300 °C, con el sensor que se colocó a la entrada de la cavidad se verificó que esta temperatura podía rebasar los 450 °C, provocando daño en corto plazo a los instrumentos; es por eso que se decidió por el uso de un disipador de aluminio que se adaptaría a la entrada de la cavidad para evitar daños.

También es recomendable reemplazar las placas de acero por cerámica refractaria pero no de tipo alúmina. Cabe mencionar que sería muy bueno cambiar el recubrimiento de tabla de cerámica y la fibra de cerámica, por algo que sea más amable de usar para las personas que estarán en contacto con el horno, ya que este material causa irritaciones, tos, alergia, y es molesto estar en contacto con este tipo de materiales.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

EXPERIENCIA PROFESIONAL

En los meses que MetAs me ha dado la oportunidad de estar como residente en la empresa, he aprendido mucho sobre la variable de temperatura, su comportamiento cuando es sometida a diferentes pruebas, los diferentes métodos que se utilizan para ser medida, instrumentos que son sometidos al proceso de recocido, así como protocolos y normas que dictan como debe llevarse a cabo este proceso con cada instrumento, ya que cada termómetro o termopar tiene sus características de mantenimiento, desde cómo deben ser manipulados, hasta el tiempo de recocido así como sus intervalos de uso y la posición en que estos deben de estar.

EXPERIENCIA PERSONAL

El hecho de estar desarrollando este proyecto me hizo crecer en muchos aspectos, además de haber conocido personas, que tienen mucha experiencia y por lo tanto adquirir conocimiento en esta área.

REFERENCIAS

- [1] C. Velasco, (2006, Agosto 4) Maquinas Electricas, [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>.
- [2] Centro Español de Metrología, Vocabulario Internacional de Metrología, conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM). España, 2012.
- [3] EcuRed, (2014, Ferebro 24) Efecto Seebeck, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Efecto_Seebeck.
- [4] OMEGA, (2003, Enero 20) TERMOPAR: TIPOS Y APLICACIONES, [En línea]. Available: <https://mx.omega.com/prodinfo/termopar.html>.
- [5] CEIV. (2016, Octubre 1) Termopar tipo N, [En línea]. Available: <https://ceiv.com.mx/termopar-tipo-n/>.
- [6] OMEGA, (2003, Marzo 20) Controladores de Temperatura y Proceso, [En línea]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>.
- [7] Emilio L. Masat, (2011, Octubre 2), Tecnologías de Control, [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/390tecnologiasdecontrol/control-on---off/control-proporcional/modulante>.
- [8] Sergio A. Castaño G. (2008, Mayo 21) (Sistemas de Control, [En línea]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/accion-de-control-integral-control-pid/>.
- [9] J. Carlos Villajulca, (2018, Mayo 26) Control PID, [En línea]. Available: <https://instrumentacionycontrol.net/resumen-p-i-d-lo-justo-y-necesario-que-debes-saber-y-que-nunca-entendiste/>.
- [10] R. H. Gaviño, Introducción a los sistemas de control, Naucalpan, Estado de México, 2010.
- [11] JM Industrial, (2019, Marzo 1) Instrumentación y Control, [En línea]. Available: https://www.jmi.com.mx/productos_instrumentacion/Guia_control_autonics_TC.pdf.
- [12] EcuRed (2017, Julio 6) Ángulo de Fase, [En línea]. Available: http://www.ecured.cu/%C3%81ngulo_de_fase.
- [13] JM. Industrial, (2018, Junio 4) Resistencias Calefactoras, [En línea]. Available: <https://www.jmi.com.mx/resistencias-calefactoras>.
- [14] J. Vargas Moreno (2019, Febrero 14) Cerámica para altas temperaturas, [En línea]. Available: <http://refractariosnaucalpan.com/es/clientes/industria-electrica.html>.

- [15] OMEGA, (2018, Junio 2) Protección para termopar, [En línea]. Available: <https://es.omega.com/subsection/aisladores-tubos-proteccion.html>.
- [16] Advance Energy, (2019, Julio 20) What you need to know about SCR power controllers».
- [17] RATSA, (2018, Agosto 4) Tabla de fibra cerámica TFC 1260, [En línea]. Available: <https://www.ratsa.mx/producto/ceramica/tabla-fibra-ceramica>.
- [18] R. Espinosa, (2017, Mayo 13) Benchmarking: qué es, tipos, etapas y ejemplos, [En línea]. Available: <https://robertoespinosa.es/2017/05/13/benchmarking-que-es-tipos-ejemplos>.
- [19] Concepto Definición, (2017, Enero 4) Cerámica, concepto y definición,» [En línea]. Available: <https://conceptodefinicion.de/ceramica/>.
- [20] Nicolas Rivera (2015, mayo 24) Entendiendo la energía, el Calor y Corrientes Eléctricas,» [En línea]. Available: <https://hipertextual.com/2015/05/efecto-joule>.
- [21] Centro Español de Metrología, Vocabulario Internacional de Metrología, conceptos fundamentales y generales, y términos asociados VIM, Alfaomega, 2010.
- [22] GoodFellow, (2018, Noviembre 2) División cerámica ,vidrio y alúmina, [En línea]. Available: <https://www.goodfellow-ceramics.com/sp/productos/ceramicas/alumina/>.
- [23] EcuRed, (2017, Diciembre 20), Transferencia de Calor, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Transferencia_de_calor.
- [24] J. V. Diego Duarte, Diseño de horno eléctrico para tratamientos térmicos con atmósfera controlada, 2018, Septiembre 8.
- [25] A. F. MEXICO, ABBOTT FURNACE MEXICO, (2019, Enero 20) Hornos de recocido [En línea] Available <https://abbottfurnacemexico.com/pagina-principal/acerca-de-abbott-furnace-company>.
- [26] Electri Casas, (2019, Septiembre 5) Uso de un contactor [En línea]. Available: <https://www.electricasas.com/interruptores-llaves/contactores/>.
- [27] Silvia Medrano G. (2002, Julio) La Guía MetAs.: Termopares, [En línea]. Available <http://www.metass.com.mx/guiametas.html>
- [28] La Guía MetAs, (2005, Agosto), ¿Calibración, verificación, ó caracteriación de sistemas termales e Higróstratos?. [En línea]. Available: <http://www.metass.com.mx/guiametas.html>.
- [29] L. V. d. Guevara, «SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO,» Enero 2006. [En línea]. Available: <https://makinandovelez.wordpress.com/2018/02/15/sistemas-de-control-de-lazo-cerrado/>.

- [30] Supervisor.Variables, (2014, Octubre 24), Variables de Proceso,. [En línea]. Available: <http://supervisorvariables.blogspot.com/2014/10/variables-de-proceso.html>.
- [31] FACET, (2015, Junio) Instrumentación Industrial de Procesos, [En línea]. Available: <https://catedras.facet.unt.edu.ar/iidpr/wp-content/uploads/sites/86/2016/08/Tema-7-Elementos-finales-de-control.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1: MANUAL DE OPERACIÓN DE HORNO DE RECOCIDO PARA TERMÓMETROS

En este documento se darán indicaciones del cómo manejar el horno de recocido.

- Características externas del horno

Es importante saber que el horno de recocido funciona con un voltaje de 127 V 2Ø (bifásico), por lo tanto, la clavija que se conecta debe soportar el voltaje antes mencionado. En la parte trasera del horno se encuentran los fusibles, el primero para el ventilador y el segundo para el controlador (visto de arriba hacia abajo). En la parte posterior se encuentra también la recepción del protocolo RS-232.

En la parte izquierda inferior se encuentra una placa con rejillas esto es para la ventilación de la parte de control del horno, en la placa derecha inferior se encuentra un ventilador direccionado hacia la tarjeta de potencia.



Figura, rejilla de ventilación del área de control del horno de recocido

En la placa inferior de la parte delantera se encuentran dos interruptores, cada uno controla un proceso diferente, el interruptor color verde se encarga de encender y apagar el controlador y el ventilador, mientras que el interruptor color rojo se

encarga de encender y apagar a la tarjeta de potencia, el contactor y la resistencia calefactora; es importante tener en cuenta que para el buen funcionamiento del sistema primero debe de accionarse el interruptor verde y en segundo lugar el interruptor rojo. En la parte delantera también se encuentra el controlador de temperatura.



