



## **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

### **TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE: INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO  
PARA LA ETAPA DE CONTROL DE UN HORNO ELÉCTRICO DE SECADO

**AUTOR:** Juan Marcelo Padilla Taco

**TUTOR:** Mg. Flavio David Morales Arévalo

Año: 2017

## **DECLARACIÓN**

Yo Juan Marcelo Padilla Taco, declaro que este proyecto es de mi total autoría ya que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional, para lo cual se ha consultado las referencias bibliográficas descritas en este proyecto.

Con el presente documento declaro que cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo de titulación a la Universidad Tecnológica Israel, según lo que estipula el Reglamento de la Ley de Propiedad Intelectual, así como su normatividad institucional vigente.

## DATOS GENERALES

<b>CARRERA</b>	Electrónica Digital y Telecomunicaciones
<b>AUTOR</b>	Juan Marcelo Padilla Taco
<b>TEMA DE T.T:</b>	Diseño y Construcción de un sistema electrónico para la etapa de control de un horno eléctrico de secado
<b>ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:</b>	Tecnología Aplicada a la Producción y Sociedad
<b>SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL</b>	Desarrollo de sistemas electrónicos para la automatización y mejora en la producción de medicina natural de la industria farmacéutica del Ecuador.
<b>ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA</b>	Sistema electrónico de control y monitoreo de un horno eléctrico de secado para Laboratorio Phytochemie.
<b>FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL</b>	13 de Junio de 2017

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

### APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA ETAPA DE CONTROL DE UN HORNO ELÉCTRICO DE SECADO”**, presentado por el Sr. Juan Marcelo Padilla Taco, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Agosto del 2017

TUTOR



Ing. Flavio David Morales Arévalo, Mg

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta y a mi respetable Madre con profundo amor y gratitud por estar ahí día a día en mi desgaste físico y mental para alcanzar esta meta, de todo corazón te lo agradezco mamá espero te sientas orgullosa, así como yo lo estoy de ti.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis queridos hermanos Marco, Alexandra, Oscar, Patricia, David, todo mi esfuerzo y dedicación siempre estará enfocado a la familia, pondré toda mi capacidad y conocimiento en bien de la sociedad, donde se busque siempre ayudar a los demás .

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
Antecedentes .....	3
Planteamiento Del Problema .....	4
Formulación Del Problema .....	4
Justificación .....	5
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos .....	6
Descripción De Los Capítulos .....	7
CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	8
1.1 Marco Teórico Metodológico .....	8
1.2 Hornos de Secado .....	8
1.3 Horno Eléctrico de Laboratorio Phytochemie .....	9
1.3.1 Visita Técnica a la Empresa .....	9
1.3.2 Partes del Horno .....	10
1.3.3 Tablero de Mando .....	10
1.3.4 Tipos de Control .....	11
1.3.4.1 Circuito de Control ON/OFF .....	12
1.3.5 La Histéresis .....	12
1.4 Elementos de Control del Tablero .....	13
1.4.1 Controlador de Temperatura .....	13
1.4.2 Termocupla .....	14
1.4.3 El Contactor .....	14
1.4.4 Selectores .....	15
1.4.5 Circuito de Potencia .....	16

1.4.5.1 Resistencias Tubulares.....	17
1.4.5.2 Protecciones .....	18
1.5 Circulación de Aire en la Cámara.....	19
1.6 Los Sistemas Microcontroladores.....	20
1.6.1 Microcontrolador ATMEGA 164 .....	21
1.7 Sensor PT 100.....	22
1.7.1 Ventajas de los PT 100 .....	22
1.7.2 Conexiones de un Sensor PT 100 .....	23
1.7.3 Valores Estándar para Sensor PT 100.....	23
1.8 Lenguaje de Programación JAVA .....	24
1.8.1 Orientación de Objetos .....	25
1.8.1.1 Herramientas Básicas para la Orientación de Objetos.....	26
1.8.2 Las Clases .....	27
1.8.2.1 Herramientas Básicas Orientadas a las Clases.....	27
1.9 Marco Conceptual.....	29
<b>CAPITULO II PROPUESTA DE DISEÑO .....</b>	<b>31</b>
2.1 Esquema de Bloques Actual del Horno .....	31
2.1.1 Requerimientos del Cliente.....	31
2.2 Propuesta de Diseño.....	32
2.3 Requerimientos Técnicos.....	33
2.4 Diseño de placa electrónica .....	34
2.4.1 Etapa de Control .....	35
2.4.1.1 Distribución de los Puertos para el Presente Proyecto .....	36
2.4.1.2 Programación en Bascom .....	38
2.4.1.3 Usbasp.....	38
2.4.2 Etapa de Alimentación AC/ DC.....	39



2.4.3 Etapa de Potencia.....	40
2.4.4 Etapa de Comunicación .....	41
2.4.5 Etapa de Instrumentación.....	42
2. 4.6 Etapa de Visualización.....	45
2.4.6.1 Programación en Nextion .....	46
2.4.6.2 Simulador Nextion Editor. ....	47
2.4.6.3 Seguridad Táctil en Nextion .....	49
2.5 Desarrollo Software .....	50
2.5.1 Software Netbeans .....	50
2.5.2 Programación en Netbeans .....	50
2.5.3 Instalación del Software Creado para la Placa Electrónica .....	52
2.5.4 Interfaz Gráfica Terminada e Instalada .....	52
2.5.5 Conversor Serial a USB .....	54
2.6 Diagrama de Flujo de Todo el Sistema.....	54
<b>CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>56</b>
3.1 Desarrollo.....	56
3.2 Montaje de Elementos Electrónicos .....	56
3.3 Pruebas de Funcionamiento .....	57
3.3.1 Prueba de voltajes .....	57
3.3.2 Pruebas de Comunicación entre la Pantalla Táctil el Microcontrolador y Sensor PT 100 .....	58
3.3.3 Prueba del Sistema Electrónico Armado .....	59
3.3.4 Prueba de Simulación del Proceso de Secado con el Sistema Electrónico.....	60
3.3.5 Pruebas con Elementos de Potencia.....	61
3.3.6 Termohigrómetro utilizado para Calibrar el Sensor PT 100.....	61
3.3.7 Pruebas del Módulo Electrónico en la Empresa .....	63
3.3.8 Prueba 1: Funcionamiento del Módulo con el Horno.....	63

3.3.9 Prueba 2: Simulación de un Proceso de Secado sin Producto .....	64
3.3.9.1 Pruebas Finales en el Taller .....	65
3.3.9.2 Prueba de Comunicación Serial 485 .....	67
3.3.9.3 Prueba del Software Instalado en la Computadora del Jefe de Producción...	67
3.4 Instalación Final en el Sitio .....	68
3.5. Capacitación al Personal de la Empresa .....	70
3.6 Análisis De Resultados .....	71
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES.....	75
ANEXOS .....	77

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.-</b> Requerimiento Actual para el Proceso de Secado.....	5
<b>Gráfico 2.-</b> Horno Eléctrico de la Empresa.....	9
<b>Gráfico 3 .-</b> Datos Técnicos Del Horno Laboratorio Phytochemie .....	10
<b>Gráfico 4.-</b> Tablero Eléctrico del Horno. ....	11
<b>Gráfico 5.-</b> Controlador ON/OFF con Histéresis .....	12
<b>Gráfico 6.-</b> Controlador De Temperatura.....	13
<b>Gráfico 7.-</b> Termocupla de 2 Hilos .....	14
<b>Gráfico 8.-</b> Contactor Marca C N C.....	15
<b>Gráfico 9.-</b> Selector 2 Posiciones.....	16
<b>Gráfico 10.-</b> Tablero de Potencia del Horno Eléctrico .....	16
<b>Gráfico 11.-</b> Bloque de Conexiones de las Resistencias Tubulares.....	18
<b>Gráfico 12.-</b> Breaker Termo magnético y Símbolo .....	19
<b>Gráfico 13.-</b> Motor para la Ventilación del Horno .....	19
<b>Gráfico 14.-</b> Sistema de Control de Temperatura de un Horno .....	20
<b>Gráfico 15.-</b> Características Técnicas de los Microcontroladores AVR.....	21
<b>Gráfico 16.-</b> Curva Característica de un Sensor Pt 100 .....	22
<b>Gráfico 17.-</b> Conexión a 3 hilos.....	23
<b>Gráfico 18.-</b> Desviaciones admisibles para un sensor Pt 100 .....	24
<b>Gráfico 19.-</b> Esquema de Bloques .....	31
<b>Gráfico 20.-</b> Parámetros de Tiempo y Temperatura requeridos para los Productos .	32
<b>Gráfico 21.-</b> Propuesta de Diseño Para el Control de Temperatura.....	33
<b>Gráfico 22.-</b> Diseño En Proteus Etapa De Control .....	35
<b>Gráfico 23.-</b> Distribución de Pines en el Circuito Impreso del Proyecto.....	37
<b>Gráfico 24.-</b> Líneas De Programación Para el Proyecto del Horno .....	38
<b>Gráfico 25.-</b> Programador USB para AVR .....	39

<b>Gráfico 26.-</b> Etapa De Alimentación .....	40
<b>Gráfico 27.-</b> Etapa de Potencia .....	41
<b>Gráfico 28.-</b> Etapa de Comunicación.....	42
<b>Gráfico 29.-</b> Etapa de Instrumentación .....	43
<b>Gráfico 30.-</b> Cálculo De Valores Para La Calibración De La PT 100.....	44
<b>Gráfico 31.-</b> Temperatura en Función de Bits para el ADC .....	44
<b>Gráfico 32.-</b> Cálculo de Resistencia en Función de la Temperatura.....	45
<b>Gráfico 33.-</b> Pantalla Táctil Nextion modelo NX4832 .....	45
<b>Gráfico 34.-</b> Entorno de Programación Nextion .....	47
<b>Gráfico 35.-</b> Primera Ventana Mostrada En La Simulación .....	48
<b>Gráfico 36.-</b> Segunda Ventana Mostrada En La Simulación.....	48
<b>Gráfico 37.-</b> Ventanas de Confirmación .....	49
<b>Gráfico 38.-</b> Cuadro De Alerta Con Indicaciones.....	49
<b>Gráfico 39.-</b> Entorno de programación Principal. Java.....	51
<b>Gráfico 40.-</b> Entorno De Programación Comunicador. Java .....	52
<b>Gráfico 41.-</b> Interfaz Gráfica En La PC .....	53
<b>Gráfico 42.-</b> Mensaje de Confirmación en el Software .....	53
<b>Gráfico 43.-</b> Conversor Serial a USB para la Instalación .....	54
<b>Gráfico 44.-</b> Diagrama de Flujo .....	55
<b>Gráfico 45.-</b> Proceso de Elaboración de la Placa Madre .....	56
<b>Gráfico 46.-</b> Montaje de los distintos elementos en la placa Electrónica .....	57
<b>Gráfico 47.-</b> Medición de Voltajes.....	58
<b>Gráfico 48.-</b> Prueba de Comunicación de la Tarjeta con Elementos de Entrada y Salida .....	59
<b>Gráfico 49.-</b> Circuito Montado en una Caja de Acrílico.....	60
<b>Gráfico 50.-</b> Prueba de Simulación del Proceso de Secado .....	60
<b>Gráfico 51.-</b> Segunda Prueba con Elementos de Potencia.....	61

<b>Gráfico 52.-</b> Termohigrómetro Laboratorio Phytochemie.....	62
<b>Gráfico 53.-</b> Calibración de Sensor de Temperatura .....	62
<b>Gráfico 54.-</b> Primera Prueba en la Empresa Phytochemie.....	64
<b>Gráfico 55.-</b> Simulación de un Proceso de Secado sin Producto.....	65
<b>Gráfico 56.-</b> Estructura en Acero Inoxidable.....	66
<b>Gráfico 57.-</b> Montaje Final del Circuito en la Caja de Acero Inoxidable.....	66
<b>Gráfico 58.-</b> Prueba de Comunicación Serial .....	67
<b>Gráfico 59.-</b> Prueba de Monitoreo y Funcionamiento con el Software .....	68
<b>Gráfico 60.-</b> Configuración de Parámetros en la Instalación Final.....	69
<b>Gráfico 61.-</b> Módulo Electrónico en su Primer Control de Secado .....	69
<b>Gráfico 62.-</b> Capacitación al Personal de la Empresa.....	70

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se diseña y construye un sistema electrónico para un horno eléctrico, este equipo se encuentra en la empresa de medicina natural Laboratorio Phytochemie, el sistema permitirá ejecutar los procesos de control de temperatura y tiempo empleado para secar materia prima con la que se elaborará tabletas, la tarjeta electrónica a diseñar poseerá su respectiva comunicación HMI (Interfaz Hombre Maquina) mediante una pantalla táctil y un software instalado en una computadora para monitorear el proceso en todo momento, para la etapa de control se instalará un microcontrolador dotado de componentes de entrada y salida que serán los encargados de realizar las acciones dadas en esta etapa.

En este documento se detallará toda la información empleada en el desarrollo del proyecto tanto en hardware como en software.

### **DESCRIPTORES:**

Tecnología, Investigación, Diseño, Control, Automatización, Comunicación

## **SUMMARY**

This project is designed and built an electronic system for an electric oven, this equipment is in the company of natural medicine The Phytochemie Laboratory, the system allows to execute the processes of temperature control and the time used to dry the raw material with the electronic card design to have its respective HMI (Man Machine Interface) communication through a touch screen and software installed in a computer to monitor the process at all times, for the control stage install a microcontroller equipped with input and output components that are responsible for performing the actions at this stage. This document will detail all the information used in the development of the project in both hardware and software.

## **DESCRIPTORS:**

Technology, Research, Design, Control, Automation, Communication

## **INTRODUCCIÓN**

La actividad farmacéutica en el país es muy importante, donde los procesos que intervienen para fabricar tabletas son prioritarios al momento de entregar un producto de buena calidad, convirtiéndose en uno de los desafíos para la industria farmacéutica en el país, debido a que en el mercado existen tabletas y jarabes sin registro sanitario por no tener procesos adecuados. Obtener un producto de calidad obliga a Laboratorio Phytochemie a mejorar el proceso de secado, el cual se basará en varias fases con diferentes valores de temperatura, esto permitirá reducir el tiempo de elaboración del medicamento que mantendrá condiciones óptimas en las materias primas, para evitar efectos que puedan dañar el producto.

Dentro de esta industria existen algunos procesos para la fabricación de tabletas, uno de ellos es “el proceso de secado de las materias primas”, es en este proceso donde intervendrá el presente proyecto.

### **Antecedentes**

La empresa Laboratorio Phytochemie está ubicada en la ciudad de Quito en el sector de la Comuna en las calles Francisco Lizarazu y Luis Mena N26-71. Esta empresa nace en el año de 2009 con el objetivo de brindar una alternativa de salud natural gracias al aporte de profesionales calificados con amplia experiencia en el mercado farmacéutico y dermo cosmético, respaldados con procedimientos de tecnología alemana que los convierten en pioneros dentro del campo de la medicina natural.

La empresa durante sus años de funcionamiento adquirió en el año 2011 un horno eléctrico para el proceso de secado, el cual generó beneficios pero también pérdidas debido a que se produjo un pequeño incendio dentro del horno que ocasiono daños en el producto, dado la inexistencia de herramientas técnicas en el circuito de control del equipo.

Para solventar estos inconvenientes y mejorar el proceso en la fabricación de medicina natural nace la iniciativa de elaborar el presente trabajo de titulación.



## **Planteamiento Del Problema**

La empresa de medicina Laboratorio Phytochemie dispone de un horno eléctrico para secar las materias primas de sus productos, la parte eléctrica actual del equipo posee un circuito de control de temperatura compuesto por un controlador digital y una termocupla correspondiente al sensor de la variable térmica, este sensor genera rangos de error de +/- 10 grados centígrados alrededor de la temperatura deseada, por otro lado la inexistencia de un temporizador que controle el tiempo de secado para cada producto, que al menos necesita 3 etapas para completar su proceso.

Las materias primas cuando pasan a la etapa de secado antes de ingresar al horno están totalmente húmedas por alcohol etílico al 98%, siendo esta la primera causa del problema, luego el producto procesado es colocado en bandejas de acero inoxidable para el ingreso a la cámara del horno. Al iniciar el proceso de secado el operario selecciona el valor de temperatura manualmente según datos establecidos en la orden de producción ver Anexo 1, donde se indica los valores de temperatura y el tiempo a ser empleado con cada valor, esta tarea se la realiza de 3 o 4 veces dependiendo del producto, es en esta etapa donde se genera pérdida de productividad del operario y una afectación directa al principio activo de ciertas materias primas que constituye la característica más importante del producto final y cumpla el objetivo del medicamento.

En cuanto al circuito de potencia del horno este funciona mediante contactores que activan las resistencias eléctricas por el medio del control de encendido, este circuito de potencia cuenta con sus respectivas protecciones térmicas en caso de fallas, pero no posee una alarma de aviso para estos casos.

## **Formulación Del Problema**

El control electrónico sin duda es una de las muchas herramientas actuales que existen para solucionar operaciones manuales de máquinas y/o procesos, la falta de este tipo de control puede ocasionar cuantiosas pérdidas económicas a las distintas industrias por lo que se debería considerar una inversión para implementar estos sistemas a sus máquinas. Laboratorio Phytochemie tuvo algunos inconvenientes al no poseer estos sistemas en su horno eléctrico ya que durante el proceso de secado los operarios deben realizar cambios en los valores de tiempo y temperatura manualmente lo que ocasiona

pérdida de productividad del operario y alto riesgo de error al momento de realizar los cambios, esta problemática exige la adquisición de un sistema de control automático.

Para esto es necesario realizar un análisis en el sitio para conocer los parámetros técnicos y las condiciones actuales de funcionamiento del horno. Por otro lado definir los requerimientos adicionales del beneficiario que lleven a cabo un diseño que permita la implementación del sistema electrónico el cual resolverá la problemática actual.

### **Justificación**

El crecimiento notable de la empresa Phytochemie en los últimos años dentro del mercado nacional ha incidido directamente en la calidad del producto que demandan las entidades de salud antes de llegar al cliente final. Gracias al avance tecnológico en la actualidad se puede diseñar sistemas que permitan controlar y monitorear los procesos de manufactura de medicamentos como el de la fase de secado de sus materias primas objeto del presente proyecto.

Una vez ingresado el producto al horno se requiere programar una secuencia de tiempo y valores de temperatura preestablecida por los bioquímicos de la empresa de acuerdo a cada producto, ver Anexo 1 (tabla técnica), el proceso de secado consiste en realizar 3 etapas de control para la temperatura y en cada etapa un determinado tiempo con el fin de evaporar poco a poco la cantidad de alcohol etílico, es por eso que se debe aumentar los valores térmicos de manera secuencial para evitar algún tipo de incendio o explosión. En el gráfico 1 se puede ver un ejemplo de lo que se requiere.

Proceso Total De Secado Para Un Producto		
ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3
TEMPERATURA: 30º C	TEMPERATURA: 40º C	TEMPERATURA: 50º C
TIEMPO: 3 HORAS	TIEMPO: 3 HORAS	TIEMPO: 6 HORAS

**Gráfico 1.-** Requerimiento Actual para el Proceso de Secado

**Fuente:** Elaborado por el Autor

El sistema a diseñar permitirá al operario programar de forma sencilla el tiempo y temperatura del horno, en tal virtud este trabajo pretende diseñar e implementar un sistema electrónico para el proceso de secado de cada producto.

Con la implementación del sistema se estima que la empresa se beneficiará directamente en:

- Mejorar la calidad de secado del producto el cual cuidará el principio activo de la materia prima
- Parametrizar de mejor manera los tiempos de secado para cada producto.
- Optimizar el tiempo productivo del operario gracias al control automático el cual se lo puede realizar mediante hardware y software.
- Disminuir el índice de accidentes laborales debido a que el operario ya no tendrá que intervenir frecuentemente en el equipo.

### **Objetivo General**

Construir una tarjeta electrónica para la etapa de control de un horno eléctrico de secado.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual del horno para establecer los parámetros técnicos y requerimientos del cliente.
- Diseñar una tarjeta electrónica que sea capaz de realizar control, comunicación, visualización, instrumentación y potencia, necesarios en la etapa de control del horno eléctrico.
- Implementar el sistema electrónico que solventará el proceso de secado requerido por la empresa.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema electrónico.

## **Descripción De Los Capítulos**

Capítulo 1: Contiene las generalidades y los conceptos necesarios para conocer de manera clara las particularidades técnicas, actuales, del horno con sus elementos que lo conforman.

Capítulo 2: Describe netamente el diseño propuesto en el hardware y software, los criterios técnicos con las especificaciones de los elementos propuestos.

Capítulo 3: Contiene el desarrollo e implementación del proyecto con sus debidas pruebas y resultados.

Finalmente se presenta conclusiones, recomendaciones, referencias bibliografías, y anexos con información adicional relevante de los temas tratados.

# **CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## **1.1 Marco Teórico Metodológico**

Con el fin de iniciar la ejecución de este proyecto se realiza una visita a la empresa quien facilitara la información necesaria para la elaboración del sistema de control, posterior a esto se efectúa el reconocimiento del horno eléctrico en el sitio para determinar de forma detallada el estado actual del equipo.

Con la información obtenida se procede a realizar un estudio teórico de los diferentes elementos que intervienen en el proyecto propuesto, se analiza las diferentes alternativas para el desarrollo del software que deberá estar integrado al circuito electrónico para garantizar el funcionamiento correcto de los datos en tiempo real.

Posterior al estudio se inicia con el diseño de la placa madre y las simulaciones previo al ensamblaje definitivo de los dispositivos electrónicos. Después del montaje de los elementos con las pruebas respectivas de funcionamiento se inicia con el desarrollo del software el cual se conecta mediante una interfaz serial (RS 485) con el fin de conseguir la gestión de monitoreo desde un computador.

Al finalizar el diseño y la construcción del sistema tanto en hardware como en software se coordina una visita al sitio para las pruebas con el horno en cuestión. Al término de estas pruebas con el sistema electrónico se observan los resultados para determinar el espacio físico de montaje en el horno, con la instalación definitiva que incluya la capacitación a todos los operadores del horno.

Como último paso realizar un análisis de la investigación en donde se refleje la descripción de conclusiones recomendaciones.

## **1.2 Hornos de Secado**

En el campo industrial existen algunos modelos de hornos cada uno con su principio de energía calorífica los cuales se mencionan a continuación:

- Hornos de vapor
- Hornos eléctricos
- Horno a gas

### 1.3 Horno Eléctrico de Laboratorio Phytochemie

En el gráfico 2 se puede observar el horno eléctrico el cual se encuentra instalado en la empresa.



**Gráfico 2.-** Horno Eléctrico de la Empresa

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie.

#### 1.3.1 Visita Técnica a la Empresa

En las instalaciones de la empresa se obtiene la información técnica del equipo en donde se puede apreciar que se trata de un horno construido en material de acero inoxidable, en el gráfico 3 se observa los datos técnicos obtenidos de la placa y manual de fabricante ver Anexo 2.

<b>Tensión (v)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Corriente</b>	<b>Marca</b>	<b>Dimensiones mm</b>	<b>Origen</b>
220 v 3 P	8000 W	40 A	N O A	L 2000 x Acho 1500 x Alto 2000	China

**Gráfico 3 .-** Datos Técnicos Del Horno Laboratorio Phytochemie

**Fuente:** Elaborado por el Autor.

### 1.3.2 Partes del Horno

El horno eléctrico donde se implementará el nuevo sistema de control electrónico para temperatura y tiempo está constituido de las siguientes partes:

- Banco de resistencias eléctricas tubulares
- Bandejas de acero inoxidable
- Estantes para bandejas
- Cámara térmica de secado
- Ventilador
- Tablero de mando

El estudio de este proyecto estará enfocado en el tablero de mando, específicamente en el circuito de control que no cumple las expectativas actuales y en el cual es necesario intervenir para cumplir con los requerimientos del beneficiario.

### 1.3.3 Tablero de Mando

En el tablero del equipo existente que se lo puede observar en el gráfico 4, muestra los elementos eléctricos que posee el equipo, estos a su vez forman circuitos que corresponden a:

- Circuito de control
- Circuito de potencia
- Protecciones



**Gráfico 4.-** Tablero Eléctrico del Horno.

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie.

### 1.3.4 Tipos de Control

En la actualidad gracias a los avances de la ciencia que se ven reflejados en la tecnología moderna han permitido descubrir algunos tipos de control utilizados en diferentes áreas donde se requiere algún tipo de autómata, entre algunos de estos tenemos:

- Control ON/OFF
- Control PID (proportional–integral–derivative controller)
- Control de lógica difusa
- Control de redes neuronales

Entre los controles mencionados para el presente proyecto se utiliza el conocido como control ON/OFF ya que el actual no es eficiente para el proceso de secado de la manera como está diseñado, con el nuevo diseño se espera alcanzar nuevas ventajas y adecuaciones para lograr una mejora en el proceso de elaboración de los medicamentos requerimientos que la empresa necesita.



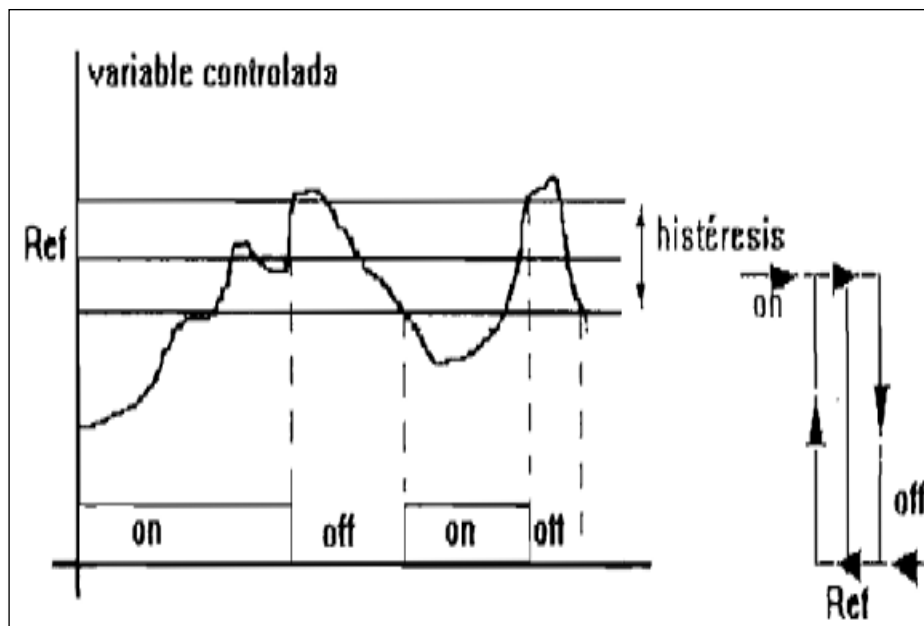
### 1.3.4.1 Circuito de Control ON/OFF

Este circuito es uno de los más usados para control de temperatura en donde las exigencias no son críticas, utiliza dos estados encendido y apagado. Este dispositivo de control no tiene la capacidad para entregar un valor exacto en la variable controlada pero si un valor de referencia bastante cercano a lo que se programe en el controlador digital. (Duran, 2012)

### 1.3.5 La Histéresis

Se entiende como la diferencia entre los tiempos máximos y mínimos con referencia a un Setpoint o valor de ajuste. En el gráfico 5 se puede observar un control por histéresis.

La oscilación dependerá de algunos factores, el período de activación siempre estará en función del tiempo neutro del sistema más la histéresis del controlador. La histéresis está influenciada directamente por la amplitud de la oscilación, la cual es dependiente de los valores del factor de histéresis y la magnitud del escalón en la variable de entrada. (Duran, 2012)



**Gráfico 5.-** Controlador ON/OFF con Histéresis

**Fuente:** Automatismos Eléctricos e Industriales

## 1.4 Elementos de Control del Tablero

Los fabricantes de este circuito de control utilizaron elementos eléctricos muy conocidos que fácilmente se encuentra en el mercado ecuatoriano en distintas calidades, dentro de este tablero con respecto al circuito mencionado tenemos los siguientes elementos que conforman el control actual:

- Controlador de temperatura
- Sensor termocupla
- Contactor (bobina)
- Selectores de accionamiento y o parada

### 1.4.1 Controlador de Temperatura

Una de las funciones consiste en abrir o cerrar un contacto, el cual hará accionar el circuito de potencia que basado en la programación es un valor de ajuste previamente ingresado, en ese instante se activan las resistencias y empieza el control, sin olvidar que el elemento que da la señal de disparo es el sensor de temperatura el cual toma la señal de la variable térmica que es enviada en forma de voltaje hacia el controlador, donde se visualiza la señal mediante la pantalla con valores numéricos con su respectiva unidad en grados centígrados conocido para el operario. En el gráfico 6 se puede ver el controlador que existe en la empresa.



**Gráfico 6.-** Controlador De Temperatura

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie.

### 1.4.2 Termocupla

Es un sensor activo diseñado para apreciar la variable de temperatura esto se produce por la dilatación de sus materiales internos, entrega una tensión en el orden de los milivoltios cuando una corriente atraviesa sus cables terminales, estos valores se encuentran relacionados directamente con la temperatura a la cual se la somete este instrumento. (Daneri, 2008, pág. 76)

En el gráfico 7 se puede observar la termocupla utilizada en la empresa para medir la temperatura.



