

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DIDÁCTICA PARA EL CONTROL DE
TEMPERATURA MEDIANTE UN CONTROLADOR INDUSTRIAL**

JANIER STIVENS MARIN TORRES

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGIAS
ESCUELA DE TECNOLOGIA MECANICA
PEREIRA
2016**

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DIDÁCTICA PARA EL CONTROL DE
TEMPERATURA MEDIANTE UN CONTROLADOR INDUSTRIAL**

Janier Stiveens Marín Torres

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo mecánico

**Director
Wilson Pérez Castro
Magister en Instrumentación Física**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGIAS
ESCUELA DE TECNOLOGIA MECANICA
PEREIRA
2016**

Nota de aceptación:

Firma del presidente o jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pereira 13 de Junio de 2016

Dedicatoria

A Dios por acompañarme a lo largo de mi vida, por darme la oportunidad de estudiar el pregrado y fortalecerme en los momentos mas duros, por su misericordia, por cada regalo que me ha dado como la oportunidad de estudiar mediante el programa TODOS A LA U, que me permitió ver su gloria y su grandeza. Gracias por el inmenso amor que nos tienes a todos sus hijos, bendito sea el nombre de JESUS.

A mis PADRES quienes con su esfuerzo me brindaron la oportunidad de aprender conocimientos que únicamente se consiguen en un ambiente académico, quienes en sus enseñanzas me inculcaban que estudiar es muy importante para poder triunfar, ampliar mi visión y crecer como persona íntegra con valores y fundamentos éticos, que no importa cuántos obstáculos se te presenten en el camino, aprender tanto de los triunfos como de los erros forman tu carácter y dan sentido de pertenencia por lo que posees.

A ESPOSA por su apoyo incondicional, quien creyó en mí y me extendió su mano cuando más lo necesitaba.

Agradecimientos

Agradezco

FAMILIA

- A mi padre Henry Marín: Una gran persona, gracias a él, porque fue mi guía y amigo en este proceso, porque el graduarme como profesional no era solo un sueño personal sino familiar y él puso su empeño en facilitar que este se realizara.
- A mi madre Hilda Lucia González: Quien es un apoyo emocional y moral, está ahí para aconsejarme y alentarme.

UTP (Universidad Tecnológica de Pereira)

- Al Ingeniero Wilson Pérez Castro: Por brindarme la oportunidad de culminar la idea que él planteó para lograr un buen proyecto, por su paciencia y los conocimientos que me brindó.

Contenido

	Pág.
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	1
1 DETERMINACIÓN LAS METODOLOGÍAS A EMPLEAR EN LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	2
1.1 DETERMINACION DE LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE UN PROCESO EN PARTICULAR.....	2
1.2 DETERMINACION DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA ACORDE CON LAS METODOLOGÍAS ACTUALES APLICADAS AL PROCESO OBJETO DE ESTUDIO.....	5
1.3 cuadro comparativo de las tecnologías actuales aplicadas al proceso en particular.....	12
2 selección de los elementos funcionales del sistema de control de temperatura en el manejo del equipo dentro de un contexto académico.....	14
2.1 elección de los elementos funcionales requeridos para la estación de control.....	14
3 planos eléctricos y constructivos de la estación de control de temperatura. ..	17
3.1 DIMENSIONES Y DIAGRAMA DE LA ESTACION DIDACTICA DE TEMPERATURA.....	17
4 puesta a punto del sistema de control de temperatura.....	19
4.1 configuracion y prueba.....	19
4.2 puesta a punto.....	26
4.3 pruebas al sistema.....	29
5 RESULTADOS.....	34
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
6.1 CONCLUSIONES.....	35
6.2 RECOMENDACIONES.....	35
7 Bibliografía.....	36

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro comparativo de las tecnologías actuales aplicadas al proceso de control de temperatura.....	12
--	----

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Horno para el estudio del acero.....	3
Figura 2 Interior de horno eléctrico UTP	4
Figura 3 Controlador de temperatura usado en horno de laboratorio de metalografía UTP.....	5
Figura 4 Termopar	6
Figura 5 Método simple de medir la temperatura del proceso con una sonda de resistencia.....	8
Figura 6 Elementos de sondas de resistencia de platino	8
Figura 7 Fotos de termistores y dimensión aproximada.	9
Figura 8 Curva resistencia-temperatura NTC y PTC.	10
Figura 9 Fotografía de una RDT PT100.....	10
Figura 10 Controlador TZN4S- Autonics.....	15
Figura 11 RTD PT 100 usada en el proyecto.....	15
Figura 12 Relé industrial de 11 pines.....	16
Figura 13 Diagrama de bloques impreso	17
Figura 14 Plano de corte.....	18
Figura 15 Extrayendo el circuito interno.....	19
Figura 16 Configuración de pines internos	20
Figura 17 Esquema de conexión	21
Figura 18 Conexión del sensor al controlador.....	21
Figura 19 conexión entrada CA	22
Figura 20 Energización del relé interno.	22
Figura 21 Cierre del circuito	23
Figura 22. conexión del relé.....	23
Figura 23 Perforación del horno.....	24
Figura 24 Instalación del sensor	24
Figura 25 Sistema en funcionamiento.....	25
Figura 26 bornes usados en la placa de acrílico.....	26
Figura 27 Base del relé sobre el acrílico	27
Figura 28 Relé instalado	27
Figura 29 Conexión del controlador	28
Figura 30 Vista de frente al controlador instalado.....	28
Figura 31 estación de control.....	29
Figura 32 Módulo de Entrada Analógica Universal NI 9219	30
Figura 33 Chasis NI CompactDAQ USB de 8 Ranuras	30
Figura 34 Conexión entre modulo universal y estación de control.....	31
Figura 35 Conexión del módulo universal.....	32
Figura 36 Pantallazo programa para calibración de modulo.....	33
Figura 37 Grafica calibración y prueba de estación de control	34

RESUMEN

En este proyecto el problema es lograr controlar la temperatura de un horno de resistencia mediante un controlador industrial, no en el sentido de la existencia de sistemas que permitan este tipo de control sino en poder brindar un espacio de simulación de entornos donde se puedan requerir conocimientos de instrumentación industrial los estudiantes. La solución a este problema es un sistema de control adecuado para simulaciones en las aulas y demás que permita transmitir los resultados, lo cual permite interiorizar más fácilmente los conceptos vistos en clase.

Los pasos que se siguieron para llegar al diseño y construcción de un sistema que controle la temperatura fueron, primero determinar metodologías de medición de temperatura que se iban a emplear teniendo en cuenta que sean de uso común en la industria y se puedan aplicar proceso de formación.

Segundo, Seleccionar los elementos funcionales del sistema de control de temperatura en el manejo del equipo dentro de un contexto académico mirando la utilidad en la Escuela de Tecnología Mecánica.

Tercero, Establecer los requerimientos necesarios para la realización de los planos eléctricos y constructivos de la estación de control de temperatura mediante la observación de hornos industriales localizados en la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Finalmente, con el sistema funcionando se realizaron los ajustes de setpoint, histéresis y calibración con el sistema de extracción de datos para graficar el comportamiento del sistema de control.

Todo el proceso de diseño y construcción da como resultado un trabajo de investigación que no solo crea un dispositivo de medición más asequible sino también una experiencia muy completa en la parte de instrumentación y procesamiento de señales, afianzado así lo aprendido durante el periodo de formación.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la Escuela de Tecnología Mecánica dispone de un controlador de temperatura PID; para éste se pretende diseñar un sistema de control de temperatura, ya que será un excelente beneficio tanto para la escuela como para la comunidad universitaria, porque se logrará hacer que los estudiantes visualicen cómo es su funcionamiento y a su vez permita un mejor aprendizaje desde el área de Instrumentación.