Figura, botones de control y controlador de temperatura

- Características internas del horno
 - Descripción del circuito eléctrico

El horno de recocido funciona con un voltaje de 127 V 2Ø (bifásico), por lo tanto, la clavija que se conecta debe soportar el voltaje antes mencionado. Para la conexión de la clavija, las dos fases del conector van al contactor, la terminal derecha del conector va directo a L1, la terminal izquierda se conecta en L2, la terminal de en medio se conecta a L3. En L3 se conectan las tierras de todo el sistema de control. En la parte trasera del horno se encuentran los fusibles, el primero para el ventilador y el segundo para el controlador (visto de arriba hacia abajo) ambos fusibles son de valor de 0,5 A / 127 V, el controlador usa un fusible con las siguientes especificaciones valor mínimo 100 mA/250 V, valor máximo 400 mA/ 250 V; las características del fusible para el ventilador son del 115 V/0,24 A. Del porta fusible del ventilador se hace un puente hacía el porta fusible del controlador.

El porta fusible del controlador se conecta al PIN 8 de las salidas. Una terminal del ventilador se conecta al porta fusible que le corresponde, la segunda terminal del ventilador se conecta a L3 del contactor, es decir la parte neutra del sistema.



Figura, elementos de conexión del horno de recocido.

La conexión de la tarjeta de potencia es la siguiente: esta tarjeta tiene un fusible de 40 A etiquetado como LOAD, sale un cable de ese fusible que se ajusta con un desarmador de punta plana, este cable se conecta a la terminal T2 del contactor; de esta terminal (T2) sale un segundo cable que se une con LINE2 este cable sale de la tarjeta y se une con uno de los alambres de la resistencia calefactora (puede ser cualquiera de los dos, ya que, los alambres de la resistencia calefactora no tienen polaridad), la segunda punta de la resistencia se conecta con un cable a la terminal T1 del contactor. La tarjeta de potencia recibe una señal de 4 – 20 mA que es enviada por el controlador de temperatura, para conectar esta señal en la tarjeta, se debe quitar la tapa con un desarmador tipo punta de estrella, se podrá observar un pequeño módulo color verde con dos entradas, la terminal derecha es la parte positiva, mientras que la terminal izquierda es la parte negativa, para enviar y recibir esta señal se usó cable calibre 10; en el controlador se conectan las salidas 1 y 2,

siendo la salida 1 la entrada analógica positiva y la terminal 2 la entrada analógica negativa.

Figura, Circuito interno de la tarjeta de potencia



Las conexiones del controlador se mencionan a continuación: para la alimentación, se usan las salidas 7 y 8, como se mencionó en párrafos anteriores, la salida 8 se conecta al fusible por ser positiva, mientras que la salida 7 se conecta a L3 del contactor, donde se han conectado las tomas neutras del sistema, la señal de 4 – 20 mA es en las salidos 1 y 2 antes mencionado; para la conexión del sensor, para este sistema es un termopar tipo N, este termopar tiene dos cables, se distinguen porque cada uno tiene cierta opacidad y polaridad; el alambre que no es opaco es positivo, este conecta a la entrada 2 del controlador; el alambre más opaco es negativo que se conecta a la entrada 3 del controlador.

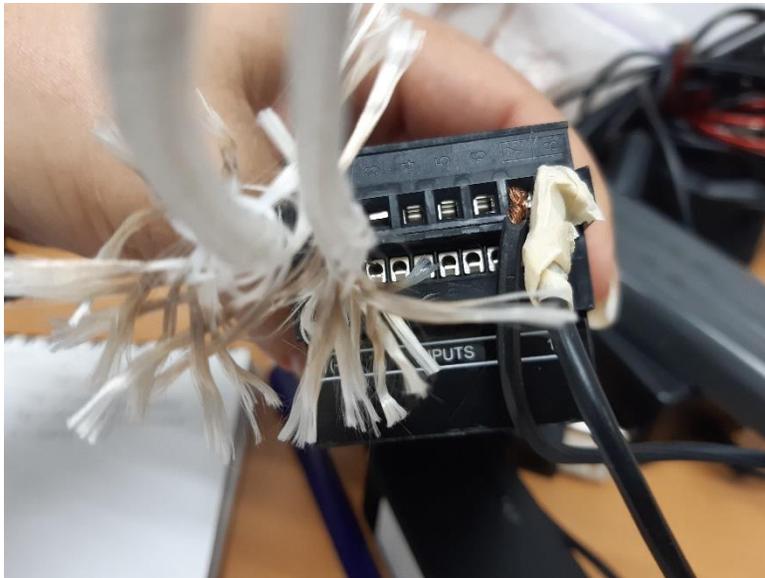


Figura. Conexión de termopar en el controlador de temperatura

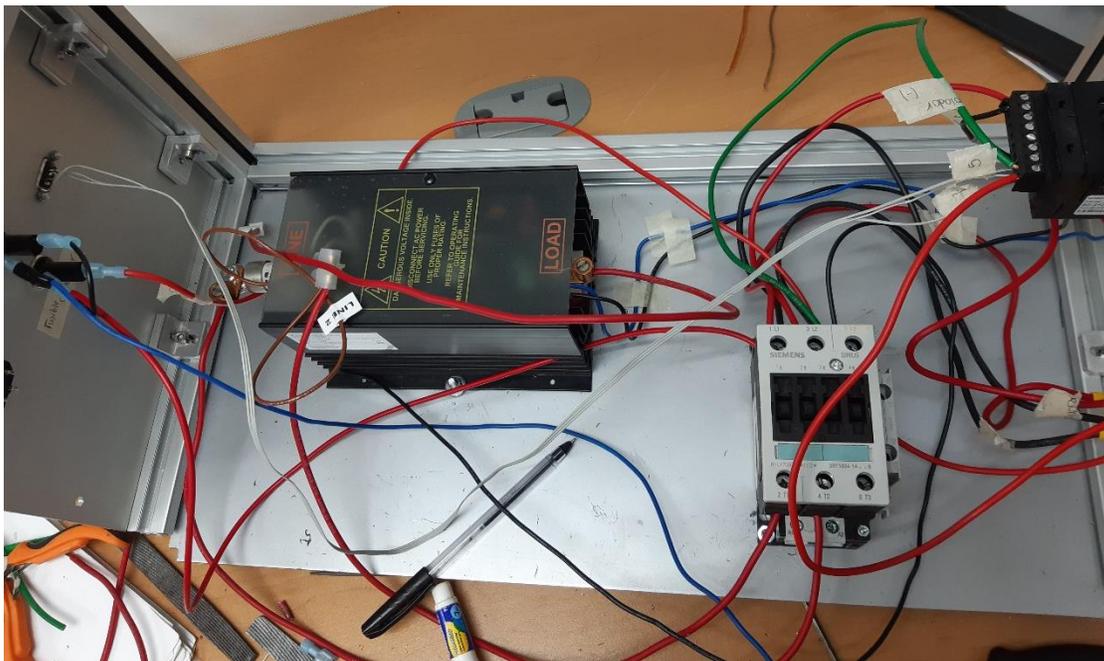
En la parte trasera del horno se encuentra la recepción del protocolo RS-232 para que la señal pueda funcionar se soldaron tres cables en el conector del protocolo y se enviaron hacia el controlador.

La tabla que a continuación se muestra, indica los pines del controlador utilizados y del conector del protocolo RS-232, así como la tarea que realiza cada una de las conexiones.

PIN input controlador	PIN RS-232	Descripción
8	5	GND (Tierra).
9	2	Serial communications receive (Recibe señal).
10	3	Serial communications transmit (Transmite señal).

La conexión de los cables que están en los interruptores se indica a continuación; el interruptor rojo maneja un voltaje de 220 V, se usó cable calibre 12 de dos colores rojo y negro. El interruptor usado para 220 V, tiene en su cuerpo 4 terminales, las dos terminales superiores marcadas con los números 1 y 3, se conectan al contratador en L1 y L2, para esta conexión se utilizó cable color rojo; las dos terminales que restan, es decir 2 y 4 se conectan a las bobinas del contratador con cable color negro, es decir A1 y A2. En el caso del interruptor color verde, funciona con 127 V, ya que solo está conectado al controlador y al ventilador; en el cuerpo de este interruptor solo hay 3 terminales, dos son color plateado y la tercera terminal color dorado, una de las terminales plateadas se conecta a L1 que es la línea que lleva corriente al sistema, la segunda terminal plateada se conecta al fusible del

controlador y la tercer terminal indicada con color dorado a L3 que es el neutro de toda la conexión eléctrica.



Figura, Conexiones eléctricas del circuito del control del horno de recocido.

A continuación, se anexa el plano de conexiones eléctricas del sistema de horno de recocido.