**Gráfico 7.-** Termocupla de 2 Hilos

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie

### 1.4.3 El Contactor

El funcionamiento de un contactor se asemeja al de un interruptor, actúa de esta forma cuando se energiza la bobina del electroimán que posee. Con este método, se pueden activar circuitos con corrientes muy altas o muy bajas que actúan sobre la bobina. El funcionamiento es similar a la de los relés pero la principal diferencia radica en que puede manejar cargas de mayor potencia. Internamente están formados por una bobina, un núcleo fijo, un núcleo móvil o armadura y un juego de contactos de potencia. La bobina está arrollada sobre el núcleo fijo mientras que la armadura soporta la pieza móvil de cada contacto de potencia. Se encuentra una gran variedad de accesorios y también bloques de contactos auxiliares que son normalmente abiertos (NA) o cerrados

(NC) muy utilizados para diseñar, también se tiene enclavamientos mecánicos, módulos de cableado, limitadores de sobretensiones, etc. Se montan sobre un riel DIN de 35 mm. (Daneri, 2008, pág. 84)

En el gráfico 8 se puede visualizar el contactor empleado para el control de potencia en el horno eléctrico.



**Gráfico 8.-** Contactor Marca C N C

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie.

#### 1.4.4 Selectores

Son dispositivos mecánicos de diversos tamaños y modelos ya sea de forma o de capacidad de contactos, en el gráfico 9 se puede ver el selector con los contactos de fábrica. El horno cuenta con selectores de dos estados, el primero es un contacto normalmente abierto donde se coloca la línea o fase de control y el segundo es un contacto normalmente cerrado que se lo aprovecha para activar un circuito, esto a su vez dará la señal de disparo para iniciar el funcionamiento del horno con todos sus elementos de control y potencia. (Duran, 2012)

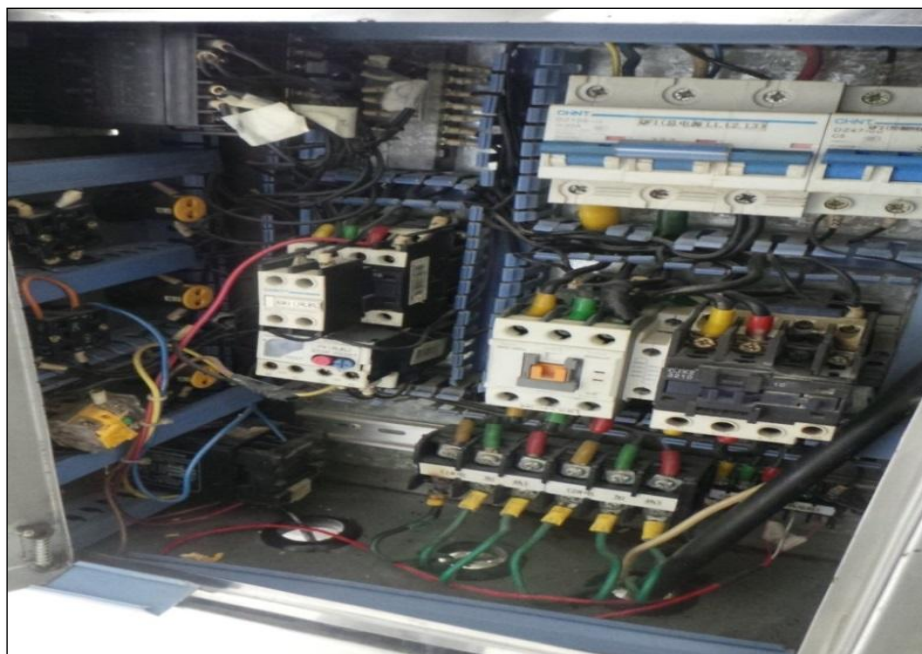


**Gráfico 9.-** Selector 2 Posiciones

**Fuente:** Automatismos Eléctricos e Industriales

### 1.4.5 Circuito de Potencia

Como se puede observar en el gráfico 10 se tiene las conexiones y condiciones del circuito actual dentro del tablero eléctrico del horno, en donde se implementa el modulo electrónico.



**Gráfico 10.-** Tablero de Potencia del Horno Eléctrico

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie

El circuito de control comanda al circuito de potencia por lo que es indispensable la acción de cada uno de ellos para operar este equipo, en este tablero eléctrico se encuentran partes principales como son:

- Resistencias tubulares(calefacción)
- Breaker termo magnéticos (protecciones)
- Motor de ventilación (cámara de ventilación)

#### **1.4.5.1 Resistencias Tubulares**

Las resistencias eléctricas tubulares están fabricadas con blindaje de acero inoxidable además de estar provistas de aletas planas o circulares para generar una gran superficie de transferencia térmica. Dentro del horno son el alma del sistema ya que se encargan de generar calor mediante el paso de corriente en sus terminales lo cual permitirá que la cámara se caliente y disipe la humedad.

Entre las distintas aplicaciones en donde se utiliza este tipo de resistencias se cita las siguientes:

- Cámaras climáticas.
- Planchas de calentamiento.
- Hornos.
- Cualquier proceso industrial que necesite aire caliente.

Como se puede ver en el gráfico 11 se muestra el bloque de los terminales para las conexiones eléctricas de las resistencias tubulares que se encuentran dentro de la cámara del horno.



**Gráfico 11.-** Bloque de Conexiones de las Resistencias Tubulares

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie.

#### **1.4.5.2 Protecciones**

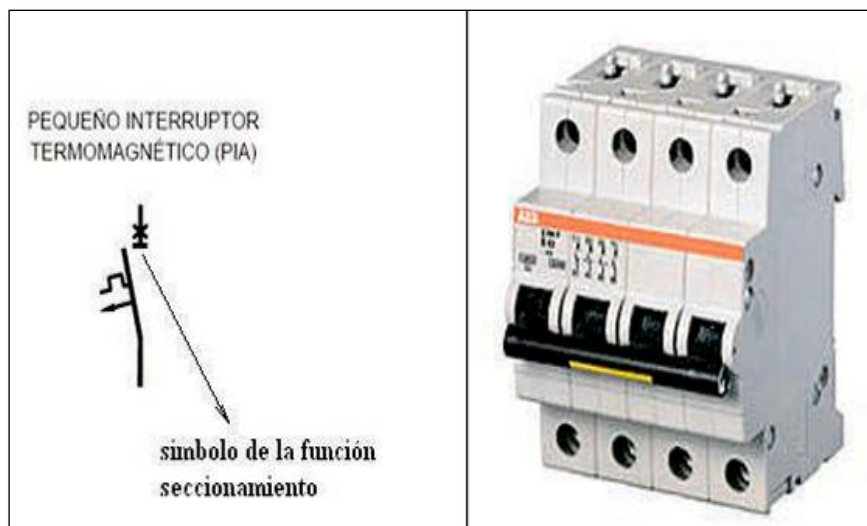
Una de las partes primordiales a la hora de diseñar un circuito eléctrico se relaciona con las protecciones contra fallos de sobrecarga o cortocircuito.

**Breaker Termomagnético.-** es un dispositivo de protección de circuitos eléctricos, que actúa ante dos distintos tipos de eventos, la parte térmica actúa ante una sobrecarga del circuito y la parte magnética lo hace ante un cortocircuito.

En resumen la función del interruptor termo magnético es proteger el conductor no la carga. El dimensionamiento de esta protección se calcula en función del calibre y característica térmica del conductor, en el caso del circuito de potencia del horno está instalada con un cable número 8 de 7 hilos en cobre y este a su vez se calcula de acuerdo a la carga. (Duran, 2012)

Cabe señalar que lo antes mencionado ya se encuentra diseñado e instalado por lo que no se realiza mayor investigación en este punto ya que el nuevo sistema electrónico deberá comandar a este circuito de potencia.

Este elemento eléctrico se lo muestra en el gráfico 12 junto con su símbolo normalizado.

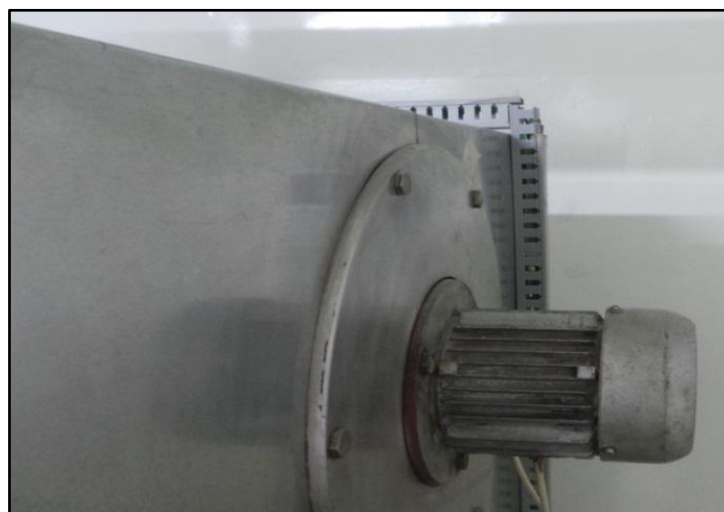


**Gráfico 12.-** Breaker Termo magnético y Símbolo

**Fuente:** Leavy, 2012

### 1.5 Circulación de Aire en la Cámara

**Motor de Ventilación.-** el aire con la velocidad que circula a través del producto, es de gran importancia en el proceso de secado ya que es el encargado de recoger la humedad que se genera en la cámara y a su vez entregar calor a todos los puntos. Mientras mayor sea la velocidad del aire, mayor será la rapidez con que se absorberá humedad que se encuentra en el producto. En el gráfico 13 se puede ver el motor que genera la ventilación en la cámara.



**Gráfico 13.-** Motor para la Ventilación del Horno

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie

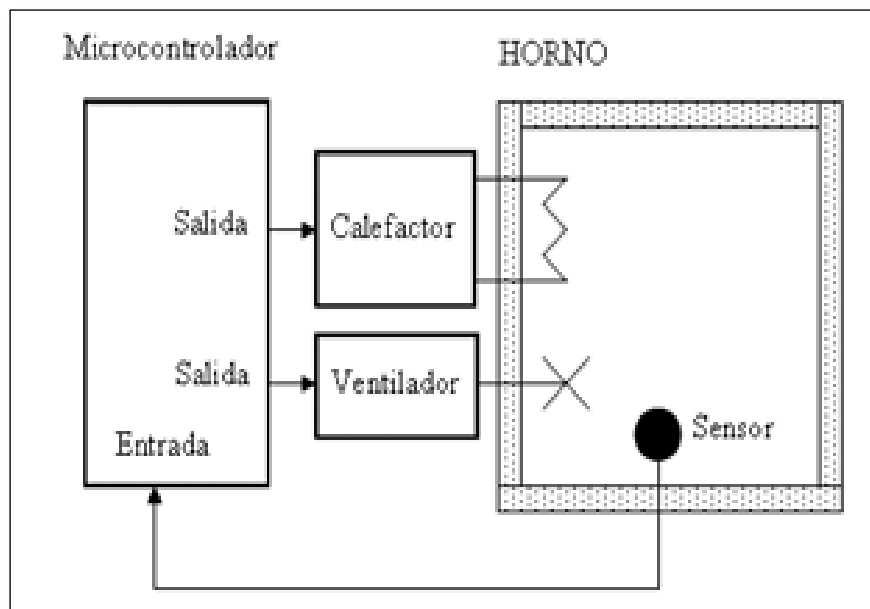


## 1.6 Los Sistemas Microcontroladores

Un microcontrolador es un ordenador de en un único chip el cual se integra junto con los elementos que se encargan de realizar las acciones físicas, este dispositivo electrónico funciona con un conjunto de órdenes de programa almacenadas en su memoria, el mismo ejecutará una a una las instrucciones programadas y realizará la secuencia de las operaciones indicadas. Los microcontroladores se programan vía software mediante un lenguaje ensamblador desarrollado para cada dispositivo en cuestión.

Toda la gama de microcontroladores son fabricados por diversas empresas lo que obliga a estudiar un método por cada fabricante, se pueden programar con un lenguaje de alto nivel, como BASIC, PASCAL, C. Estos tienen la ventaja de ser fáciles de aprender ya que cuentan con herramientas como: detección de errores y mensajes de guía para las diferentes instrucciones que se desea desarrollar, esto permite garantizar el código fuente para programas complejos pero con mayor facilidad de entendimiento. (Ibrahim, 2006, pág. 2)

En el gráfico 14 se observa un esquema para control de temperatura el cual se desea alcanzar con este proyecto.



**Gráfico 14.-** Sistema de Control de Temperatura de un Horno

**Fuente:** Ibrahim, 2006

### 1.6.1 Microcontrolador ATMEGA 164

El ATMEGA 164 con tecnología CMOS de 8 bits es un potente microcontrolador que proporciona alta flexibilidad y es eficaz para muchas aplicaciones de control, permite optimizar el consumo de energía frente al procesamiento velocidad, esto se convierte en una de las características técnicas industriales de construcción y tecnología bastante apropiadas para la ejecución del proyecto a realizar ver el Anexo 3, datasheet del elemento.

La información almacenada en el microcontrolador es de alta confiabilidad ya que tiene un diseño de retención de 20 años a 85 °C o 100 años a 25 °C

Entre las principales características técnicas de este dispositivo electrónico desarrollado por el fabricante ATMEL las cuales se pueden ver en el gráfico 15 en la columna referente al modelo ATMEGA 164.

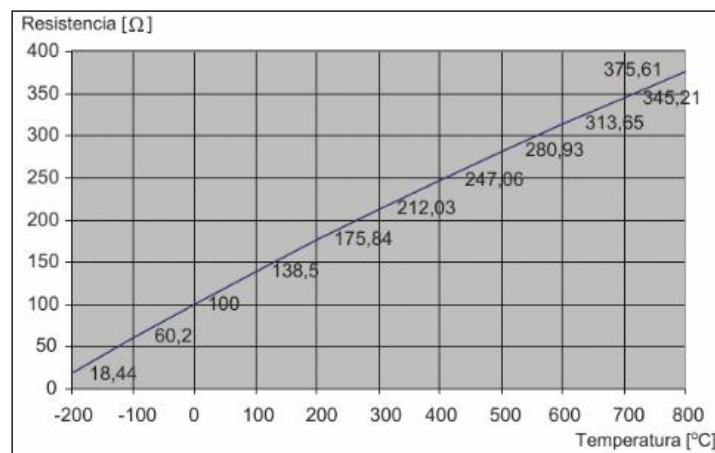
Features	AT mega164/V	AT mega324/V	AT mega644/V
Pin Count	40/44	40/44	40/44
Flash (Bytes)	16K	32K	64K
SRAM (Bytes)	1K	2K	4K
EEPROM (Bytes)	512	1K	2K
General Purpose I/O Lines	32	32	32
SPI	1	1	1
TWI (I <sup>2</sup> C)	1	1	1
USART	2	2	2
ADC	10-bit 15ksp/s	10-bit 15ksp/s	10-bit 15ksp/s
ADC Channels	8	8	8
Analog Comparator	1	1	1
8-bit Timer/Counters	2	2	2
16-bit Timer/Counters	1	1	1
PWM channels	6	6	6
Packages	PDIP TQFP VQFN/QFN	PDIP TQFP VQFN/QFN	PDIP TQFP VQFN/QFN

**Gráfico 15.-** Características Técnicas de los Microcontroladores AVR

**Fuente:** Atmel, 2016

## 1.7 Sensor PT 100

Esta clase de sensor es del tipo RTD (Resistance Temperature Detector), en el gráfico 16 se puede ver la curva característica de este elemento que funciona mediante un alambre de platino que a la temperatura de 0 °C obtiene una resistencia de 100 ohms, para cuando el valor de la temperatura aumenta también se produce un aumento en la resistencia eléctrica. Este incremento no es lineal pero se presenta creciente por las características del material, para encontrar una temperatura exacta se debe recurrir a valores estándar lo cuales se puede revisar en el Anexo 4. (Daneri, 2008)



**Gráfico 16.-** Curva Característica de un Sensor Pt 100

**Fuente:** Daneri, 2008

### 1.7.1 Ventajas de los PT 100

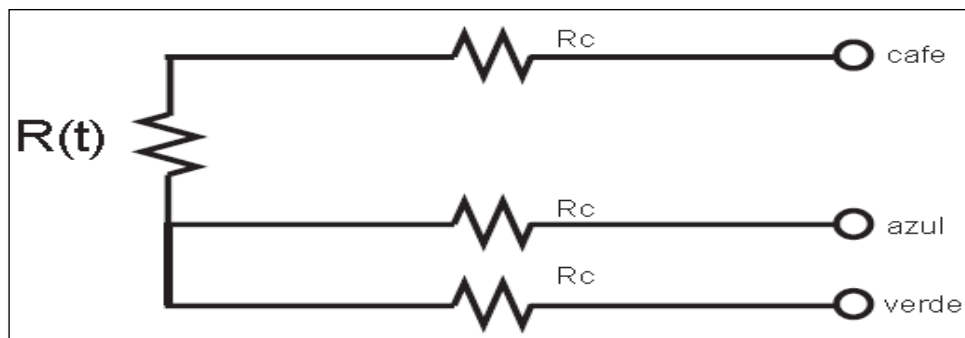
Mecánicamente no son tan robustos como las termocuplas, están diseñadas para operar con temperaturas bajas alrededor de (-100 °C a 200 °C). Las PT 100 entregan fácilmente precisiones en valores de una décima de grado, esta no pierde precisión en los datos por el uso ya que posee la característica de interrumpir la continuidad de su material entre los terminales positivo y negativo lo que ocasiona que se la considere dañada, en ese momento el lector de temperatura detecta la pérdida de la señal y emite una señal de falla esto evita lecturas erróneas que puedan continuar con el proceso normal. Otro beneficio de este elemento es la distancia a la que puede enviar su señal que normalmente se encuentra en un límite máximo de 30 metros en material de cobre convencional, esto se aprovecha para realizar instalaciones extendidas. (Daneri, 2008)

### 1.7.2 Conexiones de un Sensor PT 100

Existen 3 tipos de conexiones que van de acuerdo al grado de precisión que se desee alcanzar, mientras más terminales o hilos disponga el sensor más precisa será la lectura de la variable a medir, entre los distintos tipos se tiene:

- Conexión 2 hilos
- Conexión 3 hilos
- Conexión 4 hilos

Para el presente proyecto se tomará en cuenta solo la conexión a tres hilos debido al nivel de precisión que se necesita en el proceso de secado, el cual no es tan crítico debido a las temperaturas requeridas para esta fase, en el gráfico 17 se puede observar este tipo de conexión.



**Gráfico 17.-** Conexión a 3 hilos

**Fuente:** Daneri, 2008

**Conexión a 3 hilos.-** es uno de los más usados para eliminar la diferencia de potencial que se genera entre los terminales con el que está construido el instrumento lo que genera un valor de error en la lectura de temperatura. Esto se consigue mediante el puente de Wheastone en el que todas las resistencias deben ser del mismo valor ver el Anexo 5.

### 1.7.3 Valores Estándar para Sensor PT 100

La información que se puede ver en el gráfico 18 es de relevancia para el diseño de la instrumentación, porque tiene valores de resistencia estandarizados para PT 100.

VALOR BÁSICO		CLASE A		CLASE B		1/3 DIN	
°C	Ohm	°C	Ohm	°C	Ohm	°C	Ohm
-200	18,44	±0,55	±0,24	±1,3	±0,56	±0,4	±0,19
-100	60,2	±0,35	±0,14	±0,8	±0,32	±0,3	±0,11
0	100	±0,15	±0,06	±0,3	±0,12	±0,1	±0,04
100	138,5	±0,35	±0,13	±0,8	±0,3	±0,3	±0,10
200	175,84	±0,55	±0,20	±1,3	±0,48	±0,4	±0,16
300	212,03	±0,75	±0,27	±1,8	±0,64	±0,6	±0,21
400	247,06	±0,95	±0,33	±2,3	±0,79	±0,8	±0,26
500	280,93	±1,15	±0,38	±2,8	±0,93	±0,9	±0,31
600	313,65	±1,35	±0,43	±3,3	±1,06	±1,1	±0,35
650	329,41	±1,45	±0,46	±3,6	±1,13	±1,2	±0,38
700	345,21	-	-	±3,8	±1,17	±1,3	±0,39
800	375,61	-	-	±4,3	±1,28	±1,4	±0,43
850	390,38	-	-	±4,6	±1,34	±1,5	±0,45

**Gráfico 18.-** Desviaciones admisibles para un sensor Pt 100

**Fuente:** Daneri, 2008

## 1.8 Lenguaje de Programación JAVA

La aplicación está basada en el lenguaje de programación java mismo que está orientado a los objetos. Esta tecnología fue desarrollada por Sun Microsystems. Este programa informático es una herramienta que permite generar un código y una máquina virtual

Este lenguaje está basado en otros lenguajes que le sirvieron como base, uno de los principales son las sentencias comunes de C y C++. Entre sus principales características se escribe al lenguaje Java de la siguiente manera:

- Simple
- Orientado a objetos
- Tipado estáticamente
- Distribuido
- Interpretado
- Robusto
- Seguro

- Arquitectura neutral
- Multihilo
- Recolector de basura (Garbage Collector)
- Portable
- Alto Rendimiento: sobre todo con la aparición de hardware especializado y mejor software
- Dinámico

Una de las ventajas del lenguaje es la portabilidad, su arquitectura neutral así como su simplicidad. Java elimina algunas características de otros lenguajes como C++ y crea herramientas más útiles como el recolector de basura que hace se libere más memoria, reduce en un 50% los errores más comunes. (Velez et al., 2011)

### **1.8.1 Orientación de Objetos**

La programación orientada a objetos establece un equilibrio entre la importancia de los procesos y los datos, donde se muestra un enfoque más cercano al pensamiento del ser humano. El estado de un objeto puede cambiar según los mensajes que reciba desde el exterior o de un cambio interno al propio objeto. El comportamiento de un objeto variará en función del estado en el que se encuentre, esto se percibe por los valores que devuelve ante los mensajes que recibe y por los cambios que produce en los objetos con los que se relaciona. Finalmente la identidad de un objeto es aquello que lo hace distinguible de otros objetos. (Velez et al., 2011, pág. 5)

#### **Las capacidades principales son:**

Abstraer. • Encapsular. • Modularizar. • Jerarquizar.

#### **Las capacidades secundarias son:**

Tipo. • Concurrencia. • Persistencia

Una de las ventajas de este lenguaje es que posee una interfaz específica llamada RTTI (Run Time Type Identification) la cual sirve para interactuar entre objetos y separa las variables de instancias, también en Java las clases permiten una

representación con esta herramienta que ayuda a los programadores a interrogar de acuerdo al tipo de clase y unirlo dinámicamente con el resultado de la búsqueda actual.

En este lenguaje casi todos son objetos a diferencia de otros lenguajes orientados que permiten la opción de herencia múltiple lo que ocasiona confusiones, sin embargo en Java no se permite esta opción ya que solo dispone de la Herencia simple (todas las clases Java derivan jerárquicamente de la clase " Object "), esto significa que cada clase solo puede definirse a partir de otra clase, este tipo de condiciones obligatorias evitan cometer fallas en el código por la herramienta Herencia múltiple. En java se crea clases totalmente abstractas a las que se les conoce como interfaces, estas permiten definir métodos que se pueden compartir con otras clases. (Velez et al., 2011, pág. 5)

#### **1.8.1.1 Herramientas Básicas para la Orientación de Objetos.**

**Abstraer.-** es la capacidad que permite distinguir aquellas características fundamentales de un objeto que lo hacen diferente del resto y que proporcionan límites conceptuales bien definidos relativos a la perspectiva del que lo visualiza (Velez et al., 2011, pág. 6)

**Encapsular.-** es la capacidad que permite mantener oculta la implementación de una abstracción a los usuarios de la misma. El objetivo de encapsular es la ocultación de la implementación, para que ninguna parte de un sistema complejo dependa de cómo se ha implementado otra parte. (Velez et al., 2011, pág. 8)

**Jerarquizar.-** esta técnica permite ordenar los elementos presentes en un sistema complejo. Ordenar los elementos en grupos permite descubrir semejanzas y diferencias para luego comprender la complejidad del sistema. En el esquema de Programación Orientada a Objetos se definen dos formas básicas de jerarquías. (Velez et al., 2011, pág. 9)

- Jerarquías entre clases e interfaces.
- Jerarquías entre objetos.

**Modularizar.-** es la capacidad que permite dividir un programa en agrupaciones lógicas de sentencias que pasa a tomar el nombre de módulo, con esta herramienta se

obtiene ventajas como: la facilidad de mantenimiento, diseño, revisión y aumento en la velocidad de compilación. (Velez et al., 2011, pág. 14)

**Tipo.-** es una caracterización precisa asociada a un conjunto de objetos. En programación orientada a objetos estos comparten una misma interfaz se dice que tienen el mismo tipo, la asociación del tipo a un objeto se conoce como tipado. (Velez et al., 2011, pág. 15)

## **1.8.2 Las Clases**

Las clases son el mecanismo básico que proporciona Java para manejar el concepto de abstracción y de tipado que no es más que la asociación del tipo a un objeto.

Java permite construir clases que definen la interfaz y la implementación de los objetos que posteriormente se podrán crear. Así cada clase define una interfaz y un tipo (o varios tipos en el caso de las clases parametrizadas). (Velez et al., 2011, pág. 34)

### **1.8.2.1 Herramientas Básicas Orientadas a las Clases**

**Identificación.-** la primera línea de una clase identifica el nombre de la clase, las clases de las que hereda, las interfaces que implementa, las excepciones que puede lanzar y los parámetros utilizados para referir tipos. (Velez et al., 2011, pág. 34)

**Miembros.-** se pueden clasificar en datos miembros como funciones miembros, también conocidos como propiedades y métodos, en Java tanto las propiedades como los métodos pueden corresponder a instancias de la clase (objetos) o a la propia clase (con valores comunes en todos los objetos de la clase). (Velez et al., 2011, pág. 34)

**Clases internas.-** clases que se definen dentro de otras clases. Normalmente se utilizan para crear clases fuertemente ligadas con la clase huésped. Estas clases internas pueden incluso ser anónimas, que derivan de otra que le proporciona una interfaz con el resto del código. (Velez et al., 2011, pág. 34)

**Bloques de inicialización.-** conjuntos de instrucciones encargadas de iniciar las propiedades de la clase. Java se encarga de que estos bloques se ejecuten convenientemente antes de crear los objetos de la clase. (Velez et al., 2011, pág. 34)



**Juego de instrucciones.** - es un conjunto de sentencias locales utilizadas para declarar variables y darles un posible valor inicial, se las puede colocar en un punto cualquiera de un bloque y no necesariamente al inicio.

Entre las principales instrucciones se presentan las palabras reservadas del lenguaje Java como son : abstract, boolean, break, byte, case, catch, char, class, continue, default, do, double, extends, false, final, finally, float, for, if, implements, instanceof, int, interface, long, native, new, null, package, private, public, return, short, static, super, switch, synchronized, this, threadsafe, transient, true, try, void, volatile, while. (Velez et al., 2011)

**Compiladores de Java.-** existen varios entornos de programación para compilar Java en línea de comandos entre los cuales se mencionan:

**Eclipse:** tiene software libre y es uno de los entornos Java más utilizados a nivel profesional.

**NetBeans:** otro de los entornos de software libre muy utilizados porque facilita el diseño gráfico asociado a aplicaciones Java es por eso que la interfaz de monitoreo para el horno se la realizará mediante esta plataforma.

**JCreator:** es un software comercial del cual se pueden obtener versiones de prueba. Este IDE está escrito en C++ y omite herramientas para desarrollos gráficos, esto hace que sea más rápido y eficiente que otros IDEs.

## 1.9 Marco Conceptual

**AVR.-** la empresa Atmel fabrica microcontroladores y define a este tipo de productos como familias de microcontroladores RISC denominados AVR. Este término estará relacionado en la etapa de diseño específicamente en la de control automático.

**ADC.-** es una parte de un puerto del microcontrolador llamado conversor análogo digital el cual se encarga de recibir la señal de una variable. Este conversor será utilizado para que los datos enviados por el sensor PT 100 sean acondicionados a valores de temperatura.

**BITS.-** es la cantidad mínima que se emplea en cualquier operación digital que se relaciona con velocidad o cantidad de memoria. El proyecto por contener comunicación entre los diferentes elementos está relacionado con esta unidad específicamente en la transmisión y recepción de datos.

**Ensamblador.-** programa informático que sirve en la programación de los microcontroladores y también microprocesadores. En cuestiones de software que en este proyecto se desarrolla tanto para diseño como para monitoreo se podrá encontrar este término en esas secciones.

**HMI.-** es una interfaz gráfica que las personas utilizan para interactuar con las maquinas también conocido como hombre máquina. Se menciona este término porque estará presente en la pantalla táctil y en el software de monitoreo.

**Histéresis.-** es el cambio de comportamiento de la variable física temperatura en un rango diferente del valor de ajuste, este principio físico aparecerá al elevar la temperatura del horno el cual no es controlable luego de desactivar las resistencias.

**Microcontrolador.-** circuito integrado potente capaz de efectuar varias tareas lógicas mediante la programación de un lenguaje informático. Este tipo de autómatas será utilizado para el control del proceso de secado.

**PCB.-** se usa para definir las siglas de una tarjeta electrónica, el significado conocido es placa de circuito impreso. Este término se usará para la construcción de la placa madre del proyecto.

**PUERTO.-** es la división de un bloque o sección que relaciona los pines de un microcontrolador estos pueden ser de entrada o de salida. Serán utilizados para las conexiones de los periféricos de entrada y salida necesarios para el horno.

**PT 100.-** (platino de 100 ohmios), es un sensor de temperatura que tiene la capacidad de entregar lecturas con rangos mínimos de error. Es por esa característica que se implementara en el circuito de censado del sistema propuesto.

**RS-485.-** es un protocolo de comunicación estándar, su principal ventaja es la capacidad de transmisión a grandes distancias., por lo que se usará para la comunicación a distancia del horno.

**RS-232.-** es un protocolo de comunicación estándar, se utiliza en comunicaciones a cortas distancias. También será utilizado para conectar la pantalla táctil con el microcontrolador

**RISC.-** es un conjunto de instrucciones reducidas para computadores, generalmente se utiliza en microprocesadores. Estará relacionado en la creación del software para el monitoreo del horno

**Set Point.-** valor de ajuste en la programación de la variable térmica y tiempo las cuales se registrarán como referencia a este valor. Este término se lo utilizará con frecuencia en la programación de los valores de temperatura y de tiempo requeridos para cada producto.

