UNIVERSIDAD

HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE BACHILLERATO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DISEÑAR UN SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA EN EL PROCESO DE REFLUJO DE SOLDADURA PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA EMC TECNOLOGÍA S. A. EN EL COYOL DE ALAJUELA PARA EL SEGUNDO Y TERCER CUATRIMESTRE DEL 2017

SUSTENTANTE

DANIEL LÓPEZ CASCANTE

TUTOR

JOSÉ ALEJANDRO ROJAS LÓPEZ

MAYO, 2017

CARTA DEL TUTOR

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARTA DEL TUTOR

San José, 17 de Enero de 2018

Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:
El estudiante **Daniel López Cascante**, cédula de identidad número **5-0409-0466**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **Diseñr un sistema de monitoreo y adquisición de datos de las variables de temperatura en el proceso de reflujo de soldadura para la línea de producción de la Empresa EMC Tecnología S.A. en el Coyol de Alajuela para el segundo y tercer cuatrimestre del 2017**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a)	Original del tema	10%	10%
b)	Cumplimiento de entrega de avances	20%	16%
c)	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación	30%	28%
d)	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones	20%	18%
e)	Calidad, detalle del marco teórico	20%	18%
	TOTAL:	**100%**	**90%**

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

José A Rojas

Ing. José Alejandro Rojas López
Cédula identidad 1 1079 0035
Carné Colegio Profesional Nº: IEL-15888

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo **Daniel Andrés López Cascante**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **5-0509-0466**, egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con la que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de **Bachiller en Ingeniería Electrónica**, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Diseñar un sistema de monitoreo y adquisición de datos de las variables de temperatura en el proceso de reflujo de soldadura para la línea de producción de la empresa EMC Tecnología S.A en el coyol de Alajuela para el segundo y tercer cuatrimestre del 2017**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde el perjuicio del autor de la obra original. Así mismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de **San José**, a los **18** días del mes de **enero** del año 2018.

Ced: 5-0409-0466

CARTA DEL LECTOR

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
SERIEDAD Y PRESTIGIO

CARTA DEL LECTOR

San José, 22 de febrero del 2018

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Daniel López Cascante, cédula de identidad número 5-0409-0466, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *"DISEÑAR UN SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA EN EL PROCESO DE REFLUJO DE SOLDADURA PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA EMC TECNOLOGÍA S.A EN EL COYOL DE ALAJUELA PARA EL SEGUNDO Y TERCER CUATRIMESTRE DEL 2017"*, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Ing. Víctor H. Arguedas Arce
Cédula de identidad: 106690138
Carné colegio profesional: IE-6285

CARTA DEL FILÓLOGO

bórea.

Edición y corrección de textos
www.boreacr.com

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, cédula de identidad número 3 0447 0799 y Daniel González Monge, cédula de identidad número 1 1345 0416, en calidad de filólogos revisamos y corregimos el trabajo final de graduación que lleva por título *Diseñar un sistema de monitoreo y adquisición de datos de las variables de temperatura en el proceso de reflujo de soldadura para la línea de producción de la empresa EMC Tecnología S. A. en El Coyol de Alajuela, para el segundo y tercer cuatrimestre del 2017,* elaborado por Daniel López Cascante.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de forma, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Hispanoamericana.

Elena Redondo Camacho
Céd. 3 0447 0799
Bachiller en Filología Española
Carné ACFIL 247

Daniel González M.
Daniel González Monge
Céd. 1 1345 0416
Bachiller en Filología Española
Carné ACFIL 245

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARTA DEL TUTOR ii
DECLARACIÓN JURADA iii
CARTA DEL LECTOR iv
CARTA DEL FILÓLOGO v
ÍNDICE DE CONTENIDOS vi
ÍNDICE DE FIGURAS ix
CAPÍTULO I: PROBLEMA DEL PROYECTO 1
1.1 Planteamiento del problema 2
1.1.1 Introducción al tema del proyecto 2
1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa 4
1.1.3 Justificación del problema 8
1.2 Definición del problema 8
1.3 Objetivos de investigación 10
1.3.1 Objetivo general 10
1.3.2 Objetivos específicos 10
1.4 Alcances y limitaciones 11
1.4.1 Alcances 11
1.4.2 Limitaciones 12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 13
2.1 Marco conceptual general 14
2.1.1 Reflujo de soldadura 14
2.1.2 Horno Sikama para reflujo de soldadura 18

2.1.3 Raspberry Pi 3 19
2.1.4 Lenguaje de programación Python 22
2.1.5 Librería de python tkinter 25
2.1.6 1-Wire 25
2.1.7 Termopar 27
2.1.8 Temperatura 28
2.1.9 Etapa de alimentación 28
2.2 Marco de la gestión de proyectos 29
2.2.1 Planeación 29
2.2.2 Desarrollo 30
2.2.3 Implementación 30
2.2.4 Control 30
2.2.5 Evaluación 31
2.2.6 Definir 32
2.2.7 Medir 32
2.2.8 Analizar 32
2.2.9 Mejorar 33
2.2.10 Controlar 33
2.3 Marco conceptual referente al impacto de un proyecto 33
2.3.1 Impactos económicos 33
2.3.2 Impactos institucionales 34
2.4 Antecedentes de teorías o proyecto 35
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 36
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 37
3.1.1 Finalidad 37

3.1.2 Dimensión temporal 38
3.1.3 Marco 38
3.1.4 Naturaleza 39
3.1.5 Carácter 39
3.2 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o implementación de un nuevo proceso, producto o servicio 40
3.3 Metodología para la implementación del proyecto 40
3.4 Metodología para la verificación, aseguramiento control y seguimiento del proyecto 41
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO 43
4.1 Descripción de la situación actual 44
4.2 Recolección de datos, características, prototipo 49
CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO 52
5.1 Descripción 53
5.1.1 Hardware 53
5.1.2 Software 67
5.1.3 Costos de implementación 81
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 86
6.1 Conclusiones 87
6.2 Recomendaciones 91
Bibliografía 93
Anexos 94
Anexo 1. Registro de Calibración de Termómetro 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución 7
Figura 2: Causas principales 9
Figura 3: Flujo del proceso de Solder 17
Figura 4: Horno Sikama Falcon 5c 18
Figura 5: Datos técnicos del horno 19
Figura 6: Raspberry Pi 3 20
Figura 7: Termocupla para alta temperatura 27
Figura 8: Rectificación de la señal AC 29
Figura 9: Problemas presentados en el proceso de Solder 30
Figura 10: Diagrama de flujo sobre DMAIC 31
Figura 11: Gráfico de la curva de temperatura del horno 34
Figura 12: Descripción del proceso actual 45
Figura 12: Panel frontal del horno Sikama 47
Figura 13: Diagrama de encendido del horno 49
Figura 15: Diagrama general del proceso del sistema 51
Figura 14: Diseño de termocupla personalizada 54
Figura 15: Barra con termocuplas 55
Figura 16: Cableado del panel de termocuplas 55
Figura 17: Chasis 56
Figura 18: Conector tipo K hembra STD 57
Figura 19: Tabla de comparación de microcontroladores más comunes 58
Figura 20: Módulo ds1307 59
Figura 21: Sensor Max31850 60
Figura 22: Diseño del circuito impreso 61
Figura 23: Placa impresa del sistema 62
Figura 24: Fuente de Voltaje 5V 63
Figura 25: Cableado de los sensores al Raspberry Pi 64
Figura 26: Módulo GSM 65

Figura 27: Pantalla táctil, Raspberry Pi y Módulo GSM 66
Figura 28: Conexión entre los sensores 67
Figura 29: Configuración del sensor MAX31850 68
Figura 30: Código para leer la temperatura 69
Figura 31: Configuración del archivo config.txt 70
Figura 32: Detección i2c una vez configurado el dispositivo 71
Figura 33: Código de la función para envío de mensajes 72
Figura 34: Prueba realizada del envío de mensajes 72
Figura 33: Pantalla principal de la aplicación gráfica 74
Figura 34: Diagrama de flujo de la pantalla principal 75
Figura 35: Código para crear la ventana principal del sistema 75
Figura 36: Código para la creación del horno en la aplicación 76
Figura 37: Representación del dibujo del horno Sikama 76
Figura 38: Código para la comparación de la temperatura con el perfil establecido 77
Figura 39: Indicador del estado de la termocupla 78
Figura 40: Menú de opciones 78
Figura 41: Código para generar el menú 78
Figura 42: Graficador de las temperaturas 79
Figura 43: Ajuste digital de las temperaturas 80
Figura 44: Registro de las temperaturas en un archivo de texto 81
Figura 45: Costos de implementación 81
Figura 46: Datos de los últimos meses de producción del Sikama 83
Figura 47: Tabla de cálculo de precio en un día 83
Figura 48: Tabla precios con 5 % de fallos 84
Figura 49: Tabla Comparación de pérdidas en el tiempo 84
Figura 50: Tabla de ahorro con el sistema implementado 85
Figura 51: Tabla de comparación de temperatura 90

CAPÍTULO I:

PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Después de la revolución industrial, el ser humano ha recurrido al uso de máquinas para desarrollar procesos de líneas de producción más rápidos y más eficientes. Ninguna máquina está exenta de fallas, esto afecta considerablemente los procesos de producción en empresas muy grandes. Hasta ahora no hay registros concretos de las averías y perdidas monetarias que puedan ocasionar.