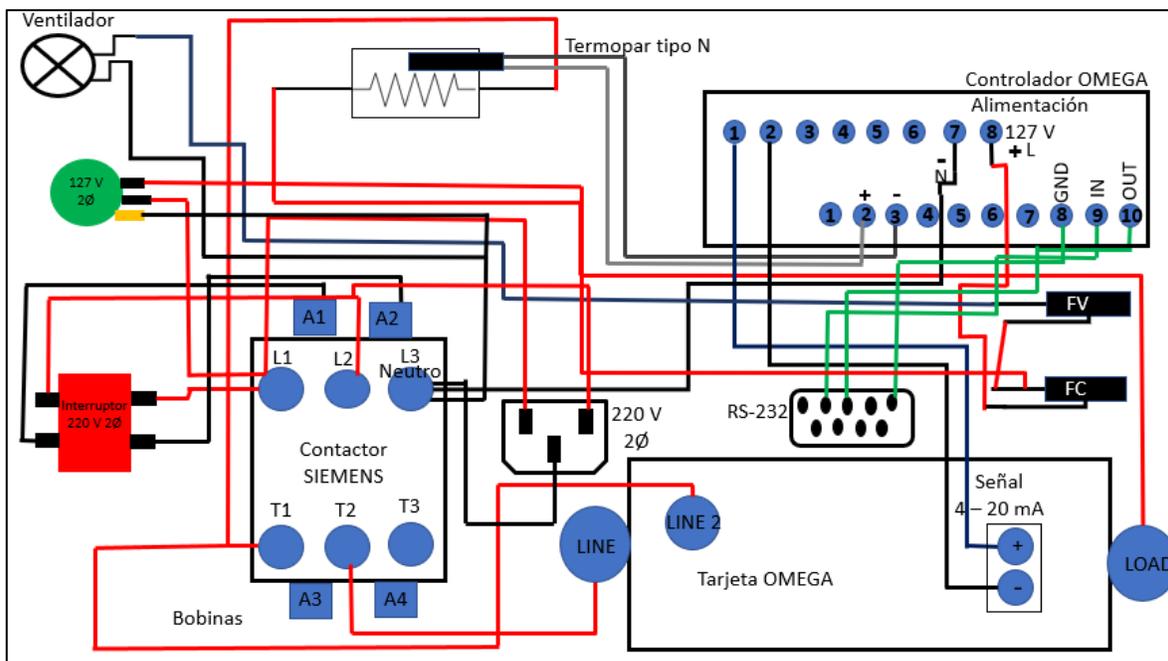


Figura Circuito eléctrico, horno de recocido

- Mantenimiento del horno de recocido

Para poder abrir el horno de recocido, se debe tomar en cuenta que debe estar desconectado. Las placas delanteras y posteriores son removibles, y pueden retirarse con una llave tipo “Allen” de 0,076 in, se retiran 6 tornillos por placa.

Las tapas están sujetas con ángulos, son removibles y pueden quitarse con llave tipo “Torx” (Se utilizó juego de llave tipo Torx marca Trupper T25). Al momento de retirar las placas inferiores se debe hacer con cuidado para evitar jalar algún cable, desconectarlo, trozarlo o desoldarlo. Los perfiles de la estructura también son movibles y se puede desarmar con llave tipo Torx (se utilizó juego de llaves Torx, marca Trupper T40), cabe mencionar que al momento de desarmarlo y armarlo los tornillos tienen que salir o entrar todos al mismo tiempo, ya que, si alguno de ellos entra o sale antes, el perfil comienza a curvarse y puede dañarse o fracturarse.

Los elementos encargados de realizar la parte de control, se encuentran fijados a la placa con tornillos tipo estrella, dos rondanas una plana y una de presión.

El cableado de cada elemento de control esta sujetado con cinchos para evitar el desorden y la confusión entre las conexiones, pueden ser cortados y reemplazados después.

Para la parte superior del horno, donde se encuentra la resistencia calefactora es necesario hacer uso de guantes y cubre bocas, ya que el material con el que está recubierto, tanto la tabla como la fibra de Kabul, están fabricados con cerámica y fibra de cerámica, lo cual al estar en contacto con la piel causa comezón, ardor, irritación, así como estornudos y tos. Al momento de retirar las placas superiores donde se encuentra la cavidad, puede observarse una especie de óxido pegado en las placas, esto se puede retirar limpiando con agua y papel. En la parte interior de la placa en la que está asentada la cavidad se encuentran 4 tornillos sujetando la cavidad, se deben desatornillar si se desea sacar el horno, ya que los alambres que salen de la resistencia pueden tensarse y causar la fractura de la resistencia calefactora; los alambres de la resistencia se encuentran recubiertos por un protector de termopar que este hecho de fibra de cerámica por lo cual también causa irritación, estos alambres se encuentran atornillados en la parte de control junto con la tarjeta de potencia y el contractor, lo cual también debe de tomarse en cuenta

para no causar daños en la estructura. Dentro de la cavidad se encuentra un tubo de cerámica que tiene la función de aislar la resistencia de los sensores que entren en el horno, este tubo se encuentra sujetado por dos placas de acero inoxidable una en la parte de enfrente y la segunda en la parte trasera. La placa trasera tiene un orificio por donde pasa el termopar hacía la resistencia, junto con dos placas de cerámica, se debe recordar que el termopar se colocó a una distancia del 75% dentro de la cavidad lo cual se debe aproximar cuando sea retirado y vuelto a colocar, ya que en el proceso de caracterización se tomó en cuenta este porcentaje, si lo que se quiere es cambiar la posición se deberá realizar nuevamente el proceso de caracterización para poder saber cómo es el comportamiento de la temperatura en esa área; al momento de quitar el termopar y volver a colocarlo es importante verificar que la punta del sensor no tenga contacto con alguna resistencia de la cavidad, ya que esto podría causar daños al controlador de temperatura.

Cuando el horno este encendido despide cierto aroma a quemado, esto pasa cuando la fibra de Kabul, la tabla de cerámica o las placas han adquirido humedad, una vez que esta se condensa el olor disminuye.

- Uso del controlador de temperatura

Controlador de temperatura marca OMEGA, modelo CN16DPT-305-C24.

Dentro del sistema se encuentra conectado a 127 V. Este controlador está diseñado con 8 salidas que son las entradas de la parte superior, y 10 entradas que se encuentran en la parte posterior, cada una de ellas se encuentra numerada, se



Figura, controlador de temperatura

necesita un desarmador con punta de estrella pequeño para poder introducir las puntas de los cables.

Entradas del controlador de temperatura

Tabla Entradas que conforman al controlador

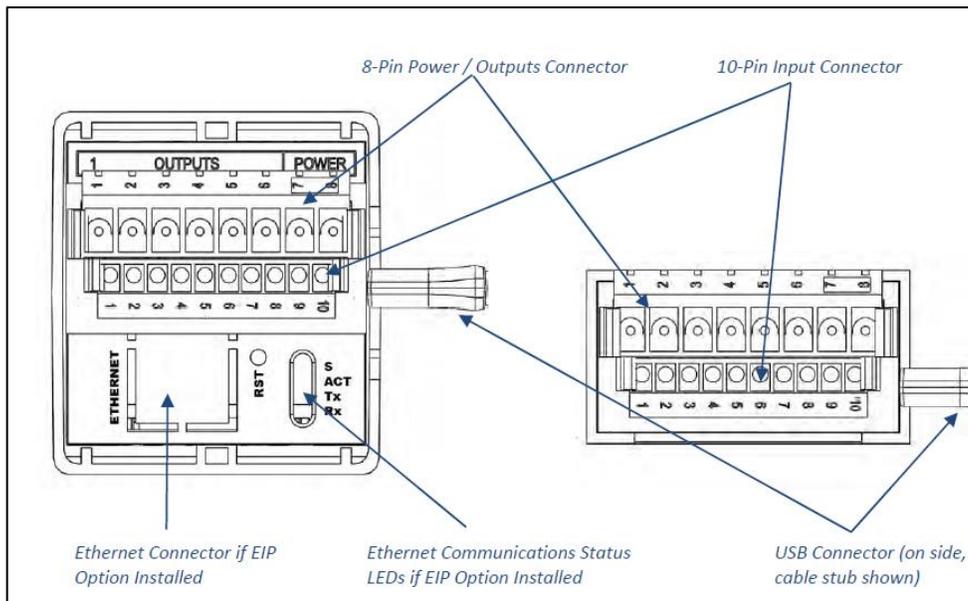
Code	Output Type
1	3A Mechanical single pole, single throw (SPST) mechanical relay
2	1A Solid state relay (SSR)
3	3A Mechanical single pole, double throw (SPDT) mechanical relay
4	DC pulse for connecting to an external SSR
5	Analog current or voltage
6	Isolated Analog current or voltage (only on output expansion board for 1/8 DIN models)
7	Isolated DC pulse ("IDC" only on output expansion board for 1/8 DIN models)

Salidas del controlador de temperatura

Tabla Salidas que integran al controlador de temperatura

Número de pin	Código	Descripción
1	ARTN	Señal analógica de retorno (tierra analógica) para sensores y para set points remotos.
2	AIN+	Entrada analógica positiva.
3	AIN-	Entrada analógica negativa.
4	APWR	Alimentación analógica actualmente solo usada por RTD de 4 cables.
5	AUX	Entrada analógica auxiliar para el punto de referencia remoto.
6	EXCT	Salida de voltaje de excitación en referencia a ISO GND.
7	DIN	Señal de entrada digital (reinicio de cierre, etc.), positiva en > 2.5V, en referencia a ISO GND.
8	ISO GND	Tierra aislada para comunicaciones en serie, excitación y entrada digital.
9	RX/A	Recepción de comunicaciones en serie.
10	TX/B	Transmisión de comunicaciones en serie.