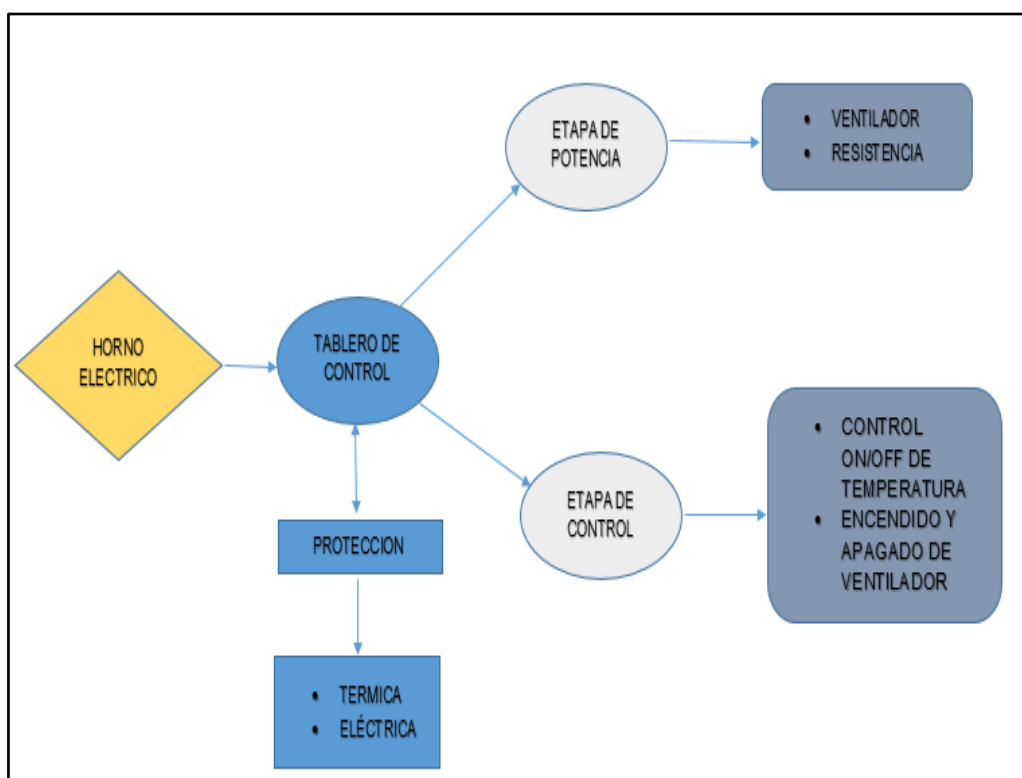
**TFT- LCD.-** (pantalla de cristal líquido de transistores de película fina) este tipo de tecnología se aplica en la fabricación de pantallas táctiles, y justamente es el tipo de pantalla que se utiliza para el HMI del horno

**Termo higrómetro.-** instrumento electrónico de medida certificada para las variables de temperatura y humedad. Tendrá su aporte para calibrar el valor medido del sensor PT 100 con respecto al valor certificado del termo higrómetro.

## CAPITULO II PROPUESTA DE DISEÑO

### 2.1 Esquema de Bloques Actual del Horno

En el numeral 1.3.1 se indican características técnicas del equipo voltaje, corriente y potencia, mientras que en el numeral 1.3.3 se analiza el diseño eléctrico del tablero de mando, mediante la información de estos numerales se elaboró un esquema de bloques sobre el funcionamiento regular del equipo esto se puede ver en el gráfico 19.



**Gráfico 19.-** Esquema de Bloques

**Fuente:** Elaborado por el Autor

#### 2.1.1 Requerimientos del Cliente

El Laboratorio Phytochemie necesita mejorar el proceso de secado en la elaboración de los productos medicinales, en base a los objetivos planteados al inicio del documento, se recopila la información de tiempos y temperaturas que son parámetros establecidos por los bioquímicos de la empresa, esta información se convierte en un requerimiento necesario para cada producto, en el gráfico 20 se presentan estos valores facilitados por la empresa.



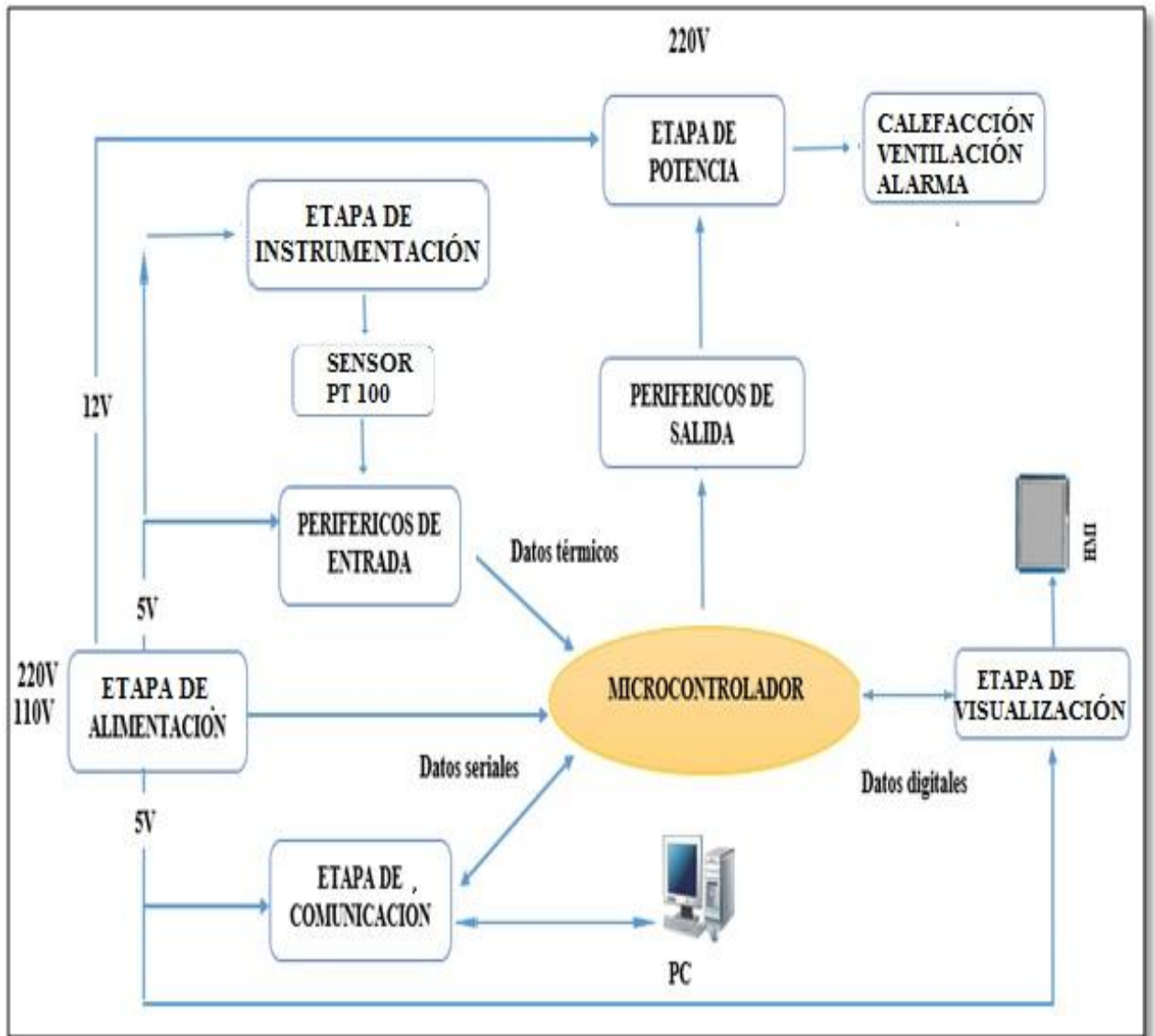
<b>Parametros de Temperatura y Tiempo 2017</b>								
PRODUCTO	Temperatura 1	Tiempo 1	Temperatura 2	Tiempo 2	Temperatura 3	Tiempo 3	Temperatura 4	Tiempo 4
AMEBIPACK	25	2 Horas	30	3 horas	35	3 Horas	40	4 Horas
ARTRITEN	30	3 Horas	40	3 Horas	50	3 Horas	60	3 horas
COTRITEN	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
DIGESTY	30	3 Horas	45	3 Horas	50	3 Horas	55	3 Horas
EXTREMEX	25	4 Horas	30	2 Horas	35	2 Horas	40	4 Horas
GASTRITEN	30	3 Horas	40	3 Horas	50	3 Horas	60	3 horas
GASTRITEN TABLETA	25	2 Horas	30	3 horas	35	3 Horas	40	4 Horas
HEPASOLUTION TABL	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
MEGATECH	40	3 Horas	50	3 Horas	50	3 Horas	60	3 Horas
NEUROACTIVE TABLE	30	3 Horas	40	3 Horas	50	3 Horas	60	3 horas
OSTEO COMPLEX	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
PROSTALOGYX	25	4 Horas	30	2 Horas	35	2 Horas	40	4 Horas
TOP SEX TABLETAS	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
SLIMMED	30	3 Horas	45	3 Horas	50	3 Horas	55	3 Horas
STRES STOP TABLET	35	3 Horas	40	3 Horas	45	3 Horas	60	3 Horas
UROLET TABLETAS	25	2 Horas	30	3 horas	35	3 Horas	40	4 Horas
ORDEN DE PRODUCCION PARA PRODUCTOS ELABORADOS CON MATERIAS PRIMAS EN POLVO								
EQUIPO A UTILIZAR	HORNO ELECTRICO							
CODIGO:	HOR-PRO1							
RESPONSABLE:	DR. OMAR JIMENEZ							

**Gráfico 20.-** Parámetros de Tiempo y Temperatura requeridos para los Productos

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie

## 2.2 Propuesta de Diseño

El circuito electrónico a construir debe incluir varias etapas encargadas de realizar diferentes gestiones de hardware y de software, con este fin se elabora un diagrama de bloques con los elementos que requiere el sistema para el control de temperatura y tiempo del horno. En el gráfico 21 se observa la idea general de la propuesta de diseño para este proyecto.



**Gráfico 21.-** Propuesta de Diseño Para el Control de Temperatura

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.3 Requerimientos Técnicos

La parte central del proyecto está enfocada a la etapa de control, en la cual uno de los aspectos importantes son los requerimientos técnicos para el diseño los cuales son:

- Elementos con características industriales que soporten la operación constante de 24 horas y 7 días, es decir elementos originales.
- Alimentación de entrada a 220 [VAC]
- Pantalla táctil de alto nivel de resolución y manipulación

- Microcontrolador potente capaz de realizar operaciones lógicas de alta velocidad con puertos análogos y de comunicación serial.
- Protocolo de comunicación serial para largas distancias
- Estructura metálica según el modelo de fabricación del horno

Para el desarrollo del software del presente proyecto se utilizarán varios programas de licencia libre con excepción de software proteus, existentes en el mercado como los presentados a continuación:

- Proteus 8 profesional (diseño electrónico).
- Bascom AVR (programación del microcontrolador).
- Nextion (aplicación para programar pantallas táctiles).
- Netbeans (desarrollo de software monitoreo pc).
- Usbasp (graba el programa al microcontrolador).

## **2.4 Diseño de placa electrónica**

Para el diseño electrónico se recurre a la herramienta informática proteus donde se diseña la placa madre del proyecto, con esta herramienta se puede visualizar y simular ciertas etapas sin necesidad de tener el circuito real.

El mejor método para realizar un circuito electrónico de este tipo es dividir el diseño en diferentes etapas, esto ayuda a mantener un orden en la distribución física de los elementos y facilita la comprensión de cada sección. A continuación se detalla la división de la tarjeta en diferentes partes a las que se las denominó etapas:

- Etapa de control
- Etapa de alimentación AC/ DC
- Etapa de potencia
- Etapa de instrumentación
- Etapa de comunicación
- Etapa de visualización

## 2.4.1 Etapa de Control

Esta etapa también conocida como la de gobierno o comando que controla todas las demás etapas y es administrada por el microcontrolador Atmega 164, el cual se encarga de realizar todas las operaciones lógicas que se verán reflejadas a través de los actuadores físicos cuando alguna de las ordenes se ejecute, para que todo esto se cumpla se debe utilizar el software Bascom AVR el cual permite programar las diferentes líneas en donde se encuentran definidas las variables o subrutinas como programa o código que más tarde se transfiere al microcontrolador.

Mediante el diseño en proteus se obtiene el siguiente diagrama de conexiones donde se puede observar la distribución de puertos y pines del microcontrolador como se lo puede ver en el gráfico 22.

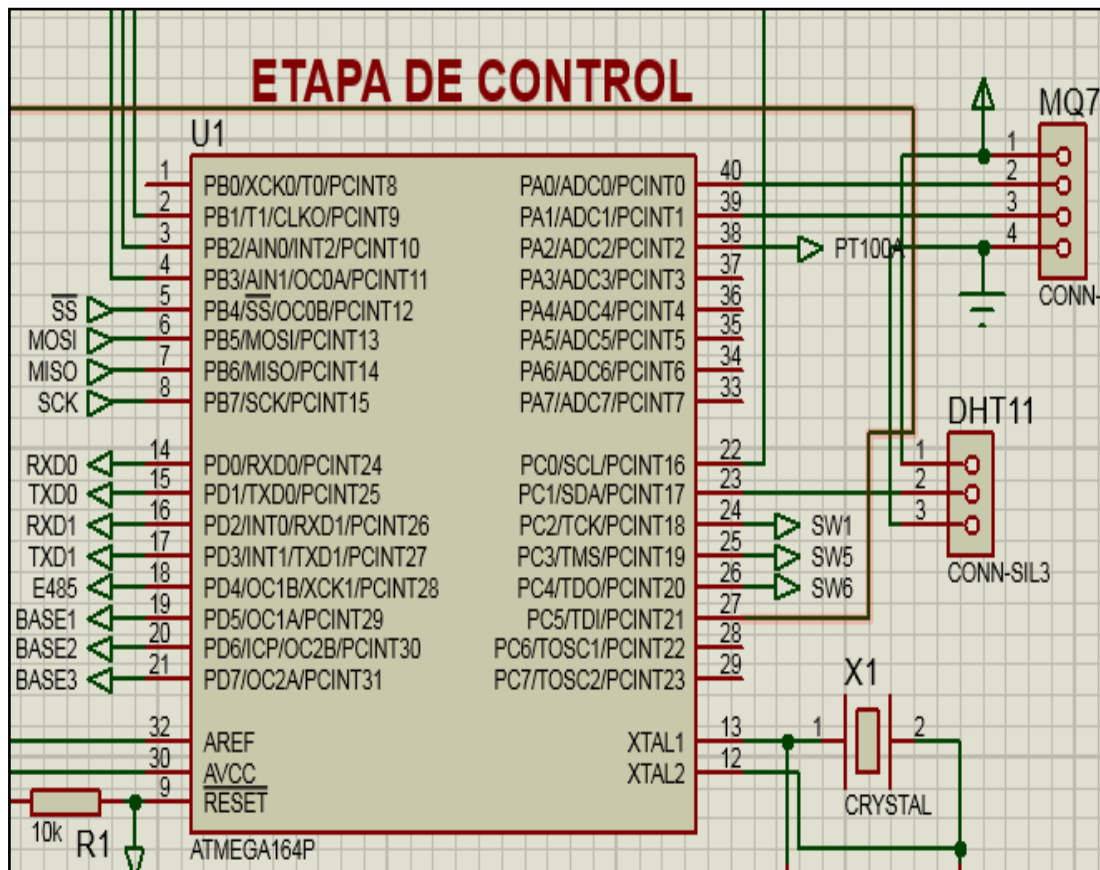


Gráfico 22.- Diseño En Proteus Etapa De Control

Fuente: Elaborado por el Autor



### **2.4.1.1 Distribución de los Puertos para el Presente Proyecto**

El microcontrolador Atmega 164 de 40 pines está dividido en su estructura interna mediante bloques o puertos que se los distinguen con letras mayúsculas, los cuales se describe a continuación donde además se menciona la utilidad que tiene dentro del circuito de control del horno.

Puerto A, etapa de instrumentación mediante el conversor análogo digital

Puerto B, LED's de visualización

Puerto C, buzzer de aviso sonoro y aplicaciones futuras

Puerto D, comunicación y potencia

Pines de alimentación positivo VCC = 10 y 30

Pines de alimentación negativa GND = 11 y 31

Para obtener mayor información sobre el diseño de fábrica de este microcontrolador se lo puede revisar en el Anexo 3.

Un aspecto importante a señalar es el acondicionamiento que se debe realizar en el pin 32 referente al ADC (Digital Analog Converter) para el cual se recomienda realizar un circuito que elimine el ruido inducido por la CPU (Central Processing Unit), de esta manera se asegura que los datos transmitidos no se perderán, por otro lado el fabricante recomienda para el pin 9 de reset una serie de capacitores que mantendrán al microcontrolador estable y con operaciones óptimas en las instrucciones ya que se evita el ingreso de ruido, estos acondicionamientos mencionados se lo puede revisar en el Anexo 6.

El microcontrolador antes mencionado como se ve en la distribución de sus puertos también se realiza un listado de los pines de acuerdo al diseño propuesto, para esto se tomó en cuenta el espacio, comodidad, disponibilidad de las conexiones y acoplamientos relacionados con el circuito impreso, en el gráfico 23 se menciona cada pin con la función que realiza.

ATMEGA 164 P	
PIN	FUNCIÓN
2-PB1	Led señalización color amarillo
3-PB2	Led señalización color verde
4-PB3	Led señalización color rojo
5-PB4	Sin uso
6-PB5	Socket para Arduino
7-PB6	Socket para Arduino
8-PB7	Socket para Arduino
9	Reset /Socket para Arduino
10 y 11	Socket para Arduino
12 y 13	Crystal de cuarzo
14-PD0	RX-HMI
15-PD1	TX-HMI
16-PD2	RX-PC
17-PD3	TX-PC
18-PD4	Serial Digital Serial
19, 20, 21	Señal de salida para activación de relés
22	Buzzer
23	Sensor de humedad
24, 25 y 26	Botones de mando manual
27	Modo de trabajo (Humedad o alcohol)
30	AVCCC
32	AREF
38	PT100
39 Y 40	Sensor de Alcohol

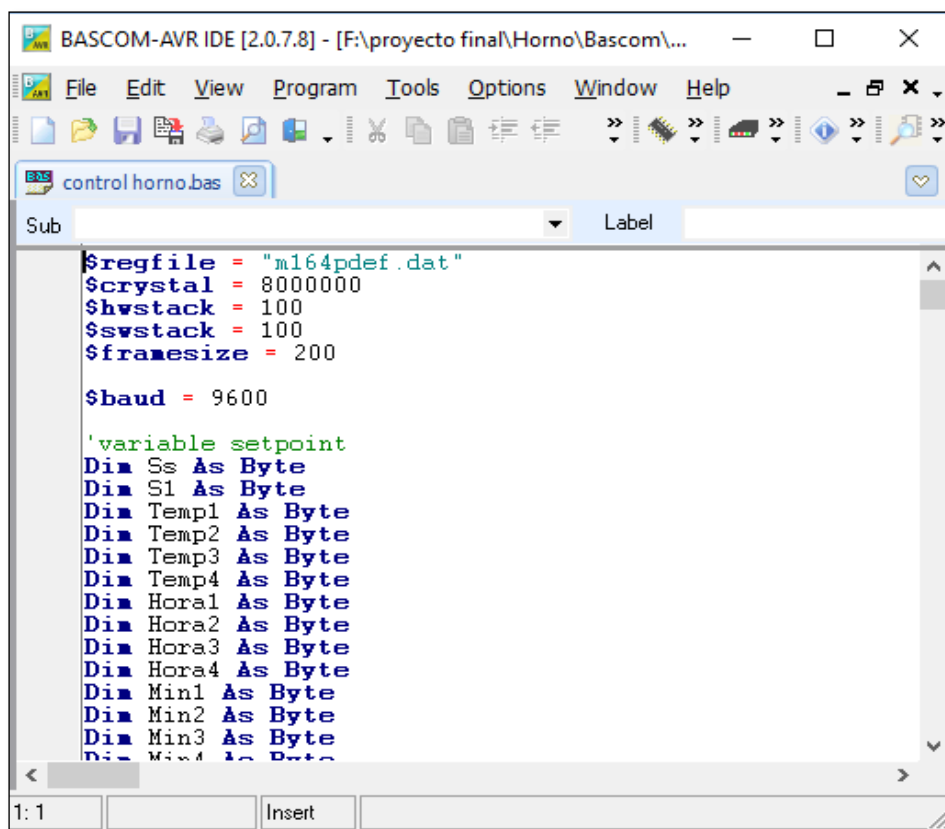
**Gráfico 23.-** Distribución de Pines en el Circuito Impreso del Proyecto

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.4.1.2 Programación en Bascom

En este software se puede crear el código necesario para las instrucciones que debe realizar el microcontrolador el cual permite programar de manera rápida y estructurada en alto nivel (Lenguaje Basic).

Después de realizar toda la programación el resultado final fueron 947 líneas de programación, las cuales se las puede revisar en el Anexo 7, este código una vez compilado está listo para grabarlo en el microcontrolador, parte de las líneas mencionadas se las puede ver en el gráfico 24.



```
BASCOM-AVR IDE [2.0.7.8] - [F:\proyecto final\Horno\Bascom\...
File Edit View Program Tools Options Window Help
control horno.bas
Sub Label
$regfile = "m164pdef.dat"
$crystal = 8000000
$hwstack = 100
$swstack = 100
$framesize = 200

$baud = 9600

'variable setpoint
Dim Ss As Byte
Dim S1 As Byte
Dim Temp1 As Byte
Dim Temp2 As Byte
Dim Temp3 As Byte
Dim Temp4 As Byte
Dim Hora1 As Byte
Dim Hora2 As Byte
Dim Hora3 As Byte
Dim Hora4 As Byte
Dim Min1 As Byte
Dim Min2 As Byte
Dim Min3 As Byte
Dim Min4 As Byte
```

**Gráfico 24.-** Líneas De Programación Para el Proyecto del Horno

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.4.1.3 Usbasp

Esta herramienta informática sirve para grabar y borrar el código en el microcontrolador que antes fue creado en el programa Bascom, esto se lo realiza mediante un cable de comunicación USB (Universal Serial Bus), esta característica es

muy útil al momento de realizar pruebas con el dispositivo ya que permite visualizar errores antes de tener el producto final. En el gráfico 25 se presenta el grabador de AVR.



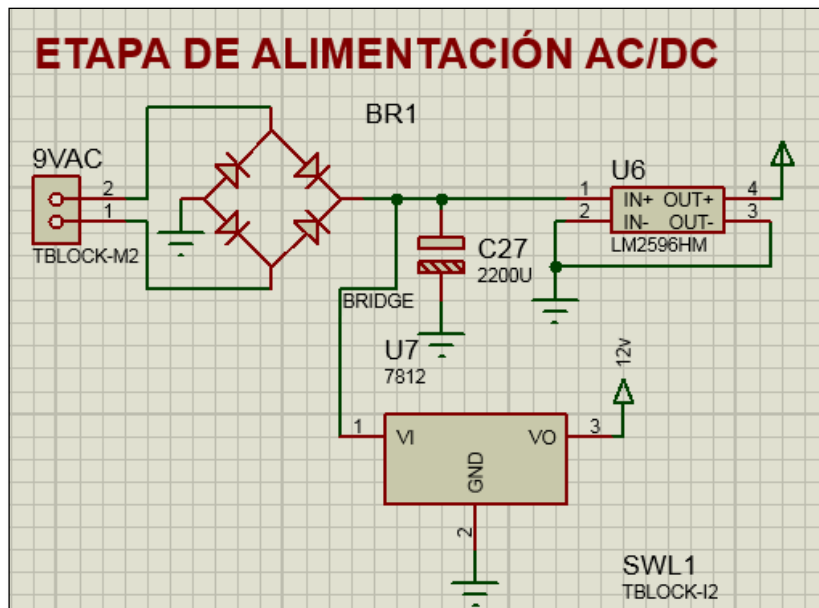
**Gráfico 25.-Programador USB para AVR**

**Fuente:** Elaborado por el Autor

#### **2.4.2 Etapa de Alimentación AC/ DC**

Esta etapa inicia con un voltaje de entrada de 120 [VAC] y mediante la ayuda de un transformador se reduce el voltaje a un valor de 9 [VAC] en la salida, esta tensión ingresa a un módulo compuesto por un puente de diodos, el cual rectifica la señal AC en DC, luego continua hacia un regulador que entrega 12 [VDC] destinado a activar los relés ubicados en la etapa de potencia, con el fin de eliminar el factor de rizado de la señal rectificada se utiliza un capacitor electrolítico 2200 uf, finalmente pasa a un regulador 150115 HM que transforma la señal DC a DC y entrega 5 [VDC]/1.5 [A], hacia la parte digital del circuito.

En el gráfico 26 se puede ver la fuente con los elementos que suministran energía a los periféricos de entrada y periféricos de salida.



**Gráfico 26.-** Etapa De Alimentación

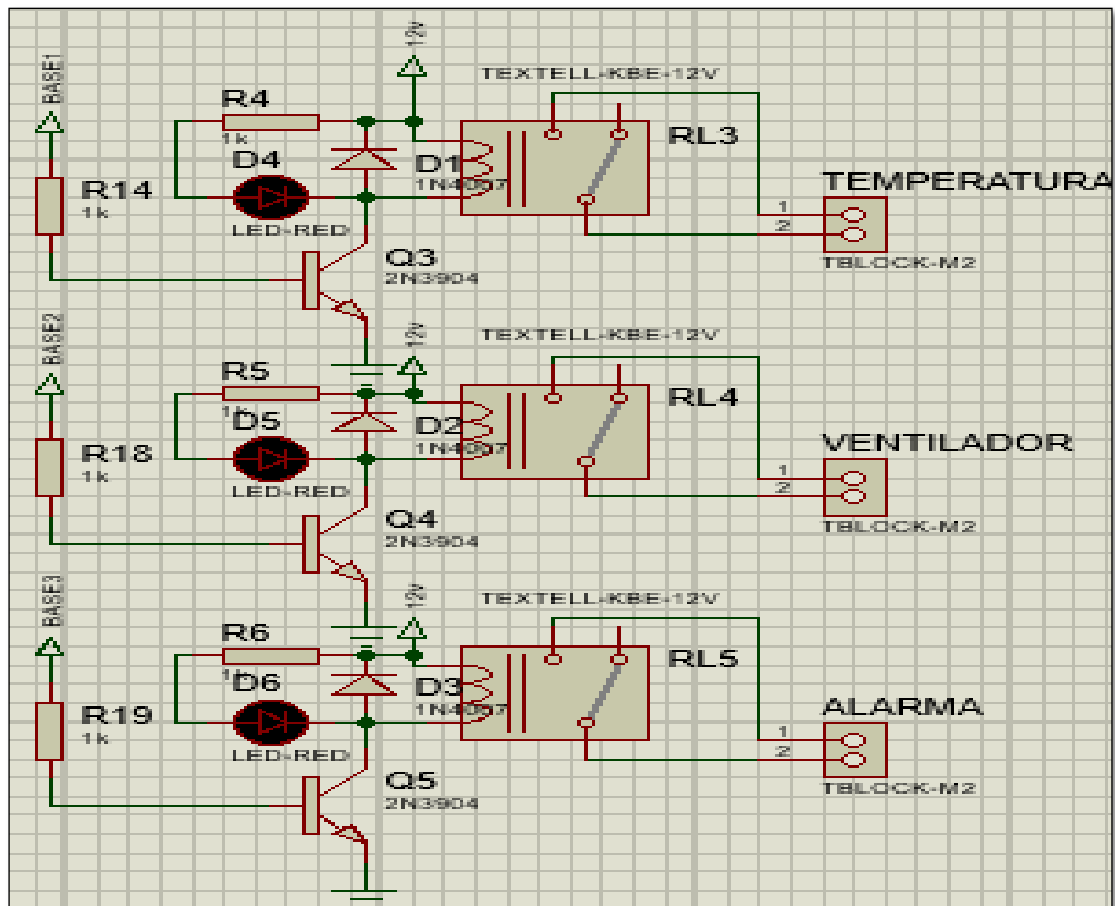
**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.4.3 Etapa de Potencia

La señal que proviene del microcontrolador de los pines 19/20/21 del puerto “D” es llevada hacia la base de un transistor 2n3904 para la activación del relé correspondiente, este elemento se activa con 12 [VDC] para lo cual cuenta con un regulador que entrega el voltaje antes mencionado, en ese instante los contactos NA (normalmente Abierto) y NC (normalmente cerrado) cambian de estado y dependiendo de la configuración utilizada permite el paso o no de la fase 120 [VAC], cuando esto sucede se enciende la calefacción mediante el banco de resistencias.

Los tres relés cuentan con un diodo de protección para los transistores 2n3904 contra posibles corrientes de retorno generadas por la bobina del relé, también se ha colocado diodos led de color rojo con el fin de proporcionar una señal visual que servirá para verificar cuándo se activan y desactivan los elementos de la etapa de potencia.

En el gráfico 27 se puede ver el diseño del circuito de la etapa de potencia, con los elementos que activarán las bobinas de los contactores.