Los controladores de temperatura son muy utilizados en la actualidad; ofrecen múltiples ventajas en la automatización de procesos, ya que tiene varios campos de acción para satisfacer los requisitos encontrados en la industria, por esto la importancia de poder brindar un espacio de simulación de entornos donde se puedan requerir conocimientos de instrumentación industrial los estudiantes. La solución a este problema es un sistema de control adecuado para simulaciones en las aulas.

1 DETERMINACIÓN LAS METODOLOGÍAS A EMPLEAR EN LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Uno de los aspectos más importantes en los procesos industriales es la medición de la temperatura. Casi todos los fenómenos físicos están afectados por ella. Frecuentemente se utiliza la temperatura para inferir el valor de otras variables del proceso.

La medición de la temperatura se realiza por medio de fenómenos físicos en los cuales son afectados por la influencia de cambios térmicos. Por esto se utiliza un termómetro de resistencia o RTD de tipo PT100.

1.1 DETERMINACION DE LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE UN PROCESO EN PARTICULAR

En este capítulo se abordaron procesos que involucran el control de temperatura usando controladores industriales de uso común, tales como:

Cámara de niebla salina, cuyo procedimiento involucra el pulverizado de una solución salina sobre las muestras a ensayar, esto se hace en una cámara donde la temperatura, la humedad y la concentración de solución salina pulverizada son controladas, con el objetivo de probar la resistencia a la corrosión de materiales expuestos a ambientes altamente corrosivos

Hornos para el estudio de acero, son hornos que permiten alcanzar altas temperaturas mediante resistencias eléctricas, con estos hornos se realizan tratamientos térmicos para estudiar las propiedades mecánicas del acero que fue sometido al tratamiento.

Figura 1 Horno para el estudio del acero



El horno que se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Se encuentra en el laboratorio de metalografía de la Universidad Tecnológica de Pereira, el cual se usa con el objetivo de realizar prácticas de estudio de materiales en un ambiente académico, puede alcanzar temperaturas hasta los 1200 °C, estas temperaturas se logran gracias al aislamiento térmico que es de un material cerámico y a las resistencias eléctricas que se pueden apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Figura 2 Interior de horno eléctrico UTP



La medición y control de temperatura se realizan mediante un termopar localizado en el centro de la tapa posterior del horno este se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y un controlador de temperatura SHIMADEN SR1 el cual se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 3 Controlador de temperatura usado en horno de laboratorio de metalografía UTP



Proceso de secado de café con horno eléctrico, la humedad relativa y la temperatura son características importantes en el proceso de secado del café, por esto es importante en este proceso controlar estas dos características mediante la extracción del aire con contenido de vapor de agua y la aplicación de calor para evaporar el contenido de agua en el grano

Debido a la disponibilidad de un horno eléctrico se determinó que el proceso en particular será un proceso que involucre control de temperatura entre 25°C y 150°C.

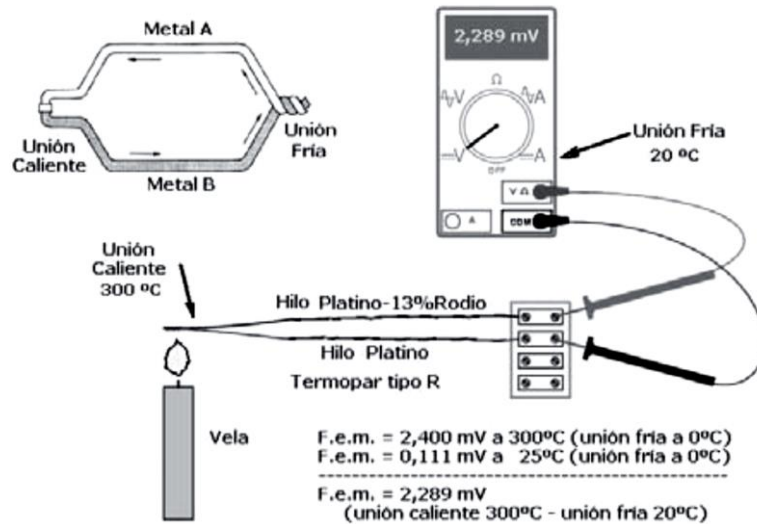
1.2 DETERMINACION DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA ACORDE CON LAS METODOLOGÍAS ACTUALES APLICADAS AL PROCESO OBJETO DE ESTUDIO.

Termopares

Consta de dos cables de metales diferentes soldados en uno de sus extremos, que producen un voltaje que varía con la temperatura de la conexión. La lectura de este se realiza con un mili voltímetro que se calibra según el par de metales que se usa en el sensor. Hay diferentes tipos de termopares según los metales

usados, tienen código de colores para diferenciarlos y diferentes rangos de temperatura. (Figura 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)¹

Figura 4 Termopar



Fuente: Creus Solé, A. (2010). En *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL* (8 ed.), pag. 255

- Principio de funcionamiento

Gracias a estudios que han realizado al comportamiento de los termopares se han podido establecer tres leyes fundamentales:

- I. *Ley del circuito homogéneo.* En un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.
- II. *Ley de los metales intermedios.* Si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura A a otro punto B, la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los

¹ CREUS, Solé. Instrumentacion Industrial. Ed Marcombo. 2010.

conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo *A* y *B*.

- III. *Ley de las temperaturas sucesivas.* La f.e.m. generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas T_1 y T_3 es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a T_1 y T_2 , y de la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T_2 y T_3 .

Al seleccionar los alambres para un termopar se debe tener en cuenta resistencia adecuada a la corrosión, a la cristalización, que desarrollen una f.e.m. relativamente alta, que sean estables, de bajo coste y de baja resistencia eléctrica, y que la relación entre la temperatura y la f.e.m. sea tal que el aumento de ésta sea aproximadamente paralelo al aumento de la temperatura.

En la actualidad existen varios tipos de termopares, los más conocidos son:

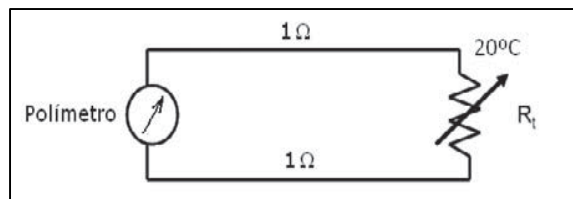
- Tipo E, de Níquel-Cromo (constantán).
- Tipo T, de Cobre/Cobre-Níquel (constantán).
- Tipo J, de Hierro/Cobre-Níquel (constantán).
- Tipo K, de Níquel-Cromo (cromel) /Níquel-Aluminio (alumel).
- Tipo R (Platino-13% Rodio/Platino).
- Tipo S (Platino -10% Rodio/Platino
- Tipo B (Platino -30% Rodio/ Platino -6% Rodio),
- Tipo N (84,6% Níquel-14% Cromo-1,4% Silicio)/ (95,6% Níquel-0,4% Silicio).

Para aplicaciones especiales se ve la necesidad de emplear tubos de protección construidos con materiales metálicos o cerámicos tales como porcelana, grafito, óxido de aluminio, carburo de silicio. Los tubos de protección cerámicos se emplean cuando el termopar está expuesto a la acción directa de una llama, están presentes gases contaminantes, o bien cuando las temperaturas son superiores a las que pueden tolerar los tubos metálicos.

Termómetro de resistencia

El termómetro de resistencia o RDT es una forma simple de medir la temperatura del proceso se debe hacer pasar una corriente por la resistencia dando lugar a una caída de tensión. Hay que tener en cuenta que la corriente no debe de ser muy alta de lo contrario se disipa calor en la sonda y su calentamiento aumenta la resistencia alterando el resultado de la medición (Figura 5).