Esquema del controlador de temperatura



Para la parte de las entradas se utilizaron los pines 2 y 3 para la señal de 4 – 20 mA y 7 y 8 para alimentación del controlador, mientras que en las salidas fueron los pines 2 y 3 para conexión del termopar y 8, 9 y 10 para realizar la conexión del protocolo RS-232.

- Manejo del controlador dentro del laboratorio

Botones del controlador de temperatura



Este botón cambia de menú de forma ascendente.



Botón izquierdo: se mueve a través de las opciones de los diferentes menús, realiza la operación del descenso de números



Botón derecho: se mueve a través de las opciones de los diferentes menús, realiza la operación del ascenso de números.



Botón enter: selecciona el menú que se desea accionar. Cambia parámetros e indica los dígitos a accionar.

Se debe de conectar la toma de 220 V AC, se debe recordar que el controlador y el ventilador están conectados juntos por lo tanto solo toman una línea es decir 127 V AC, primero se acciona el botón color verde esto encenderá el controlador y el ventilador, se coloca el set point o la temperatura en la cual el horno trabajará, cuando el set point este en la pantalla del controlador se busca la opción “Run” se da aceptar o “enter” paso seguido se acciona el botón color rojo, al accionarlo se escucharan los resortes bajar esto significa que el contructor ha comenzado a funcionar y por ende la tarjeta de potencia y la cavidad.

¿Cómo cambiar el set point o punto de ajuste en el controlador de temperatura OMEGA?

En el nivel 2 encontraremos el menú INPt, seleccionaremos t.C que es termopar, buscaremos el termopar N, que es el que usa el horno; una vez seleccionado el tipo de termopar, es momento de indicar el set point, para esto no es necesario abandonar el nivel 2, si no, buscar la opción SP1 entrar con la tecla enter y colocarlo con los botones “derecha” o “izquierda”, una vez que el set point aparezca en la pantalla se presiona la tecla enter, cuando este botón sea presionado el control de temperatura comenzara a detectar alguna variación dentro de la cavidad.

En la tabla que aparece a continuación, se muestran los tiempos de recocido que se deben de tomar en cuenta para proceder a realizar el proceso de recocido en los instrumentos.

Tabla Tiempos de recocido tomados del protocolo de recocido NIST

NIST			
	TEMPERATURA MÁX. DE CALIBRACIÓN	TEMPERATURA DE RECOCIDO	DURACIÓN DE RECOCIDO
SPRT	≤ 420°C	475°C	8 Horas
SPRT O HTSPRT	≤ 661°C	675°C	2,5 Horas
HTSPRT	≤ 962°C	975°C	0,5 Horas
SPRT	0 A 30 °C		

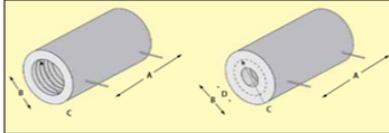
- Uso del contactor

El contactor está diseñado de la siguiente manera: cuatro entradas para conectar las bobinas dentro de el: A1, A2, A3, A4; tres líneas para el voltaje: L1, L2, L3, para darle continuidad a la línea están T1, T2, T3.

En esta conexión se utilizó para la bobina A1 y A2; para las líneas de alimentación se utilizaron L1 y L2, 127 Vac en cada una y L3 se utilizó como neutro; para dar continuidad en las líneas solo se utilizó T1 y T2.

Todas las conexiones se muestran el en diagrama eléctrico

ANEXO 2: HOJA DE DATOS DE LA RESISTENCIA CALEFACTORA, MARCA OMEGA, MODELO CRF-318/240-A



<https://mx.omega.com/pptst/CRFC.html>

- Características eléctricas
Potencia: 2100 W
Voltaje: 240 V
Corriente: 8,75 A
- Temperatura máxima de operación
982 °C
- Precio
\$11,600.00
- Dimensiones
Longitud 46 cm (18")
Diámetro B 13 cm (5")
Diámetro C 8 cm (3")
- Aleación de Hierro-Cromo-Aluminio para formar las resistencias
- Modelo
CRF-318/240-A

ANEXO 3: HOJA DE DATOS CONTROLADOR DE TEMPERATURA, MARCA OMEGA, MODELO CN16DPT-305-C24



Serie  PLATINUM™



- Características Eléctricas
Voltaje 90 V – 240 V
Potencia 5 W
Valor de corriente de entrada 4-20 mA
- Intervalo de temperatura para termopar tipo N
- 250 °C hasta – 100 ° C
- 100 ° C hasta 1300 ° C
- Tipo de control
PID completo
- Dos puntos de referencia o 'Set point'
- Tiempo de rampa y meseta: 1 segundo
- Precio \$ 8,560.34

Marca: OMEGA
Modelo: CN16DPT-305-C24

Tipo de entrada termopar	Descripción	Rango	Precisión
Proceso	Tensión de proceso	±100 mV, ±1, ±10 V CC	0,03% escala completa
Proceso	Corriente de proceso	Escalable, dentro de 0 a 24 mA	0,03% escala completa
J	Constantán de hierro	-210 a 1.200°C (-346 a 2.192°F)	0,4°C (0,7°F)
K	CHROMEGA®-ALOMEGA®	-270 a -160°C (-454 a -256°F) -160 a 1.372°C (-256 a 2.502°F)	1,0°C (1,8°F) 0,4°C (0,7°F)
T	Constantán de cobre	-270 a -190°C (-454 a -310°F) -190 a 400°C (-310 a 752°F)	1,0°C (1,8°F) 0,4°C (0,7°F)
E	CHROMEGA®-Constantán	-270 a -220°C (-454 a -364°F) -220 a 1.000°C (-364 a 1.832°F)	1,0°C (1,8°F) 0,4°C (0,7°F)
R	Pt/13%Rh-Pt	-50 a 40°C (-58 a 104°F) 40 a 1.788°C (104 a 3.250°F)	1,0°C (1,8°F) 0,5°C (0,9°C)
S	Pt/10%Rh-Pt	-50 a 100°C (-58 a 212°F) 100 a 1.768°C (212 a 3.214°F)	1,0°C (1,8°F) 0,5°C (0,9°C)
B	30%Rh-Pt/6%Rh-Pt	100 a 640°C (212 a 1.184°F) 640 a 1.820°C (1.184 a 3.308°F)	1,0°C (1,8°F) 0,5°C (0,9°C)
C	5%Re-W/26%Re-W	de 0 a 2.320°C (de 32 a 4.208°F)	0,4°C (0,7°F)
N	Nicrosil/Nisil	-250 a -100°C (-418 a -148°F) -100 a 1.300°C (-148 a 2.372°F)	1,0°C (1,8°F) 0,4°C (0,7°C)
RTD	Pt, 0,00385, 100 Ω, 500 Ω, 1.000 Ω	-200 a 850°C (-328 a 1.562°F)	0,3°C (0,7°F)
RTD	Pt, 0,003916, 100 Ω	-200 a 660°C (-328 a 1.220°F)	0,3°C (0,7°F)
RTD	Pt, 0,00392, 100 Ω	-200 a 660°C (-328 a 1.220°F)	0,3°C (0,7°F)
termistor	2.252 Ω	-40 a 120°C (-40 a 248°F)	0,2°C (0,35°F)
termistor	5.000 Ω	-30 a 140°C (-22 a 284°F)	0,2°C (0,35°F)
termistor	10.000 Ω	-20 a 150°C (-4 a 302°F)	0,2°C (0,35°F)