**Gráfico 27.-** Etapa de Potencia

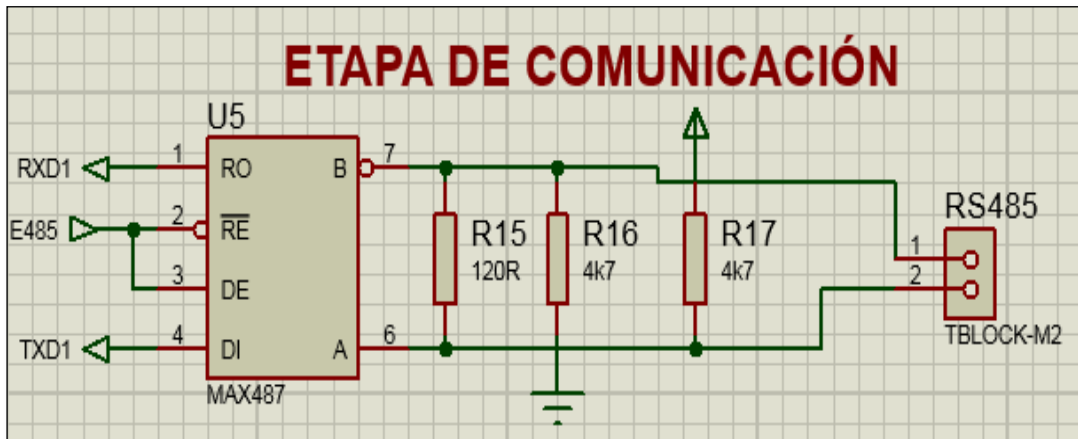
**Fuente:** Elaborado por el Autor

#### 2.4.4 Etapa de Comunicación

En esta etapa se utiliza el módulo MAX 487 el mismo que está destinado en realizar la comunicación RS-485 protocolo que permite la transmisión de datos a grandes velocidades y a grandes distancias (10 Mbit/s hasta 12 metros /100 kbit/s en 1200 metros), gracias a estas características se adopta el utilizar este estándar para el monitoreo de información transmitida desde el horno, el cual se encuentra aproximadamente a 20 metros de la computadora del supervisor de producción y es ahí donde se realizará la instalación del hardware, el cual será un convertor serial 485 a USB y para monitorear el sistema un software HMI.

En la instalación se utiliza el cable UTP categoría 5E del cual se ocupa un par de hilos para RX (recepción) y TX (transmisión), el trenzado de los hilos es una ventaja porque de esta manera se anulan los campos magnéticos que podrían generar ruido en la

transmisión de datos lo que puede ocasionar pérdida de información. En el gráfico 28 se puede observar la etapa de comunicación con sus elementos.

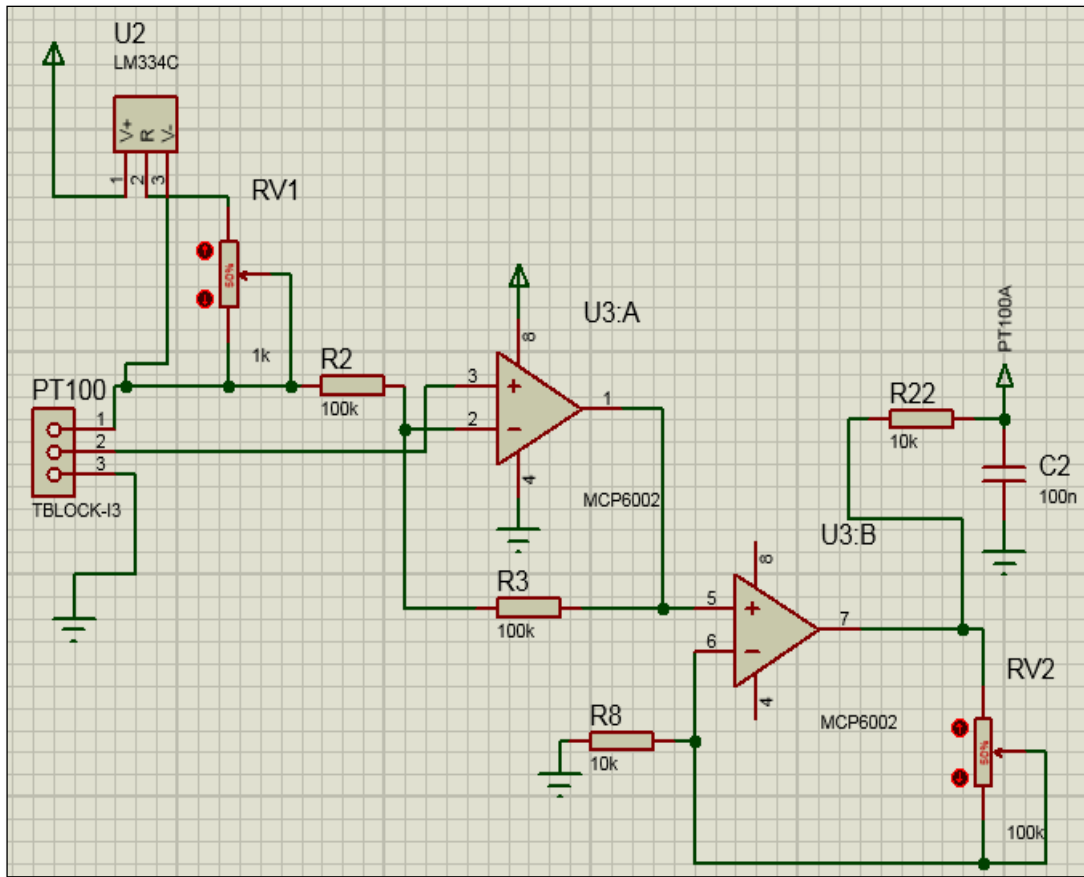


**Gráfico 28.-** Etapa de Comunicación

**Fuente:** Elaborado por el Autor

#### 2.4.5 Etapa de Instrumentación

El diseño para censado está compuesta por un sensor PT 100 (platino a 100  $\Omega$ ) de tres hilos con una longitud de un metro, que permite detectar variaciones de temperatura y transformarlas en valores de resistencia eléctrica, la etapa está destinada a eliminar todos los errores que pueden existir en la toma de lecturas lo que permite calibrar el sensor con la temperatura real a la que se encuentra el ambiente. A fin de lograr este objetivo se ha colocado dos amplificadores operacionales MCP6002 y una fuente de corriente constante LM334C de 1.5 [A] el objetivo es calibrar esta fuente a tan solo 1[mA] mediante un potenciómetro debido a que es la máxima corriente permitida entre los terminales de la PT 100 (platino de 100  $\Omega$ ) ya que al ser constante garantiza el envío de los valores sin pérdida, esta señal se envía hacia el primer amplificador MCP6002 llamado diferencial que está conectado a dos resistencias de 100 [K $\Omega$ ], esto genera una impedancia por lo que el fabricante recomienda para estos circuitos colocar resistencias que sean 1000 veces mayor al del sensor, la misión del acondicionamiento electrónico descrito es eliminar el voltaje de error o de ruido causado por el instrumento. En el gráfico 29 se puede observar los elementos que conforman la etapa de instrumentación.



**Gráfico 29.-** Etapa de Instrumentación

**Fuente:** Elaborado por el Autor

El segundo amplificador MCP6002 sirve para calibrar el valor de la lectura medida en el interior de la cámara con respecto al valor de un instrumento certificado. Funciona gracias al potenciómetro de realimentación  $RV2=100k\Omega$  y  $R8=10k\Omega$ . Si  $G = 100k\Omega/R8k\Omega= 10$ . Para la conversión ADC (Analogue Digital Converter) se requiere trabajar con 10 bits de precisión entonces tenemos  $2^{10}=1024 -1 \text{ bit} = 1023$ . El rango de voltaje del microcontrolador es de 1 a 5 [VDC], lo que da como resultado:  $ADC= 1023*V_{out}/5$ . Con estos resultados más los valores de referencia del datasheet para sensores PT 100 ver Anexo 4, se realiza en Excel un cálculo de valores en bits, resistencia y voltaje todos referidos al valor de la temperatura los cuales son necesarios para programar el microcontrolador.

En el gráfico 30 se puede ver los diferentes valores obtenidos en Excel que servirán para la calibración del sensor PT 100 (platino de 100  $\Omega$ ).

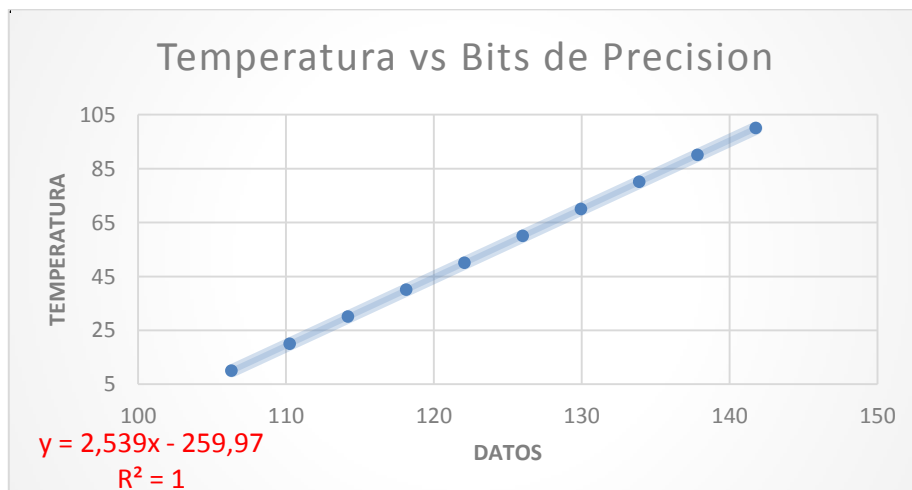


ADC [bits]	TEMP [C]	RES [Ω]	VOLTAJE [V]	VOLTAJE*G [V]	ADC= [bits]	TEMP [C]
204,78414	0	100	0,10009	1,0009	204,78414	0,00346573
212,66124	10	103,9	0,10394	1,0394	212,66124	10,0034442
220,53834	20	107,79	0,10779	1,0779	220,53834	20,0034226
228,41544	30	111,67	0,11164	1,1164	228,41544	30,0034011
236,29254	40	115,54	0,11549	1,1549	236,29254	40,0033795
244,16964	50	119,4	0,11934	1,1934	244,16964	50,003358
252,04674	60	123,24	0,12319	1,2319	252,04674	60,0033364
259,92384	70	127,07	0,12704	1,2704	259,92384	70,0033149
267,80094	80	130,89	0,13089	1,3089	267,80094	80,0032933
275,67804	90	134,7	0,13474	1,3474	275,67804	90,0032718
283,55514	100	138,5	0,13859	1,3859	283,55514	100,00325

**Gráfico 30.-** Cálculo De Valores Para La Calibración De La PT 100

**Fuente:** Elaborado por el Autor

A continuación con los datos del gráfico 30 se realiza la gráfica para la conversión ADC (Analogue Digital Converter) ver Anexo 8, con su respectiva ecuación proporcionada por Excel, en el gráfico 31 se puede observar los datos de temperatura vs los bits de precisión el cual entrega una ecuación necesaria para la programación de los valores de temperatura que se interpretaran en el microcontrolador como bits.

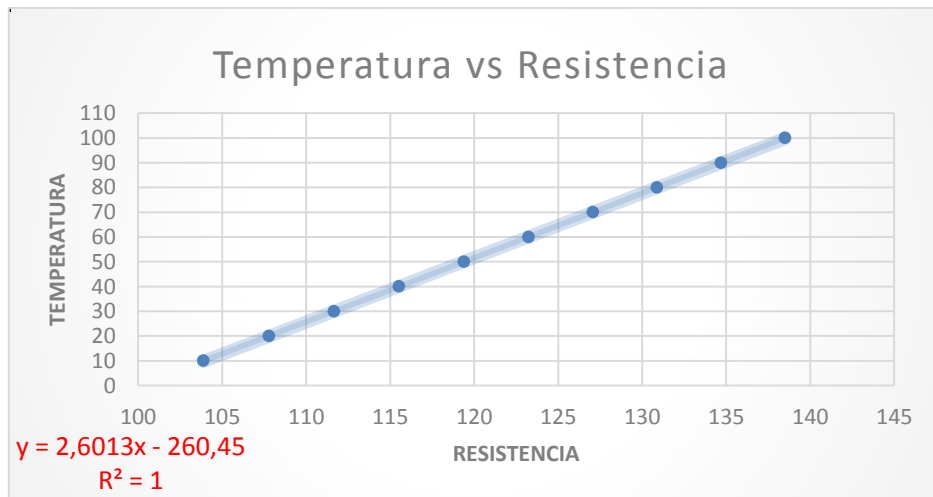


**Gráfico 31.-** Temperatura en Función de Bits para el ADC

**Fuente:** Elaborado por el Autor

De igual forma se realiza la gráfica para la obtención de la ganancia ver Anexo 8, lo que se interpretará como temperatura al variar la resistencia de un potenciómetro.

En el gráfico 32 se observa la temperatura vs la resistencia el cual entrega una ecuación necesaria para la calibración del sensor de temperatura.



**Gráfico 32.-** Cálculo de Resistencia en Función de la Temperatura

**Fuente:** Elaborado por el Autor

#### 2. 4.6 Etapa de Visualización

Para visualizar e ingresar los valores de temperatura y tiempo por los operarios que manipulan el horno se incorporó una pantalla táctil resistiva, panel de 320 mm X 480 mm de la empresa Arduino es de tecnología TFT (Thin Film Transistor) en el gráfico 33 se puede ver la pantalla con su respectivo modelo.



**Gráfico 33.-** Pantalla Táctil Nextion modelo NX4832

**Fuente:** Elaborado por el Autor

#### **2.4.6.1 Programación en Nextion**

El programa Nextion es una solución HMI (Human Machine Interface), que proporciona una interfaz de control con visualización entre humano, máquina y proceso. Esta interfaz utiliza un puerto serial RS-232 para la comunicación que contiene elementos importantes tales como botones, texto, barras de progreso, panel de instrumentos, etc. (HETPRO, 2014)

Para la creación de la interfaz HMI (Human Machine Interface) en Nextion se siguieron los siguientes pasos.

1) Crear un archivo nuevo y colocar las dimensiones de la pantalla TFT (Thin Film Transistor), para el caso particular se lo realizo con medidas de 320 mm X 480 mm debido a que es la más fácil de encontrar en el mercado nacional para el caso de requerir su cambio.

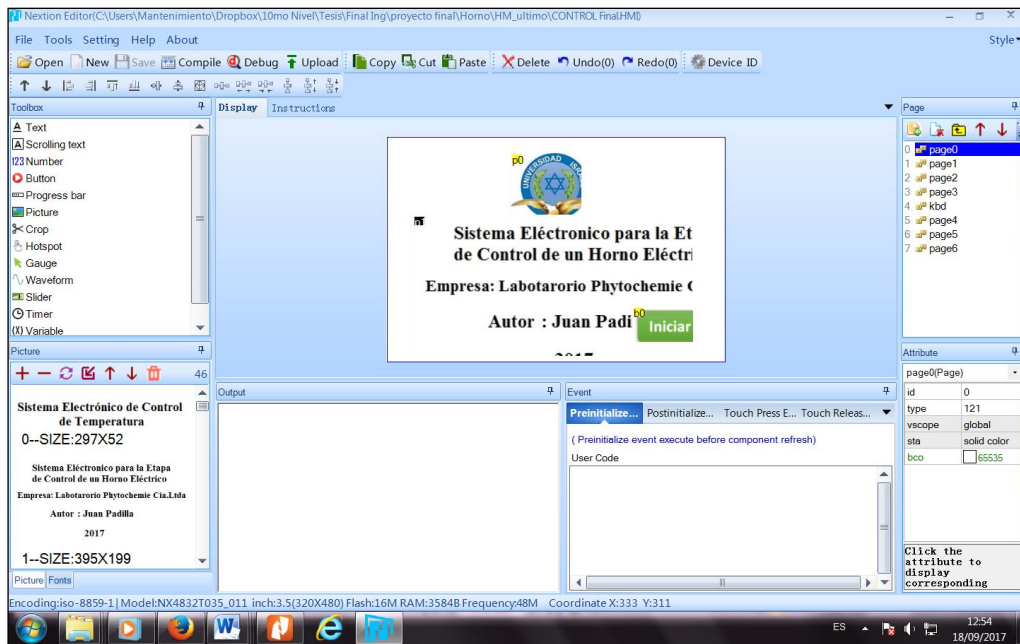
2) Cargar las imágenes, se recomienda utilizar el programa Paint en la edición previo importación de las mismas. En total se cargaron 46 imágenes.

3) Una vez cargadas las imágenes con sus estados respectivos se deben crear las variables, para este proyecto se ocuparon 24 variables cada una de estas debe ir con su codificación respectiva.

4) Terminada la codificación se compila y se verifican los posibles errores, si todo está correcto se ejecutará el Debug con él envió de datos hacia la pantalla HMI (Human Machine Interface).

5) Cuando se desee cargar el programa creado hacia la pantalla real se debe utilizar un cable de comunicación USB (Universal Serial Bus) y configurar la velocidad de transmisión en baudios con la más alta capacidad si no se siguen estos pasos puede existir un tiempo prolongado innecesario en la carga de la información hacia la pantalla táctil real.

En el gráfico 34 se puede observar parte de la programación en el software de NEXTION EDITOR y el código completo en el Anexo 9.



**Gráfico 34.- Entorno de Programación Nextion**

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Este software posee algunas herramientas de diseño para la creación de ventanas con entornos sencillos es decir, permite personalizar a conveniencia todos los elementos en forma de gráficos que se requiera agregar a la pantalla táctil, estos elementos pueden ser:

- Botones
- Temporizadores
- LED's
- Texto
- Fotos
- Logotipos
- Barras de progreso
- Etc.

#### 2.4.6.2 Simulador Nextion Editor.

Una de las herramientas de relevancia dentro del software Nextion Editor es la denominada Debug que permite la simulación de los entornos desarrollados con el fin

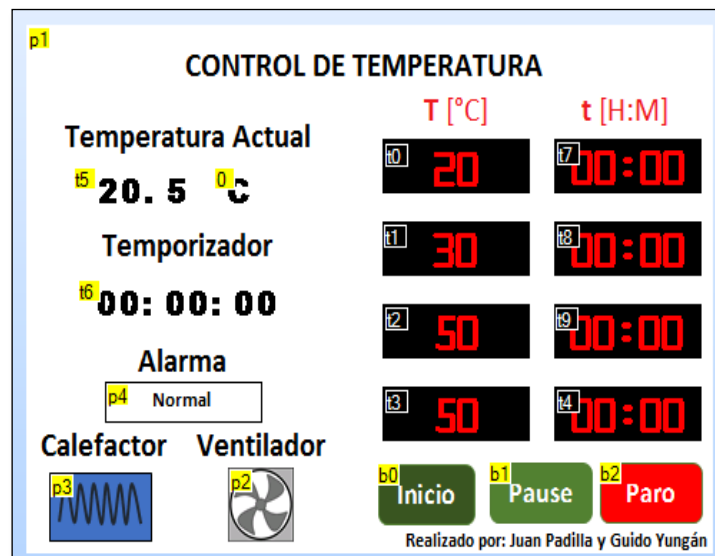
de analizar si está o no correcto el diseño desarrollado y presentado en la pantalla real, en el gráfico 35 se puede ver la primera pantalla simulada.



**Gráfico 35.-** Primera Ventana Mostrada En La Simulación

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Una vez en la primera ventana se pulsa en iniciar y pasa a una segunda ventana como la mostrada en el gráfico 36, este entorno representa el menú principal para ejecutar las órdenes.

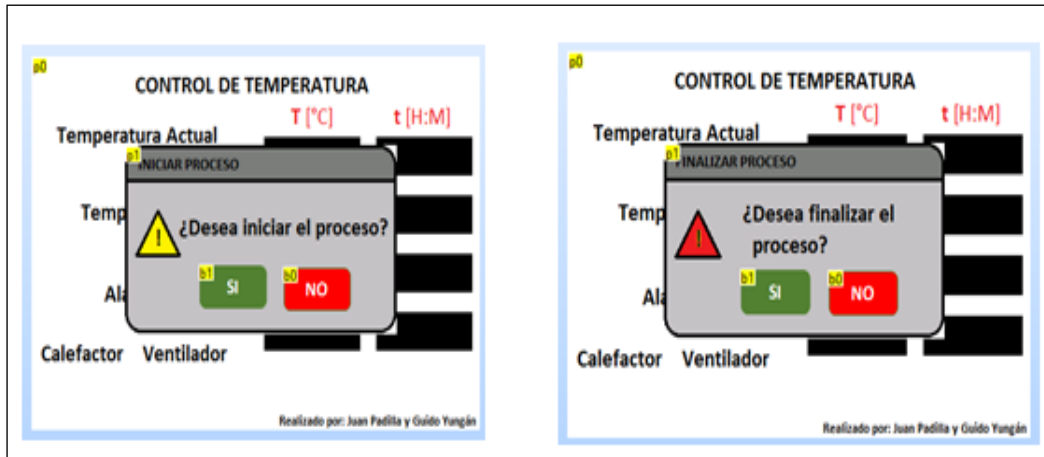


**Gráfico 36.-** Segunda Ventana Mostrada En La Simulación

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.4.6.3 Seguridad Táctil en Nextion

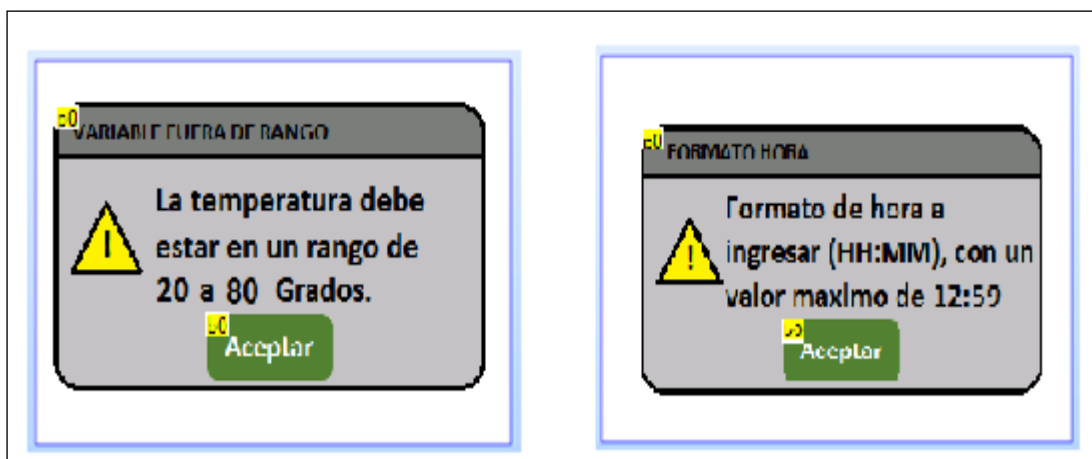
Se coloca varias sentencias de advertencia como seguridad en la pantalla, con el fin de minimizar errores involuntarios en el inicio, durante o culminación del proceso como se observa en el gráfico 37.



**Gráfico 37.-** Ventanas de Confirmación

**Fuente:** Elaborado por el Autor

En el gráfico 38 se presenta los cuadros de aviso creados para emitirse al momento de programar la temperatura máxima y exceder el valor de 80 grados centígrados además de una indicación con el formato de tiempo, en el Anexo 10 se puede ver todas las imágenes usadas en el diseño del entorno gráfico.



**Gráfico 38.-** Cuadro De Alerta Con Indicaciones

**Fuente:** Elaborado por el Autor

## 2.5 Desarrollo Software

Dentro de la propuesta de diseño se proyectó la creación de un sistema de monitoreo mediante una computadora externa, para alcanzar este objetivo se recurrió al programa NetBeans un software muy utilizado en la creación de interfaces graficas que trabaja mediante lenguaje Java, se desarrolló una aplicación sencilla pero con todos los requerimientos necesarios para que se pueda operar el horno a distancia con las mismas características del HMI (Human Machine Interface) táctil.

### 2.5.1 Software Netbeans

Con las principales herramientas y sentencias que normalmente se debe conocer para programar en Java u órdenes que son propias del lenguaje, gracias a esto se facilita el entendimiento del software para desarrollar interfaces.

Este programa no necesita licencia, es decir es un software libre además reúne herramientas que ayudan a realizar interfaces gráficas, para este proyecto se desarrolló un entorno gráfico similar al de la pantalla táctil con el fin de disponer de todas las herramientas para operar y monitorear el sistema a distancia.

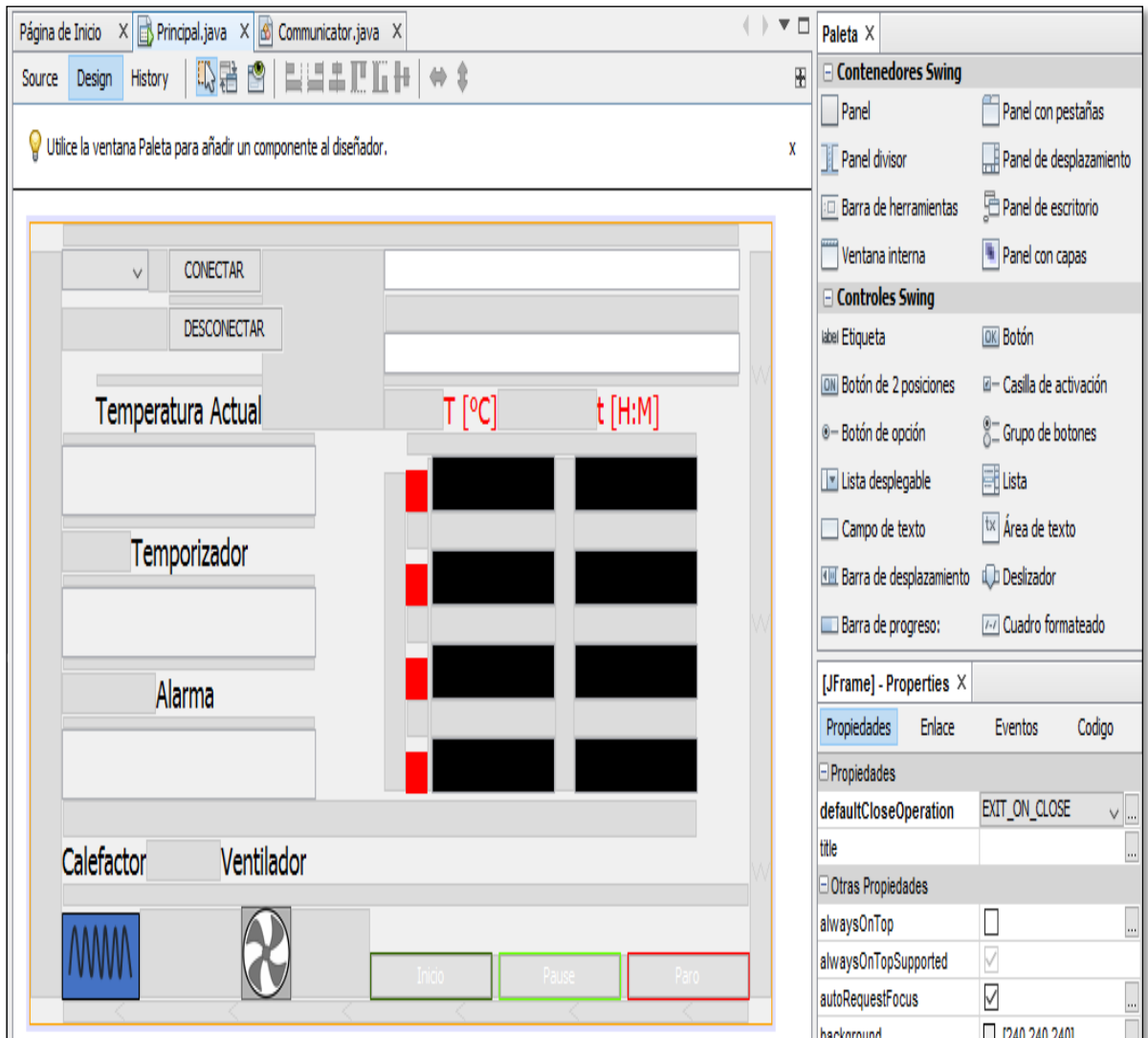
### 2.5.2 Programación en Netbeans

Dentro del programa se encuentran 2 ventanas principales en las que se va a realizar todo el código de programación y gráficas:

**Principal. Java.-** en esta ventana se presenta las herramientas necesarias para la creación de la interfaz gráfica, como se puede ver en el gráfico 39 aquí se crean botones ventanas y demás.

La mayoría de imágenes colocadas a este programa son similares a las de la pantalla HMI táctil, porque el entorno de este software debe ser igual al módulo electrónico debido a que se trabajará alternadamente en el día desde la pantalla táctil y en la tarde o noche desde el software , la diferencia entre el entorno táctil y el entorno virtual radica en el código fuente de cada uno de ellos ya que tendrá que cambiar necesariamente por que cada programa tiene su propio lenguaje de instrucciones, pero sí tendrán comandos de identificación para que se comuniquen entre si y puedan cualquiera de los dos

sistemas ejecutar en tiempo real el orden del proceso programado, estos comandos se los puede revisar en el Anexo 11.