El proceso de reflujo de soldadura requiere de un horno lo suficientemente grande para llevar a cabo un proceso delicado, pues si no se ejecuta con las temperaturas adecuadas, no se logrará obtener la mejor calidad en el producto de salida y esto no es aceptable por el público interesado en adquirir las piezas. El problema es recurrente al usar hornos industriales sin sistema de control u obsoletos, aunque no se tiene claro la magnitud del mismo a nivel mundial.

Para producir la materia prima, es necesario calentar los materiales para cambiar su composición y moldearlos a gusto, por lo que el proceso del horno no es más que una herramienta ideal para crear las piezas a pedido del cliente. Esto conlleva un problema global para los equipos obsoletos.

1.1.1 Introducción al tema del proyecto

El proceso de reflujo de soldadura es el proceso en que la pasta de soldar se usa para unir uno o varios componentes electrónicos a sus pastillas de contacto en la placa del circuito impreso mediante la aplicación de calor, todo este proceso se lleva a cabo por diferentes fases las cuales son conocidas como evaporación, activación, precalentado (*preheat*), reflujo (*reflow*), enfriado (*cooling*). Cada fase

también conocida como zonas lleva un perfil térmico previamente establecido el cual debe respetarse correctamente para obtener la mejor calidad de las piezas.

Los hornos industriales son diseñados para llevar a cabo este proceso de soldadura para gran variedad de componentes electrónicos, todo depende del molde para cada uno. Los moldes para cada chip pueden variar su transferencia de calor hacia la soldadura al ser unos de más tamaño que otro, por lo tanto, se utilizan diversos perfiles ajustados de la mejor manera para el chip.

Los hornos antiguos no tienen un sistema para monitorear cada zona del horno y verificar que esté en el rango correcto de temperatura, no obstante, los equipos nuevos incluyen un sistema de monitoreo.

Para llevar el control de las etapas del proceso, se diseñará un sistema de monitoreo en tiempo real de las variables de temperatura para cada zona, con esto se asegura que el proceso transcurra según lo planeado. Se empleará un microcontrolador llamado Raspberry Pi 3, suficiente para cubrir todas las necesidades del proceso. Se pretende crear una interfaz gráfica en la que el usuario encargado del proceso pueda observar las variables de temperatura y que al mismo tiempo, cuando se presente un problema, se notifique al mismo para realizar las medidas necesarias y se pueda tener acceso remoto a la misma.

Todo el dispositivo será externo, a excepción de las termocuplas las cuales irán dentro del horno, el resto irá en una caja plástica con el cuidado de que lo componentes estén protegidos.

1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa

EMC Technology Inc. fue fundada en 1963 en el estado de Pennsylvania, con el propósito de producir resistencias de alta potencia y para microondas. Para el año de 1997 la alta gerencia de EMC Technology Inc., que operaba desde su sede actual en Nueva Jersey, incorporó entre sus objetivos estratégicos establecer una fábrica alterna fuera de los EE. UU. Se evaluó entonces la posibilidad de establecerla en México, Irlanda o Costa Rica.

Durante la primera mitad de 1997 un grupo de Gerentes de EMC Technology Inc. visitó Costa Rica y evaluó las ventajas de producir bajo el Régimen de Zonas Francas. Como parte del proceso visitaron varias zonas francas del país, tanto en el Valle Central como en Cartago y Puntarenas.

Después de visitar las zonas francas decidieron establecerse en el valle central del país en la Zona Franca Metropolitana. El edificio escogido, después de un largo análisis, tenía un tamaño de aproximadamente 1300 m^2 o unos 14 000 ft^2.

Una vez escogida la localización de la planta era hora de escoger el equipo de trabajo para arrancar la planta. A mediados de julio de 1997 escogieron al Gerente General. Entre agosto y setiembre de ese mismo año se contrató al personal clave para iniciar el entrenamiento en los EE. UU.

Durante los meses de setiembre, octubre y diciembre el personal clave recibió entrenamiento en los EE. UU., aprendieron sobre la tecnología utilizada en el proceso de fabricación. Pasaron por el entrenamiento en las diferentes celdas y procesos de manufactura que, actualmente, se tienen en Costa Rica.

El 25 de noviembre de 1997 se presentó, al Gobierno de Costa Rica, la solicitud para incorporarse al régimen de Zonas Francas, bajo el amparo de la ley #7210 del país. El gobierno resolvió positivamente la solicitud el 1 de diciembre de 1997 y el 26 de enero de 1998 se publicó en La Gaceta el acuerdo ejecutivo de otorgar a Compañía EMC Tecnología S. A. el permiso para operar bajo dicho régimen.

Durante los primeros días de febrero de 1998 se iniciaron los trabajos para el acondicionamiento de las instalaciones.

En abril de 1998 llegó el primer lote materiales para producción. Se inició la producción con un lote de un producto conocido como el 8475. El 27 de abril se produjeron las primeras 520 piezas, de un lote de 10 000 unidades.

Para el 8 de mayo de 1998 se había terminado el primer lote completamente. El rendimiento fue de un 99.3 %. El 19 de mayo hizo la primera exportación desde Costa Rica. 9902 piezas del producto 8475 iban camino a los EE. UU. En 1998 se pasó de cuatro empleados a 28 y en 1999 de 28 a 55, continuando el crecimiento en los años subsiguientes. En la actualidad se cuenta con 225 empleados.

En setiembre de 1998 un grupo de inversionistas de los EE. UU. compró a los dueños originales la mayoría de las acciones. Un año más tarde iniciaron las negociaciones para vender el 100 % de las acciones a una empresa del Reino Unido. El 14 de febrero del 2000 se concretó la venta a la empresa Smiths Industries una compañía de más de 15 000 empleados fundada en 1851 por

Samuel Smiths y con ventas que superaron en 1999 los $2 000 000 000. Esta empresa es la dueña actual de EMC.

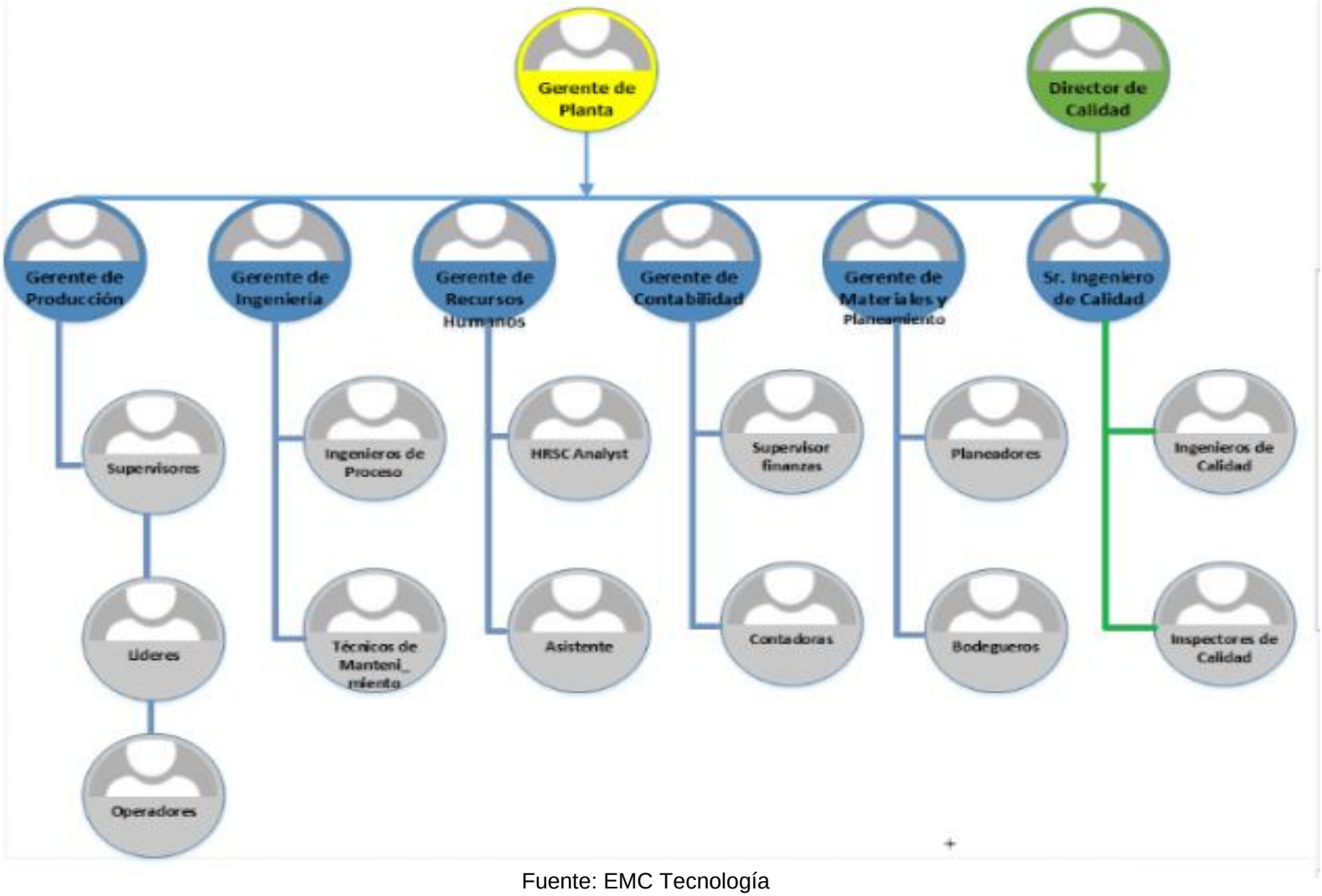
Durante el mes de julio del 2000 se ensamblaron los primeros cables para Times Microwave. A finales de febrero del 2001 se inició el ensamble de cables para Florida RFL.