ANEXO 4: HOJA DE DATOS TARJETA DE POTENCIA. MARCA OMEGA, MODELO 19P-24-040-S9



19P-24-040-S9



- Características Eléctricas
Voltaje 240 V
Corriente 40 A
Frecuencia 50/60 Hz
Entrada de señal 4-20 mA, aislado de forma óptica
Tipo de carga resistiva
- Precio \$ 11,050

Marca: OMEGA
Modelo: 19P-24-040-S9

<https://mx.omega.com/search/eseach.asp?section=findpnredir&start=1&searchbyp=yes&search=19p12040s9>

ANEXO 5: PROTOCOLO NIST SPRT (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY)

NIST Special Publication 250-81

*Standard Platinum Resistance
Thermometer Calibrations from the
Ar TP to the Ag FP*

G. F. Strouse



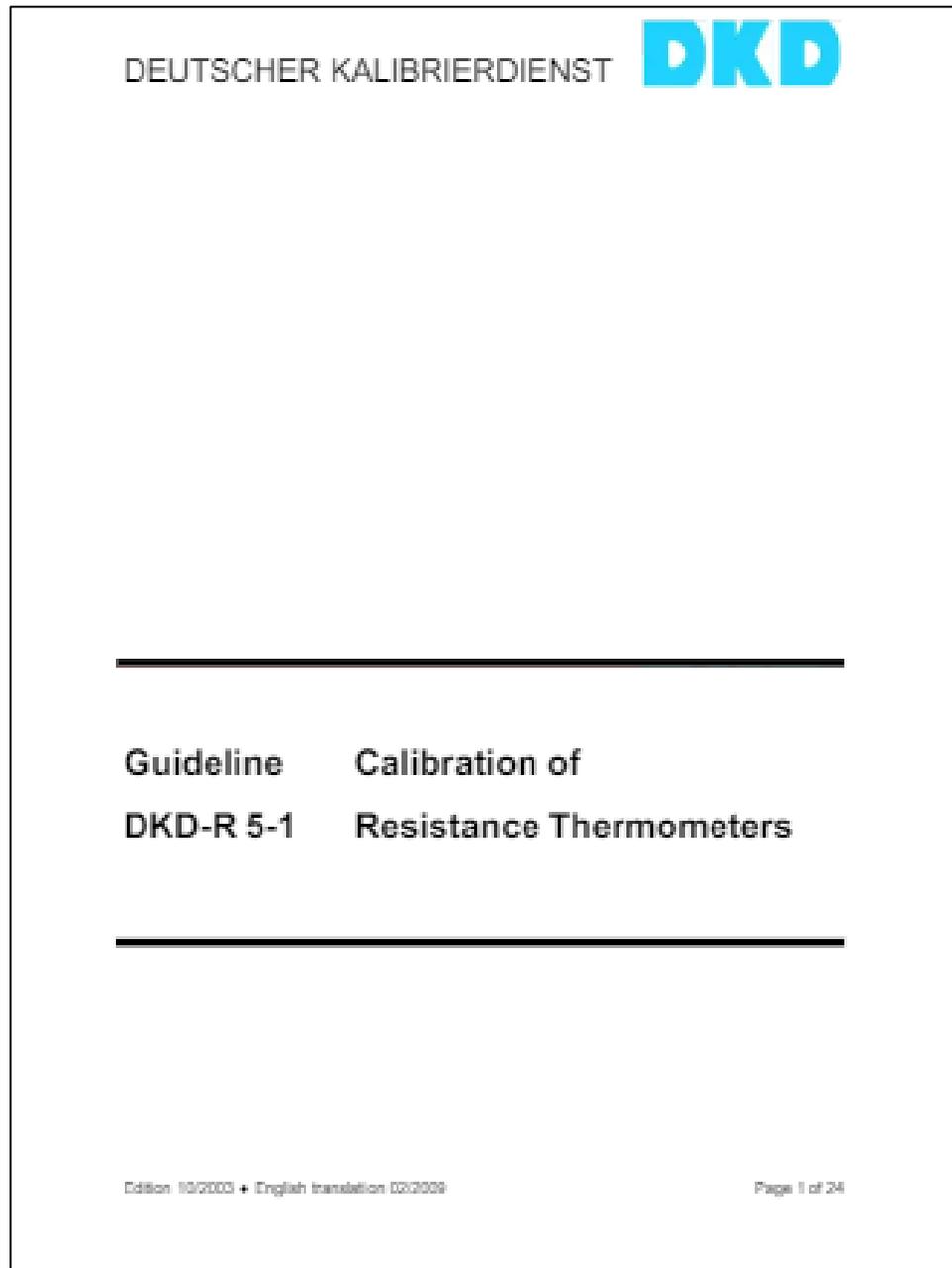
NIST National Institute of Standards and Technology • Technology Administration • U.S. Department of Commerce

Se anexa portada del protocolo NIST debido a que es un documento extenso.

Sí se desea consultar, visitar la siguiente página.

https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=904572

ANEXO 6: PROTOCOLO DKD (DEUTSCHER KALIBRIERDIENST)

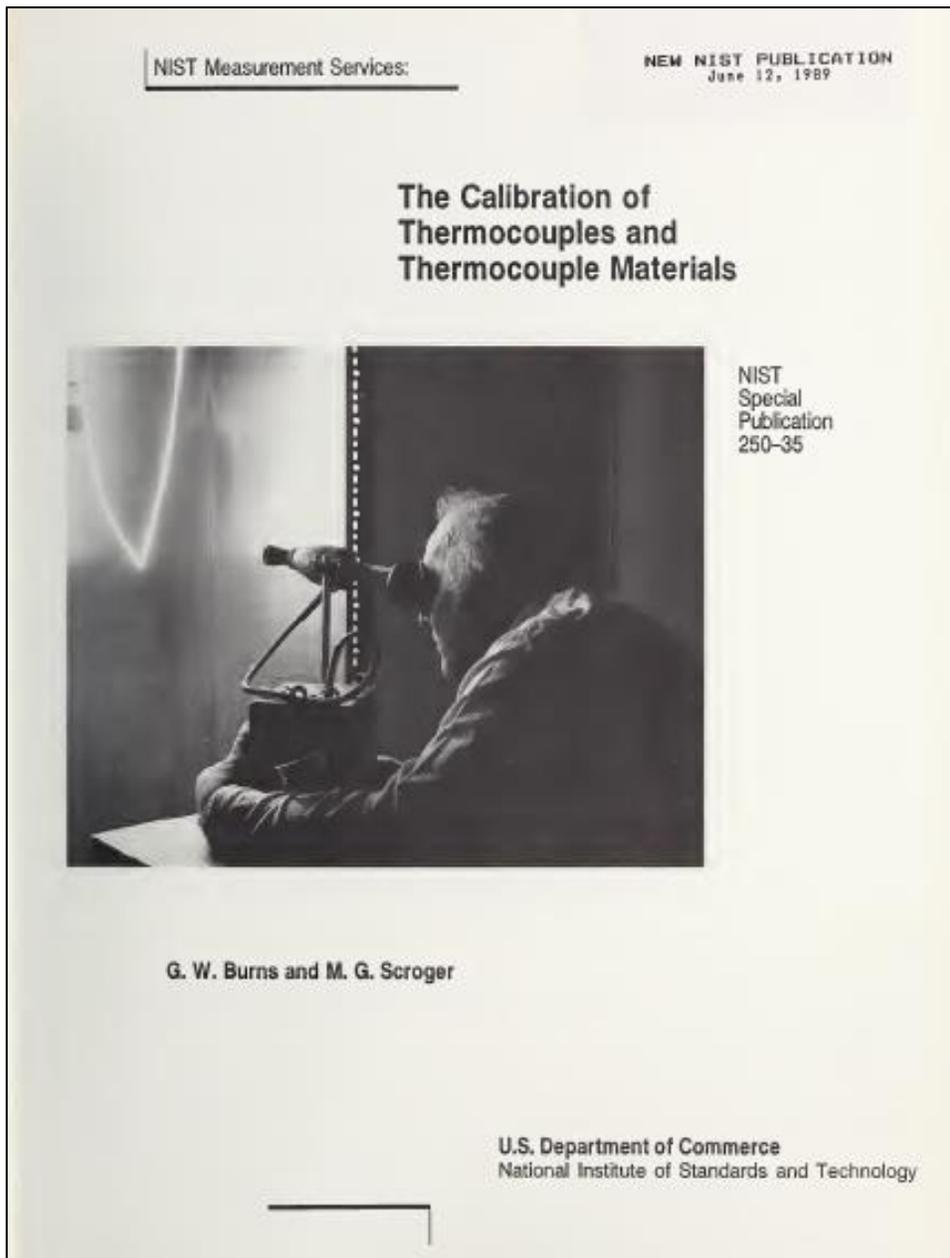


Se anexa portada del protocolo de DKD debido a que el documento es extenso.