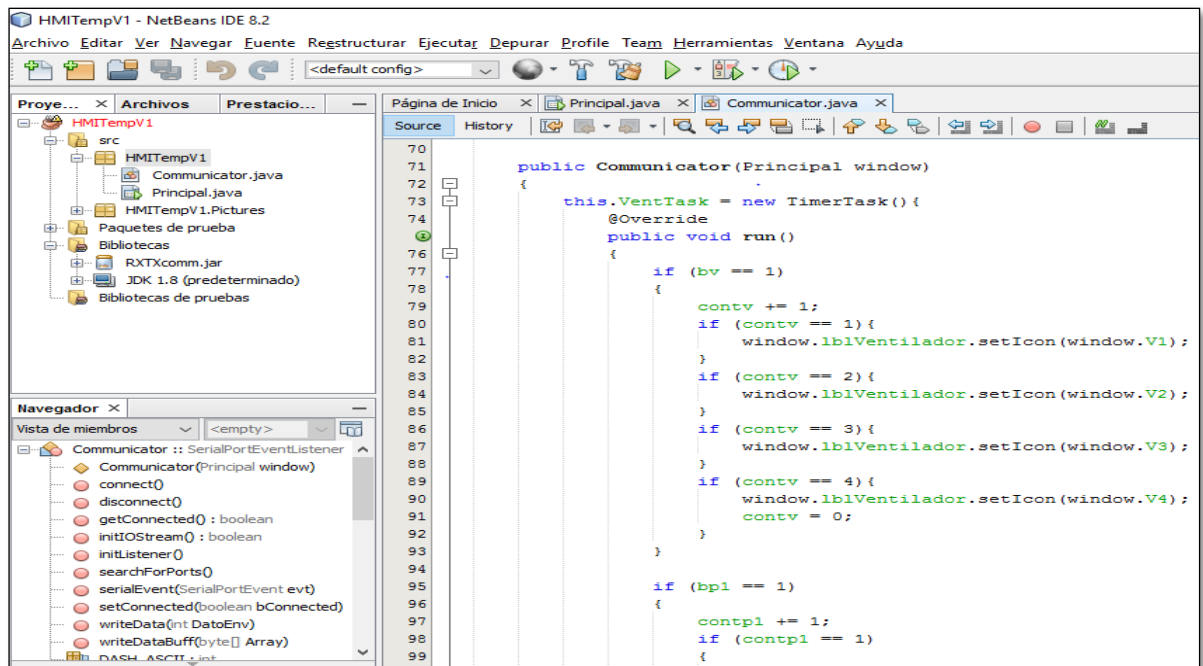


**Gráfico 39.-** Entorno de programación Principal. Java

**Fuente:** Elaborado por el Autor

**Comunicador. Java.-** en esta ventana se crea el código de programación de cada botón o componente de la interfaz, los cuales deberán portar un número de etiqueta o comando que lo identifique para de esta forma ser reconocidos por el microcontrolador, en el gráfico 40 se puede ver parte del código realizado con este programa informático y en el Anexo 11 se presenta toda la codificación.





**Gráfico 40.-** Entorno De Programación Comunicador. Java

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.5.3 Instalación del Software Creado para la Placa Electrónica

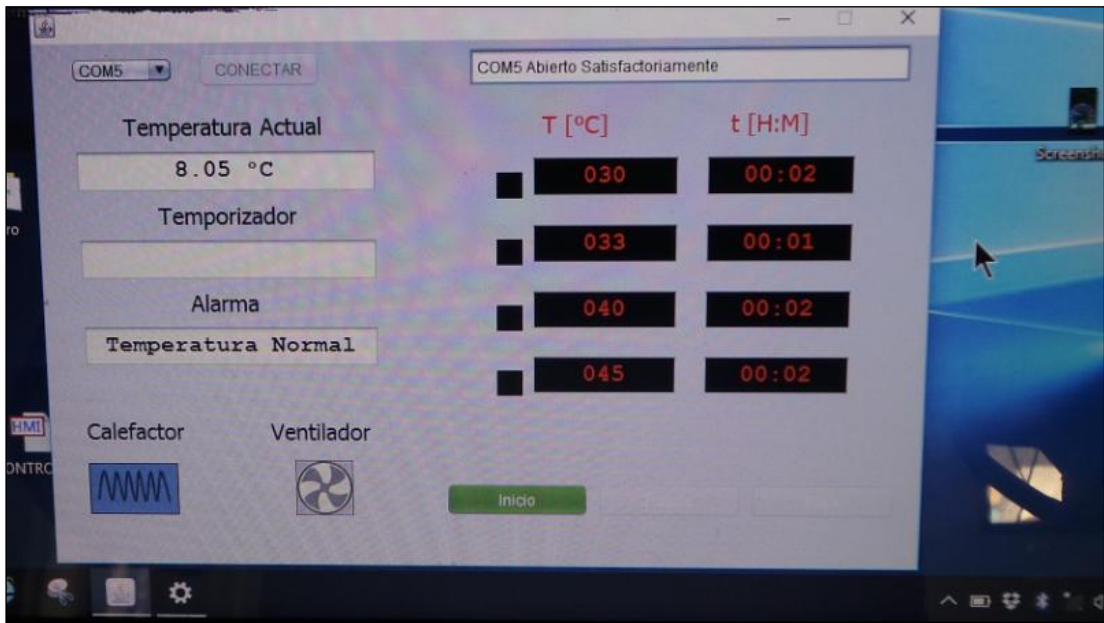
El programa fue diseñado bajo el estándar informático de computadores en 64 bits debido a las librerías actualizadas. Cuando se compila el programa se generan 2 archivos de los cuales el denominado .Jar será el ejecutable el cuál, pero para que funcione correctamente es necesario seguir los siguientes pasos:

- Instalar Java 8 Jre (64bits)
- Copiar Rtxcomm.Jar En C:\Archivos De Programa\Java\Jre1.8.0\_144\Lib\Ext
- Copiar Rtxserial.Dll De La Carpeta En C:\Archivos De Programa\Java\Jre1.8.0\_144\Bin
- Copiar La Carpeta Pictures En C:\Hmitempv1\ (Crear El Directorio)
- Ejecutar Hmitempv1.Jar De La Carpeta \Hmitempv1\Dist

### 2.5.4 Interfaz Gráfica Terminada e Instalada

Cuando ya el programa ha sido instalado se crean un archivo denominado HMITempV1.jar el mismo que se convierte en el archivo ejecutable, el siguiente paso es abrir este archivo donde inmediatamente se muestra la interfaz gráfica de monitoreo

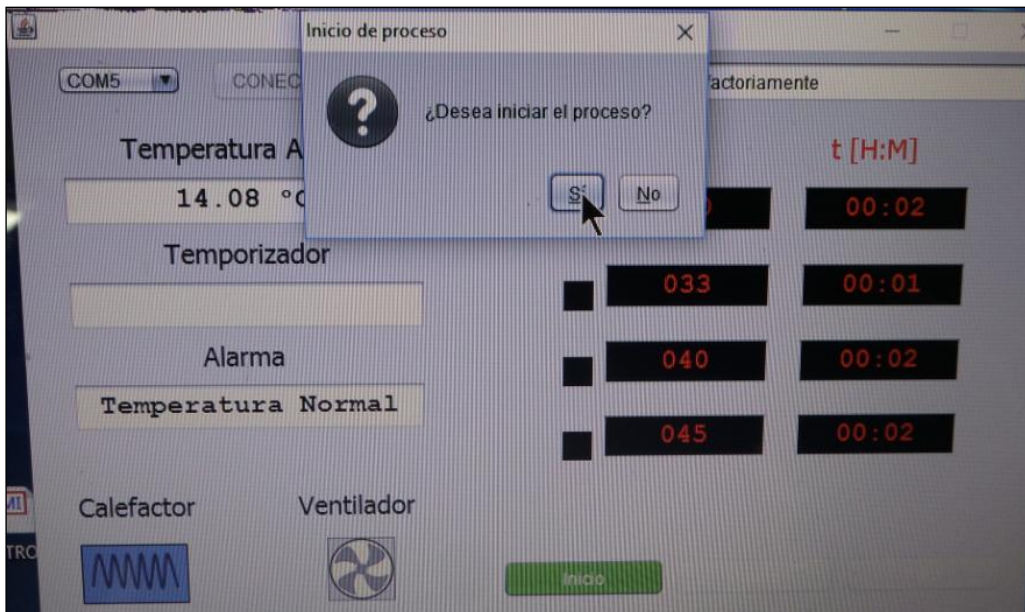
como se observa en el gráfico 41. Luego de esto se pulsa el botón conectar y empezará la conexión mediante un puerto COM que buscará automáticamente el sistema.



**Gráfico 41.-** Interfaz Gráfica En La PC

**Fuente:** Elaborado por el Autor

De igual forma que en la HMI táctil el software posee los mensajes de advertencia y seguridad como se puede ver en el gráfico 42.

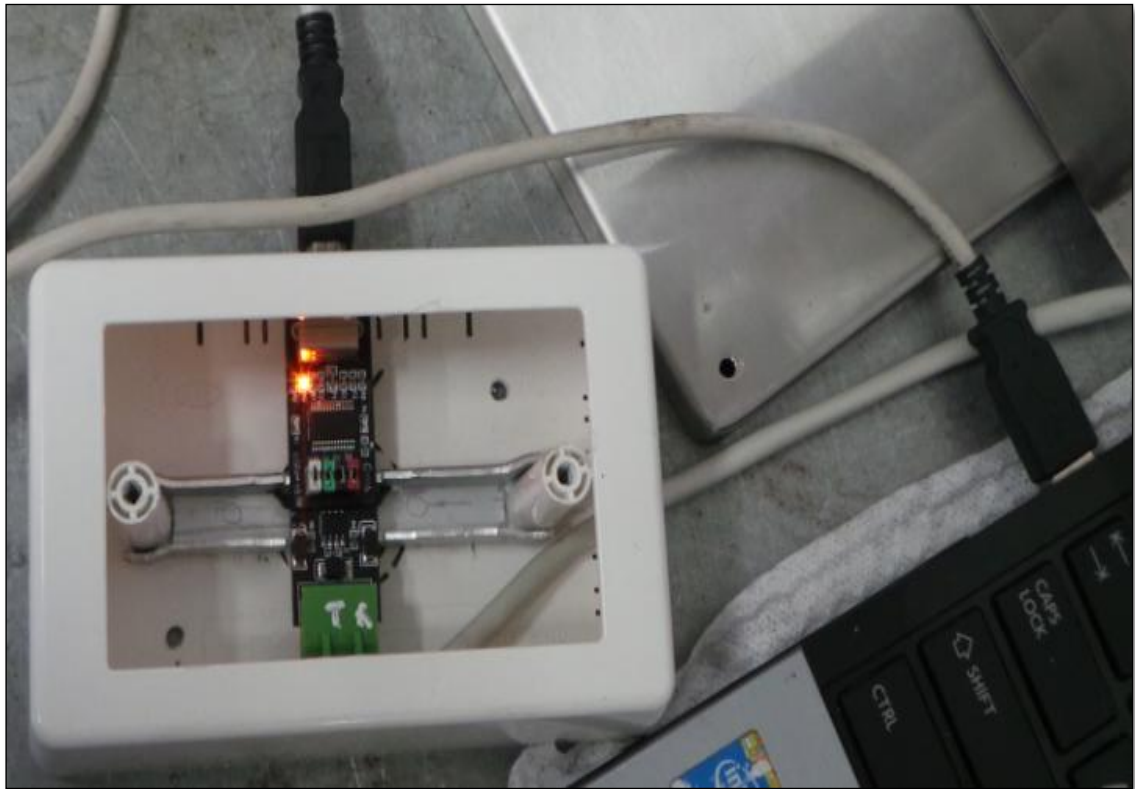


**Gráfico 42.-** Mensaje de Confirmación en el Software

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.5.5 Conversor Serial a USB

El paso final es conectar la computadora con el módulo electrónico mediante su puerto serial para realizar esta conexión se utilizó cable UTP (Unshielded twisted pair), CAT 5E y un módulo conversor serial a USB, el mismo que permite tener este enlace activo. En el gráfico 43 se puede ver el conversor desarrollado para la instalación.

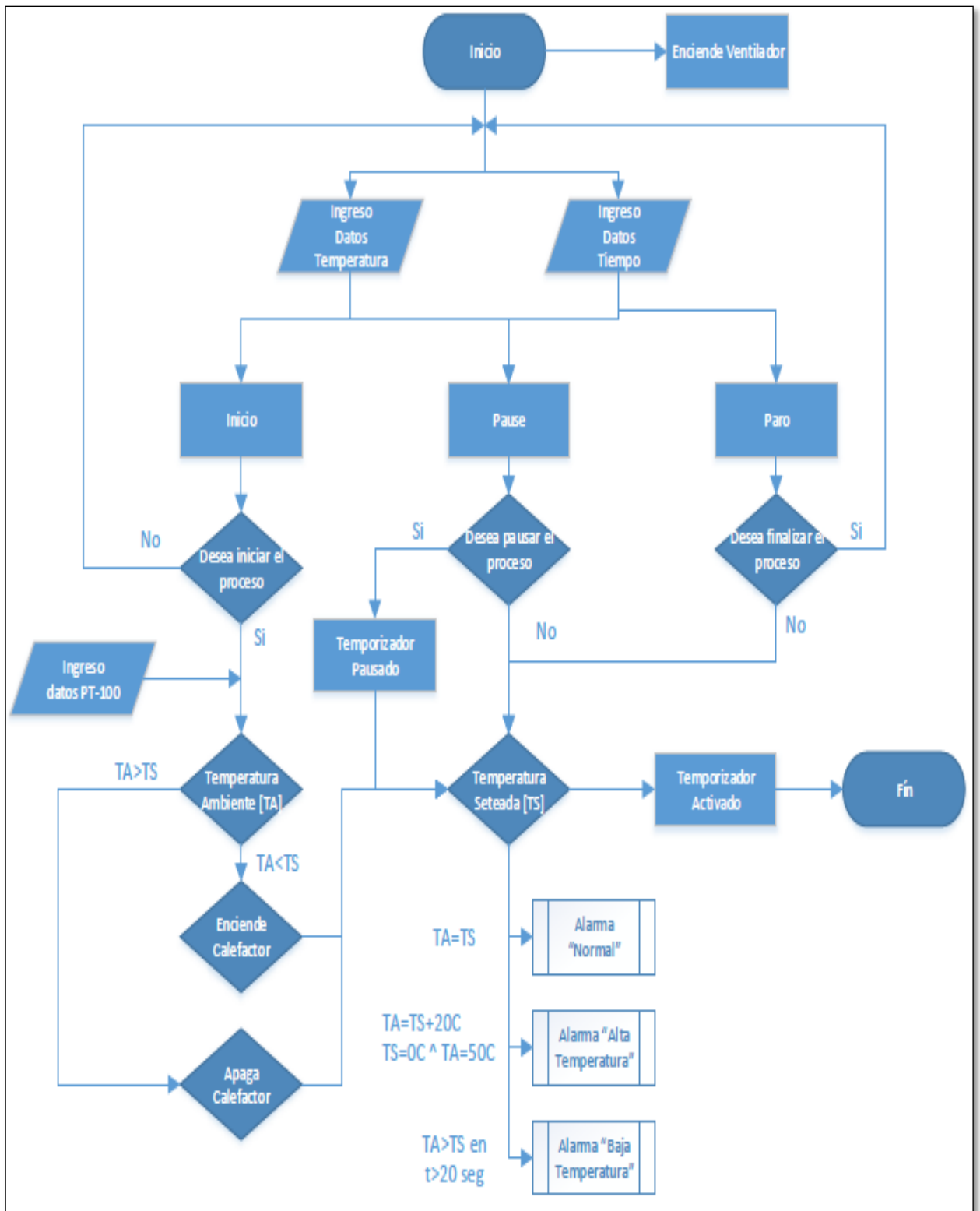


**Gráfico 43.-** Conversor Serial a USB para la Instalación

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 2.6 Diagrama de Flujo de Todo el Sistema

En el gráfico 44 se presenta el diagrama de flujo general de todo el sistema en donde se muestra la secuencia para la programación de los valores y los diferentes puntos en donde se pueden realizar otras acciones que llevan a cumplir un mismo objetivo que es el realizar un proceso automático mediante los valores antes programados de acuerdo a la necesidad de cada producto.



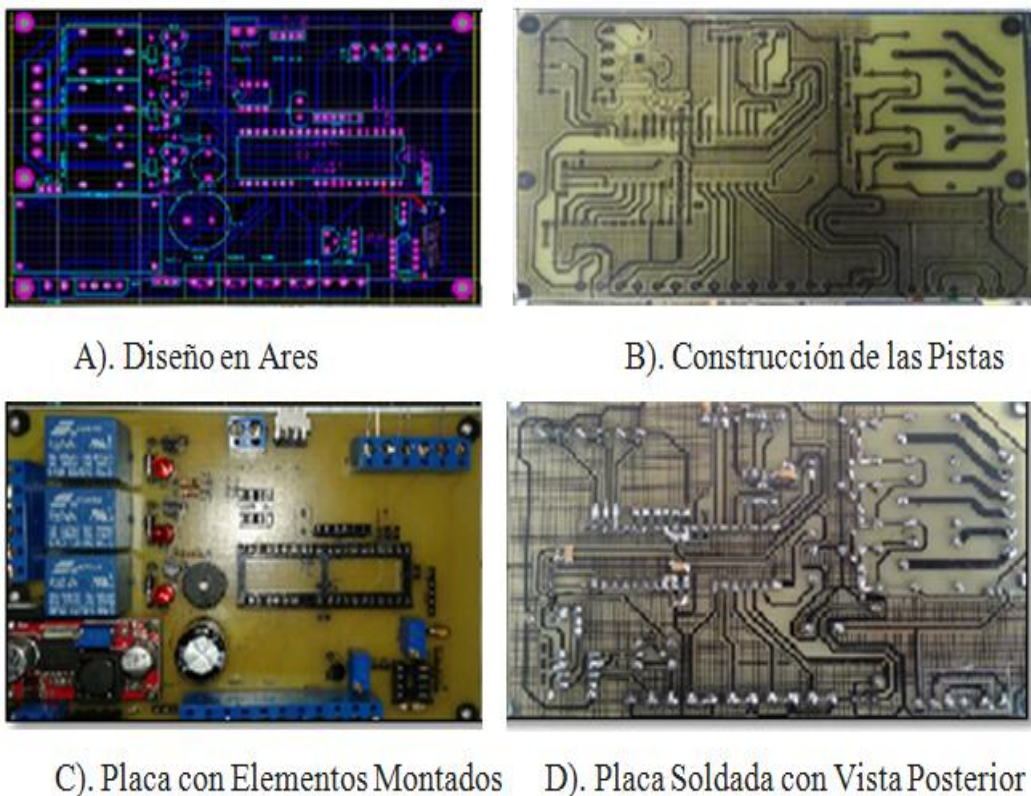
**Gráfico 44.-** Diagrama de Flujo

**Fuente:** Elaborado por el Autor

## CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN

### 3.1 Desarrollo

Al finalizar el proceso de diseño de todo el sistema propuesto en el capítulo 2, se procede a elaborar la placa electrónica y soldar los elementos físicos con la confiabilidad que brinda el programa de diseño Proteus, con esta herramienta de diseño se puede simular el 80% de los circuitos con lo que se asegura el correcto funcionamiento de los circuitos diseñados y minimiza la probabilidad de error. En el gráfico 45 se presenta 4 modelos del proceso de elaboración de la placa madre diseñada en Proteus.



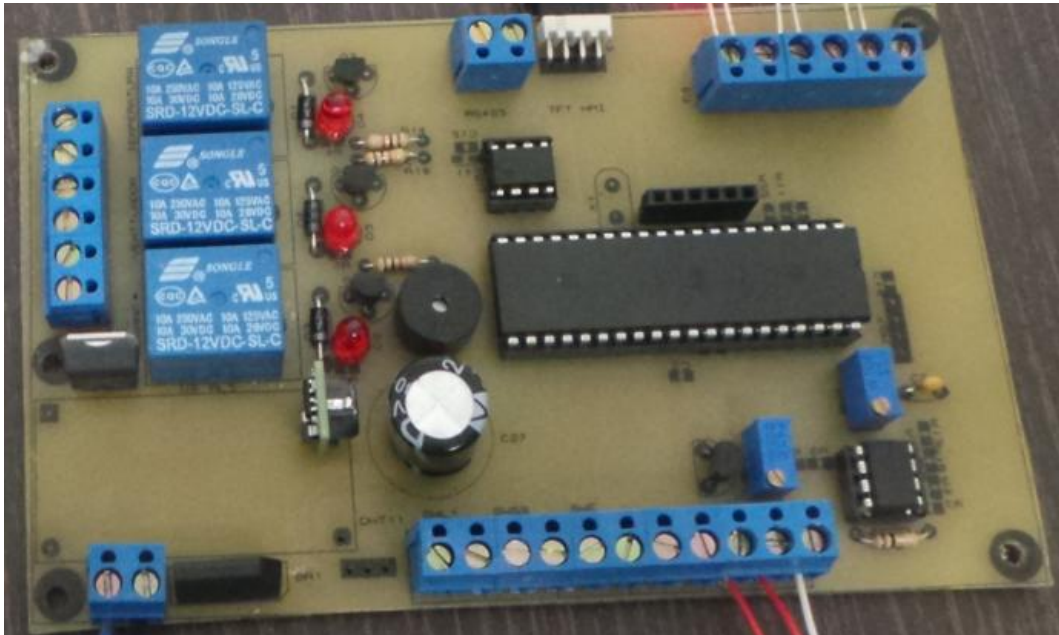
**Gráfico 45.-** Proceso de Elaboración de la Placa Madre

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 3.2 Montaje de Elementos Electrónicos

Con respecto a los elementos electrónicos, cabe señalar que en esta placa se colocó bases de acople y desacople rápido para los integrados de comunicación, control e instrumentación para casos de mantenimiento o programación, mediante el multímetro

digital se revisa la inexistencia de cortocircuitos en las pistas y se comprueba el funcionamiento de los elementos soldados, por otro lado se ha instalado 5 borneras donde se conectarán: el sensor de temperatura, cable de comunicación serial, cables para salidas de relé, cable de energía de 9 [VAC] del transformador y por ultimo diodos LED's como señales de guia, en el gráfico 46 se puede ver el diseño final con los elementos montados en la placa electrónica .



**Gráfico 46.-** Montaje de los distintos elementos en la placa Electrónica

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 3.3 Pruebas de Funcionamiento

#### 3.3.1 Prueba de voltajes

Un paso muy importante es comprobar los valores entregados por las 2 fuentes de alimentación que se montó en la tarjeta, mediante el multímetro digital se tomó las lecturas de los voltajes del transformador y las fuentes antes mencionadas, estas mediciones fueron favorables con el fin eliminar errores como último paso antes de activar toda la tarjeta y sus elementos. En el gráfico 47 se puede ver la prueba de voltajes.



**Gráfico 47.-** Medición de Voltajes

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### **3.3.2 Pruebas de Comunicación entre la Pantalla Táctil el Microcontrolador y Sensor PT 100**

Entre los principales elementos que se debe implementar a esta tarjeta esta la pantalla táctil la cual deberá realizar la comunicación mediante protocolo RS 232 con el microcontrolador programado, esta pantalla permite visualizar todo el menú de instrucciones para el proceso de secado y manipular los estados de mando de los elementos, es decir activar relés, alarmas, LED's, etc.

La lectura de la variable física llamada temperatura es uno de las principales parámetros que se debe visualizar en todo momento, al conectar el sensor PT 100 (platino a 100 ohmios) en el conversor análogo digital del microcontrolador se observó la recepción de los valores de temperatura ambiente pero con algunos grados de desfase, esto se corrige con el potenciómetro de ganancia para calibración de estos desfases y con la ayuda de un instrumento certificado. En el gráfico 48 se puede ver la prueba de comunicación de la tarjeta con los valores entregados por los periféricos de entrada y salida.



**Gráfico 48.-** Prueba de Comunicación de la Tarjeta con Elementos de Entrada y Salida

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 3.3.3 Prueba del Sistema Electrónico Armado

Con el fin de comprobar el funcionamiento de los elementos en conjunto, se construyó una caja de acrílico en donde se montó la placa para realizar todas las pruebas pertinentes. En esta prueba se manipulo todos los valores de tiempo y temperatura con el fin de comprobar la operatividad del sistema automático para el proceso que fue creado en conjunto con todos los elementos de entrada y salida. En el gráfico 49 se observar todo el sistema electrónico armado.



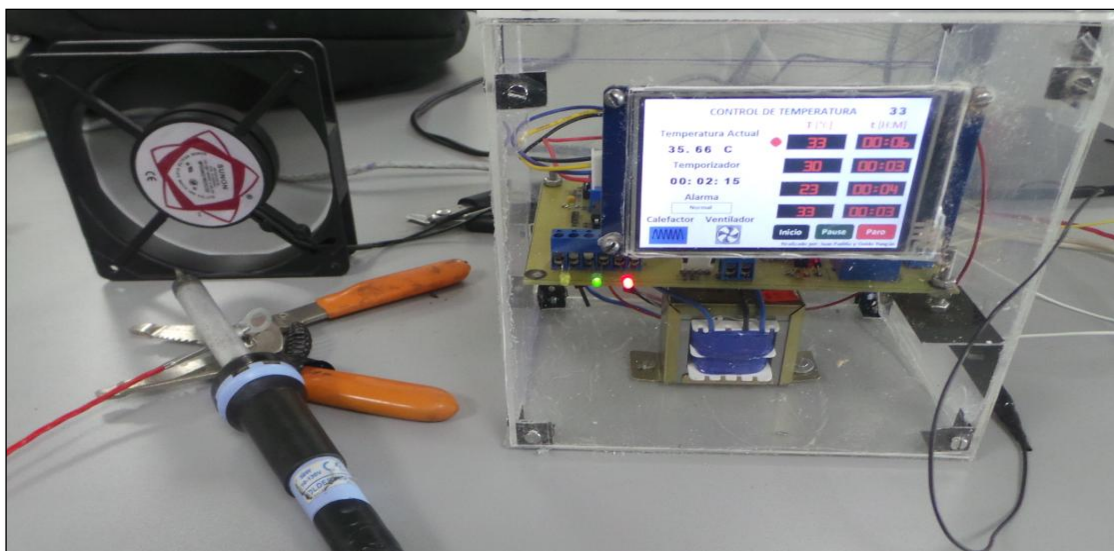


**Gráfico 49.-**Circuito Montado en una Caja de Acrílico

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 3.3.4 Prueba de Simulación del Proceso de Secado con el Sistema Electrónico

Para esta prueba se utiliza un caudín con el objetivo de simular el calentamiento de la resistencia tubular, además un ventilador de computadora que representa el sistema de ventilación, esta prueba se observa en el gráfico 50.



**Gráfico 50.-** Prueba de Simulación del Proceso de Secado

**Fuente:** Elaborado por el Autor

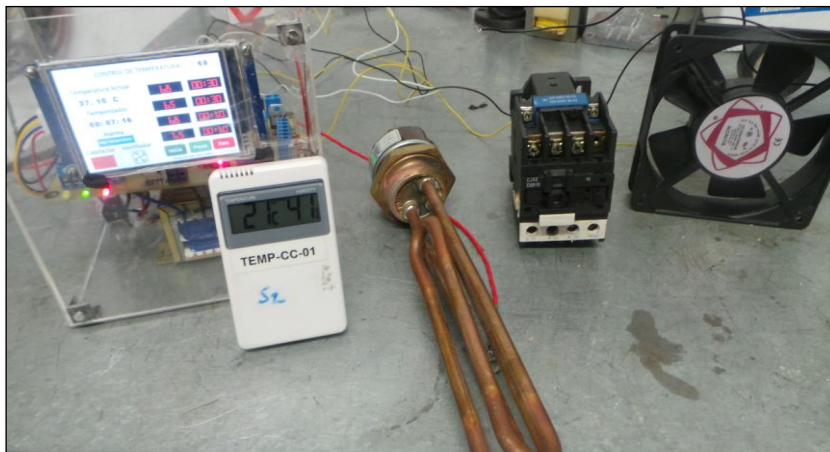
### 3.3.5 Pruebas con Elementos de Potencia

Con el fin de comprobar el funcionamiento adecuado de los componentes de potencia ante situaciones reales se incorporó al sistema electrónico actuadores de alta potencia muy parecidos a los que dispone el horno eléctrico, estos dispositivos son:

- Un contactor 220 [VAC]
- Una resistencia Tubular de 1000 Watts

Con el mismo ventilador utilizado en la prueba anterior de simulación se realiza las pruebas adicionales con respecto a cargas de alta potencia, además se incorpora un instrumento de medida llamado termohigrómetro para obtener un valor de referencia normalizado para la variable térmica.

En el gráfico 51 se puede observar la prueba mencionada con los elementos incorporados de alta potencia.



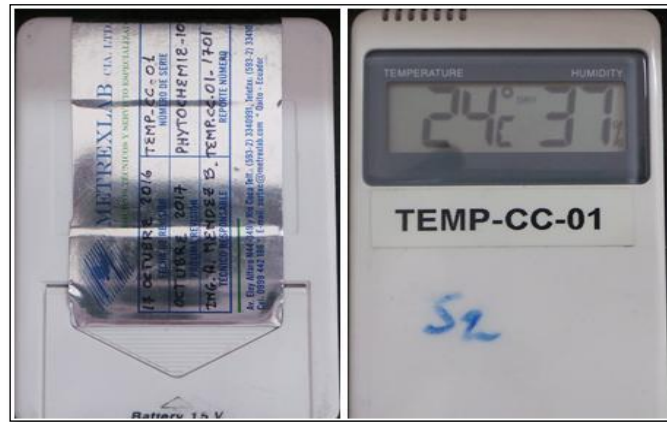
**Gráfico 51.-** Segunda Prueba con Elementos de Potencia

**Fuente:** Elaborado por el Autor.

### 3.3.6 Termohigrómetro utilizado para Calibrar el Sensor PT 100

Un termohigrómetro es un instrumento de medida que proporciona la lectura de las variables de temperatura y humedad en el caso particular del horno solo se utiliza el parámetro térmico, este instrumento fue facilitado por la empresa Laboratorio Phytochemie para ajustar el sensor PT 100 un valor estándar, este instrumento cuenta con una certificación normalizada por parte de la empresa MetrexLab entidad

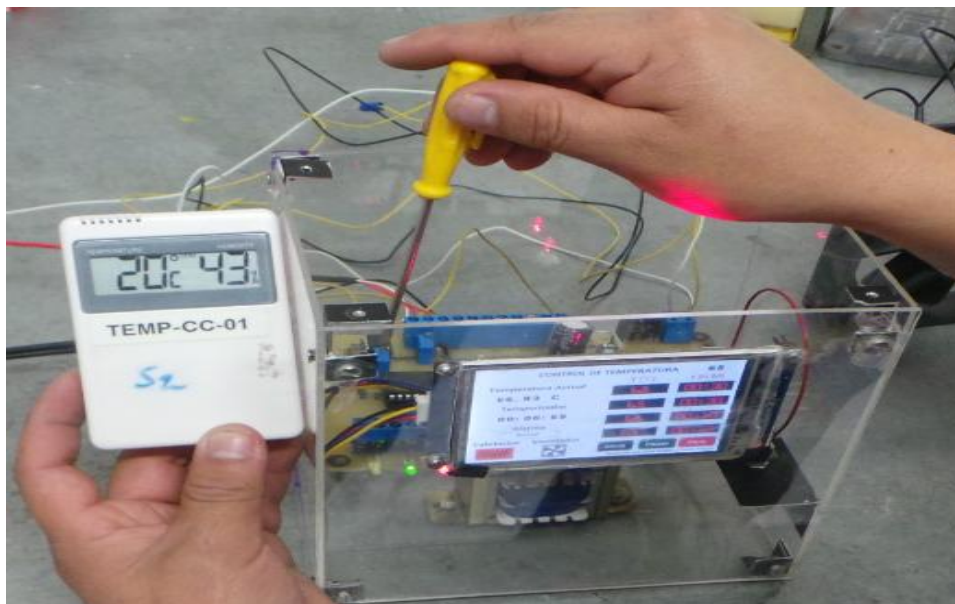
autorizada para calibrar estos instrumentos de medida. En el gráfico 52 se puede ver el instrumento certificado.