En setiembre del 2000, después de 3 años de trabajar intensamente para establecer un sistema de calidad que estuviera de acuerdo con la norma ISO-9000, la Compañía EMC Tecnología S. A. aprobó la auditoría realizada por TÜV Essen y se hizo acreedora del certificado correspondiente.

Esto fue posible gracias al apoyo del 100 % de sus empleados

A mediados de junio del 2002, se inició con el ensamble de partes soldadas para FRF Labs, que incluían un atenuador y una resistencia.

Figura 1: Distribución



Fuente: EMC Tecnología

1.1.3 Justificación del problema

Un horno industrial puede ser utilizado más de 12 horas, esto disminuye su vida útil. Según el gerente de contabilidad de EMC Tecnología, esto genera grandes pérdidas a la empresa, porque además de pérdidas en la producción, también se detiene el horno mientras se repara la falla y en ese lapso no se puede tener ningún flujo en el mismo.

La empresa EMC Tecnología actualmente no tiene presupuestado comprar un horno en este año fiscal, por lo que se recurre a una mejora más económica pero no menos efectiva.

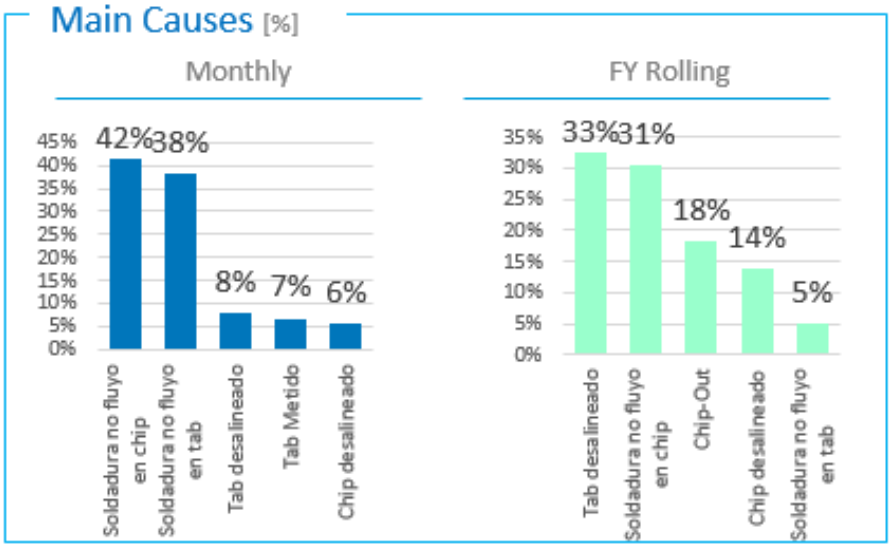
Los microcontroladores representan un gran salto en materia de tecnología y con el tiempo se han adaptado a automatizaciones de baja y alta potencia. Con los microcontroladores se pueden utilizar una gran variedad de sensores y tener un ambiente controlado.

Es importante aclarar que la problemática no se erradicará por completo, pero si se mitigará su efecto, la investigación se realizará a nivel institucional por lo que solo la empresa se verá beneficiada por esta mejora.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas de reflujo de soldadura son uno de los principales inconvenientes en empresas que necesitan del proceso para soldar componentes electrónicos. Esto según datos proporcionados por la empresa EMC Tecnología:

Figura 2: Causas principales



Fuente: EMC Tecnología

La soldadura tiene un rango preestablecido por el fabricante para obtener los resultados más óptimos en la soldadura, lo que evita que esta se quiebre o tenga huecos y pueda afectar a la conductividad.

El horno de la empresa EMC Tecnología es antiguo, por lo que carece de sistema de alarma el cual notifique de algún problema emergente y o persistente en el mismo, por lo que se analizó que es más factible diseñar un sistema aparte que realice la función de la cual carece. Aunque haya personas encargadas del uso y mantención del horno, no siempre están disponible para cualquier eventualidad ya que el deber de cada persona es repartido.

El proceso del horno no requiere mucho esfuerzo más que ingresar las piezas previamente ensambladas para retirarlas en el otro extremo. Sin embargo, el proceso de reflujo de soldadura es bastante delicado en el caso de componentes hechos para radio frecuencia que son dispositivos altamente

sensibles, esto obliga a llevar un control de las etapas del proceso dentro del horno, por lo que se planteó realizar el proyecto del sistema de control.

1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de monitoreo de las variables de temperatura en tiempo real, para un horno en el que se realiza el proceso de reflujo de soldadura, el cual presenta problemas con las lecturas realizadas.

Se pretende que el sistema sea independiente del actual, con microcontroladores para la reducción de costos. Debido a proyectos de automatización planeados en los próximos 3 años en el área del proceso afectada, no se requiere una inversión mayor.

1.3.2 Objetivos específicos

- Entender el proceso que se realiza en el ensamble de componentes pasivos del área de solder de la empresa EMC Tecnología.
- Determinar el microcontrolador apropiado, que cuente con las funciones requeridas para la medición de variables de temperatura, además de que cuente con conexión a red e interfaz gráfica.
- Escoger el sensor adecuado para la conversión de altas temperaturas a valores lógicos que pueda interpretarse en el microcontrolador.

- Analizar las formas de conexión entre la interfaz gráfica y las variables de temperatura para una mayor facilidad visual para el operador.
- Comparar los datos obtenidos de la lectura del sensor con los valores reales para la calibración respectiva.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

Se pretende que el sistema sea de bajo costo en comparación a los sistemas de monitoreo y medición de temperatura, los cuales son muy caros en el mercado actual. Además, no posee grandes partes móviles por lo que su manipulación es sencilla durante su funcionamiento diario.

El sistema está diseñado para ser usado por cualquier persona y sin mayor complicación en el momento de su funcionamiento. En cuanto a la instalación, se utilizarán termocuplas, las cuales estarán fijas dentro del horno. Esto quiere decir que será necesario desmontar el horno para instalarlas en su lugar respectivo, después de esto no será necesario algún otro montaje.

El sistema dispondrá de un registro para visualizar las temperaturas en cualquier momento, esto con el fin de observar el comportamiento del horno. Esta función es esencial para notar algún cambio y con esto medir alguna falla futura.

1.4.2 Limitaciones

El sistema no cuenta con un control de la temperatura, por lo que la persona encargada deberá realizar algún ajuste si es necesario o alertado por el equipo.

Le empresa deberá costear todos los materiales requeridos. Por ende, podría limitar o solicitar algún cambio de los materiales sugeridos. De ser así, se comentará posteriormente en este documento.

La implementación e instalación de este proyecto en el área de proceso no podrá suspender, atrasar o entorpecer en ninguna manera la producción en la empresa. Por lo tanto, todo plan de instalación y pruebas deberá realizarse en horarios donde el equipo horno Sikama no sea necesario para la producción de EMC.