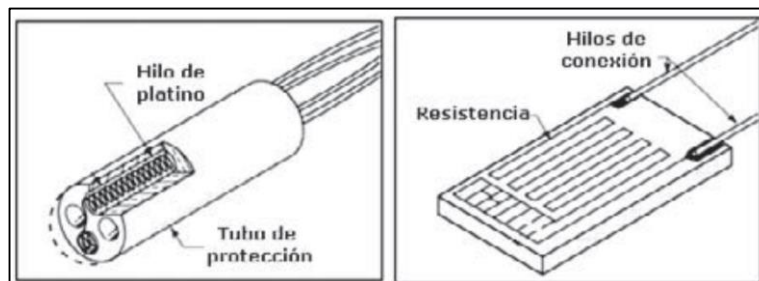
Figura 5 Método simple de medir la temperatura del proceso con una sonda de resistencia.



Fuente: Creus Solé, A. (2010). En *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL* (8 ed.), pag. 247

Una sonda de resistencia muy utilizada en la industria es la de platino, que tiene una resistencia de 100 ohmios a 0°C . Los elementos de platino pueden tener forma de bobina o de película metálica (ver Figura 6). El sensor de película metálica es de pequeño tamaño y responde, rápidamente, a las variaciones de temperatura. Sus características resistencia-temperatura son similares a las de los sensores de bobina.

Figura 6 Elementos de sondas de resistencia de platino



Fuente: Creus Solé, A. (2010). En *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL* (8 ed.), pag. 244

Las bobinas del hilo de resistencia están encapsuladas dentro de una vaina de material adecuado al fluido del proceso (acero, acero inox. 304, acero inox. 316, hastelloy, monel, etc.).

Termistores

Los termistores son semiconductores electrónicos que presentan unas variaciones rápidas, y extremadamente grandes, para cambios pequeños de temperatura, esto se debe a que tienen un coeficiente de temperatura de resistencia negativo de valor elevado. Estos dispositivos son fabricados con óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio, titanio y otros metales, y están encapsulados en sondas y en discos y regularmente son pequeños en tamaño esto lo podemos apreciar en la Figura 7.

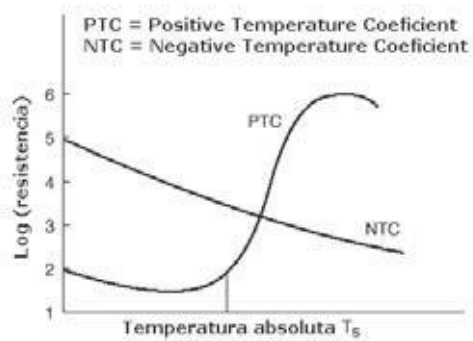
Figura 7 Fotos de termistores y dimensión aproximada.



Fuente: Creus Solé, A. (2010). En *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL* (8 ed.), pag. 253

Los termistores también se denominan NTC (Negative Temperature Coefficient - coeficiente de temperatura negativo) existiendo casos especiales de coeficiente positivo (PTC – Positive temperature Coefficient), en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa las curvas características resistencia-temperatura de termistores.

Figura 8 Curva resistencia-temperatura NTC y PTC.



Fuente: Creus Solé, A. (2010). En *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL* (8 ed.), pag. 253

Para este proyecto se usó una RTD de tipo PT100, ya que es posible implementarla en una gran variedad de entornos, y su uso es común en industrias de lácteos, alimentos, químicos y secado. Es un sensor de bajo costo y buen desempeño en la industria, permite hacer lecturas precisas a muy bajas como altas temperaturas.

Figura 9 Fotografía de una RDT PT100.



En la Figura 9 se muestra la PT100 que se usó para el proceso en particular, una RTD de tres hilos con recubierta en acero inoxidable, termo resistencia de Platino

que ofrece una resistencia de 100 ohm a una temperatura 0 °C, tiene un rango de medición entre -100 °C hasta 200 °C, tiene la posibilidad de hacer una extensión a los hilos conductores sin afectar el valor de la medida hasta 30 m adicionales.

1.3 CUADRO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS ACTUALES APLICADAS AL PROCESO EN PARTICULAR

El siguiente cuadro nos muestra una descripción de las tecnologías de medición en el mercado con: rangos de medición, escala usada, costo (COP), ventajas y desventajas, todo esto para tener criterios en el momento de seleccionar un dispositivo de medición según la necesidad.

Tabla 1 Cuadro comparativo de las tecnologías actuales aplicadas al proceso de control de temperatura

Tecnología		Intervalo de temperatura (°C)	Exactitud	Tiempo de Respuesta	Costo (COP)	Ventajas	Desventajas
Térmico	Vidrio	-35 a 450	1 división	1 a 10 seg	Bajo 10.000	Barato	local
	Bimetal	0 a 400	±1%	1 a 10 seg	Bajo 30.000	Barato	Local
	Líquido	-75 a 300	±1% o 1 división	1 a 20 seg	Bajo	Barato	Local, bulbo y capilar frágiles, escape del fluido interno
	Vapor	-40 a 300	±1% o 1 división	1 a 10 seg	Bajo	Barato	Local, bulbo y capilar frágiles, escape del fluido interno
	Gas	-80 a 600	±1% o 1 división	1 a 4 seg	Bajo	Barato	Local, bulbo y capilar frágiles, escape del fluido interno
	Mercurio	-40 a 650	±1% o 1 división	1 a 20 seg	Bajo	Barato	Local, bulbo y capilar frágiles, escape del fluido interno
Sondas de resistencia	Platino	-200 a 500	±0,5°C a ±3°C	2 a 5 seg	Moderado	Lineal, amplio margen de temperaturas	Baja sensibilidad, tiempo de respuesta lento
	Níquel	-100 a 260	±0,5°C a ±3°C	2 a 5 seg	Moderado		
	Cobre	-100 a 260	±0,5°C a ±3°C	2 a 5 seg	Moderado		
Termistor		-40 a 260	±0,5°C hasta 100°C	1 a 2 seg	3.000 a 15.000	Alta sensibilidad, tiempo de respuesta rápido, pequeño, barato	Escala no lineal
Semiconductor		-55 a 150	±2°C		5.b 000	Alta sensibilidad, barato	Fuente de alimentación requerida, autocalentamiento o configuración limitada

termopar	E Cromel/Constantan	-200 a 900	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$	1 a 2 min	Moderado	amplio margen de temperaturas, barato	Escala no lineal, baja sensibilidad, compensación en unión fría requerida
	T Cobre/Constantan	200 a 260	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	1 a 2 min	Moderado		
	J Hierro/Constantan	-200 a 1200	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$	1 a 2 min	Moderado		
	K Cromel/Alumel	-40 a 1100	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$	1 a 2 min	17.000 a 250.000		
	Rodio/Platino R- Platino 13%	0 a 1600	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	1 a 2 min	Medio		
	Rodio/Platino S – Platino-10%	0 a 1600	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	1 a 2 min	Medio		
	B- Platino 30%						
	Rodio/Platino 6% Rodio	600 a 1600	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	1 a 2 min	Moderado		
	N-(84,6% Niquel-14% Cromo-1,4% Silicio) / (95,6% Niquel-0,4% Silicio)	0 a 2300		1 a 2 min	Moderado		
	Pirómetro de radiación	Ópticos	700 a 4000	1°C a 2°C	1 a 3 seg		
Infrarojos		0 a 4000	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	5 ms	60.000 a 800.000		
Fotoeléctricos		15 a 3000	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	0,2 a 0,5 seg		Medidas precisas a bajas temperaturas	
Dos colores		900 a 3000	$\pm 0,5\%$ a $\pm 2\%$	0,2 a 0,5 seg		Exacto, exente en cuerpos grises, permite medir a través de humos y vapores	Susceptible a ruido eléctrico
Radiación total		450 1750	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	1 a 2 seg		Preciso	Errores en la lectura de la temperatura
Lápices y lacas		500	$\pm 1\%$			barato	inexacto

2 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA EN EL MANEJO DEL EQUIPO DENTRO DE UN CONTEXTO ACADÉMICO.