**Gráfico 52.-** Termohigrómetro Laboratorio Phytochemie

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Con este instrumento se comprobó la lectura actual de temperatura en el sensor PT 100 con respecto al parámetro del termohigrómetro, como se ve en el gráfico 53 existe una diferencia de 4 grados en desfase, este error fue corregido con el potenciómetro de ganancia incorporado justamente para realizar la corrección de estos valores.



**Gráfico 53.-** Calibración de Sensor de Temperatura

**Fuente:** Elaborado Por el Autor

### **3.3.7 Pruebas del Módulo Electrónico en la Empresa**

La empresa autorizó que estas pruebas se las realicen los días sábados en los que no existe producción, porque laboran de lunes a viernes y es un día ideal para no interrumpir con los procesos actuales de manufactura. Pero cuando todo el sistema esté listo se realizará una prueba con un proceso real de producción. Las pruebas realizadas se describen a continuación

### **3.3.8 Prueba 1: Funcionamiento del Módulo con el Horno**

Con el modulo listo en todos los aspectos de diseño requeridos para solventar el proceso de secado se lleva a cabo el montaje de acoplamiento en el sitio.

**Paso 1.-** en el área de secado se inicia la instalación del módulo electrónico, en primer lugar se cambia la configuración de tensión de entrada a 220[VAC], porque el horno funciona con dos fases de AC y las pruebas anteriores se realizó con tensión de 120[VAC], pero sin ningún inconveniente se procede con este cambio porque de inicio ya se tomó esta precaución en el diseño, justamente con un transformador para este tipo de tensiones, este es uno de los resultados del análisis técnico recopilado en la visita sobre el estado actual del horno.

**Paso 2.-** es fundamental desconectar el circuito de control actual del circuito de potencia del horno, para instalar ahí las señales de controladas provenientes del módulo electrónico

**Paso 3.-** se desinstalo el actual sensor de temperatura de la cámara interna del horno porque no es compatible con el circuito diseñado y en su lugar colocar el instrumento PT 100

**Paso 4.-** se pudo comprobar los valores medidos dentro de la cámara con respecto al termohigrómetro, que también se lo coloco en el sitio y se tuvo que realizar una nueva calibración del sensor.

Luego de 25 minutos de funcionamiento se observó que los datos numéricos de la pantalla no se mantienen estables, por lo que se tuvo que retirar el circuito de nuevo al taller y revisar el porqué de la falla.

En el gráfico 54 se puede ver la primera prueba realizada en la empresa justamente en el área de secado donde se encuentra instalado el horno eléctrico.



**Gráfico 54.-** Primera Prueba en la Empresa Phytochemie

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### **3.3.9 Prueba 2: Simulación de un Proceso de Secado sin Producto**

Se realizó una segunda prueba en el sitio, se colocó todos los valores de Setpoints se inició el sistema y reviso que los parámetros cumplan lo programado, esta vez con mejores resultados porque se probó todo el sistema mediante la simulación de un proceso de secado sin producto, pero se detectaron nuevos inconvenientes:

- Error en los tiempos de alarma de baja como de alta temperatura.
- Error en la acción siguiente que debe realizar el programa cuando salta una alarma.
- Error en el tiempo de decremento de cada Setpoint y debe empezar el contador cuando sus valores lleguen al valor programado.
- Error en los rangos de histéresis porque estos valores fluctúan +/- 8 °C con relación al Setpoint.

En el gráfico 55 se puede ver la segunda prueba en el sitio y mediante la computadora se configura el microcontrolador y pantalla para eliminar los errores antes mencionados.



**Gráfico 55.-** Simulación de un Proceso de Secado sin Producto

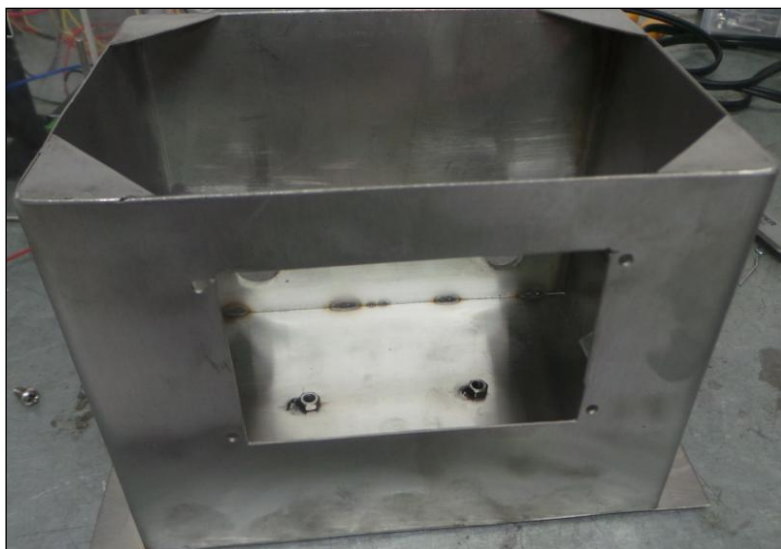
**Fuente:** Elaborado por el Autor

### **3.3.9.1 Pruebas Finales en el Taller**

Después de las anteriores pruebas realizadas se corrigió algunas falencias que van desde la caja o el armazón donde va montado el circuito, hasta la programación de la tarjeta así como también de la pantalla, con respecto a la estructura de la placa electrónica se tuvo que retirar el acrílico porque este solo fue hecho para las primeras pruebas y sirvió para darle forma al modelo final de la caja, esta fue construida en un tamaño más reducido.

Para la instalación final se fabricó una caja en acero inoxidable ANSI 304, material que se exige en este tipo de industrias además que combina con el modelo del horno que también es de acero inoxidable

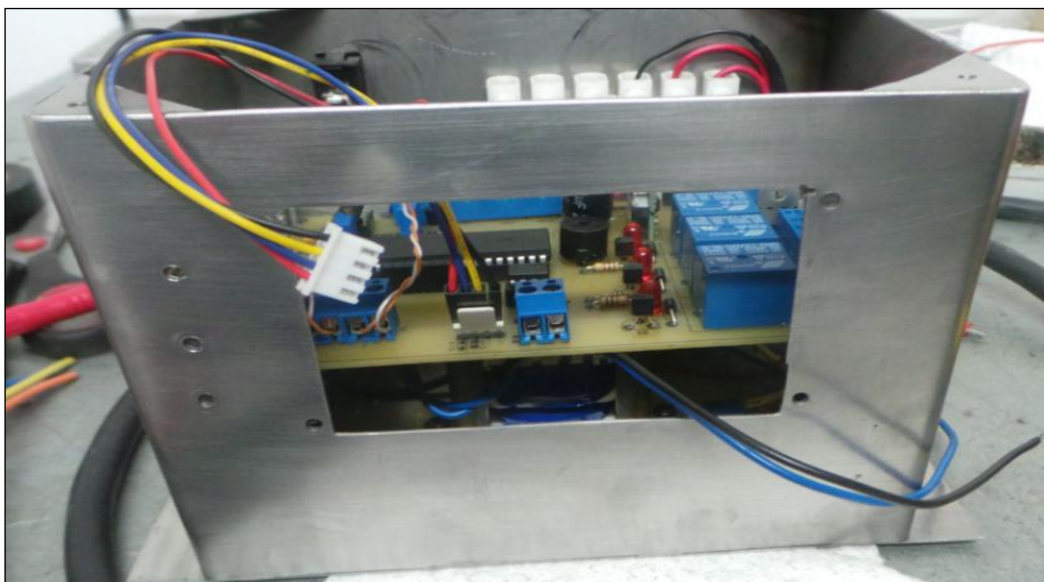
En el gráfico 56 se puede observar la caja en acero inoxidable que resulto como producto final de las anteriores pruebas.



**Gráfico 56.-** Estructura en Acero Inoxidable

**Fuente:** Elaborado por el Autor

En esta caja se realizó el montaje final del circuito con las conexiones definitivas, adicional a esto se colocó un botón de encendido en la parte posterior así como también un fusible de línea, además la caja cuenta con un ventilador incorporado sumado a unas ranuras de ventilación que ayudará a disipar el calor generado por los elementos electrónicos. En montaje final del circuito se lo puede ver en el gráfico 57.

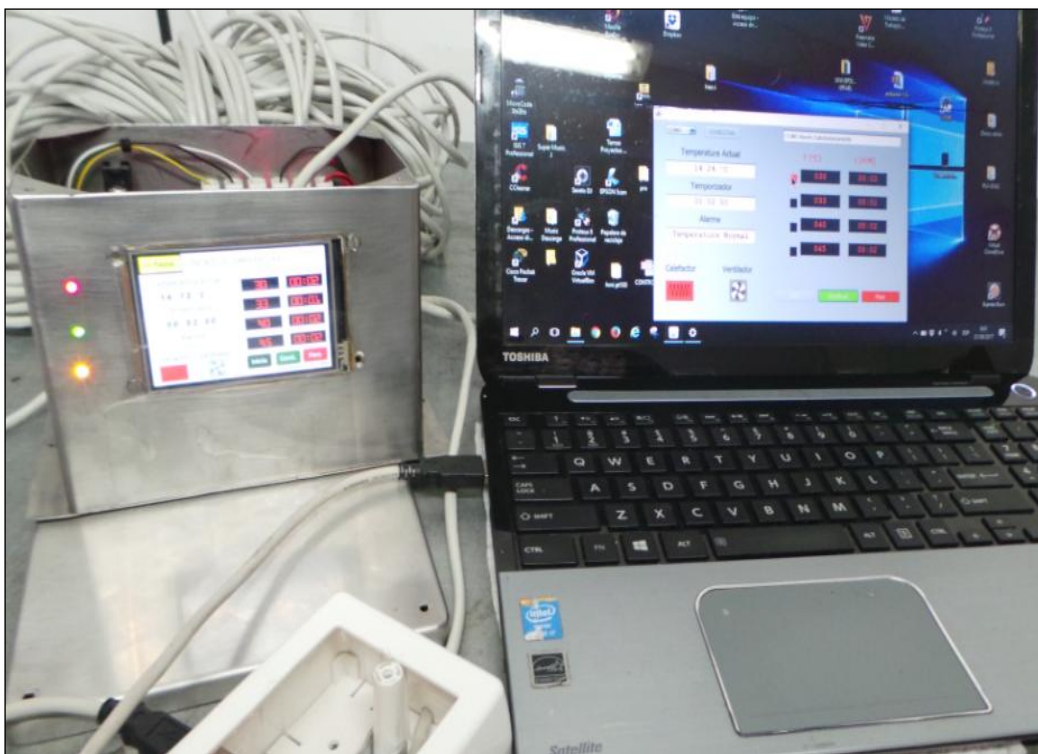


**Gráfico 57.-** Montaje Final del Circuito en la Caja de Acero Inoxidable

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 3.3.9.2 Prueba de Comunicación Serial 485

En esta fase ya con el proyecto totalmente terminado, se procedió a realizar las pruebas necesarias de comunicación con un cable UTP CAT-5E de 30 metros de largo, en el gráfico 58 se puede observar el rollo de cable antes de colocarlo para comprobar la distancia de comunicación, lo cual entregó resultados positivos con lo que se observó el funcionamiento tanto de la pantalla táctil así como también de la PC, con esto se comprueba que se puede manipular de cualquiera de los 2 sistemas los valores de temperatura y tiempo.



**Gráfico 58.-** Prueba de Comunicación Serial

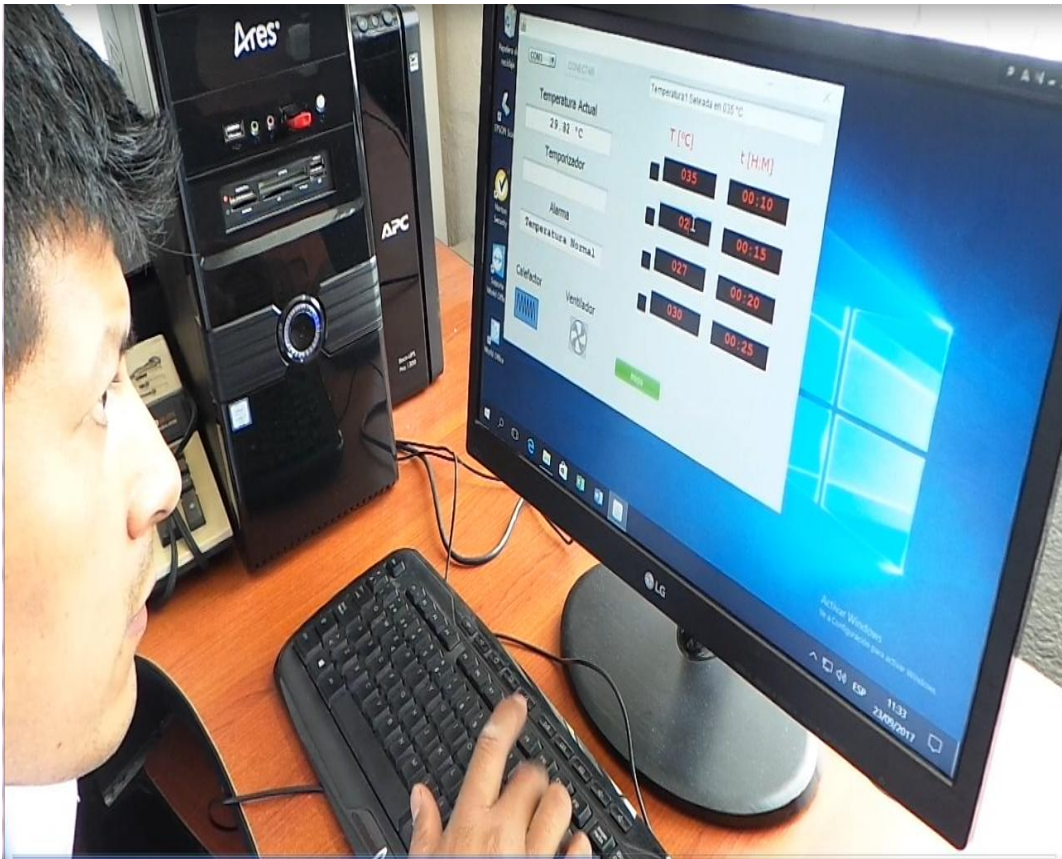
**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 3.3.9.3 Prueba del Software Instalado en la Computadora del Jefe de Producción

Con el sistema ya probado en cuanto a la comunicación serial se procede a realizar la instalación del cable de red y conversor serial/USB en la oficina del jefe de producción, una vez finalizado esta instalación se procede a instalar el software creado para el monitoreo del horno con el que se deberá realizar las pruebas de funcionamiento a distancia, en el gráfico 59 se puede ver el monitoreo y manipulación del programa por



parte del operario de la planta que fue de gran ayuda para realizar estas pruebas de monitoreo.



**Gráfico 59.-** Prueba de Monitoreo y Funcionamiento con el Software

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 3.4 Instalación Final en el Sitio

El modulo instalado en el horno presento desfase de temperatura por lo que se debió realizar una nueva calibración del sensor PT 100, con el instrumento llamado termohigrómetro se toma la lectura en la cámara para establecer un valor de referencia en el sensor térmico, además se modificó el tiempo de las alarmas que debido a las pruebas anteriores se programaron con tiempos muy cortos, todos los cambios de código se lo puede realizar gracias al diseño de la tarjeta electrónica, que fue proyectada para realizar cualquier cambio en el microcontrolador y también en la pantalla sin ningún inconveniente cuando fuere necesario con solo remover la tapa superior. En el gráfico 60 se observa la instalación final.



**Gráfico 60.-** Configuración de Parámetros en la Instalación Final

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Cuando se empezó a controlar el horno eléctrico se tuvo que supervisar el funcionamiento del sistema durante 4 horas porque se probó el sistema con un proceso real de secado, tiempo en el cual no presentó ninguna falla ni inconveniente que afectará al producto o al equipo. .

En el gráfico 61 se puede ver el modulo electrónico instalado y luego de realizar el primer control de un proceso de secado.



**Gráfico 61.-** Módulo Electrónico en su Primer Control de Secado

**Fuente:** Laboratorio Phytochemie

### 3.5. Capacitación al Personal de la Empresa

Parte de este proyecto es la instrucción del funcionamiento a los operarios del horno dentro de estas instrucciones se mencionó la manera de utilizar todos los botones y la seguridad que tiene el sistema en caso de fallos ya que cuenta con una alarma sonora instalada cerca del horno que será escuchada por el personal, si fuera el caso deberán comunicarse con los técnicos que sabrán solventar los inconvenientes suscitados por diversas causas. En el gráfico 62 se puede observar la debida capacitación con los operarios de la planta de producción.



**Gráfico 62.-** Capacitación al Personal de la Empresa

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Con la capacitación se entregan 2 documentos correspondientes al manual de usuario y el manual técnico los cuales se los puede revisar en los Anexos 12 y 13.

### **3.6 Análisis De Resultados**

Los resultados obtenidos en cada prueba fueron de gran ayuda para llegar a obtener un producto bastante funcional y libre de errores a continuación se detalla la información resultante de estas pruebas.

#### **Prueba en la Medición de Voltajes**

- Resultado: el voltaje entregado por las fuentes de alimentación fue de 5 [VDC] y 12[VDC], en cuanto al valor entregado por el transformador fue de 9 [VAC].
- Error : 0
- Observación: valores satisfactorios esperados

#### **Prueba de comunicación entre la pantalla, el microcontrolador y sensor PT 100**

- Resultado: Se observa la recepción de los datos enviados desde la pantalla hacia el microcontrolador y viceversa, con respecto al sensor PT 100 se evidencian los valores de temperatura ambiente.
- Error: se encontró desfase entre la temperatura real y la medida
- Solución: Se calibra el sensor mediante el potenciómetro de ganancia.
- Observación : la pantalla y el microcontrolador operan con normalidad

#### **Prueba del Todo el Sistema Armado**

- Resultado: El sistema en conjunto con todos los periféricos de entrada y salida opera con normalidad
- Error: 0
- Observación: Se montó la placa electrónica en una caja de acrílico para esta y las siguientes pruebas

#### **Prueba de Simulación del Proceso de Secado**

- Resultado: El sistema trabaja con normalidad frente a las cargas pequeñas que se colocó para simular el proceso de secado.
- Error: 0
- Observación: Con elementos de baja potencia ninguna novedad anormal.

### **Prueba con Elementos de Potencia**

- Resultado: se observó que al trabajar el sistema con cargas de alta potencia durante un tiempo prolongado, se presentaba un pequeño porcentaje de calentamiento en los relés.
- Error: calentamiento de elementos
- Solución: se incorporó un ventilador para mantener refrigerado los elementos electrónicos
- Observación: se pudo ver el potencial del sistema frente a cargas grandes

### **Prueba 1 del Módulo en la Empresa**

- Resultado: se logró verificar que los parámetros técnicos y requerimientos del beneficiario analizados al inicio del proyecto estaban acordes con el sistema electrónico.
- Error: se identificó que los terminales de conexión de la pantalla se encontraban flojos.
- Error: calibración errónea del microcontrolador frente a temperaturas bajas
- Solución 1: cambio de modelo de terminal que asegura la conexión.
- Solución 2: calibración del porcentaje de error para temperaturas bajas según datasheet ver Anexo 6.
- Observación: en el horno se pudo evidenciar errores que no se detecta en el taller

### **Prueba 2 Simulación de un Proceso sin Producto**

- Resultado: durante el proceso se determinaron varios parámetros que estaban dentro de lo requerido como la lectura de temperatura, la comunicación RS 232 y RS 485 pero parte del sistema no respondió bien.
- Error: parámetros de histéresis muy altos, tiempo de alarmas muy cortas.
- Solución: se evidencio estos fallos que al tratarse solo de programación se los corrigió de inmediato.
- Observación: En esta prueba se puede decir que el sistema está casi listo

### **Pruebas Finales en el Taller**

- Resultado: se determina el sitio final de montaje para el circuito electrónico
- Error: ausencia de carcasa adecuada para la instalación final
- Solución: diseño y construcción de una caja en acero inoxidable que cumpla con las normas de limpieza y estética requeridos para este tipo de industrias.
- Observación: se monta el sistema finalmente en la caja antes descrita para la instalación final.

### **Prueba de Comunicación serial RS 485**

- Resultado: para el envío de datos se colocó el cable que se va a utilizar en la instalación con una distancia de 30 metros, de esta manera se comprobó la operación a distancia que no presento ningún inconveniente.
- Error: el conversor serial a USB no viene con una cajetín para el tipo de instalación que se va a realizar
- Solución: se elabora un cajetín personalizado para esta instalación.
- Observación: adicional a lo mencionado se necesitará de un cable USB para la conexión desde la computadora al conversor serial.

### **Prueba del software Instalado en la Oficina del Jefe Producción**

- Resultado: en programa instalado cumplió con la ejecución de las ordenes programadas y el monitoreo constante del proceso.
- Error: no presento errores
- Observación: usar este software solo en computadores de 64 bits.

## CONCLUSIONES

- El resultado obtenido mediante el análisis en la empresa refleja, que se requiere un sistema que automatice el proceso de secado en 3 fases, con el fin de mejorar la calidad del producto, como extender la vida útil del equipo, lo que determina la viabilidad económica del proyecto, sujeto a un presupuesto preestablecido y de acuerdo a los datos técnicos recopilados del horno se observa que técnicamente se puede realizar este proyecto.
- El sistema está diseñado para trabajar con elementos de aplicación industrial, lo cual garantiza una operación continua de 24 horas / 7 días a la semana, gracias a las funcionalidades incorporadas como la programación y comunicación; en donde se utilizó una pantalla táctil para interacción en el sitio además de un software de monitoreo con acceso a distancia, estas dos características son importantes a la hora de controlar como de verificar el ingreso de información requerida en el horno eléctrico.
- La industria farmacéutica exige para las máquinas y equipos un acero bajo el estándar ANSI 304, el cual posee características de alta resistencia a la corrosión, es por eso que en el proceso de implementación en el sitio, se elaboró el tablero electrónico en dicho acero, además de cumplir con requerimientos de diseño estructural; donde no deben existir puntas filosas, bordes o canales que ayuden acumular polvo o suciedad.
- Con el sistema implementado se redujo el error entre la Temperatura seteada [TS] y Temperatura Actual [TA] de - 10 °C a -1 °C y de +10 °C a +3 °C que representado en términos de porcentaje existe una reducción entre 90% a 70% respectivamente, con lo cual se logra proteger como prolongar la vida útil de los actuadores que ayudan a evaporar el alcohol de manera segura fuera de la cámara del horno.

- Los tiempos de secado eran controlados por los operarios del equipo mediante un cronometro, esto ocasionó inconvenientes; dado que se tuvo dificultades en la asistencia del equipo para detener el proceso de secado a tiempo o extemporáneo, ahora con el nuevo sistema automático se garantizan los valores exactos para cada transición según lo programado al inicio del proceso, esto beneficia de manera directa a la producción, con el ahorro mano de obra y se concentra el recurso humano en otras áreas.

## **RECOMENDACIONES**

- En caso de que el proceso requiera reducir la temperatura entre etapas se debe realizar una tabla de tiempos que tome en cuenta las demoras que se darán a causa de la activación del temporizador, en el caso de existir este requerimiento el tiempo será significativo lo cual puede afectar la calidad del producto.
- Optimizar el sistema construido mediante detectores de humedad como de alcohol los cuales pueden ser fácilmente integrados en los pines 23,39,40 del microcontrolador, estos dispositivos ya se encuentran reservados en la tarjeta electrónica actual y están a disposición de la empresa cuando esta la requiera.
- Capacitar a los operadores del horno para el buen uso del sistema de control y verificar cada semana que el sensor PT-100 detecte la temperatura actual del horno mediante el termohigrómetro.
- Verificar que se encienda el ventilador del horno al iniciar el proceso, debido a que las resistencias tubulares no pueden trabajar sin ventilación lo que terminará en un daño grave en las resistencias.
- Para realizar cualquier tipo de mantenimiento eléctrico por avería, se recomienda ejecutarlo con el equipo desconectado, debido a que dentro del ambiente de producción, se utilizan líquidos inflamables.
- Se recomienda realizar una limpieza de la placa electrónica más el ventilador cada 6 meses debido a la acumulación de humedad y polvo del ambiente.



## BIBLIOGRAFÍA

Atmel. (2016). *AVR Micrononrollers*.

Atmel, C. (08 de 2016). *AVR Microcontrollers*. Recuperado el 06 de 05 de 2017, de [http://www.atmel.com/Images/Atmel-42742-ATmega164P\\_Datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-42742-ATmega164P_Datasheet.pdf)

automatico, S. d. (05 de 06 de 2013). Recuperado el 17 de 05 de 2017, de <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/sistemas-de-control-automatico/2013/i/guia-5.pdf>

AVR, B. (2017). *MCS-Electronics*. Obtenido de <https://avrhelp.mcselec.com/>

Coparoman. (09 de 08 de 2014). Obtenido de <http://coparoman.blogspot.com/2014/08/selector-electrico-rotativo.html>

Daneri, P. A. (2008). *PLC Automatización y control Industrial*. Buenos Aires: Hispano America.

Daneri, P. A. (2008). *PLC Automatización y Control Industrial*. Buenos Aires: Hispano Americana S.A.

Duran, J. L. (2012). *Automatismos Electricos e industriales*. barcelona: marcombo.

Electromecanicos, S. (2012). Recuperado el 03 de 05 de 2017, de <https://www.amee.com.mx/INTERRUPTOR%20TERMOMAGNETICO.pdf>

Fischl, T. (2011). *SBasp - USB programmer for Atmel AVR controllers*. Obtenido de <http://www.fischl.de/usbasp/>

HETPRO. (08 de 2014). *Hetpro-Store*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/pantalla-nextion-arduino/>

Ibrahim, D. (2006). *Programación de Microcontroladores*. Barcelona: Marcombo, Ediciones Tecnicas.

Leavy, R. R. (2012). *Instalaciones Electricas Seguras*. Argentina : Nueva Libreria, Estados Unidos .

Perez, I. M. (2008). *Introducción a los sistemas de control*. San Juan.