Por solicitud de EMC tecnología la información que se suministrará estará en una forma simple o básica, por lo que no se va a compartir información que sea comprometedora para el negocio. Por lo que se indicó antes, los reportes serán básicos y no se compartirán nombres de sus responsables, tampoco se mostrarán documentos legales o contables.

El módulo de comunicación facilitado es de tipo GSM/GPRS por lo que podría influir a largo plazo, ya que está tecnología será reemplazada por 3G y 4G, lo que brindará la posibilidad de que se desconecte esta tecnología y dejar el sistema sin las notificaciones.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL

2.1.1 Reflujo de soldadura

El proceso de soldadura por reflujo implica fijar componentes a los cojines de metal sobre una placa de circuito con la pasta de soldadura y luego someter toda la unidad para calentar. Cuando se aplica calor uniforme a los componentes y la placa de circuito, las conexiones temporales pueden convertirse en bonos de soldadura permanentes. La soldadura por reflujo se puede usar con la tecnología tradicional a través de hoyos, aunque es el método principal para la conexión de dispositivos de superficie (DME) de montaje.

El propósito del proceso de soldadura por reflujo es someter la placa de circuito y los componentes a un nivel uniforme de calor que va a fundir la pasta de soldadura sin dañar cualquiera de los componentes electrónicos. La soldadura por reflujo típicamente incluye cuatro etapas distintas, cada una de estas implica un nivel diferente de calor.

La soldadura tradicional implica tecnología en la que se pasan cables de componentes a través de una placa de circuito y luego se calientan individualmente como se aplica la soldadura. Este tipo de soldadura puede llevar mucho tiempo y la aplicación de calor excesiva a un componente puede ser perjudicial. También es difícil o imposible de utilizar los métodos tradicionales con tecnología de superficie (SMT), en los que cada componente se encuentra en la parte superior de la placa de circuito de montaje.

La pasta de soldadura es un compuesto que consta de flujo y la soldadura en polvo. Además, de actuar como agente oxidante, el flujo de soldadura por reflujo también puede enlazar una SMD en su lugar hasta que se aplica calor. La pasta se aplica a veces, a través de métodos tradicionales de dispensación, aunque a menudo se estampa en la placa usando una plantilla para asegurar la colocación adecuada llamada *fixture*. Problemas con la aplicación inicial de la pasta de soldadura pueden provocar fallos de los dispositivos más adelante.

Después de que la pasta de soldadura y los componentes se han aplicado a una placa, se coloca típicamente en un horno de reflujo y después se somete a cuatro perfiles de temperatura distintos. El proceso de soldadura por reflujo suele comenzar con un precalentamiento inicial, en el que se eleva la temperatura entre 1.0 y 3.0 grados centígrados (alrededor de 1.8 a 5.4 grados Fahrenheit) cada segundo.

Este precalentamiento suele ser la más larga de las cuatro etapas y puede ser fundamental, para que los volátiles en el flujo se evaporen sin dañar los componentes a través de choque térmico. La segunda etapa térmica es típicamente entre uno y dos minutos de duración y puede permitir el flujo para eliminar cualquier oxidación de la placa de circuito o componentes.

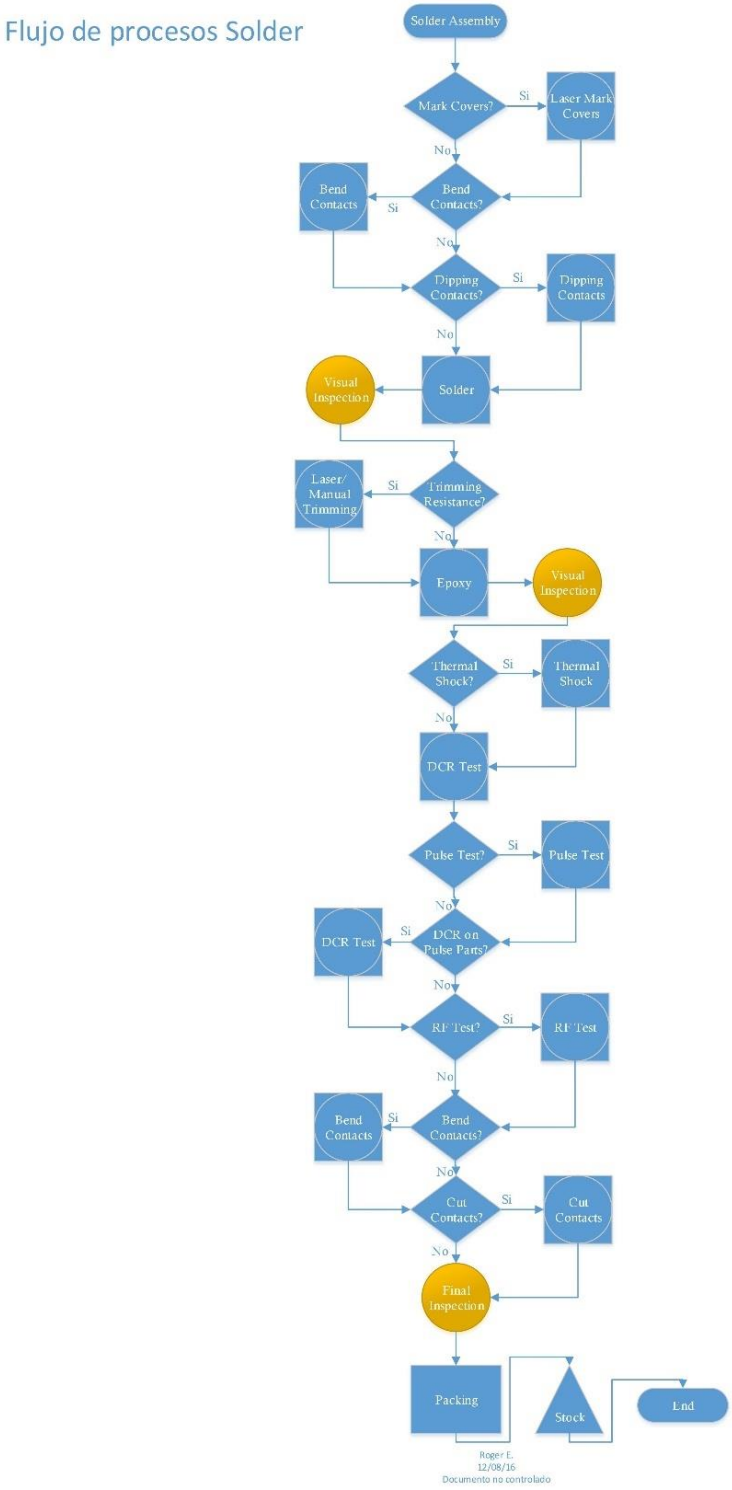
El reflujo de soldadura se produce normalmente durante la tercera parte del proceso de calentamiento y enfriamiento. Este período puede ser conocido como tiempo por encima de líquidos (TAL), ya que la soldadura se funde como se alcanza la temperatura máxima del proceso. En este punto, las pastillas de metal sobre la placa de circuito y los cables de cada SMD habrán alcanzado la misma temperatura,

lo que permite enlaces de soldadura fuerte para formar. Después de una cantidad fija de tiempo, la etapa final de enfriamiento puede comenzar. Permitir que los componentes se enfríen de una manera controlada puede evitar el choque térmico y garantizar el éxito de un proceso de soldadura por reflujo.

Normalmente el proceso consta de cinco fases, también llamadas zonas, las cuales son:

1. **Evaporación:** se evaporan los disolventes de la pasta de soldar.
2. **Activación:** se activa el flux y se deja que actúe.
3. **Precalentado (Preheat):** se precalientan cuidadosamente los componentes y el circuito impreso.
4. **Reflujo (Reflow):** se derrite la soldadura para permitir el mojado de todas las uniones.
5. **Enfriado (Cooling):** se enfría la placa a una velocidad controlada y hasta una temperatura aceptable.

Figura 2: Flujo del proceso de Solder



Fuente: EMC Tecnología

2.1.2 Horno Sikama para reflujo de soldadura

El Sikama modelo Falcon 5C es un horno de reflujo con todas las funciones de escritorio (conducción y convección) que produce muy buenos resultados. Cuenta con un diseño patentado para la calefacción equilibrada y medios de refrigeración de bajo costo de operación.

Se puede trabajar de derecha a izquierda o de izquierda a derecha en este sistema semi-automático, por lo que el montaje del Sikama Falcon 5C en su línea de producción se torna más sencillo. Incluye 7 zonas las cuales son: enfriado de carga, 4 zonas de calor por conducción y convección. Además, cuenta con controles de punto de ajuste independiente para cada zona y un control de velocidad para la banda transportadora.