Si se desea consultar, visitar la siguiente página.

<https://es.scribd.com/document/282998245/Dkd-r-5-1-e-Resistance-Thermometers>

ANEXO 7: PROTOCOLO NIST THERMOCOUPLES AND THERMOCOUPLE MATERIALS



Se anexa portada de protocolo debido a que el documento es extenso.

Si se desea consultar, visitar la siguiente página.

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication250-35.pdf>

ANEXO 8: ARTÍCULO FLUKE WHY USE AN ANNEALING FURNACE? (JOHN FLUKE)



The image shows a header for a Fluke article. It features the Fluke logo (a yellow square with 'FLUKE.' in black) and the tagline 'Precision, Performance, Confidence.™' in white on a black background. Below this, the word 'Calibration' is written in white. The main title of the article, 'Why Use an Annealing Furnace?', is displayed in a large, bold, black font. Below the title, the authors are listed: 'by Rose Heaton, Electrical Engineer; Xumo Li, Director of Metrology; Hart Scientific, Inc.'

Se anexan datos del artículo, así como la página en la cuál esta disponible el documento completo.

<https://la.flukecal.com/literature/articles-and-education/temperature-calibration/papers-articles/why-use-annealing-furnace>

ANEXO 9: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE CÁMARA TERMOGRÁFICA, MARCA FLIR, MODELO T440.


APLITER
 TERMOGRAFIA

www.aplinter.com
 Distribuidor Oficial



T420 y T440 de FLIR

Cámara de infrarrojos de alto rendimiento con cámara visual, pantalla táctil, conectividad Wi-Fi y lentes intercambiables, mejora de imagen con MSX® y orientación automática

Obtenga la máxima flexibilidad y eficiencia con los termógrafos de 320 x 240 de nuestra nueva línea T400.

Termografía superior – Resolución térmica nitida a 76 800 píxeles para alta precisión desde mayor distancia.

Mejora con MSX®: la imagen Dinámica Multiespectral añade definición del espectro visible a las imágenes IR en tiempo real para conseguir excelentes detalles térmicos y ayudarle así a reconocer al instante las ubicaciones problemáticas.

Óptica avanzada: Una amplia opción de lentes para adecuar la visión y el tamaño del punto en su aplicación.

Brújula: añade datos de la dirección de la cámara a las imágenes para documentación de ubicación adicional.

Conectividad Wi-Fi: envía imágenes y datos a smartphones y tablets (ej., iPhone®, iPad®, iPod touch®, o Android™) para compartir rápidamente imágenes e información importante con aplicaciones de FLIR Tools Mobile.

Mediciones de temperatura con precisión: precisión calibrada entre $\pm 2^\circ\text{C}$ o $\pm 2\%$ de lectura.

Intervalo de temperatura: Medida de hasta 1200°C (2162°F) en aplicaciones eléctricas e industriales (modelo T440).

P-I-P escalable: Superposición de imágenes térmicas sobre fotos visuales como una referencia alternativa.

METERLINK®: transmite datos de diagnóstico importantes de forma inalámbrica desde medidores de pines y humedad directamente a la cámara para hacer anotaciones sobre las termografías y respaldar aún más los hallazgos.

Anotación: añade comentarios de voz a través de los auriculares Bluetooth y notas de texto desde el teclado de la pantalla táctil. (Nuevo T440 tiene una función de hacer croquis de imagen para trazar círculos y puntas en las imágenes IR/Visuales almacenadas).

Orientación automática: orienta automáticamente en pantalla los datos de medida de la temperatura ya sea en modo retrato o paisaje.

Incluye: tarjeta de memoria SD, adaptador/cargador CA de 100-260 V, dos baterías recargables deión-litio, cargador de batería de 2 puertos, fuente de alimentación (con varios conectores), software FLIR Tools, cable USB, cable de vídeo, protector solar, auriculares Bluetooth®, tapa del objetivo, correa para el cuello y estuche rígido.





Conectividad Wi-Fi



Imagen IR normal a la izquierda e imagen con mejora MSX® a la derecha



La orientación automática se mantiene vertical en los datos de pantalla.



Cámara digital integrada de 2.1 MP, lente para LCD, pines (ver ajuste de enfoque preciso)



Comunicación inalámbrica METERLINK® a través de Bluetooth®

Para consulta de más información visitar la siguiente página:

<http://dominion.com.mx/fichas/camara-termografica-flir-235.pdf>

ANEXO 10: NORMA ITS-90

The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)

H. Preston-Thomas

President of the Comité Consultatif de Thermométrie and Vice-President of the Comité International des Poids et Mesures
Division of Physics, National Research Council of Canada, Ottawa, K1A 0S1 Canada

Received: October 24, 1989

Introductory Note

The official French text of the ITS-90 is published by the BIPM as part of the Procès-verbaux of the Comité International des Poids et Mesures (CIPM). However, the English version of the text reproduced here has been authorized by the Comité Consultatif de Thermométrie (CCT) and approved by the CIPM.

The International Temperature Scale of 1990

The International Temperature Scale of 1990 was adopted by the International Committee of Weights and Measures at its meeting in 1989, in accordance with the request embodied in Resolution 7 of the 18th General Conference of Weights and Measures of 1987. This scale supersedes the International Practical Temperature Scale of 1968 (amended edition of 1975) and the 1976 Provisional 0,5 K to 30 K Temperature Scale.

1. Units of Temperature

The unit of the fundamental physical quantity known as thermodynamic temperature, symbol T , is the kelvin, symbol K, defined as the fraction $1/273,16$ of the thermodynamic temperature of the triple point of water¹.

Because of the way earlier temperature scales were defined, it remains common practice to express a temperature in terms of its difference from 273,15 K, the ice point. A thermodynamic temperature, T , expressed in this way is known as a Celsius temperature, symbol t , defined by:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15. \quad (1)$$

¹ Comptes Rendus des Séances de la Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures (1967-1968), Résolutions 3 and 4, p. 104

The unit of Celsius temperature is the degree Celsius, symbol $^{\circ}\text{C}$, which is by definition equal in magnitude to the kelvin. A difference of temperature may be expressed in kelvins or degrees Celsius.

The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) defines both International Kelvin Temperatures, symbol T_{90} , and International Celsius Temperatures, symbol t_{90} . The relation between T_{90} and t_{90} is the same as that between T and t , i.e.:

$$t_{90}/^{\circ}\text{C} = T_{90}/\text{K} - 273,15. \quad (2)$$

The unit of the physical quantity T_{90} is the kelvin, symbol K, and the unit of the physical quantity t_{90} is the degree Celsius, symbol $^{\circ}\text{C}$, as is the case for the thermodynamic temperature T and the Celsius temperature t .

2. Principles of the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)

The ITS-90 extends upwards from 0,65 K to the highest temperature practicably measurable in terms of the Planck radiation law using monochromatic radiation. The ITS-90 comprises a number of ranges and sub-ranges throughout each of which temperatures T_{90} are defined. Several of these ranges or sub-ranges overlap, and where such overlapping occurs, differing definitions of T_{90} exist: these differing definitions have equal status. For measurements of the very highest precision there may be detectable numerical differences between measurements made at the same temperature but in accordance with differing definitions. Similarly, even using one definition, at a temperature between defining fixed points two acceptable interpolating instruments (e.g. resistance thermometers) may give detectably differing numerical values of T_{90} . In virtually all cases these differences are of negligible practical importance and are at the minimum level consistent with a scale of no more than reasonable complexity: for further information on this point, see "Supplementary Information for the ITS-90" (BIPM-1990).

Para consulta de más información acerca de esta norma, visitar la siguiente página:

https://www.nist.gov/system/files/documents/pml/div685/grp01/ITS-90_metrologia.pdf

ANEXO 11: COTIZACIONES PARA EL SISTEMA DE HORNO DE RECOCIDO

Estructura para montaje del horno de recocido número 1, esta estructura no fue utilizada debido a que las dimensiones no concordaban con las que el proveedor indicaba.