Los elementos funcionales son aquellos que permite el adecuado funcionamiento de un sistema de control, en este caso son:

- Elemento primario: Es el sensor de temperatura el cual se encarga mandar una señal producida por el cambio de temperatura.
- Elemento secundario: Es aquel que cumple la función de acondicionar la señal del elemento primario y la transforma en una señal que puede ser captada por otro elemento. Este puede ir incluido en el controlador.
- Controlador: Se encarga de realizar correcciones a la señal del sensor mediante una acción del elemento final de control hasta llevar el valor de dicha señal a un valor deseado o "set point".
- Elemento final de control: Permite manipular una variable para controlar otra, en este caso es un relé que impide o permite el paso de corriente eléctrica al horno causando un cambio de temperatura dentro de este.

2.1 ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES REQUERIDOS PARA LA ESTACIÓN DE CONTROL.

Se seleccionó controlador de temperatura PID AUTONICS TZN4S que se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 10, el cual opera con una alimentacio de 100 – 240 VA. Este controlador se conecta tanto con termopares de distintos tipos como RTD para la optencion de datos, puede ser configurado para el control de temperatura en enfriamiento y en calentamiento según lo requiera el proceso, su tamaño pequeño favorece su intalacion en lugares que sean carentes de espacio.

Figura 10 Controlador TZN4S- Autonics



El sensor que se seleccionó fue una RTD PT100, ver Figura 11, ya que tiene un rango de operación desde $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y es de uso muy común en la industria, tiene una vaina en acero inoxidable de medidas 5mm de diámetro y longitud de 150mm que le permite ser usado en la industria de alimentos, la conexión es de tres hilos y tienen 1 m de longitud.

Figura 11 RTD PT 100 usada en el proyecto



Se seleccionó un relé industrial de 11 pines y 3 contactos el cual se alimenta con 110 V y soporta 10 A de corriente, son de uso común en el control industrial, se usó este relé con el propósito de proteger el relé interno del controlador de corrientes altas.

Figura 12 Relé industrial de 11 pines



3 PLANOS ELÉCTRICOS Y CONSTRUCTIVOS DE LA ESTACIÓN DE CONTROL DE TEMPERATURA.

En este capítulo se toma en cuenta las dimensiones del espacio que ocupa la estación de control de temperatura basado en estaciones didácticas DE TIPO COMERCIAL Y LOS ELEMENTOS QUE SE TIENEN DISPONIBLES.

3.1 DIMENSIONES Y DIAGRAMA DE LA ESTACION DIDACTICA DE TEMPERATURA

A continuación se presenta el plano de corte que se realiza en una lámina de acrílico transparente de cinco milímetros de espesor (Figura 13) y el diagrama de bloques que se imprimió en papel de vinilo (Figura 14) para posteriormente pegar este sobre la lámina de acrílico

Figura 13 Diagrama de bloques impreso

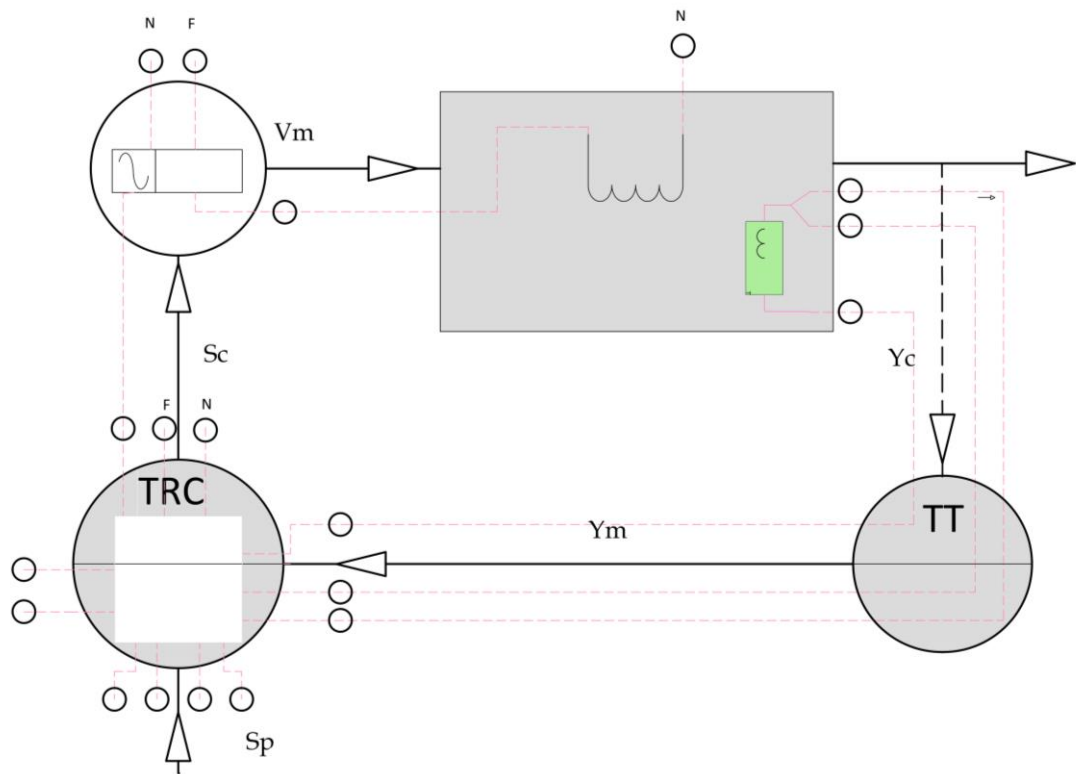
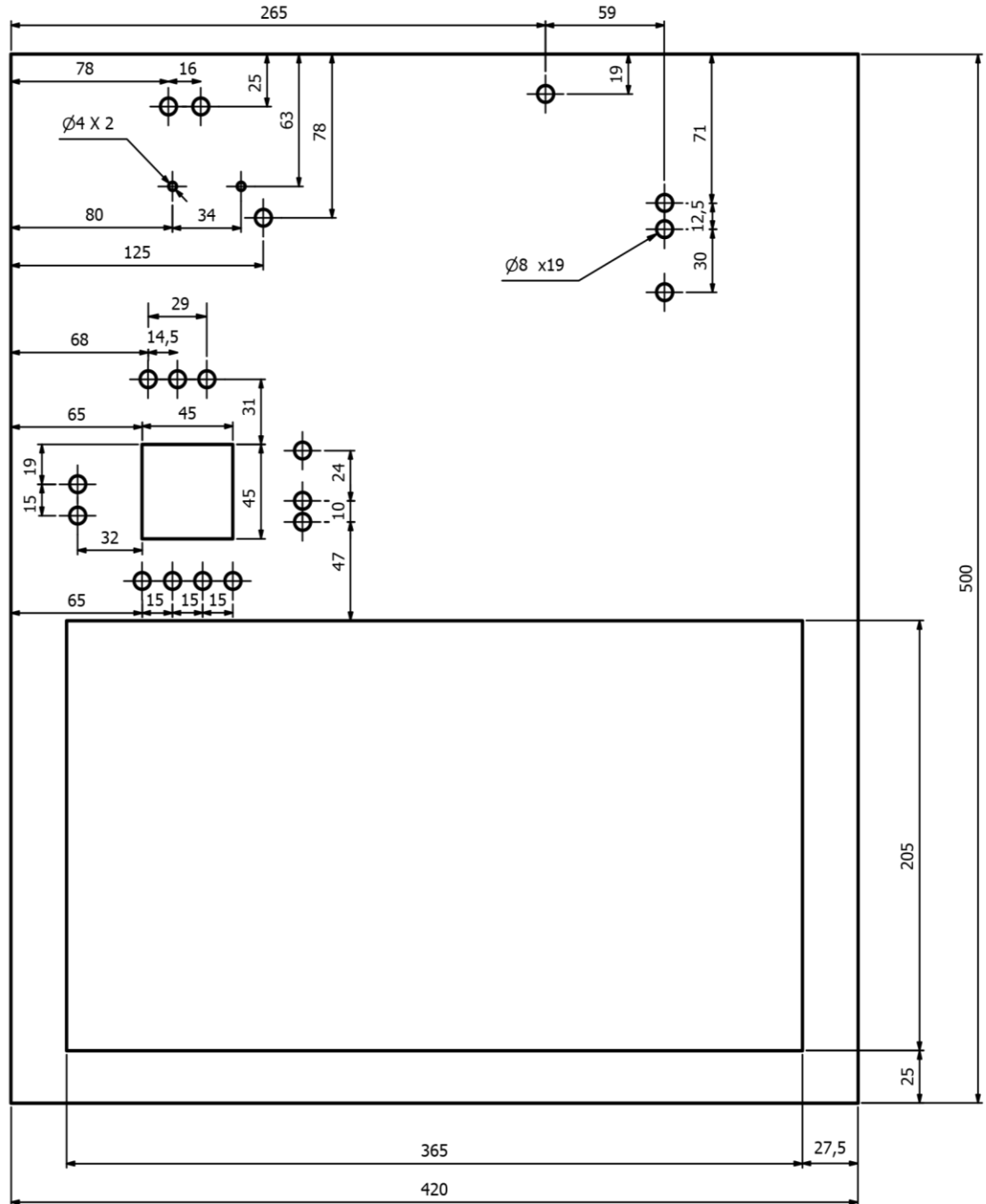