Figura 3: Horno Sikama Falcon 5c

Fuente: http://www.sikama.com/falcon-5c/

Figura 4: Datos técnicos del horno

especificación típica

zonas de calentamiento	4
zonas de enfriamiento	2
zonas de carga	1
Número total de zonas	7
Tamaño de platina	5 pulg. X 6,5 pulg. (125 x 162 mm)
Tamaño máximo de Sustrato	5 pulg. X 5,75 pulg. (125 x 144 mm)
Modo de velocidad (pulgadas por minuto)	3 a 50 en / min. (7,5 a 125 cm / min.)
Modo de tiempo (Tiempo de espera y tiempo de viaje)	1 segundo. a 99 min. 59 seg. (Por zona)
Temperatura (Estándar)	Hasta 400 ° C
Precisión de temperatura	± 2 ° C
Tiempo de calentamiento a 230 ° C	10 minutos
El flujo de refrigerante	0,5 a 2 GPM (2 a 8 litros / min.)
alarmas	Más / Menos de temperatura, gas, líquido refrigerante, motor Torque
Piezas de flujo (indicar en el pedido)	L a R o R a L
Consumo de gas	120-150 pies cúbicos por hora
Nivel de O2	10 PPM, la apertura de 0,25 pulgadas
Voltaje (indicar en el pedido)	200 a 240 VCA, 50/60 Hz, 1 o 3 Fase
La puesta en marcha de potencia (kW)	11kW @ 240 VAC
El consumo de energía	50% o menos
Unidad básica Peso	200 lbs. (91 Kg)
Unidad básica Dimensiones	L 53 x W 25 x H 26 pulgadas (134,6 x 63,5 x 66 cm)

Fuente: http://www.sikama.com/falcon-5c/

2.1.3 Raspberry Pi 3

El dispositivo encargado de procesar los datos, graficar y generar los reportes consta de una computadora. Este dispositivo trabajará en conjunto todo el sistema, recibirá datos, hará cálculos matemáticos, almacenará los datos y presentará los datos al usuario. Este es el cerebro del sistema.

El Raspberry Pi es un proyecto de código abierto que ha conseguido diseñar un miniordenador de bajo costo destinado principalmente a labores educativas y a reducir la brecha tecnológica que hay entre países ricos y los países que no tienen tanto acceso a la tecnología para la educación.

Actualmente, se ha popularizado de tal manera que las empresas fabricantes han tenido que aumentar la producción considerablemente debido a que también se utilizan en diferentes proyectos como HTPC (centro multimedia para reproducir audio y video), NAS (servidor de archivos en red), seedbox (servidor torrent), servidor de páginas webs y otro gran número de aplicaciones (Brenes Quesada, 2016).

Figura 5: Raspberry Pi 3

Fuente: https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/

2.1.3.1 Ventajas del Raspberry Pi

- Bajo consumo de aproximadamente 700mA (Sin accesorios), por lo cual se puede mantener encendido un gran número de horas sin representar un gasto significativo.

- Un precio bajo, de menos de $55, esto lo hace rentable por lo práctico que resulta y si se llegara a dañar representaría un costo bastante bajo.
- Aunque en el mercado existan diferentes opciones al Raspberry Pi, este se ha popularizado por la ventaja de poseer sistema operativo, al mismo tiempo que cuenta con todas las funcionalidades de un ordenador común. Todo esto ha generado decenas de proyectos en esta plataforma, por lo que se ha documentado una gran cantidad de información sobre el dispositivo.
- Accesorios de fácil disponibilidad como adaptadores de corriente, memorias SD, memorias USB.
- El tamaño es ideal para cualquier proyecto. ya que mide aproximadamente lo mismo que una tarjeta de crédito.

2.1.3.2 Desventajas del Raspberry pi

- La corriente máxima de los puertos USB es relativamente baja por lo cual no es capaz de alimentar discos duros externos.
- Comparte un mismo bus de datos para los USB y la conexión LAN, esto limita la velocidad de transferencia, por lo que si se añade un dispositivo NAS este no alcanzará un gran rendimiento.
- Su microprocesador no cuenta con los recursos suficientes para trabajar con particiones NTFS.

- Requiere de un proceso para aprender a utilizar su configuración y puesta en marcha.

2.1.3.3 Sistema operativo del Raspberry Pi

Con el tiempo han surgido diferentes sistemas operativos adaptados para el Raspberry Pi, una de las más utilizada son las distribuciones de Linux adaptadas al *hardware* del Raspberry Pi y otros orientados a distintas tareas. Por ejemplo, OpenElec que es un sistema operativo para Raspberry Pi que lo convierte en un media center (Durán, citado por Quesada, 2016).

2.1.3.3.1 Raspbian

Está basado en Debian, es el sistema operativo utilizado por computadoras de escritorio. Es el de mayor uso. Este sistema operativo ha sido adaptado especialmente para el Raspberry Pi, por lo que presenta una mayor facilidad de uso. Un sistema operativo es el conjunto de programas básicos y utilidades que hacen que funcione el Raspberry Pi. Sin embargo, Raspbian ofrece más que un sistema operativo puro, este viene con más de 35 000 paquetes, también cuenta con un *software* precompilado que hace más fácil la instalación del dispositivo (Quesada, 2016).

Raspbian no está afiliada a Raspberry Pi. Raspbian fue creado por un equipo de desarrolladores que lo adaptaron para el *hardware* del Raspberry Pi.

2.1.4 Lenguaje de programación Python

Python es un lenguaje de programación que fue creado para que sea legible. Se trata de un lenguaje de programación multifuncional, ya que soporta

programación orientada a objetos, programación imperativa y en menor medida programación funcional.

El lenguaje es administrado por Python Software Foundation. Su licencia es denominada Python Software Foundation License, que es compatible con la Licencia publica general de GNU.

Python permite realizar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones para Windows, a servidores de red o páginas web. Su popularidad ha hecho que se le preste mucha atención, pues es *software* libre y por ende exista una gran cantidad de información, así como librerías para facilitar el objetivo a realizar.

2.1.4.1 Características del lenguaje de programación Python

Python posee una gran variedad de características que destacan por encima de otros lenguajes de programación. A continuación, se muestran las características básicas.

Propósito General: usando el lenguaje Python se pueden crear todo tipo de programas, programas de propósito general y también se puede desarrollar páginas web

Código libre (*open source*): debido a que Python es *open source*, ha sido modificado para que pueda funcionar en diversas plataformas como Linux, Windows, Macintosh, Solaris, OS/2, Amiga, AROS, AS/400, BeOS, OS/390, z/OS, Palm OS, QNX, VMS, Psión, Acorn RISC OS, VxWorks, PlayStation, Sharp, Zaurus, Windows CE y PocketPC.

Lenguaje orientado a objetos: al ser un lenguaje orientado a objetos se construye combinando datos y funcionalidades.

Lenguaje de alto nivel: al programar en Python el desarrollador no se debe preocupar por detalles de bajo nivel, (como manejar la memoria empleada por el programa).

Incrustable: se puede insertar el lenguaje de Python dentro de un programa C/C++ y de esta manera ofrecer las facilidades del *scripting*.

Extensas librerías: Python contiene una gran cantidad de librerías, tipos de datos y funciones incorporadas en el propio lenguaje, que ayudan a realizar muchas tareas comunes sin necesidad de tener que programarlas desde cero.

Las librerías pueden ayudar a hacer varias cosas como expresiones regulares, generación de documentos, evaluación de unidades, pruebas, procesos, bases de datos, navegadores web, CGI, ftp, correo electrónico, XML, XML-RPC, HTML, archivos WAV, criptografía, GUI y también otras funciones dependientes del sistema.

Sintaxis clara: Python tiene una sintaxis visual, gracias a que maneja una sintaxis identada (con márgenes), que es de carácter obligatorio. Para separar los bloques de código en Python se debe tabular hacia dentro. Esto ayuda a que todos los programadores adopten las mismas notaciones y que los programas hechos en Python tengan un aspecto muy similar.

2.1.5 Librería de python tkinter

Tkinter es un binding de la biblioteca grafica Tcl/Tk para el lenguaje de programación Python, esto quiere decir que Tk se encuentra disponible para varios lenguajes de programación entre los cuales se encuentra Python con el nombre de Tkinter. Este no es más que una capa de esta librería para el lenguaje Python, con lo cual usar Tk en otro lenguaje no supondrá un inconveniente.