FACTURA					
2019-10-18					
#FA000203					
Dirección de envío		Dirección de facturación			
Víctor Manuel Aranda Contreras MetAs SA de CV MET 990115 78A Antonio Caso 246 Centro 49000 Cd. Guzmán, Jalisco México 3411119239		Víctor Manuel Aranda Contreras MetAs SA de CV MET 990115 78A Antonio Caso 246 Centro 49000 Cd. Guzmán, Jalisco México 3411119239			
Número de factura	Fecha de Factura	Referencia de pedido	Fecha de pedido	RFC	
#FA000203	2019-10-18	GMNZQVFFQ	2019-10-18	MET 990115 78A	
Referencia	producto	Impuesto	Arriba (sin Iva)	Cant.	Total (sin Iva)
FD-CA-DEF-R6C-BK	Gabinete Fractal Design E-ATX Define R6 USB 3.0 Negro FD-CA-DEF-R6C-BK	16 %	\$2,939.32	1	\$2,939.32
Desglose IVA	Impuesto	Precio base	Total IVA		
Productos	16.000 %	\$2,940.00	\$470.00		
Forma de pago		Pagos por depósito bancario	\$3,410.00		
Paquetería		Recoger en tienda			
				Total Productos	\$2,940.00
				Gastos de envío	Envío gratis
				Total (Imp. excl.)	\$2,940.00
				Total IVA	\$470.00
				Total	\$3,410.00

Estructura para montaje de sistema de horno de recocido número 2, esta estructura será fabricada según las medidas de la resistencia, junto con los elementos que le darán vida al horno.



Diseñadora y Comercializadora S.A. de C.V.
 Volcán Quinceo No. 6262
 Col. El Colli 1A y 2A sección
 Zapopan, Jal. C.P. 45070
 Tels. 36 20 76 61

COTIZACIÓN

www.dycsa.com.mx



Folio : 22728
 Fecha : NOVIEMBRE 25, 2019.

METAS SA DE CV.
 ANTONIO CASO 246, CENTRO
 CIUDAD GUZMAN, JALISCO
 Tels : (341) 4136-123

Los precios son LAB EN SU PLANTA
 Los precios no incluyen I.V.A.
 Tiempo de entrega 2 a 3 semanas
 Condiciones de Pago CONTADO
 Vigencia Cotización 1 MES

A continuación pongo a su consideración la siguiente cotización sujeta a las condiciones comerciales de venta:

Cant.	Unid.	Clave	Descripción	P.Unitario	Importe	Mon
1.00	PIEZA	D38439229-4	ESTRUCTURA PARA HORNO P20X20 REV03 PERFIL 20X20, PAREDES EN ALUMINIO 6061 ANODIZADO, PATAS NIVELADORAS, TAPAS Y TORNILLERIA REV02 NO INCLUYE INSTALACION DE COMPONENTES NO INCLUYE ENVIO	1,022.43	1,022.43	USD
Importe						1,022.43
Subtotal						1,022.43
I.V.A.						163.59
TOTAL						1,186.02

Agradecemos la oportunidad para ofrecer esta cotización y esperamos ansiosamente el poder trabajar con ustedes en este proyecto.

Quedo a sus órdenes,

EL TIEMPO DE ENTREGA SERA CONFIRMADO A LA RECEPCION DE SU ORDEN DE COMPRA

Asesor: OSCAR ULISES AVILA JIMENEZ
Teléfono 331 895 3354
e-mail : ventas1@dycsa.com.mx

Presupuesto para la tabla de fibra cerámica, utilizado para el recubrimiento de la resistencia calefactora.



Recubrimientos y Aislantes Térmicos, S.A de C.V.

Fabricante de Aislamientos Termoacústicos y Distribuidor de Materiales para la Construcción.
"Mas de 50 Años Atendiendo a Nuestros Clientes nos Regalidan"
 Soluciones para el Ahorro de Energía y la Reducción de Ruido.

Contacto: 01(55)9549-2343 / 9549-3442 / 9549-7074 Cotizaciones: info@ratsa.com Pagina web: www.ratsa.mx

COTIZACIÓN RATSA DE MATERIALES.							
FOLIO:	APM-060918-04	ELABORACION	06/08/18				
AGENTE	ARMANDO PEDRO	VALIDO HASTA	12/08/18				
DATOS DE CONTACTO.							
CONTACTO:	BRTA. AMANY GUTIÉRREZ MAGAÑA	CORREO:	amanygutiérrez@hotmail.com				
EMPRESA :		TELÉFONO:	3411080238				
R.F.C.	N/A	DIRECCION	N/A				
COLONIA	N/A	CIUDAD	N/A				
C.P	N/A	ESTADO	N/A				
PAIS	N/A	TÉRMINOS :	PAGO DE ANTICIPO AL 100% DE CONTADO				
PRESUPUESTO DE REQUERIMIENTO							
Buen día							
Con referencia en su solicitud de información, le hacemos llegar su presupuesto formal de mercancía , le pedimos atentamente lea con atención la siguiente información, así de igual manera verifiquen los términos y condiciones comerciales de venta RATSA, fichas técnicas de materiales e información adicional adjunta en el correo.							
POR FAVOR LEER CON ATENCIÓN LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:							
OPCION 01							
PRESUPUESTO RATSA							
PART	CODIGO	CLAVE SAT	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO DE VENTA	CANTIDAD (PIEZA)	IMPORTE
1	FCT1260 106191	31371001	TABLA FIBRA CERAMICA P/1_260°C.1'X0.6'X0.91M.DEN.18LB/PIE3	PIEZA	\$543.33	2	\$1,086.66
Cotización sujeta a términos y condiciones comerciales de venta adjuntas. Consulte fichas técnicas y condiciones comerciales de los materiales cotizados antes de realizar su compra.						PARCIAL	\$1,086.66
Los tiempos de entrega son L.A.B en nuestras instalaciones Ecatepec, México, 4 A 8 DIAS ANTES entrega realizando pago de anticipo del 100% de finiquito como se establece en las condiciones comerciales adjuntas a este correo. Los pagos de mercancía deberán estar en firme en nuestras cuentas al 100% para autorizar salida y/o entrega de mercancía. (el tiempo de entrega puede variar en cuanto a volumen de mercancía y fecha de pedido solicitada, nuestro inventario está en constante rotación).						L.V.A	\$173.88
COTIZACIÓN REALIZADA CON PRECIO PREFERENCIAL CON DESCUENTO EN PESOS MEXICANOS (MXN) PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO.						TOTAL A PAGAR	\$1,260.51

Presupuesto para tubo de alúmina, utilizado como cavidad radiante y conductora.

 PRODUCTOS DE CALEFACCIÓN INDUSTRIAL	PRODUCTOS POLIMEX, S.A. DE C.V. Resistencias eléctricas - Hornos eléctricos Controles de temperatura - Relevado de Esfuerzos - Equipos de termofusión www.polimex.mx	 
Lago Mark No. 124, Col. Los Manzanos Miguel Hidalgo, Ciudad de México C.P. 11460 Phone. / Fax: +52 (55) 5386-1383 5386-1113	direccion@polimex.mx ventas@polimex.mx atencioncliente@polimex.mx	ventascompeche@polimex.mx ventasveracruz@polimex.mx ventascoahuilacoahuila@polimex.mx
PRO-VT-01-C		Cd. de México a 31 de Julio de 2019. Ref. No.: MTS-19569-6ARG Rev. 01. Hoja N.: 01 de 01.
MeTAs, S.A. de C.V. Cd. Guzman, Jalisco Tel.: 045 341 006 0236		
At'n: Lic. Amany Raomi amanyrquiterrez@hotmail.com		
Estimados señores: Referente a su petición presentamos a su amable consideración nuestra propuesta, amparando lo solicitado por ustedes.		
Part Cant Unid	Descripción y precios	
01 002 Pzas.	Tubo cerámico de alta alúmina de 60mm de diámetro exterior x 48mm de diámetro interior x 18" de largo para trabajar a 1400°C. Precio unitario: \$ 1,560.00 M.N. + IVA. Precio Total: \$ 3,120.00 M.N. + IVA. Tiempo de entrega: 2 días hábiles.	
	Lugar de Entrega : Recoge el cliente Cond. De pago : 50% anticipo 50 % contra aviso de entrega.	

Cotización de OMEGA para la compra del: controlador de temperatura, tarjeta de potencia, resistencia calefactora, tubo para protección de termopares.