Figura 14 Plano de corte



4 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.

En este capítulo se describe el procedimiento para poner en acción la estación de control de temperatura, iniciando con la configuración del controlador, conexiones, prueba y montaje.

4.1 CONFIGURACION Y PRUEBA

Se inicia con la lectura de la hoja de datos del controlador TZN4S para saber su funcionamiento y el diagrama de conexión.

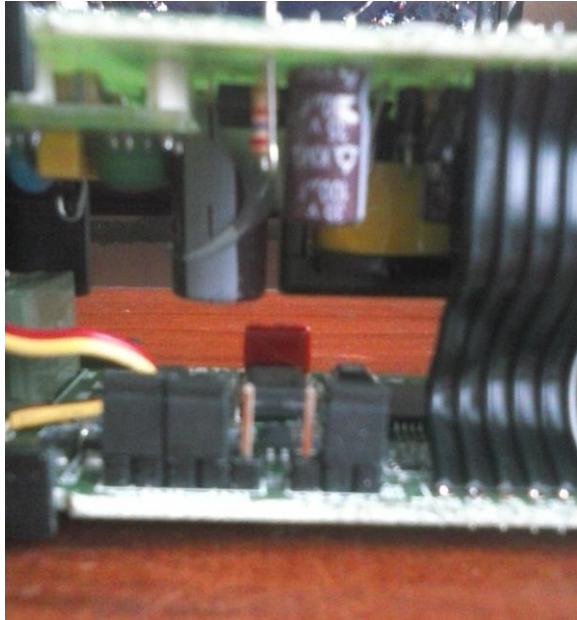
A continuación se indica el procedimiento para poner en acción la estación de control de temperatura.

1. Se abre el controlador y se saca el circuito interno, se cambia la configuración de los pines para que reconozca el sensor de temperatura RTD y por último se inserta de nuevo el circuito al controlador (Figura 15 y Figura 16).

Figura 15 Extrayendo el circuito interno



Figura 16 Configuración de pines internos



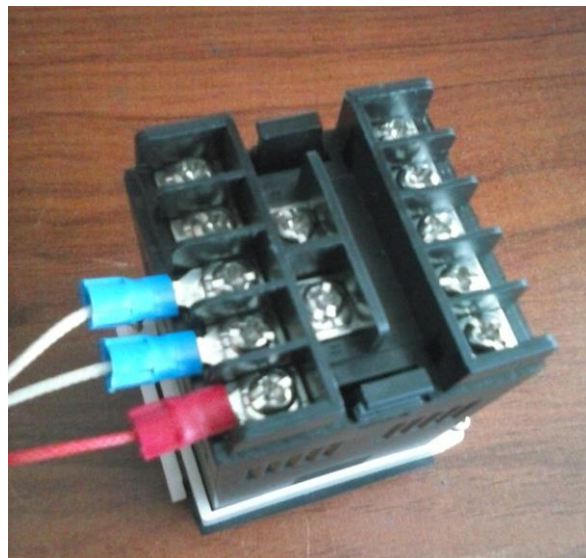
2. Se realiza una prueba de funcionamiento, para saber si el controlador reconoce el sensor correctamente.
3. Con la guía del controlador (Figura 17) se realiza la conexión del sensor, relevo y el horno que se requiere activar para observar su funcionamiento.

Figura 17 Esquema de conexión



4. Para conectar el sensor al controlador se ubican los tres hilos en los pines 6, 7 y 8 (Figura 18).

Figura 18 Conexión del sensor al controlador



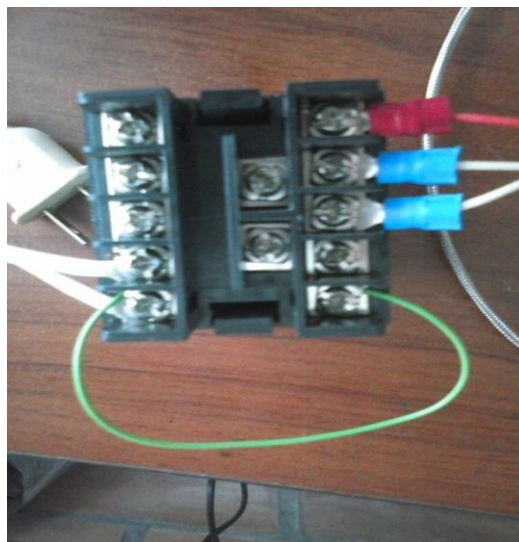
5. En los pines 4 y 5 se conectan a la entrada de energía a 110 CA (Figura 19).

Figura 19 conexión entrada CA



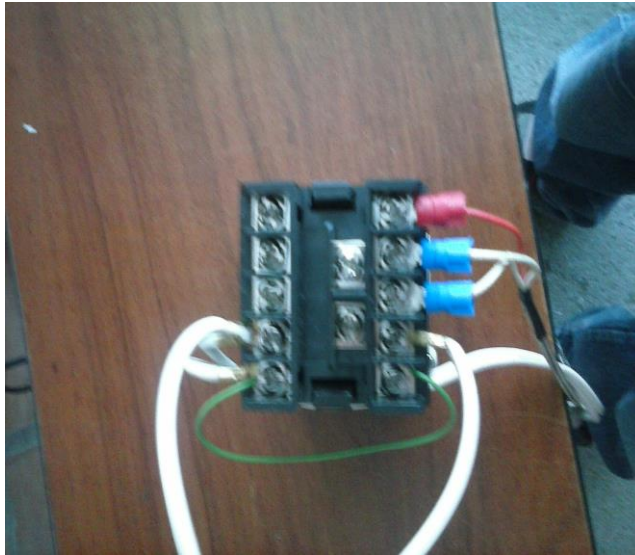
6. Como el controlador tiene un relé interno, y para protegerlo de una sobrecarga se realiza un puente entre el pin 5 al pin 10; se conecta el relé al pin 9 para que se energice y de salida a un relé (Figura 20).