Se considera un estándar para la interfaz gráfica de usuario (GUI) para Python y es el que viene por defecto con la instalación para Microsoft Windows y preinstalado en la mayoría de las distribuciones de GNU/Linux. Con Tkinter se pueden conseguir resultados casi tan buenos como con otras librerías graficas. Se debe tener en cuenta siempre que quizás con otras herramientas se puedan realizar trabajos más complejos, para los que se necesita una plataforma más robusta, pero con herramienta didácticas e interfaces sencillas, lo que da una perspectiva de lo que se trata el desarrollo de una parte muy importante de una aplicación, si se desea distribuirla o aplicarla a determinado proyecto.

2.1.6 1-Wire

Es un protocolo de comunicaciones en serie diseñado por Dallas Semiconductor. Está basado en un bus de datos, un maestro y varios esclavos de una sola línea de datos en la que se alimentan. Se necesita de una conexión a tierra común de todos los dispositivos.

En la línea de datos/alimentación se requiere una resistencia de pull-up conectada a la alimentación y que le proporciona esta.

2.1.6.1 Reinicio de bus

Se mantiene la señal de datos a 0 voltios durante 480 microsegundos. Se reinician todos los dispositivos conectados al bus (les retira la alimentación). Los dispositivos reiniciados indican su presencia manteniendo la señal de datos a 0 voltios durante 60 microsegundos.

2.1.6.2 Envío y recepción de datos

Para enviar un bit a 1 el maestro se lleva a 0 voltios la línea de datos durante 1-15 microsegundos. Para enviar un bit a 0 el maestro se lleva a 0 voltios la línea de datos durante 60 microsegundos.

Los dispositivos esclavos leen el bit aproximadamente a los 30 microsegundos después del flanco de bajada de cada bit.

Cuando el maestro lee los datos del dispositivo esclavo pone 0 voltios durante 1-15 microsegundos en la línea de datos y a partir de ese momento el esclavo no hace nada (la señal se mantiene en 5 voltios) si quiere enviar un 1 lógico o mantiene la señal en 0 voltios hasta los 60 microsegundos si quiere enviar un 0 lógico.

Los datos se envían o reciben en grupos de 8 bits. Para iniciar una comunicación se reinicia el bus. El protocolo puede incluir detección de errores transmitiendo códigos de detección de errores.

Como en el bus puede haber muchos dispositivos el protocolo incluye el direccionamiento de los mismos empleando un código único de 64 bits de los

cuales el byte más significativo indica el tipo de dispositivo y el último es un código de detección de errores de 8 bits.

Los comandos que pueden interpretar los dispositivos esclavos dependerán de estos. Para encontrar los dispositivos presentes en el bus el maestro puede enviar un comando de enumeración que responderán todos los dispositivos.

2.1.7 Termopar

Un termopar es un sensor para la medición de temperatura. Está compuesto por 2 metales de diferente material, unidos en uno de sus extremos. Cuando la unión de los metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Esto se debe a 2 factores: la densidad de electrodos diferentes de los dos materiales y de la diferencia de temperatura entre punto caliente y punto frio. Esto significa que el termopar no mide la temperatura absoluta, sino la temperatura diferencial entre los 2 materiales.

Figura 6: Termocupla para alta temperatura

Fuente: http://es.omega.com/Temperature/images/TJ36-CC_chb_m.jpg

2.1.8 Temperatura

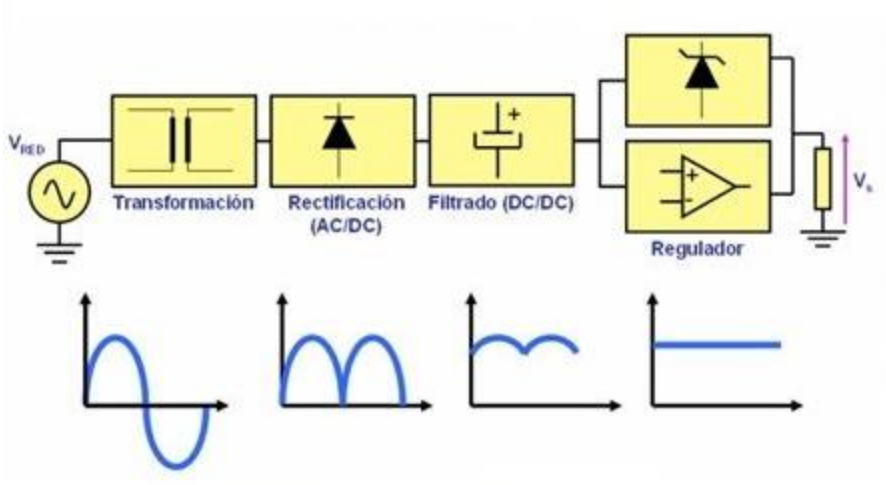
La temperatura en el sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad de medida es el Kelvin (K), su escala empieza del cero absoluto y se gradúa con un tamaño de grado igual al del grado Celsius (Sepúlveda, 2010).

2.1.9 Etapa de alimentación

Esta etapa consiste en un circuito de alimentación, el cual es capaz de suministrar la energía requerida por todos los dispositivos. Este tipo de circuitos convierten la señal de corriente Alterna (AC) a corriente Directa (DC) por medio de diferentes etapas.

- Transformación: por medio de un transformador se disminuye la amplitud de la onda principal para disminuir el voltaje a un valor ideal para el trabajo a realizar.
- Rectificación: se utiliza un puente de diodos para eliminar los ciclos negativos de la onda.
- Filtrado: los capacitores funcionan como filtro ya que tienen la función de carga y descarga permite mitigar las crestas luego de la rectificación.
- Regulador: en esta etapa se tiende a usar circuitos integrados que regulen el voltaje asimismo como diodos Zener para mantener los voltajes en un valor fijo deseado.

Figura 7: Rectificación de la señal AC



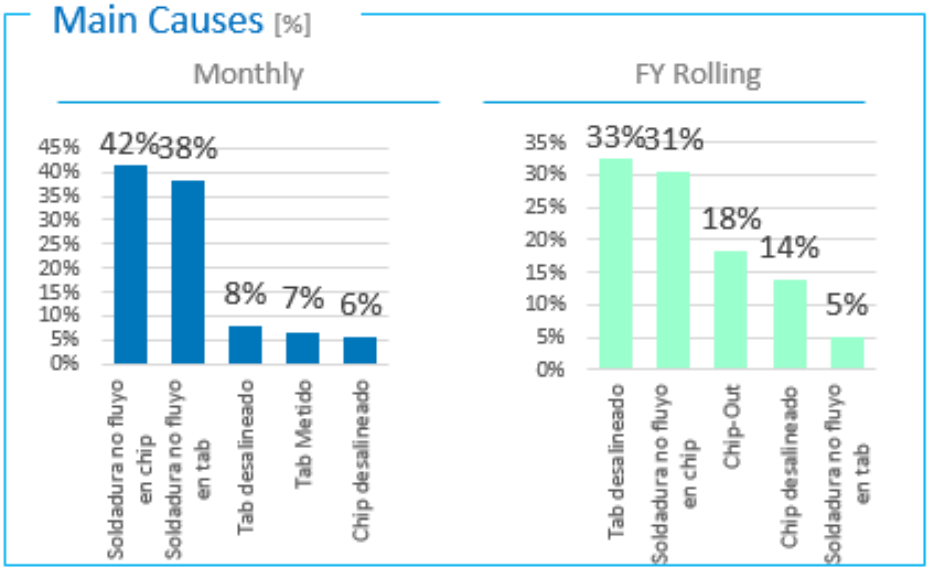
Fuente: http://www.areatecnologia.com/electronica/imagenes/etapas-fuente-alimentación.jpg

2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

2.2.1 Planeación

Se realizó un análisis debido a una falla recurrente en el horno Sikama, el cual realiza aproximadamente el 80 % de la producción en el proceso de reflujo de soldadura, esto genera pérdidas considerables. Por esto, se diseñó un sistema para monitorear las variables de temperatura con un sistema sencillo y barato en comparación con otros sistemas en el mercado actual.

Figura 8: Problemas presentados en el proceso de Solder



Fuente: EMC Tecnología

2.2.2 Desarrollo

El sistema tomará las variables de temperatura por medio de termocuplas, estas son resistentes a grandes temperaturas, son de buena calidad y son vas accesibles a comparación de equipo laser. Se instalarán en cada zona del horno, para monitorear cada área del proceso y con esto asegurar cubrir cada parte del mismo.

2.2.3 Implementación

Se implementará dentro de la empresa misma, por lo que no requiere de permisos más que la misma.