Phychemie, L. (2017). *Laboratorio Phychemie*. Obtenido de <https://www.pchemie.com/>

*Sistemas de control Automatico*. (2013). Recuperado el 17 de 08 de 2017

Velez et al. (2011). *Diseñar y Programar todo es Empezar*. Madrid: DYKINSON.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Tabla Técnica Laboratorio Phytochemie



#### Parametros de Temperatura y Tiempo 2017

PRODUCTO	Temperatura 1	Tiempo 1	Temperatura 2	Tiempo 2	Temperatura 3	Tiempo 3	Temperatura 4	Tiempo 4
AMEBIPACK	25	2 Horas	30	3 horas	35	3 Horas	40	4 Horas
ARTRITEN	30	3 Horas	40	3 Horas	50	3 Horas	60	3 horas
COTRITEN	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
DIGESTY	30	3 Horas	45	3 Horas	50	3 Horas	55	3 Horas
EXTREMEX	25	4 Horas	30	2 Horas	35	2 Horas	40	4 Horas
GASTRITEN	30	3 Horas	40	3 Horas	50	3 Horas	60	3 horas
GASTRITEN TABLETAS	25	2 Horas	30	3 horas	35	3 Horas	40	4 Horas
HEPASOLUTION TABLETAS	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
MEGATECH	40	3 Horas	50	3 Horas	50	3 Horas	60	3 Horas
NEUROACTIVE TABLETAS	30	3 Horas	40	3 Horas	50	3 Horas	60	3 horas
OSTEO COMPLEX	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
PROSTALOGYX	25	4 Horas	30	2 Horas	35	2 Horas	40	4 Horas
TOP SEX TABLETAS	35	2 Horas	40	3 Horas	45	2 Horas	50	3 Horas
SLIMMED	30	3 Horas	45	3 Horas	50	3 Horas	55	3 Horas
STRES STOP TABLETAS	35	3 Horas	40	3 Horas	45	3 Horas	60	3 Horas
UROLET TABLETAS	25	2 Horas	30	3 horas	35	3 Horas	40	4 Horas

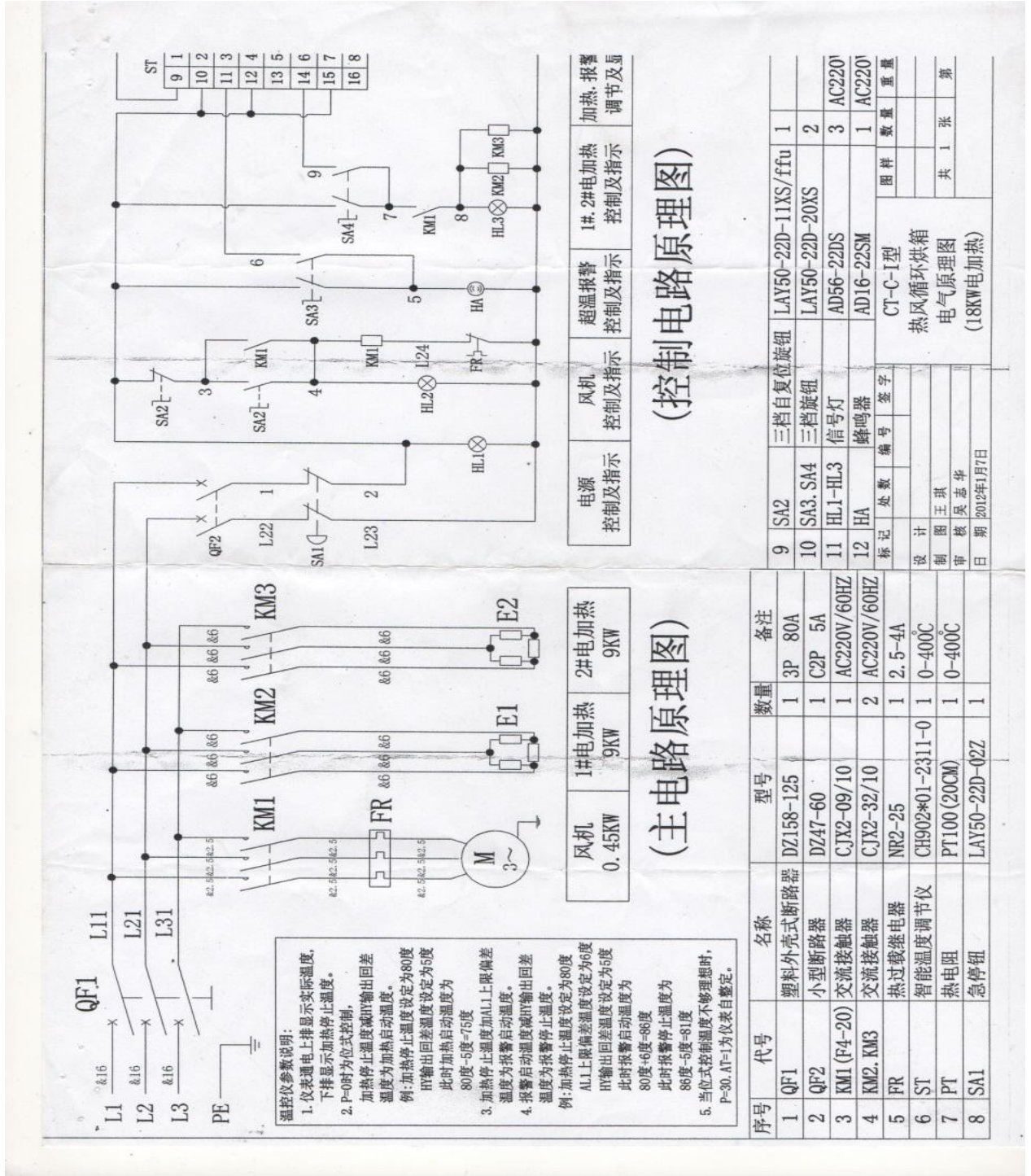
ORDEN DE PRODUCCION PARA PRODUCTOS ELABORADOS CON  
MATERIAS PRIMAS EN POLVO

EQUIPO A UTILIZAR	HORNO ELECTRICO
CODIGO:	HOR-PRO1
RESPONSABLE:	DR. OMAR JIMENEZ

Fuente: Laboratorio Phytochemie

Anexo 2

Datos Técnicos y Diagrama Eléctrico Horno




Fuente: Laboratorio Phytochemie

### Anexo 3

#### Microcontrolador Atmega 164P

(PCINT8/XCK0/T0) PB0	1	40	PA0(ADC0/PCINT0)
(PCINT9/CLKO/T1) PB1	2	39	PA1(ADC1/PCINT1)
(PCINT10/INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2(ADC2/PCINT2)
(PCINT11/OC0A/AIN1) PB3	4	37	PA3(ADC3/PCINT3)
(PCINT12/OC0B/ $\overline{SS}$ ) PB4	5	36	PA4(ADC4/PCINT4)
(PCINT13/MOSI) PB5	6	35	PA5(ADC5/PCINT5)
(PCINT14/MISO) PB6	7	34	PA6(ADC6/PCINT6)
(PCINT15//SCK) PB7	8	33	PA7(ADC7/PCINT7)
$\overline{RESET}$	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2/PCINT23)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1/PCINT22)
(PCINT24/RXD0) PD0	14	27	PC5 (TDI/PCINT21)
(PCINT25/TXD0) PD1	15	26	PC4 (TDO/PCINT20)
(PCINT26/RXD1/INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS/PCINT19)
(PCINT27/TXD1/INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK/PCINT18)
(PCINT28/XCK1/OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA/PCINT17)
(PCINT29/OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL/PCINT16)
(PCINT30/OC2B/ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2A/PCINT31)

	Power
	Ground
	Programming/debug
	Digital
	Analog
	Crystal/Osc

Fuente: Atmel 2006

#### Anexo 4

**Tabla Estándar para cálculos de una PT-100**

VALOR BÁSICO		CLASE A		CLASE B		1/3 DIN	
°C	Ohm	°C	Ohm	°C	Ohm	°C	Ohm
-200	18,44	±0,55	±0,24	±1,3	±0,56	±0,4	±0,19
-100	60,2	±0,35	±0,14	±0,8	±0,32	±0,3	±0,11
0	100	±0,15	±0,06	±0,3	±0,12	±0,1	±0,04
100	138,5	±0,35	±0,13	±0,8	±0,3	±0,3	±0,10
200	175,84	±0,55	±0,20	±1,3	±0,48	±0,4	±0,16
300	212,03	±0,75	±0,27	±1,8	±0,64	±0,6	±0,21
400	247,06	±0,95	±0,33	±2,3	±0,79	±0,8	±0,26
500	280,93	±1,15	±0,38	±2,8	±0,93	±0,9	±0,31
600	313,65	±1,35	±0,43	±3,3	±1,06	±1,1	±0,35
650	329,41	±1,45	±0,46	±3,6	±1,13	±1,2	±0,38
700	345,21	-	-	±3,8	±1,17	±1,3	±0,39
800	375,61	-	-	±4,3	±1,28	±1,4	±0,43
850	390,38	-	-	±4,6	±1,34	±1,5	±0,45

**Fuente:** (Daneri, PLC Automatización y Control Industrial, 2008)

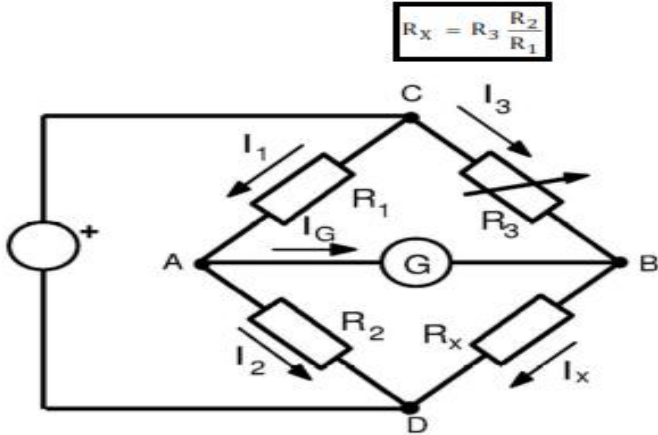
## Anexo 5

### Puente de Wheatstone


**PUENTE DE WHEATSTONE**  
**Miguel Angel Rodríguez Pozueta**

El puente de Wheatstone es un método para medir resistencias bastante exacto.

En la Fig. 1 se representa el principio de funcionamiento de este puente.  $R_x$  es la resistencia a medir y  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  son resistencias de valor conocido. El puente se alimenta con una fuente de tensión continua y se varía el valor de la resistencia  $R_3$  mediante un mando hasta conseguir que el *galvanómetro* (que es un amperímetro muy sensible) indique que la corriente  $I_G$  tiene un valor nulo. En este caso se puede demostrar que se verifica la siguiente relación:

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$


*Fig. 1: Principio de funcionamiento un Puente de Wheatstone*



*Fig. 2: Puente de Wheatstone.  
A: Mando para ajustar el valor de  $R_2/R_1$ .  
B: Mando para ajustar el valor de  $R_3$ .  
G: Galvanómetro.  
P: Pulsador para conectar la fuente de tensión continua.  
T: Terminales donde se conecta la resistencia  $R_x$  a medir.*

M.A.R.Pozueta -1-

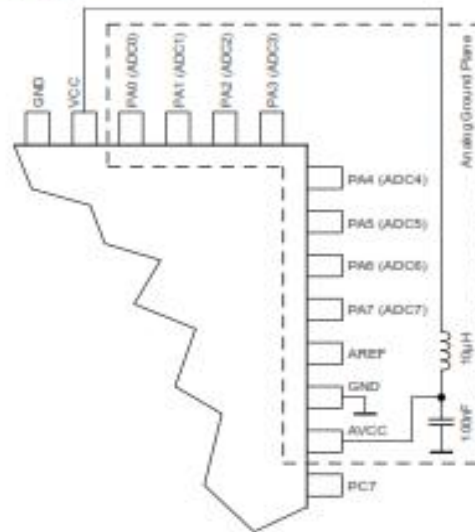
Fuente: Miguel Rodríguez

## Anexo 6

### Acondicionamiento para el ADC

1. Keep analog signal paths as short as possible. Make sure analog tracks run over the analog ground plane, and keep them well away from high-speed switching digital tracks.
2. The AVCC pin on the device should be connected to the digital V<sub>CC</sub> supply voltage via an LC network as shown in Figure 23-9.
3. Use the ADC noise canceler function to reduce induced noise from the CPU.
4. If any ADC port pins are used as digital outputs, it is essential that these do not switch while a conversion is in progress.

Figure 23-9. ADC Power Connections



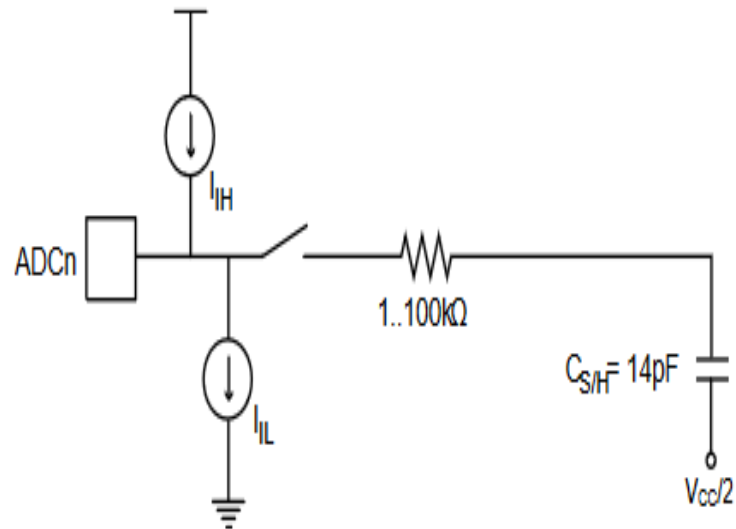
#### 23.7.3 Offset Compensation Schemes

The gain stage has a built-in offset cancellation circuitry that nulls the offset of differential measurements as much as possible. The remaining offset in the analog path can be measured directly by selecting the same channel for both differential inputs. This offset residue can be then subtracted in software from the measurement results. Using this kind of software based offset correction, offset on any channel can be reduced below one LSB.

#### 23.7.4 ADC Accuracy Definitions

An n-bit single-ended ADC converts a voltage linearly between GND and V<sub>REF</sub> in 2<sup>n</sup> steps (LSBs). The lowest code is read as 0, and the highest code is read as 2<sup>n</sup>-1.

Figure 25-8. Analog Input Circuitry



### 25.6.2. Analog Noise Canceling Techniques

Digital circuitry inside and outside the device generates EMI which might affect the accuracy of analog measurements. If conversion accuracy is critical, the noise level can be reduced by applying the following techniques:

1. Keep analog signal paths as short as possible. Make sure analog tracks run over the ground plane, and keep them well away from high-speed switching digital tracks.
2. The AVCC pin on the device should be connected to the digital VCC supply voltage via an LC network as shown in the figure below.
3. Use the ADC noise canceler function to reduce induced noise from the CPU.
4. If any ADC port pins are used as digital outputs, it is essential that these do not switch while a conversion is in progress.

**Fuente:** Atmel 2016



## 10.6. Calibrated Internal RC Oscillator

By default, the Internal RC Oscillator provides an 8.0MHz clock. Though voltage and temperature dependent, this clock can be very accurately calibrated by the user. The device is shipped with the CKDIV8 Fuse programmed.



This clock may be selected as the system clock by programming the CKSEL Fuses as shown in the following Table. If selected, it will operate with no external components. During reset, hardware loads the pre-programmed calibration value into the OSCCAL Register and thereby automatically calibrates the RC Oscillator.

By changing the OSCCAL register from SW, it is possible to get a higher calibration accuracy than by using the factory calibration.

When this Oscillator is used as the chip clock, the Watchdog Oscillator will still be used for the Watchdog Timer and for the Reset Time-Out. For more information on the pre-programmed calibration value.

Table 10-10. Internal Calibrated RC Oscillator Operating Modes

Frequency Range <sup>(1)</sup> [MHz]	CKSEL[3:0]
7.3 - 8.1	0010 <sup>(2)</sup>

**Note:**

1. If 8MHz frequency exceeds the specification of the device (depends on  $V_{CC}$ ), the CKDIV8 Fuse can be programmed in order to divide the internal frequency by 8.
2. The device is shipped with this option selected.

When this Oscillator is selected, start-up times are determined by the SUT Fuses:

Table 10-11. Start-Up Times for the Internal Calibrated RC Oscillator Clock Selection - SUT

Power Conditions	Start-Up Time from Power-down and Power-Save	Additional Delay from Reset ( $V_{CC} = 5.0V$ )	SUT[1:0]
BOD enabled	8 CK	14CK	00
Fast rising power	8 CK	14CK + 4.1ms	01
Slowly rising power	8 CK	14CK + 65ms	10 <sup>(1)</sup>
Reserved			11

Fuente: Atmel 2016

### 10.12.1. Oscillator Calibration Register

**Name:** OSCCAL  
**Offset:** 0x66  
**Reset:** Device Specific Calibration Value  
**Property:** -

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	CAL7	CAL6	CAL5	CAL4	CAL3	CAL2	CAL1	CAL0
Access	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

#### Bits 7:0 – CALn: Oscillator Calibration Value [n = 7:0]

The Oscillator Calibration Register is used to trim the Calibrated Internal RC Oscillator to remove process variations from the oscillator frequency. A pre-programmed calibration value is automatically written to this register during chip reset, giving the Factory calibrated frequency as specified in the *Clock Characteristics* section of *Electrical Characteristics* chapter.. The application software can write this register to change the oscillator frequency. The oscillator can be calibrated to frequencies as specified in the *Clock Characteristics* section of *Electrical Characteristics* chapter.. Calibration outside that range is not guaranteed.

Note that this oscillator is used to time EEPROM and Flash write accesses, and these write times will be affected accordingly. If the EEPROM or Flash are written, do not calibrate to more than 8.8MHz. Otherwise, the EEPROM or Flash write may fail.

The CAL7 bit determines the range of operation for the oscillator. Setting this bit to 0 gives the lowest frequency range, setting this bit to 1 gives the highest frequency range. The two frequency ranges are overlapping, in other words a setting of OSCCAL=0x7F gives a higher frequency than OSCCAL=0x80.

The CAL[6:0] bits are used to tune the frequency within the selected range. A setting of 0x00 gives the lowest frequency in that range, and a setting of 0x7F gives the highest frequency in the range.

**Fuente:** Atmel 2016

## Anexo 7

### Codificación en Bascom AVR para la programación del microcontrolador

```
Elseif Orden = 9 Then
Setpoint = Temp1           'inicio proceso primer set point'
Elseif Orden = 10 Then
Setpoint = Temp2           'inicio proceso segundo set point'
Elseif Orden = 11 Then
Setpoint = Temp3           'inicio proceso tercer set point'
Elseif Orden = 12 Then
Setpoint = Temp4           'inicio proceso cuarto set point'
Elseif Orden = 13 Then
Setpoint = 0               'proceso terminado'
Elseif Orden = 14 Then
Led_a = 1                  'proceso pausado y led amarillo encendido'
Elseif Orden = 15 Then
Led_a = 0                  'quitar pausa y led amarillo apagado'
End If
End If
Loop
End

Segundo:
Timer1 = 65535 - 31250     ' configuración de timer en 1
segundo "manual de micro"

If Setpoint > 0 Then
Aux1 = Setpoint - 10
If Temp < Aux1 Then
```

```
Contador = Contador + 1

If Contador > 20 Then                                     'si durante 3600 segundos no llega a la
temperatura del setpoint -10 grados'

Alarma = 1                                               'activa la variable de alarma de alta temperatura'

Alarm = 1                                                 'activa el relé de alarma'

Contador = 1

End If

Else

Contador = 0                                             'en caso de que si exista cambio en la
temperatura el contador se encera'

End If

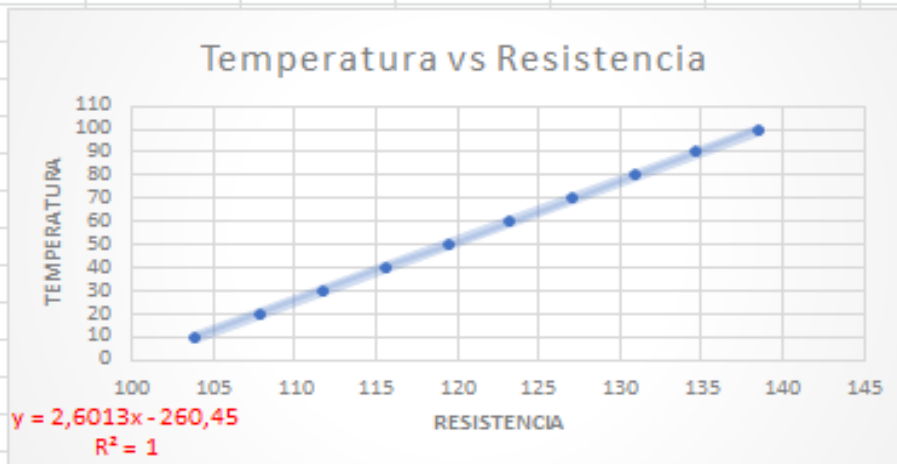
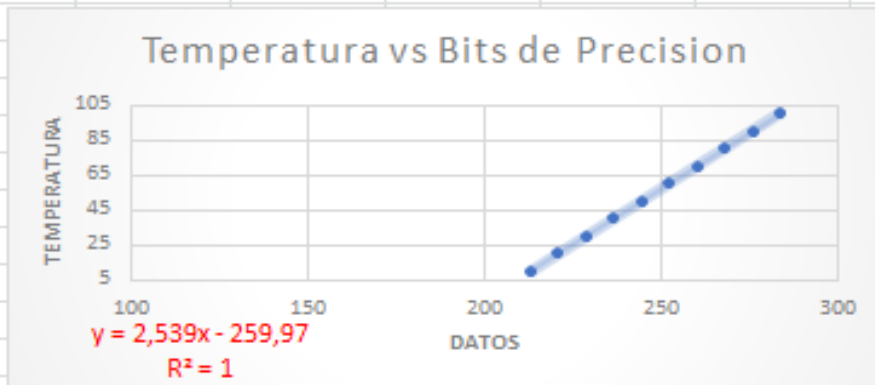
End If

Return
```

**Fuente:** El Autor

Anexo 8

adc	tempe	resistencia	voltaje	ganancia	adc	temperatura
204,78414	0	100	0,10009	1,0009	204,78414	0,00346573
212,66124	10	103,9	0,10394	1,0394	212,66124	10,00344418
220,53834	20	107,79	0,10779	1,0779	220,53834	20,00342263
228,41544	30	111,67	0,11164	1,1164	228,41544	30,00340108
236,29254	40	115,54	0,11549	1,1549	236,29254	40,00337953
244,16964	50	119,4	0,11934	1,1934	244,16964	50,00335798
252,04674	60	123,24	0,12319	1,2319	252,04674	60,00333643
259,92384	70	127,07	0,12704	1,2704	259,92384	70,00331488
267,80094	80	130,89	0,13089	1,3089	267,80094	80,00329333
275,67804	90	134,7	0,13474	1,3474	275,67804	90,00327178
283,55514	100	138,5	0,13859	1,3859	283,55514	100,0032502



Fuente: El Autor

## Anexo 9

### Codificación en Nextion Editor para programación de la pantalla táctil

```
cov t5.txt,auxn.val,5
auxn.val+=2
if(auxn.val>temperatura.val)
{
cov t5.txt,auxn.val,5
auxn.val-=2
if(auxn.val<temperatura.val)
{
banderset.val=1
}
}
if(banderset.val==1)
{
seg.val-=1 //segundos
if(seg.val==--1)
{
seg.val=59
min.val-=1 //minutos
if(min.val==--1)
{
min.val=59
hora.val-=1 //horas
if(hora.val==--1)
{
contador.val+=1
seg.val=0
if(contador.val==1)
{
hora.val=h1.val
min.val=m1.val
cov t1.txt,temperatura.val,3
banderset.val=0
cirs 230,85,10,WHITE //dibuja un
punto blanco
print "<10" //reconozca el
segundo set point
printh 0D //enter
}
if(contador.val==2)
{
hora.val=h2.val
min.val=m2.val
cov t2.txt,temperatura.val,3
banderset.val=0
cirs 230,135,10,WHITE
print "<11"
printh 0D
}
if(contador.val==3)
{
hora.val=h3.val
min.val=m3.val
cov t3.txt,temperatura.val,3
banderset.val=0
cirs 230,185,10,WHITE
print "<12"
printh 0D
}
}
}
}
if(contador.val==4)
{
hora.val=0
min.val=0
tml.en=0 ///sesactivar el
temporizador
contador.val=0
va0.val=1
bandera.val=0 //en 1
proceso activado en 0 proceso
desactivado
temperatura.val=0
banderset.val=0
cirs 230,235,10,WHITE
print "<13"
printh 0D
}
}
}
}
}
cov hora.val,aux.txt,2 //imprimo
el temporizador
t6.txt=aux.txt //convierto horas en
texto
t6.txt+=":"
cov min.val,aux.txt,2 //convientes minutos en
texto
t6.txt+=aux.txt
t6.txt+=":"
cov seg.val,aux.txt,2 //conviertes segundos en
texto
t6.txt+=aux.txt
print "<16"
print t6.txt
printh 0D
if(contador.val==0)
//dibujar los circulos
{
if(va0.val==0)
{
va0.val=1
cirs 230,85,10,RED
}else
{
va0.val=0
cirs 230,85,10,WHITE
}
}else if(contador.val==1)
{
if(va0.val==0)
{
va0.val=1

```

Fuente: El Autor

## Anexo 10

### Imágenes Usadas para la interfaz HMI



Fuente: El Autor

## **Anexo 11**

```
package HMITempV1;

import gnu.io.*;

import java.awt.Color;

import java.io.IOException;

import java.io.InputStream;

import java.io.OutputStream;

import java.util.Enumeration;

import java.util.HashMap;

import java.util.TooManyListenersException;

import java.util.Timer;

import java.util.TimerTask;

public class Communicator implements SerialPortEventListener

    //passed from main GUI

    Principal window = null;

    int contv = 0;

    int contp1 = 0;

    int contp2 = 0;

    int contp3 = 0;

    int contp4 = 0;

    int bv = 0;
```



```

int bp1 = 0;

int bp2 = 0;

int bp3 = 0;

int bp4 = 0;

Timer Ventilador = new Timer();

TimerTask VentTask;

//for containing the ports that will be found

private Enumeration ports = null;

//map the port names to CommPortIdentifiers

private final HashMap portMap = new HashMap();

//this is the object that contains the opened port

private CommPortIdentifier selectedPortIdentifier = null;

private SerialPort serialPort = null

//input and output streams for sending and receiving data

private InputStream input = null;

private OutputStream output = null

//just a boolean flag that i use for enabling

//and disabling buttons depending on whether the program

//is connected to a serial port or not

private boolean bConnected = false;

private void txtt2KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {

```

```

if (evt.getKeyCode() == KeyEvent.VK_ENTER)

{

    String str = "<06";

    str += txtt2.getText();

    byte[] Envio = str.getBytes();

    if (!btnConnect.isEnabled() && txtt2.getText().length() == 5 &&
txtt2.getText().substring(2, 3).equals(":"))

        {

            if (Integer.parseInt(str.substring(3, 5)) <= 9 &&
Integer.parseInt(str.substring(6, 8)) <

                txtCampo.setText("Tiempo2 Seteado en " + txtt2.getText());

                txtCampo.requestFocus();

                communicator.writeDataBuff(Envio);

                txtCampo.setText("Tiempo2 debe ser menor a 12:59");

                txtCampo.requestFocus();

private void txtt3KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {

    if (evt.getKeyCode() == KeyEvent.VK_ENTER)

        String str = "<07";

        str += txtt3.getText();

        byte[] Envio = str.getBytes();

        if (!btnConnect.isEnabled() && txtt3.getText().length() == 5 &&
txtt3.getText().substring(2, 3).equals(":"))

```

```

        if (Integer.parseInt(str.substring(3, 5)) <= 12 &&
Integer.parseInt(str.substring(6, 8)) <= 59)

            txtCampo.setText("Tiempo3 Seteado en " + txtt3.getText());

            txtCampo.requestFocus();

            communicator.writeDataBuff(Envio);

            txtCampo.setText("Tiempo3 debe ser menor a 12:59");

            txtCampo.requestFocus();

private void txtt4KeyPressed(java.awt.event.KeyEvent evt) {

    if (evt.getKeyCode() == KeyEvent.VK_ENTER)

        {

            String str = "<08";

            str += txtt4.getText();

            byte[] Envio = str.getBytes();

            if (!btnConnect.isEnabled() && txtt4.getText().length() == 5 &&
txtt4.getText().substring(2, 3).equals(":"))

                {

                    if (Integer.parseInt(str.substring(3, 5)) <= 12 &&
Integer.parseInt(str.substring(6, 8)) <= 59)

                        {

                            txtCampo.setText("Tiempo4 Seteado en " + txtt4.getText());

                            txtCampo.requestFocus();

                            communicator.writeDataBuff(Envio);

```

```

private void btnInicioActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {

    int MsgInicio = JOptionPane.showConfirmDialog(null, "¿Desea iniciar el
proceso?", "Inicio de proceso", JOptionPane.YES_NO_OPTION);

    //txtT1.setEnabled(true);

    String str = "<16";

    byte[] Envio = str.getBytes();

    communicator.writeDataBuff(Envio);

    btnInicio.setEnabled(false);

    btnPause.setEnabled(true);

    btnParo.setEnabled(true)

private void btnPauseActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {

    if (btnPause.getText().equals("Pause"))

    {

        int MsgPause = JOptionPane.showConfirmDialog(null, "¿Desea pausar el
proceso?", "Pausa de proceso", JOptionPane.YES_NO_OPTION);

        if (MsgPause == JOptionPane.YES_OPTION)

        {

            String str = "<14";

            byte[] Envio = str.getBytes();

            communicator.writeDataBuff(Envio);

            btnPause.setText("Continuar");

```

## Comandos para la comunicación entre la PC y el modulo electrónico

LA APLICACIÓN RECIBE:

- PARA CAMBIAR TEMPERATURA ACTUAL:  
T0888.88
- PARA CAMBIAR LAS TEMPERATURAS DE SET POINT  
T1888  
T2888  
T3888  
T4888
- PARA CAMBIAR TEMPORIZADOR  
t088:88:88
- PARA CAMBIAR TIEMPOS DE SET POINT  
t188:88  
t288:88  
t388:88  
t488:88
- PARA INICIAR PARPADEO DE PROCESO  
Temp1 On: A  
Off: a  
Temp2 On: B  
Off: b  
Temp3 On: C  
Off: c  
Temp4 On: D  
Off: d
- VENTILADOR  
On: V  
Off: v
- CALEFACTOR  
On: L  
Off: l
- SI SE APLASTÓ Inicio EN LA NEXTION  
E1
- SI SE APLASTÓ Pause/Continuar EN LA NEXTION  
E2
- SI SE APLASTÓ Paro EN LA NEXTION  
E0
- SI SE DA ALARMA DE BAJA TEMPERATURA  
AB
- SI SE DA ALARMA DE TEMPERATURA NORMAL  
AN
- SI SE DA ALARMA DE ALTA TEMPERATURA  
AA

LA APLICACIÓN ENVÍA AL MICRO:

- PARA CAMBIAR TEMPERATURAS DE SET POINT
  - <01888
  - <02888
  - <03888
  - <04888
- PARA CAMBIAR TIEMPOS DE SET POINT
  - <0588:88
  - <0688:88
  - <0788:88
  - <0888:88
- CUANDO SE PRESIONA Inicio EN LA APLICACIÓN
  - <16
- CUANDO SE PRESIONA Pause EN LA APLICACIÓN
  - <14
- CUANDO SE PRESIONA Continuar EN LA APLICACIÓN
  - <15
- CUANDO SE PRESIONA Paro EN LA APLICACIÓN
  - <09

## Anexo 12

### Manual de Usuario

#### 1 Introducción

El sistema de control de temperatura y tiempo está basado en un circuito electrónico en donde se concentra todos los dispositivos que conforman las diferentes etapas explicadas en el informe correspondiente.