Figura 20 Energización del relé interno.



7. Se cierra el circuito del relé externo conectando el otro extremo del relé al pin 4.(Figura 21)

Figura 21 Cierre del circuito



8. La fase se conecta al pin 6 del relé y al pin 7 se conecta a una de las patas de la clavija del horno, la otra pata de la clavija del horno se conecta a la línea neutra para cerrar el circuito (Figura 22).

Figura 22. conexión del relé



9. Al horno se le hace una perforación en uno de sus lados, con un diámetro de 5 milímetros (Figura 23).

Figura 23 Perforación del horno



10. Después de realizar el agujero, se introduce por este mismo la PT 100 ().

Figura 24 Instalación del sensor



11. Se programan los parámetros de funcionamiento del controlador:

- La histéresis
- Rango de temperatura
- Banda proporcional
- Tipo de control: proporcional, integral o derivativo

12. Al finalizar la programación se energiza todo el circuito y se observa si el funcionamiento es correcto (Figura 25).

Figura 25 Sistema en funcionamiento



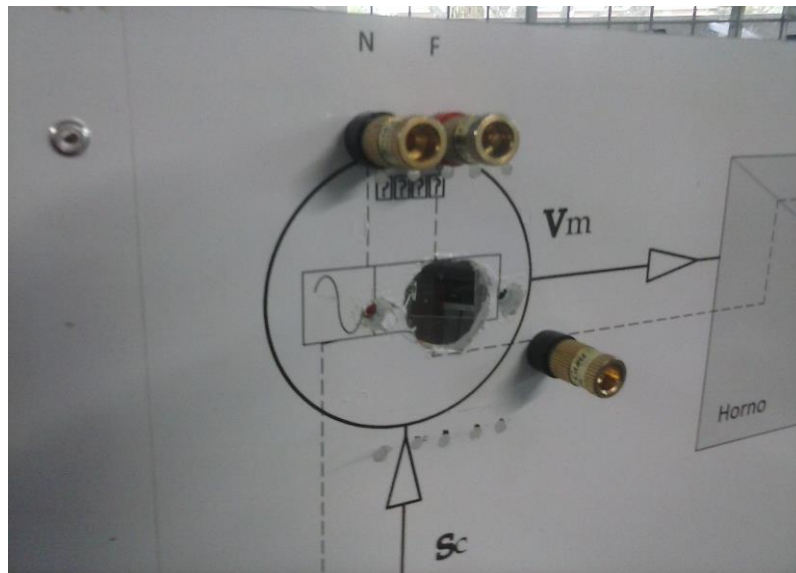
13. Después de observar si funcionaba, se realiza el desmonte del circuito completo.

4.2 PUESTA A PUNTO

Se procede a realizar la instalación en la placa de acrílico con el circuito eléctrico impreso de los elementos funcionales

1. Se ubican los bornes para realizar mediciones en las conexiones de los elementos funcionales (ver Figura 26).

Figura 26 bornes usados en la placa de acrílico.



2. Luego de instala la base del relé y se hacen las conexiones anteriormente mencionadas en el numeral 8 de la sección anterior (Figura 27 y Figura 28).

Figura 27 Base del relé sobre el acrílico

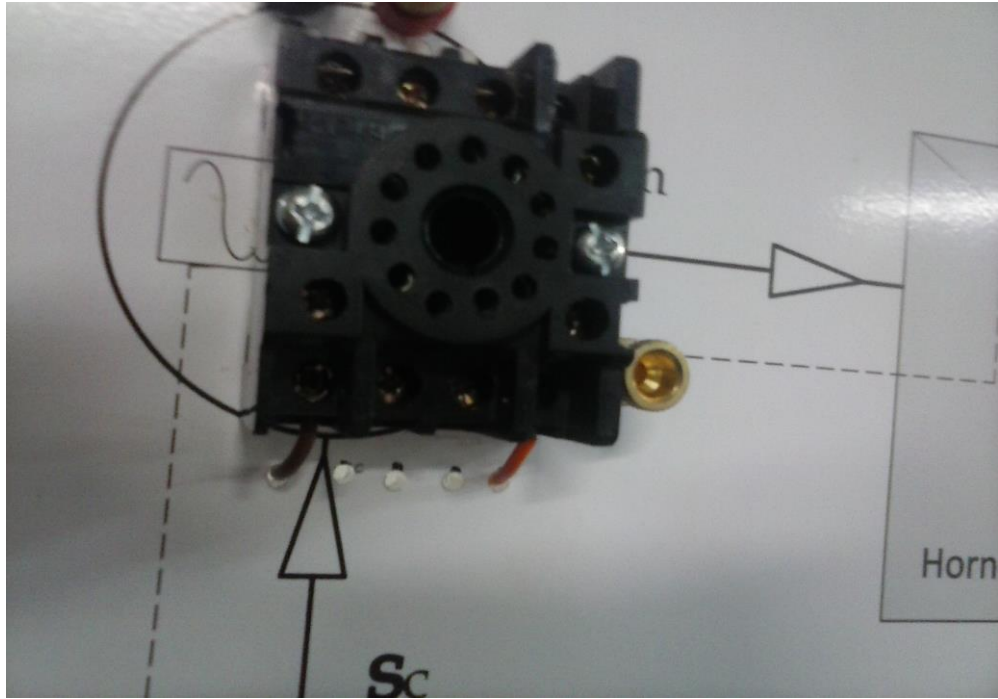
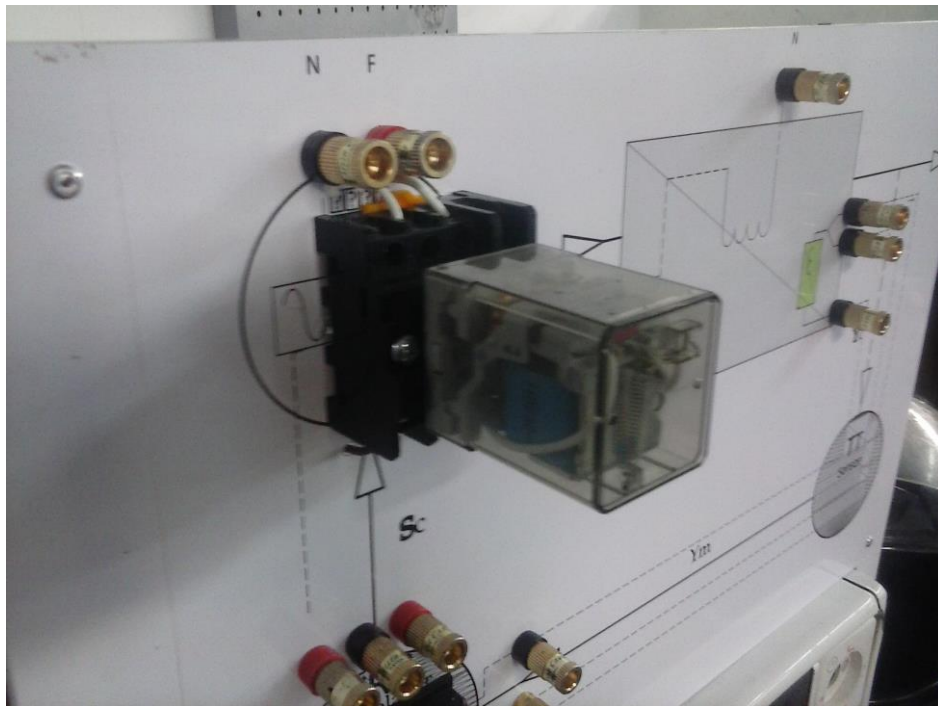


Figura 28 Relé instalado



3. Se coloca el controlador en la placa de acrílico y se realizan las conexiones correspondientes (Figura 29 y Figura 30).