2.2.4 Control

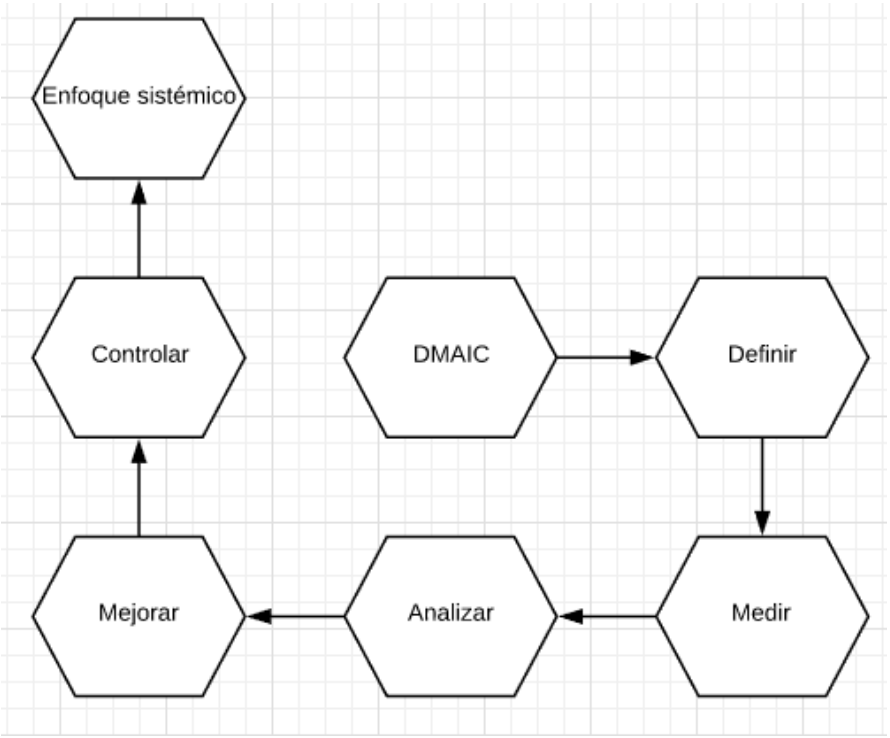
La implantación es igualmente sencilla, ya que los componentes serán ensamblados en una caja, pero si será necesario detener el horno unas cuantas horas para poder instalar las termocuplas.

2.2.5 Evaluación

Se dará seguimiento del mismo para evaluar su funcionamiento y que mejoras se podrán realizar con el tiempo

Se planteó el proyecto luego de tener problemas recurrentes en el área de *Solder*. Se utilizará la metodología llamada DMAIC.

Figura 9: Diagrama de flujo sobre DMAIC



Fuente: Elaboración propia

DMAIC es un acrónimo que deriva de las siglas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es una herramienta de la metodología enfocada en la mejora

de procesos. Esta herramienta es un método de calidad basado en estadísticas, su principal función es recolectar datos y probar la veracidad de los datos con el fin de mejora.

2.2.6 Definir

Se refiere a los requerimientos del cliente y al entendimiento de los procesos. Debido a una decisión tomada por los diferentes departamentos de la empresa EMC Tecnología, se dio inicio a este proyecto por pérdidas monetarias y de tiempo, se pretende realizar un sistema de monitoreo, que es lo más factible para mitigar el problema.

2.2.7 Medir

Se pretende medir el desempeño del proceso a mejorar. La forma más importante en que impactará este proyecto, es en medio y largo plazo. Al tener controladas las medidas de temperatura se podrá analizar cómo se comporta el horno y con esta información predecir alguna avería del mismo. Con esto se podrá programar una reparación en horario no productivo así evitamos perder tiempo y con este dinero.

2.2.8 Analizar

Se realizó un análisis de la información recolectada para determinar causas o defectos. Al realizar el análisis de las variables de temperatura, es necesaria la ayuda del departamento de Salud y Seguridad, para analizar la situación en que van a estar expuestos los operarios y el proyecto.

2.2.9 Mejorar

En esta etapa se diseñaron soluciones una vez analizada la información y se buscó la raíz del problema, con esto se realizó un plan de implementación. Se requerirán componentes personalizados, para adaptarlos al proyecto para su funcionamiento correcto y así encontrar la posición correcta para instalar las termocuplas en el horno.

2.2.10 Controlar

Una vez validada la información se implementan controles que aseguren que el proceso se mantendrá como lo planeado.

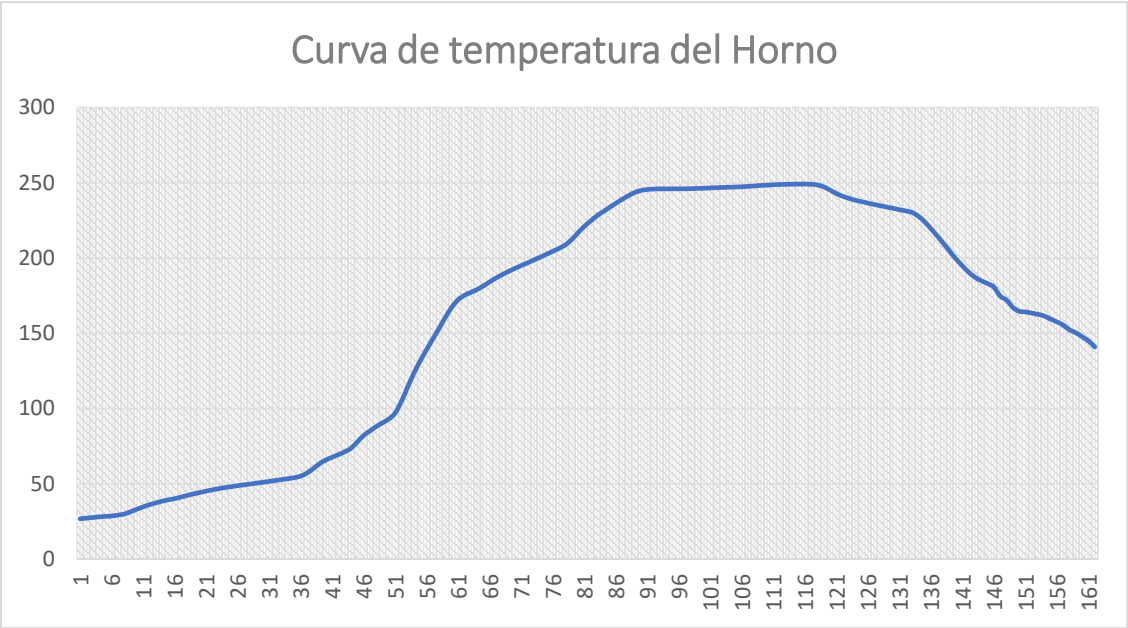
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DE UN PROYECTO

2.3.1 Impactos económicos

Al ser un proyecto de monitoreo para mitigar problemas generados en el proceso de reflujo de soldadura, el impacto económico será muy importante, ya que el proceso estará controlado por lo que se evita la cantidad de piezas malas, lo que mejorará calidad.

Con el tiempo la empresa ha tenido pérdidas millonarias porque el proceso de reflujo necesita de un perfil que se debe ejecutar correctamente. En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo de un perfil utilizado en el horno.

Figura 10: Gráfico de la curva de temperatura del horno



Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Impactos institucionales

Esto no afectará directamente al personal, ya que es una mejora al proceso en sí, además, se logrará una mejora tecnológica, tomando en cuenta que los hornos utilizados por la empresa son hornos obsoletos y sin respaldo en la actualidad. Esto ayudará a mantener el horno en funcionamiento por más tiempo, lo que mejorará los sistemas de control.

Con el proyecto se pretende tener una mejora a largo plazo ya que se podrán prevenir fallas en el sistema mucho antes de que estas pasen, por medio de su registro de datos en tiempo real. Esto indicará cómo se comporta el sistema mientras esté en funcionamiento, asimismo, se evitará procesar los productos mientras el sistema detecte una falla.

2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTO

Al ser una mejora de un horno ya obsoleto no se tendrá mucha investigación sobre el mismo, pero sí del sistema. El Raspberry es un microcontrolador que funciona para distintas tareas muy útiles, este dispositivo permite realizar el proyecto y dar una vida más larga al horno.

CAPÍTULO III:

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Hay diversos tipos de investigación, según Hernández, Fernández, & Baptista (2010), “se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (s. p.), se clasifica en finalidad, dimensión temporal, marco, naturaleza, carácter, entre otros.

A continuación, se describen las clasificaciones del presente proyecto de investigación de acuerdo a los puntos mencionados anteriormente.