##### 1.1 Objetivo del manual

Capacitar de manera precisa y entendible el funcionamiento del sistema de control de temperatura así como también su correcto uso.

##### 1.2 Alcance

Dirigida exclusivamente a los operadores del horno o del dispositivo en donde se va a implementar el sistema, no intentar realizar acciones fuera de lo indicado en este manual.

#### 2 Características del Sistema

Tensión (VAC)	Potencia (W)	Corriente (mA)	Marca	Dimensiones cm	Origen
110/220	66	600 Aprox	Universidad Israel	L 16 x Acho 11 x Alto 14	Ecuador

##### 2.2 Encendido circuito de control

El encendido del circuito de control se lo debe realizar una vez verificado que todos los dispositivos que conforman el sistema esten correctamente conectados. Esta conexión debe realizar personal tecnico calificado, posterior a la conexión encender el ciruito de control mediante un switch colocado en la parte posterior de la caja.



Figura 1. Switch de encendido y apagado

## 2.3 Exploración de la Pantalla Táctil

Una vez encendido, se observa la siguiente pantalla informativa en donde solo se dará clic en INICIO para proceder con la pantalla principal que es donde se programará y monitoreará el proceso de secado.

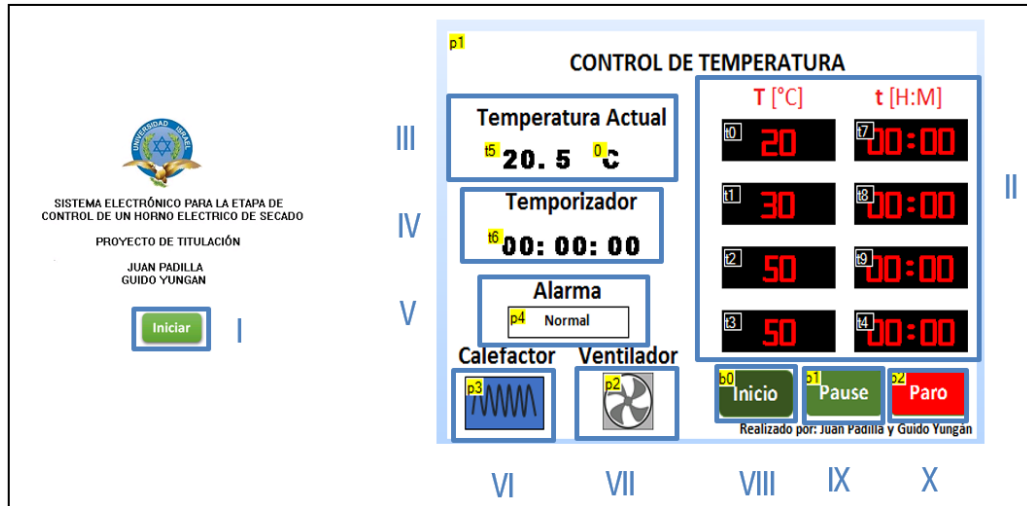


Figura 2. Pantalla Principal

- I. Boton de inicio a pantalla principal.
- II. Ventanas de ingreso de tiempo y temperatura para cuatro etapas
- III. Temperatura Actual o real que detecta el sensor PT-100 al interior del horno.
- IV. Temporizador de tiempo para cada etapa
- V. Estado de alarma en casos de emergencia
- VI. Estado de calefactor ; Azul=Apagado ; Rojo=Encendido
- VII. Estado de ventilador ; Estatico=Apagado ; En movimiento=Encendido

### 2.3.1 Programación y Monitoreo del Proceso Iniciado

Una vez conocido las diferentes partes que compone la pantalla principal se procederá a dar inicio al proceso para lo cual se seguirán los siguientes pasos:

Verificar que la temperatura actual sea igual a la temperatura mostrada en el termo higrometro (Temperatura ambiente) en caso de que no haya existido proceso previo.



Verificar que el ventilador este encendido una vez que aparezca la pantalla principal. Caso contrario comunicar a personal técnico cualificado.

Verificar que el calefactor este encendido en caso de que la temperatura Seteada sea menor a la temperatura actual, o se mantenga apagado en caso de que la temperatura Seteada sea mayor a la temperatura actual.

**Ingresar los valores de tiempo como de temperatura con el siguiente formato:**

Para Tiempo: HH:MM donde HH son horas y MM: son minutos con un valor máximo de 09:59 como tiempo máximo de 09:59.



Figura 3. Pantallas de ingreso de tiempo.

Para Temperatura: Colocar en decimales y valores enteros con Tmax=100°C

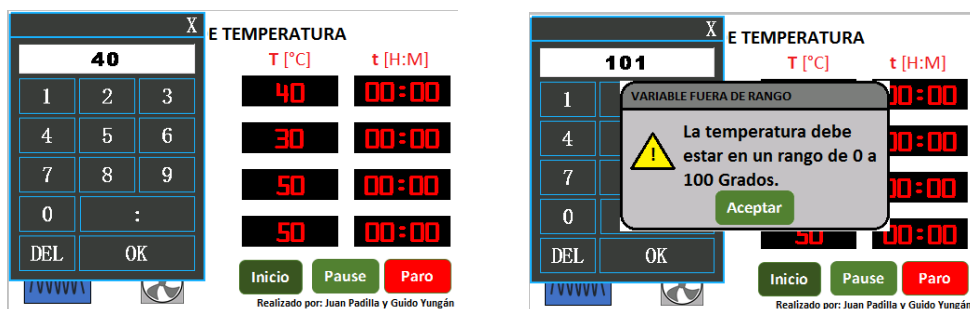


Figura 4. Pantalla de ingreso de temperatura

Iniciar el proceso mediante el botón INICIO y confirmar en la pantalla correspondiente.



Figura 5. Pantalla de inicio y confirmación del proceso

Posterior a la confirmación aparecerá un círculo rojo que indicará en qué etapa se encuentra el proceso, adicionalmente el temporizador iniciará solo cuando la temperatura actual [TA] alcance la temperatura Seteada [TS]. Cabe indicar que se ha colocado +/- 1°C de error para la activación del temporizador, es decir el temporizador se activará solo si  $TA=TS\pm 1^{\circ}\text{C}$ .



Figura 6. Pantalla de proceso en marcha

## 2.4 Software de Monitoreo y Control

Se debe instalar el programa bajo los siguientes pasos:

- INSTALAR JAVA 8 JRE (64BITS)
- COPIAR RXTXcomm.jar DE LA CARPETA mfz-rxtx-2.2-20081207-win-x64 EN C:\Archivos de Programa\Java\jre1.8.0\_144\lib\ext
- COPIAR rxtxSerial.dll DE LA CARPETA mfz-rxtx-2.2-20081207-win-x64 EN C:\Archivos de Programa\Java\jre1.8.0\_144\bin
- COPIAR LA CARPETA Pictures EN C:\HMITempV1\ (CREAR EL DIRECTORIO)
- EJECUTAR HMITempV1.JAR DE LA CARPETA \HMITempV1\dist

Cuando se haya terminado de instalar el programa se procede a ejecutar el programa el mismo que presentará una interfaz gráfica muy parecida a la de la pantalla táctil en el siguiente gráfico se muestra el entorno

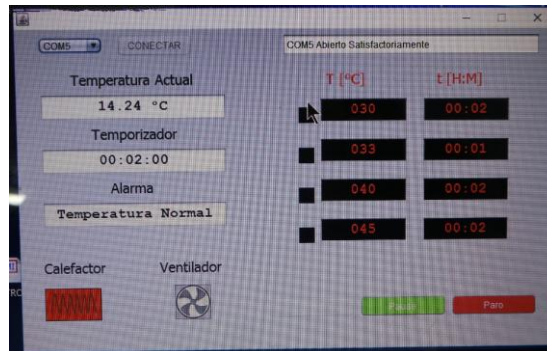


Figura 7. Entorno Virtual del Software

En programa se puede manipular las mismas opciones como se hace en la pantalla touch, pero se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones:

- 1) Al abrir el programa se debe pulsar el botón conectar el cual buscará la conexión mediante un puerto COM.
- 2) Cuando se ingrese los valores de tiempo y temperatura se debe presionar al final la tecla ENTER para que el dato se cargue al sistema esto se debe realizar por cada valor ingresado.
- 3) Las alarmas en el programa solo son visuales en la pantalla, pero se verán de un color rojo para alta temperatura y azul en baja temperatura.
- 4) Las ventanas de confirmación por seguridad también se presentarán cuando se dese tomar alguna acción.

En la siguiente imagen se puede ver una de las ventanas de seguridad.



Figura 8. Ventana De Seguridad En El Software

## 2.5 Monitoreo de los Diferentes Estados de Alarma

Baja temperatura: Se activa una alerta cuando  $TA < TS$  en un rango de tiempo igual a 1 minuto programados para la ejecución del presente manual. El tiempo dependerá del caso y debe ser programado por personal técnico capacitado.



Figura 9. Alarma de baja temperatura

Alta temperatura: Se activa cuando no existe proceso iniciado y el sensor detecta una temperatura mayor a 80 grados centígrados cuando la  $TA = TS + 10$  °C.

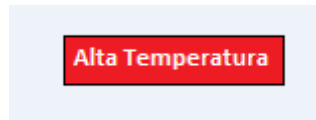


Figura 10. Alarma de baja temperatura

Para los 2 casos se emitirá una alarma que dura 10 segundos

## 2.6 Opciones de Seguridad de Pause / Paro

PAUSE: En caso de requerir una breve pausa en el proceso digitar esta opción y confirmar su elección mediante la pantalla correspondiente. Esta opción se desactivará transcurrido 60 segundos automáticamente. Ver figura 8.

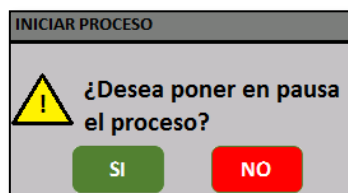


Figura 11. Pantalla de confirmación para pausa de proceso

PARO: En caso de emergencia donde se requiera parar todo el proceso digitar la opción PARO y confirmar en la pantalla respectiva. Ver figura 10.

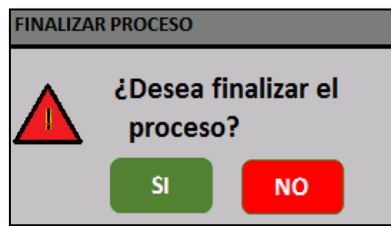


Figura 12. Pantalla de confirmación para finalizar el proceso

FIN: Una vez concluido el proceso aparecerá en la pantalla el estado de su finalización. Ver figura 13.



Figura 13. Pantalla de estado de fin de proceso

## 2.7 Señalización del Sistema

A continuación se presenta el sistema de control de temperatura terminado y montado en la caja donde se han colocado 3 leds que representan el estado al que se encuentra el sistema. Ver figura 14.



Figura 14. Resultado – Sistema de control de temperatura terminado

## 2.8 Solución de problemas

Para mantener operativo el sistema y prevenir la mayor parte de problemas se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

En caso de no encenderse el sistema revisar el estado del fusible colocado en la parte posterior del módulo.

Si se observa la temperatura actual inestable calibrar el potenciómetro interno con ayuda del técnico de la empresa.

Si al digitar una opción esta no responde al tacto mediante el sonido del buzzer retirar la protección temporalmente, luego probar y proceder con el cambio de mica que por el deterioro puede ser la causa del problema.

De existir estados que no coincidan con los mencionados en este manual avisar inmediatamente al técnico para la revisión respectiva.

Tomar en cuenta la siguiente tabla de valores tomadas en el periodo de pruebas, aquí se establece los tiempos aproximados que toma en subir una temperatura determinada, esto se aplica cuando el proceso es de subida de temperatura mas no de bajada.

TEMP[°C ]	TIEMPO [min]
De 20 a 30	6
De 30 a 40	4
De 40 a 50	4
De 50 a 60	4

- Si se desea colocar temperaturas de mayor a menor entre cada etapa se debe elaborar una tabla de tiempos, porque el enfriamiento del horno podría tomar horas en reducir pocos centígrados.

### Datos de contacto para soporte técnico

Juan Padilla      [juanvirtual23@gmail.com](mailto:juanvirtual23@gmail.com)

0989020876

## Anexo 13

### Manual Técnico

#### 1. Introducción

El presente manual contiene de manera general las indicaciones técnicas que se deberá tener en cuenta al momento de utilizar y realizar las correcciones respectivas del sistema de control de tiempo como de temperatura para un horno industrial de secado.

#### Objetivo del manual

Dar a conocer al usuario los detalles técnicos que se debe tomar en cuenta al momento de la instalación, configuración, mantenimiento del sistema de control de tiempo y temperatura implementado en un horno de secado.

#### 1.1 Alcance

El manual detalla las características técnicas del sistema de control de tiempo y temperatura lo cual debe ser interpretado por personal técnico capacitado con experiencia en sistemas de control.

#### 2. Hardware

Características del sistema

Tensión (VAC)	Potencia (W)	Corriente (mA)	Marca	Dimensiones cm	Origen
110/220	66	600 Aprox	Universidad Israel	L 16 x Acho 11 x Alto 14	Ecuador

Tabla 1. Características del sistema de control de temperatura

## 2.1 Partes de sistema

El sistema está compuesto de 6 etapas en donde cada etapa cumple una función específica con el fin de conseguir que el sistema trabaje de manera óptima y segura. Ver etapas en Tabla 2.

#	Etapa	Componentes Principales	Función
1	Alimentación	Regulador 150115 HM - 5 VDC, 1.5 A U7-7812	Alimentar la parte digital y la parte de potencia del sistema respectivamente.
2	Control	Microcontrolador Atmega 164P	Cerebro del sistema
3	Instrumentación	Sensor PT100 y LM334C	Detectar los cambios de temperatura y convertirlos en datos digitales para lectura del micro.
4	Comunicación y Visualización	Max-485 y Microcontrolador Atmega 164P	Comunicación serial a la pantalla HMI y PC
5	Potencia	Relés y Transistores	Salidas para las diferentes dispositivos a controlar (Calefactor, Alarma y Ventilador)

Tabla 2. Partes del sistema

A continuación se presenta el circuito electrónico con todas las etapas identificadas. Ver figura 1.

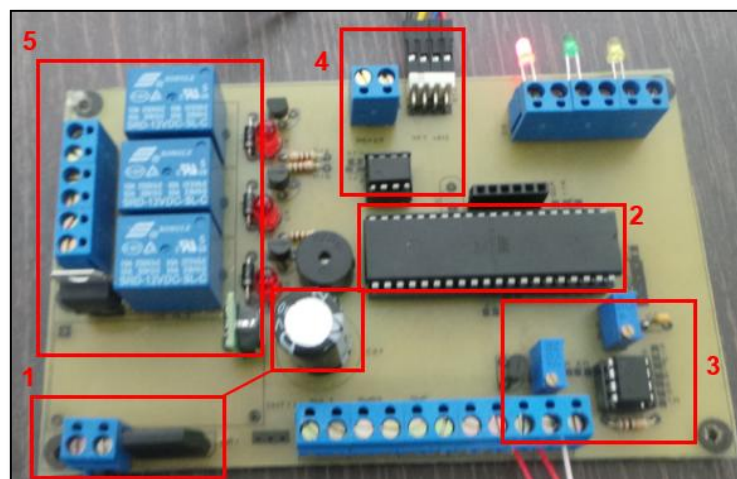


Figura 1. Etapas del sistema de acuerdo a tabla 2.



## 2.2 Instalación del sistema

La instalación del sistema se la realizará de acuerdo a la figura presentada a continuación, este proceso deberá ser ejecutado por personal técnico calificado. Ver figura 2.

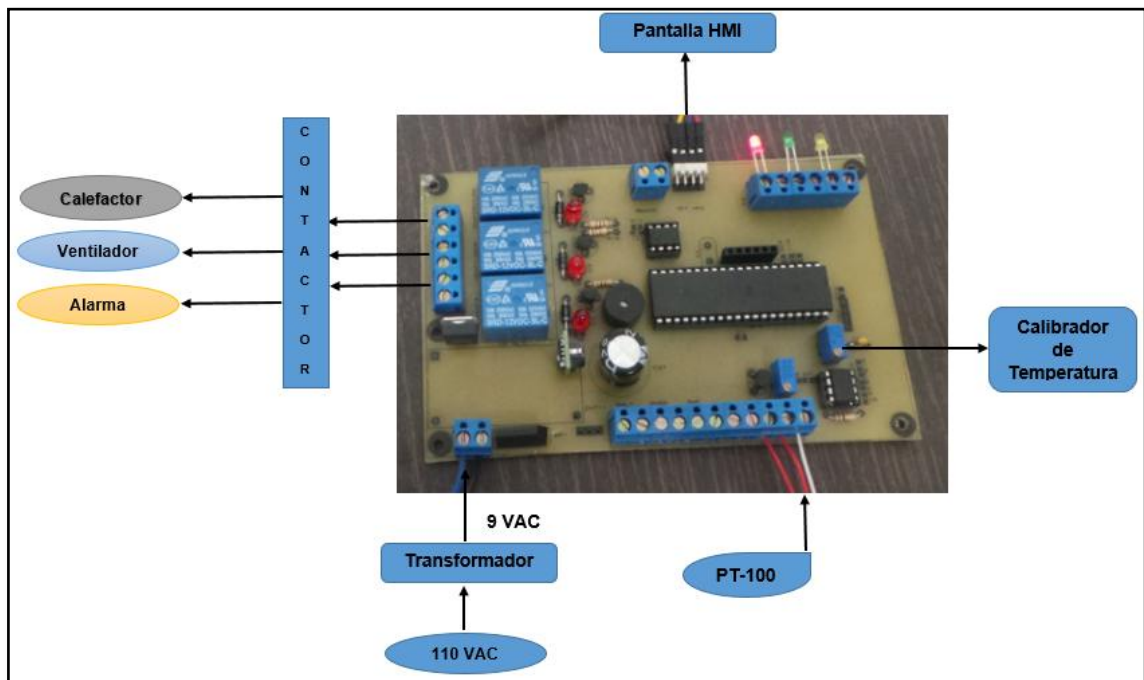


Figura 2. Conexión interna del circuito de control

La Figura 1 representa de manera general pero precisa el detalle de las diferentes borneras de salida donde se conectarán los dispositivos que controlará el sistema. En este punto se debe tener en cuenta que el contactor descrito en la Figura 1 debe tener una conexión especial, para que el dispositivo proteja al sistema electrónico de las cargas de alta potencia que maneja normalmente un horno. A continuación se presenta un diagrama de la conexión que debe tener el contactor con los dispositivos de salida. Ver figura 3.

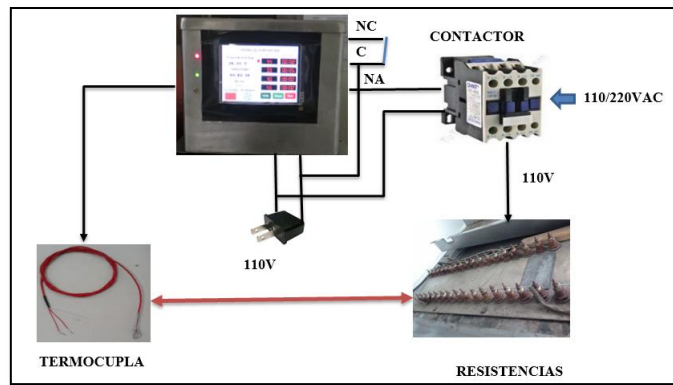


Figura 3. Conexión de contactor con elementos externos

### 2.3 Instrucciones de uso de hardware

Una vez instalado el sistema, este se debe mantener en óptimo funcionamiento, por tal razón a continuación se da una serie de recomendaciones para un buen uso del mismo.

- Una vez iniciado el sistema verificar que la etapa de potencia active el ventilador sin necesidad de haber comenzado un proceso de secado.
- Monitorear que el microcontrolador envíe y reciba datos constantemente
- Verificar que no exista sobrecalentamientos en la etapa de alimentación, porque afectará el funcionamiento de las demás etapas.
- Revisar los valores detectados por el sensor PT 100 y compararlos con un dispositivo externo que detecte temperatura, caso contrario calibrar mediante potenciómetro señalado en la figura 1.
- Tener en cuenta el error generado por la inercia térmica lo podría aumentar la temperatura actual a más 3 grados con respecto a la temperatura seteada.
- Monitorear el comportamiento de la pantalla HMI y corroborar que el proceso avance acorde a lo requerido.
- Estar atento ante posibles alarmas de seguridad y verificar que los valores ingresados estén correctamente seteados, con esto se evitará paros y alarmas innecesarios.
- Tomar en cuenta la siguiente tabla de valores tomadas en el periodo de pruebas, aquí se establece los tiempos aproximados que toma en subir una temperatura determinada, esto se aplica cuando el proceso es de subida de temperatura mas no de bajada.

TEMP[°C ]	TIEMPO [min]
De 20 a 30	6
De 30 a 40	4
De 40 a 50	4
De 50 a 60	4

- Si se desea colocar temperaturas de mayor a menor entre cada etapa se debe elaborar una tabla de tiempos, porque el enfriamiento del horno podría tomar horas en reducir pocos centígrados.

### 3. Software

El software del sistema inicia con la codificación de la pantalla HMI que es la interfaz Humano-Maquina que permite programar los tiempos y temperaturas de cada etapa requerida.

Codificación HMI con Nextion Editor

Para la creación de la interfaz HMI en Nextion se siguieron los siguientes pasos.

- Crear un archivo nuevo y colocar las dimensiones de la pantalla TFT, en este caso particular se lo realizo con medidas de 320mm X 480mm.
- Cargar las imágenes, se recomienda utilizar el programa Paint para la edición previo importación de las mismas. En total se cargaron 44 imágenes.
- Una vez cargada las imágenes con sus estados respectivos se debe crear las variables, este caso se ocuparon 22 variables, cada una de estas debe ir con su codificación respectiva.
- Una vez terminada la codificación se compila para la verificación de posibles errores, si todo está correcto se procede con el Debug y él envió de datos hacia la pantalla HMI.

#### 3.1 Software PC

Este programa esta creado para trabajar en computadores de 64 bits pero en el caso que se desee trabajar con 32 bits se debe conseguir las librerías de RX y TX

La plataforma de programación que se usó se llama NETBEANTS este software ejecuta el programa en lenguaje JAVA

El archivo para ejecutar el programa tiene una extensión denominada .JAR

### 3.1.1 Posibles Errores de Software

Si no aparece las imágenes en la ventana del programa se debe verificar que la carpeta PICTURES no haya sido eliminada del disco C.

Si en la pantalla no reconoce el Puerto COM se debe revisar la instalación del driver del conversor serial USB.

Si no existiere comunicación entre la PC con la tarjeta electrónica se debe revisar la conexión o instalación del cable, si se trata de la conexión basta con invertir los cables de RX y TX.

Si después de revisar todo no se encuentra el error se debe desinstalar y volver a instalar el programa según los pasos mencionados en el manual de usuario.

### 3.2 Codificación Bascom AVR

La codificación de Bascom se la debe realizar mediante el siguiente diagrama de flujo que representa de manera gráfica y sencilla la ejecución del proceso que se desea conseguir. Ver figura 4.

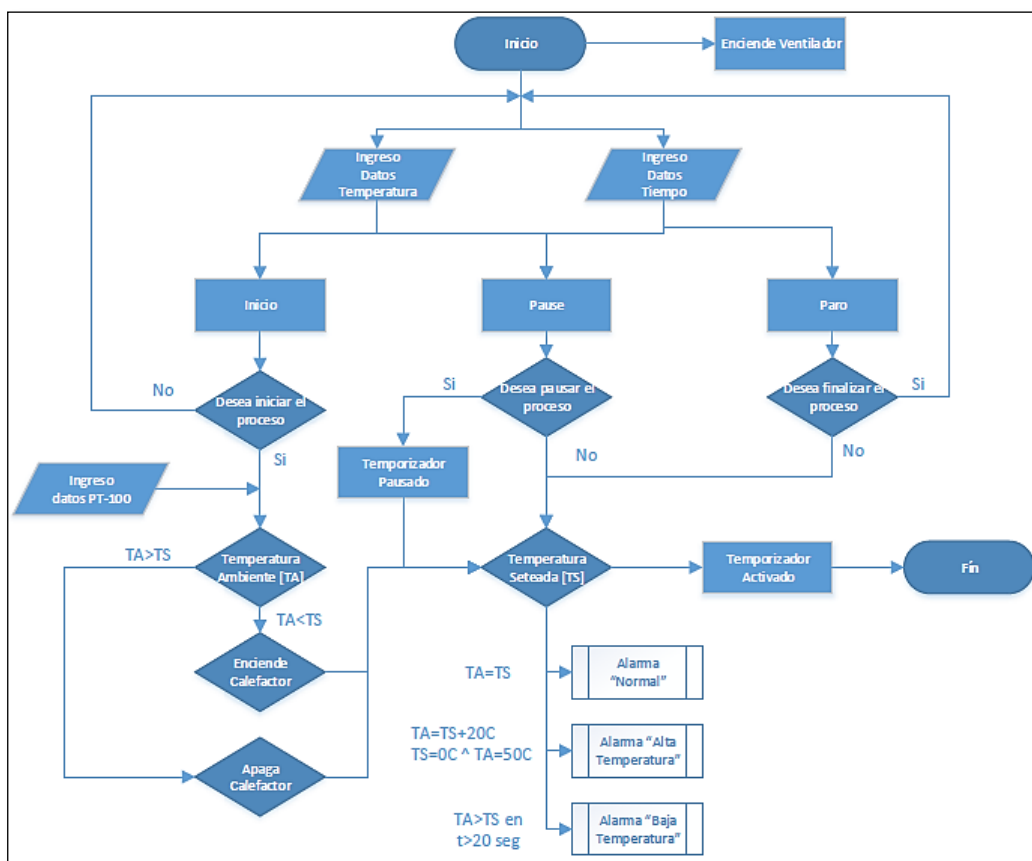


Figura 4. Diagrama de flujo de codificación en Bascom

El botón inicio está ubicado en la página de presentación de la pantalla HMI, una vez aplastado el botón inmediatamente aparece la pantalla principal donde se colocan los valores a la que trabajarán las 4 etapas del sistema, al pulsar iniciar, el proceso iniciará siempre y cuando se lo confirme en la pantalla, si la respuesta es sí inmediatamente el sistema censará la temperatura ambiente del horno [TA] y la comparará con la temperatura Seteada [TS] en donde se presentan 2 condiciones, por lo tanto solo si  $TA=TS \pm 1$  grado centígrado se encenderá el temporizador caso contrario no iniciará el proceso. En caso de que se requiera hacer una revisión rápida del producto se tiene la opción PAUSE la misma que solo pausa el tiempo del temporizador, en caso de observar problemas en el proceso se puede digitar PARO y paralizar totalmente el proceso. El sistema también ofrece 3 opciones de alarma para monitorear constantemente los procesos iniciados o a su vez el horno en reposo como se indica en el diagrama de flujo.

La grabación del programa creado en Bascom se la deberá realizar mediante un software denominado Usbasp con interfaz USB el cual permite grabar y borrar la codificación realizada en el microcontrolador. (Fischl, 2011)Guía rápida de mantenimiento

El módulo electrónico es de bajo mantenimiento porque las operaciones lógicas son la carga más pesada para los circuitos electrónicos, pero existen algunos que si necesitan más atención:

### **Ventilador**

La placa electrónica presenta un ventilador de 12 [VDC] el cual deberá ser limpiado frecuentemente para evitar calentamiento en la placa.

### **3.3 Placa Electrónica**

Si se desea hacer mediciones o pruebas en caliente se debe retirar el modulo y chequear en una área adecuada porque puede ocasionar un incendio. De igual manera se recomienda utilizar un limpiador de contactos cada 6 meses para proteger las pistas electrónicas.

### 3.4 Relés

Son los encargados de llevar la carga pesada del circuito y se activan mediante la bobina de un contactor industrial, a este elemento se lo debe cambiar una vez al año según el nivel de trabajo, debido a que los contactos tienden a desgastarse por las aperturas y cierres.

### 3.5 PT-100

Debido al material de fabricación que posee una PT 100 y de acuerdo al trabajo en horas que esté instrumento realice, se debe cambiar este instrumento cada 2 años.

## 4. Guía Rápida Para Solución De Problemas

Como parte del manual se presentan posibles soluciones para problemas comunes que podría generar el modulo.

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
No enciende el led rojo del modulo	Falta de alimentación eléctrica	Revisar la toma eléctrica principal
	Fusible cortocircuitado	Cambiar fusible y revisar corto circuitos en la placa electrónica antes de encender el modulo
No enciende ningún dispositivo de salida	Contactor Averiado.	Prueba con contactor de respaldo y cambio si es necesario
	Relés de Placa quemados	Cambio inmediato de relés que tenga similares características
	Dispositivo mal conectado	Ajuste de borneras y verificación de cables correctamente conectados
Programación de valores y alarmas sin respuesta	Microcontrolador sin respuesta	Reprogramar el micro y probar caso contrario probar con nuevo microcontrolador
	Pantalla HMI averiada	Revisar la conexión desde la placa y subir codificación nuevamente desde Netxtion Editor
	Alarma sonora sin conexión	Revisar la conexión correcta en la bornera respectiva y medir salida de voltaje simulando una alarma

*Tabla. 3 Solución de Problemas*

Se recomienda no realizar acciones o configuraciones adicionales a los que se encuentran redactados en el manual esto podría ocasionar avería total del módulo.

## Anexo 14

### COSTO APROXIMADO DEL PROYECTO

<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1	Costo de los materiales	800\$
2	Costo de la mano de obra	500\$
3	Costo de transporte y alimentación	100\$
	Total	1400\$

Anexo 15

Diseño Electrónico Final De La Placa Para El Modulo De Control