Figura 29 Conexión del controlador

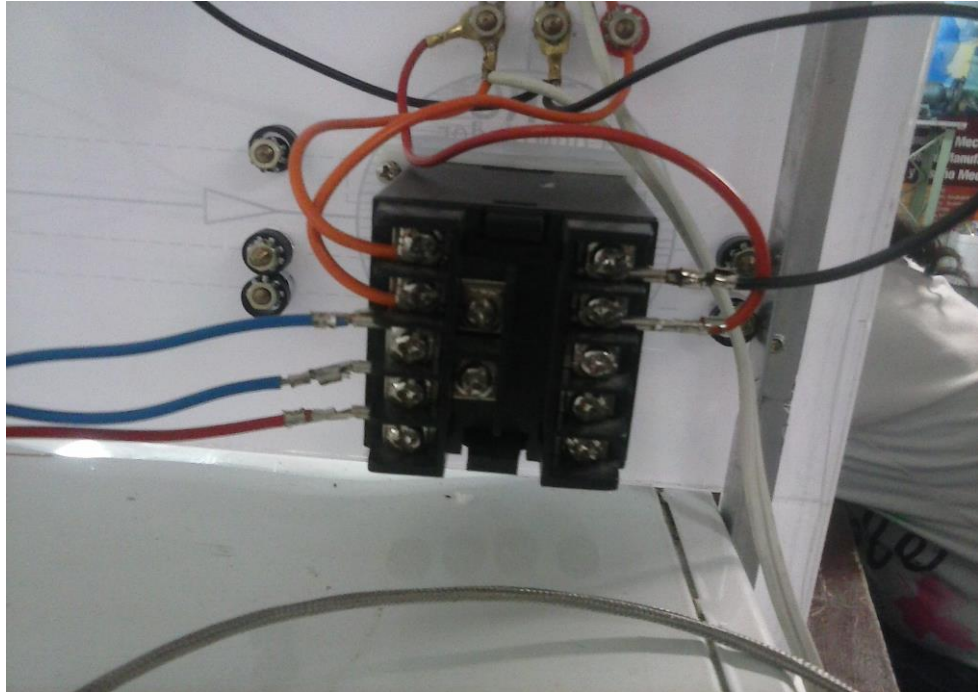


Figura 30 Vista de frente al controlador instalado



4. Se hace la conexión del controlador al sensor debidamente.
5. Se fija el horno con remaches a los soportes de aluminio de la placa de acrílico y con esto todos los elementos funcionales quedan integrados dentro de la estación de control.(Figura 31)

Figura 31 estación de control



4.3 PRUEBAS AL SISTEMA

Se realizaron pruebas al sistema de control tomando mediciones y graficando el comportamiento de la es estación

La conexión entre la estación y el equipo de cómputo se hizo mediante el un módulo universal de entrada analógica (Figura 32), este permite tomar datos de diferentes variables pues tiene soporte para medidas de termopares, RTD, resistencia, puente, voltaje y corriente en magnitudes muy pequeñas (hasta ± 60 V para voltaje y ± 25 mA para corriente). Este módulo se conecta mediante un chasis o base en este caso se usó uno de ocho ranuras de conexión USB (Figura 33) (NATIONAL INSTRUMENTS, s.f.)

Figura 32 Módulo de Entrada Analógica Universal NI 9219



Figura 33 Chasis NI CompactDAQ USB de 8 Ranuras

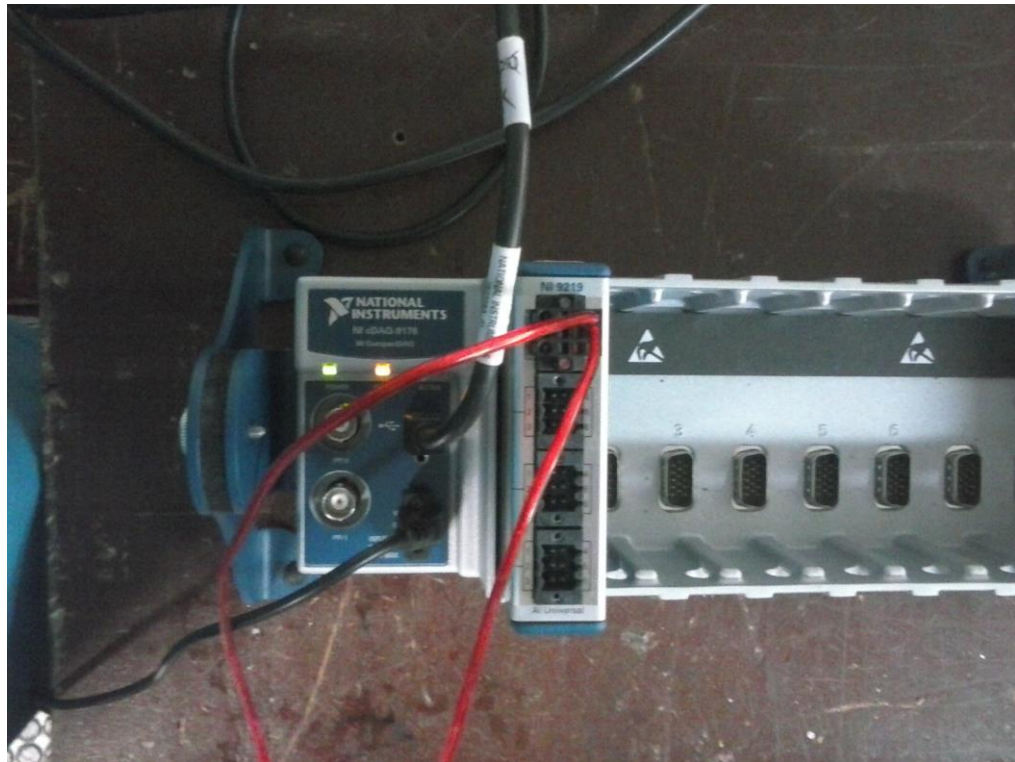


En los bornes de contacto de la RTD se conecta al canal 0 del módulo entradas análogas 4 y 5(Figura 34 y Figura 35), luego se puso en funcionamiento la estación de control para calibrar la medición tomada con el controlador industrial y el programa realizado con el software LabView con la ayuda del Ing. Wilson Pérez, el cual permite asignar un valor de temperatura en grados Celcius a la lectura tomada por modulo.

Figura 34 Conexión entre modulo universal y estación de control.