COTIZACIÓN No.: MX115947

OMEGA ENGINEERING MEXICO
 Avic. Anacleto Pedro Ramirez Vazquez #200 - 13
 Colonia Valle Oriente, 65269
 San Pedro Garza Garcia, N.L.
 Spectris Mexico S. de R.L. de C.V.
 RFC: SMED51010507
 Para consultas de ordenes y pedidos:
 Telefono: 01800 953 00 935
 mx.omega.com | ventas@mx.omega.com

COTIZACIÓN

ESTA COTIZACIÓN ES VÁLIDA POR 30 DÍAS

Información del cliente:
 Attn: Karina Paola Renteria
 Metrología Aplicada Y Servicios
 Blvd. Manuel Gomez Morin 8009
 Col. Partido Senecu
 Juarez, Chihuahua 32470
 Mexico
 RFC: MAS080825EE7

SOLICITUD NO.: MX115947 **CONTACTO:** Karina Paola Renteria **TELÉFONO:** 5566176617

COTIZACIÓN NO.	FECHA	CONTACTO COMERCIAL
MX115947	31/07/2019	figuras

FLETE	METODO DE ENVIO
EXW	Standard

ITEM	CANTIDAD	NUMERO DE PARTE Y DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	DISPONIBILIDAD/ TIEMPO DE ENVÍO	PRECIO	DESCUENTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	2	TRM-04018-6 CERAMIC 2-HOLE ROUND - 5PK	EA	en stock (7/8/2019)	387.93	0	387.93	775.86
2	1	CRFC-318/240-A SEE V.29 FOR DIM. - MAX 1800F	EA	6 semanas (18/9/2019)	16,077.59	0	16,077.59	16,077.59
3	1	CN16DPT-305-C24 PT SERIES CNTL,TEMP/PR	EA	en stock (7/8/2019)	8,560.34	0	8,560.34	8,560.34
4	1	SCR19P-12-040-S9 SCR CONTROLLER 120VAC 40 AMP	EA	4 semanas (4/9/2019)	9,525.86	0	9,525.86	9,525.86
		ENVIO	EA		216.38			216.38
Subtotal								35,156.03
IVA								5,624.97
TOTAL								40,781.00*

TERMINOS Y CONDICIONES GENERALES: Este documento esta sujeto a los terminos y condiciones generales de OMEGA Engineering que pueden ser localizados en https://mx.omega.com/terminos/omega_TCa.pdf. La disponibilidad indicada es valida durante el plazo de vigencia de esta cotización y está sujeta a cambios y ajustes a contarse a partir de recibida la confirmación del pago correspondiente.
IMPUESTOS: Los precios aquí mostrados ya incluyen el 10% de IVA de acuerdo a la legislación fiscal actual.
FORMAS DE PAGO: Tarjeta de crédito, transferencia bancaria.
 Los productos disponibles en stock estarán listos para envío en 5 días laborales después de la confirmación de pago.

- Nota: La tarjeta de potencia que aparece en esta cotización en realidad no fue la que se utilizó en el proyecto, ya que no funcionaba como se requería, así que se optó por realizar un cambio con la marca OMEGA, con el siguiente modelo: SCR19P-24-040-S9, esta fue la tarjeta utilizada para el control del sistema de recocido.

ANEXO 12: CÁMARA INFRARROJA, MARCA FLUKE, MODELO Ti450 FUSION TECHNOLOGY.



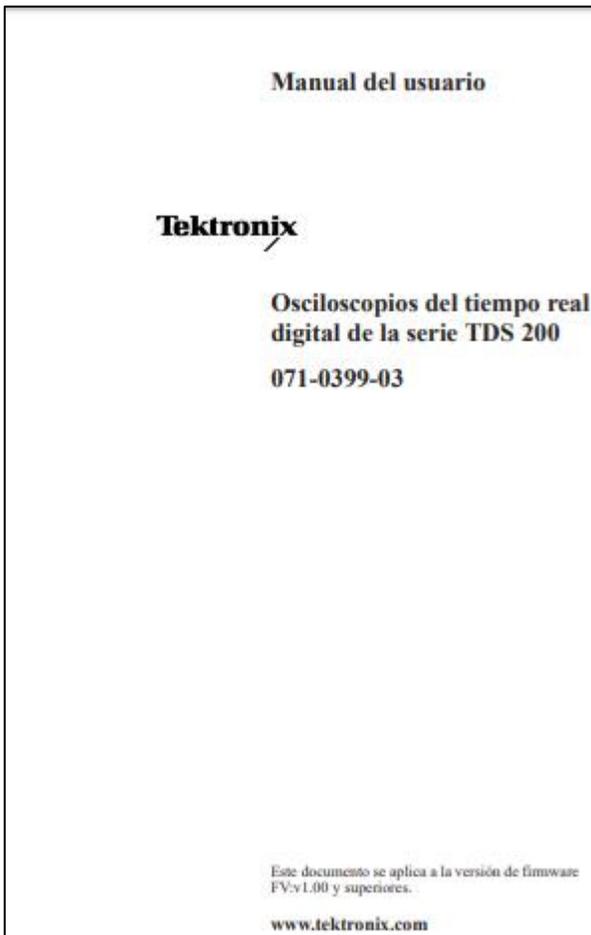
Medición de la temperatura	
Rango de medición de temperatura (no calibrado por debajo de -10 °C)	-20 °C a +1200 °C (-4 °F a +2192 °F)
Precisión	±2 °C o 2 % (a 25 °C nominales, lo que sea mayor)
Sensibilidad térmica (NETD)	≤ 0.05 °C a 30 °C temperatura objetivo (50 mK)
Modo de filtro (mejora de NETD)	≤ 0.03 °C a 30 °C temperatura objetivo (30 mK)
Corrección de emisividad en pantalla	Sí (tanto valor como tabla)
Compensación de la temperatura de fondo reflejada en la pantalla	Sí
Corrección de transmisión en pantalla	Sí



Para más información sobre esta cámara, visitar la siguiente liga.

https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/Ti200_umspace0400.pdf

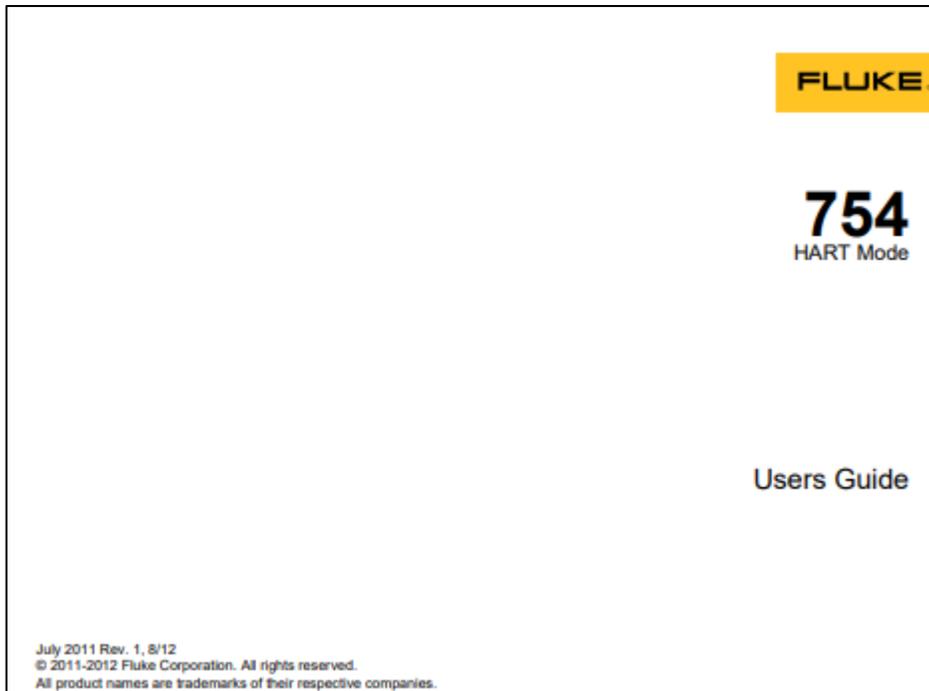
ANEXO 13: OSCILOSCOPIO, MARCA TEKTRONIK, MODELO TDS 210



Se anexa solo la portada debido a que el instructivo de uso es extenso, si se desea conocer más, visitar la siguiente página.

<http://www.labc.usb.ve/paginas/mgimenez/Ec1181ele/Material/%20Equipos/tds%20200%20manual%20usuario.pdf>

ANEXO 14: SIMULADOR, MARCA FLUKE, MODELO 754 DOCUMENTING
PROCESS CALIBRATOR, HART MODE



Se anexa solo portada de la guía de usuario, si se desea conocer más acerca del funcionamiento de este simulador, consultar la siguiente página.

<https://www.instrumart.com/assets/Fluke-754-User-Guide.pdf>