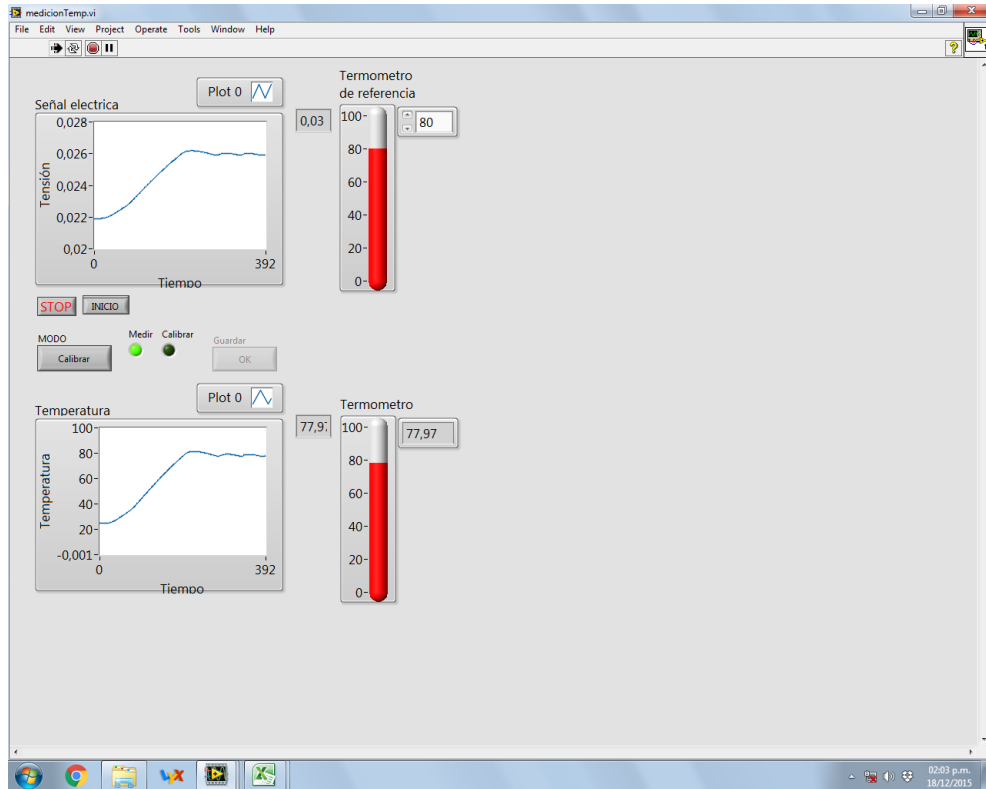


Figura 35 Conexión del módulo universal



En la siguiente ilustración (Figura 36) apreciaremos el pantallazo del programa de LabView usado para la calibración del módulo, este permitía ingresar el valor apreciado en la lectura del controlador industrial dando un valor de temperatura a la lectura de la señal eléctrica tomada por el modulo universal hasta tener este sincronizado para tomar datos de manera precisa y confiable.

Figura 36 Pantallazo programa para calibración de modulo

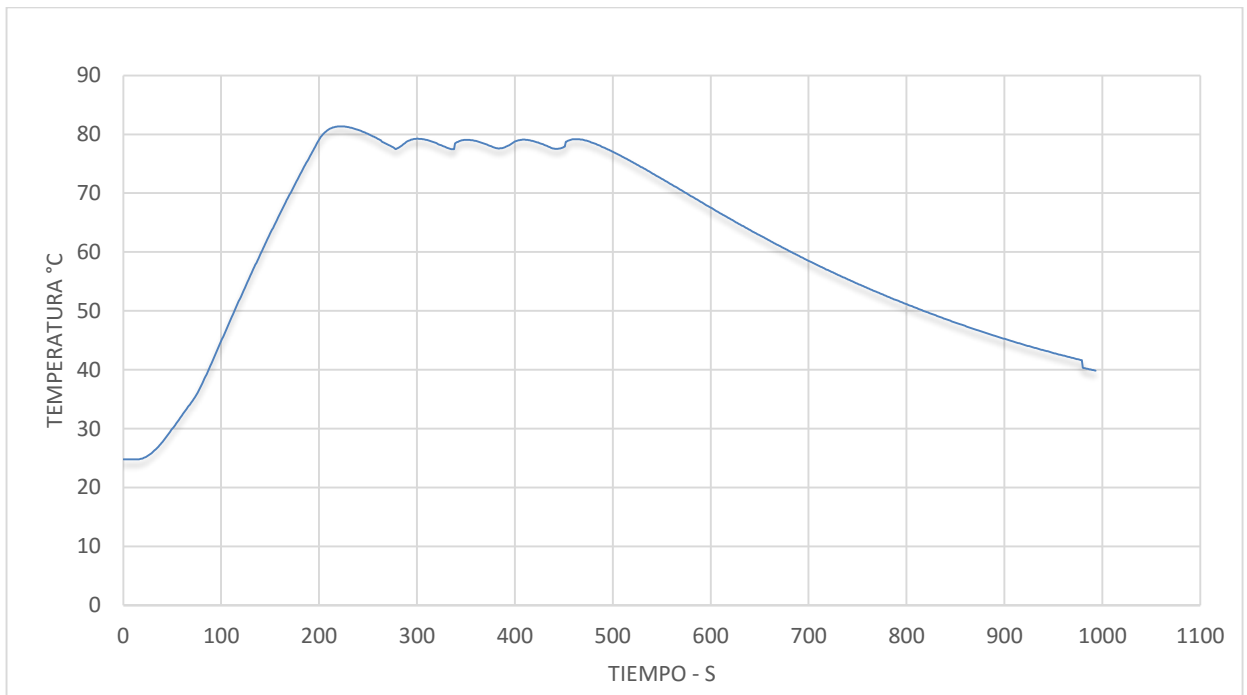


5 RESULTADOS

Posterior a la calibración se procedió a tomar una serie de datos para realizar la gráfica del comportamiento de la estación de control (ver

Figura 37), en esta se observa el tiempo que tarda en alcanzar la temperatura deseada para este caso se programó el controlador a 80 °C fue de 200 s, inicialmente se observa el puco máximo de temperatura el cual es de 81,34 en el segundo 223, la temperatura mínima fue de 77,47 °C; hasta el segundo 346 el sistema empieza a comportarse de manera estable, con cambios de temperatura suavizados. También se puede observar que la tasa con la que pierde calor el sistema es menor que con la que aumenta la temperatura

Figura 37 grafica construida datos tomados.



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se cumplieron los objetivos mencionados anteriormente y se obtuvo una buena medida de temperatura a pesar del retardo de respuesta que tiene el sensor, el cual se considera despreciable.
- Es posible tener una mejor recepción del conocimiento transmitido por el docente con espacios y herramientas didácticas de este tipo, donde se aplique, se observe y se opine del tema tratado.
-

6.2 RECOMENDACIONES

- Cambiar el relé por un relé de estado sólido, este permitirá el uso del controlador industrial en el modo ON – OFF, sino también en los modos Proporcional, Derivativo e Integral.

7 BIBLIOGRAFÍA

<http://es.slideshare.net/cperezmal/introduccion-a-los-sistemas-digitales-2168621>

<http://opfocus.org/index.php?topic=picture&v=12&s=6&p=1>

http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/lab_plc/paginas/resena.html

<http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/vespertino%202005/PLC/documentos/HI STORIA%20DEL%20PLC1.htm>

http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3195/salomonrmu6-1.pdf

<http://www.sabelotodo.org/termicos/medirtemperatura.html>

(Historia de la informatica: <http://histinf.blogs.upv.es/2011/12/22/john-von-neumann/>)

<http://www.sinewton.org/numeros/numeros/43-44/Articulo33.pdf>

<http://laboratorios.fi.uba.ar/lscm/termometros.pdf>

<http://www.anacafe.org>

Arántegui, J. (2010). Obtenido de http://web.udl.es/usuarios/w3511782/Control_de_procesos/Unidades_files/ap antes_10-11.pdf

Creus Solé, A. (2010). En *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL* (8 ed.). Marcombo.

LATIZA. (s.f.). *LATIZA*. Obtenido de http://latiza.com/archivos_publicar/galvinfo/GalvInfoNote3_4.pdf

Mazzone, V. (s.f.). Obtenido de <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>

Miatello, S. E. (2010). EL TERMÓMETRO: HISTORIA DE UNO DE LOS INSTRUMENTOS BASICOS DE LA PRACTICA COTIDIANA. *REVISTA MEDICA UNIVERSITARIA Facultad de Ciencias Medicas - UNCuyo*.

NATIONAL INSTRUMENTS. (s.f.). Obtenido de <http://www.ni.com/es-co.html>

Omega. (s.f.). Introduction To Temperature Controllers .

Rosa, J. M. (s.f.). Obtenido de <http://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2013/03/tipos-de-termopares.pdf>

Vidal, T. A. (2011). Obtenido de <http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/digital-systems/1-Introduccion.pdf>