3.1.1 Finalidad

Muñoz se refiere a tesis de investigación como:

> Trabajos cuyo método de investigación se concentra exclusivamente en la recopilación de datos de fuentes documentales, ya sea de libros, textos, sitios Web o cualquier otro tipo de documentos gráficos, icnográficos y electrónicos. Su único propósito es obtener antecedentes documentales para profundizar en teorías, leyes, conceptos y aportaciones ya existentes y asentadas en documentos sobre el tema que es objeto de estudio, para luego complementar, refutar o derivar, en su caso, nuevos conocimientos (Muñoz, 2011, s. p.).

De acuerdo a lo mencionado, una investigación teórica es una recopilación basada en documentación, esto quiere decir que se basa en documentos en papel, electrónicos, etc. y estos aportan antecedentes al tema en estudio.

Este proyecto investiga la necesidad de mejorar el proceso de reflujo de soldadura, asimismo, se estudian los microcontroladores y sus componentes definiendo los dispositivos usados para medir las variables de temperatura. Con esto se busca no solo una lectura en tiempo real, sino también una predicción del

comportamiento del horno a lo largo de tiempo por lo se puede predecir alguna anomalía anticipadamente antes que ocurra.

3.1.2 Dimensión temporal

La clasificación asignada al proyecto es de carácter transeccional o transversal según establece Sampieri, donde establece:

> Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede. Pueden abarcar varios grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores; así como diferentes comunidades, situaciones o eventos. Por ejemplo, analizar el efecto que sobre la estabilidad emocional provoco un acto terrorista en niños, adolescentes y adultos. Pero siempre, la recolección de los datos ocurre en un momento único. A la vez, los diseños transeccionales se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales- causales (Sampieri, 2010, s. p.).

Debido a lo anterior se afirma que su clasificación es de carácter transversal, ya que se realizará en un momento dado, el cual está establecido en el periodo de 2017 y 2018.

3.1.3 Marco

El marco de la investigación establece el alcance de la población que será impactada por el proyecto, establecido de la siguiente forma:

- **Micro**: el proyecto va dirigido a las personas que operan el horno y al departamento de calidad que debe cerciorar de que el proceso cumpla con los estándares que se ofrecen al cliente.

- **Macro**: al impactar el proceso en sí, esto ocasionará un impacto en la empresa EMC Tecnología y el departamento de mantenimiento de equipos.

- **Mega**: impactará las demás empresas del grupo Smiths Interconnect, lo que evitará quejas para el grupo.

3.1.4 Naturaleza

> El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos.
>
> Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después, para refinarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular y no siempre la secuencia es la misma, varía de acuerdo con cada estudio en particular (Sampieri, 2010, s. p.).

Las variables de temperaturas se adquieren por medio termocuplas y son interpretadas por el microcontrolador Raspberry Pi. Según lo descrito anteriormente, se deduce que el proyecto tiene un enfoque cuantitativo porque es necesaria la recolección de datos medibles para llevar un control de los mismos.

3.1.5 Carácter

> El objetivo fundamental de un trabajo de tesis puede ser explicar un hecho o simplemente describirlo, experimentar con un fenómeno, confrontar un hecho con otros o con una teoría, o bien, aplicarlo a una situación específica. De acuerdo con esto, las tesis pueden tener un carácter explicativo, descriptivo, experimental, confrontativo, aplicativo, tecnológico o algún otro (Muñoz, 2011, s. p.).

Lo mencionado por Muñoz hace alusión a las diferentes formas en que se clasifica el carácter, dicho esto se definió el carácter específicamente como proyecto, ya que este intenta resolver un problema o mitigar su impacto mediante el análisis de variable, medición y control de las mismas.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

Anteriormente se definió la metodología DMAIC, la cual estará basada el proyecto, igualmente su implementación y finalmente, el control del mismo. Esta herramienta es una adaptación, muy bien diseñada, del método científico.

Es importante tener en cuenta que este método permite tener un inicio y un final, es decir, no es posible dar por terminado el proyecto si aún no se han completado cada fase del mismo.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Como se comentó, este proyecto es una implementación independiente del sistema actual, por lo cual se deberá diseñar piezas que permitan colocar los sensores de medición de temperatura dentro del horno, tomando en cuenta no afectar el funcionamiento del mismo.

Asimismo, se deben tomar en cuenta los diferentes materiales que pasan por este proceso y que obligan a cambiar: altura del túnel, velocidad de la banda y lo principal la temperatura.

Se analizará la idea de crear un panel de algún material que soporte temperaturas de hasta 300 grados centígrados y que tenga los diferentes sensores. Esto permitirá tener una mayor facilidad en el momento de montar o desmontar uno o más sensores.

Igualmente, facilitará labores de mantenimiento no solo del sistema, sino también del horno, ya que este necesita mantenimiento preventivo y correctivo de ser necesario.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

En la empresa EMC Tecnología se rigen por normas exigentes, las cuales tienen como objetivo llevar un control sobre las actividades que se realicen en los procesos. Estas normas incluyen el seguimiento y control de cada máquina, por lo que el proyecto será identificado dentro de la categoría de máquina.

Estas normas obligan a agregar al sistema de mantenimiento y calibración de la empresa. Por ende, se realizará mantenimiento preventivo según se defina por el departamento.

Según Jonathan encargado de la parte de calibración dice que “Es completamente necesario realizar calibraciones a los equipos ya que pueden dar lecturas erróneas por lo que no se sabrá de ningún problema hasta recibir una queja por parte del cliente.” Esto deja en evidencia las rigurosas normas.

En el caso del sistema de control, debe respetar la tolerancia ya establecida por el sistema convencional el cual dice que el margen máximo de variación de la temperatura para no afectar la soldadura es de +/- 10 grados, la definición de cada cuanto se debe realizar la calibración está aún definiéndose.

CAPÍTULO IV:

DIAGNÓSTICO

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La empresa ha tomado la decisión, a lo largo del año del 2017, de realizar proyectos de mejora en la planta para mejorar la producción y evitar los problemas recurrentes de funcionamiento, calibración y también el error humano.

Entre las decisiones que se tomaron, se pensó en el área de *solder* en la que se tiene la mayor producción de la planta y es en la que está ubicado el horno para realizar el proceso de soldadura por refusión o reflujo de soldadura.

El sistema de control utilizado por el horno Falcon 5c en la empresa EMC Tecnología es un sistema obsoleto y discontinuado, por lo que no hay repuestos ni soporte para el mismo.

El sistema está compuesto por:

1. Relés
2. Microcontroladores PIC
3. Resistencias
4. Motores AC
5. Fuente de alimentación

Estos componentes forman la electrónica básica del horno. Este sistema no posee un sistema de control PID (Proporcional, integral y derivativo), por lo que no puede realizar la desviación del error medido.

Según Erick Figueroa, encargado del área de ingeniería de la planta en Costa Rica: “No necesitamos realizar una inversión significativa en los hornos de la empresa, ya que hay proyectos de automatización y se desean cambiar, pero esto no evita que mientras se adquiere el sistema nuevo se siga teniendo los mismos problemas.”

Como lo menciona Figueroa, la inversión del proyecto debe ser baja, ya que se tiene planeado cambiar el equipo por unos más moderno.

Figura 11: Descripción del proceso actual

Situación Actual	**Problemática**	**Propuesta de mejora**
El sistema no posee una calibración,	Hay una desviación en la temperatura real por lo que el operador debe jugar con los valores hasta tener el producto como se requiere.	Agregar un sistema de monitoreo el cual posea una calibración periódica y, además, aparte del actual, este va a medir el ambiente del túnel no la plancha que posee la resistencia del horno.
Sistema de monitoreo	Todos los equipos tienen una vida útil específica, lo cual hará que el sistema falle. El horno en estos momentos lleva	Sistema aparte en paralelo para asegurar las correctas medidas de las variables de temperatura.

	mucho tiempo funcionando por lo que su sistema no está en las condiciones óptimas.	
Tiempo de operación	El uso del horno tiende ser excesivo ya que la mayor parte de la producción de toda la empresa necesita de este.	Un sistema con datos en el tiempo de las temperaturas y poder predecir cualquier falla.
Manipulación de horno	El horno necesita configurar su temperatura cada vez que sea necesario su uso, pero no siempre los valores desplegados en la pantalla son los correcto.	Mediciones de datos completamente aparte del horno, y en tiempo real por que se tienen datos de la temperatura correcta dentro del túnel.
Mantenimiento preventivo y correctivo.	Por protocolo se realiza mantenimiento preventivo cada cierto tiempo, pero esto no predice un posible fallo	

	porque el sistema despliega información incorrecta	

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, el encargado del área de producción debe asignar a un operador en las mañanas para que realice el encendido del horno. Una vez activada la potencia, se puede visualizar la temperatura de sistema la cual comienza a aumentar con respecto a la configuración establecida en las mismas.

Figura 12: Panel frontal del horno Sikama

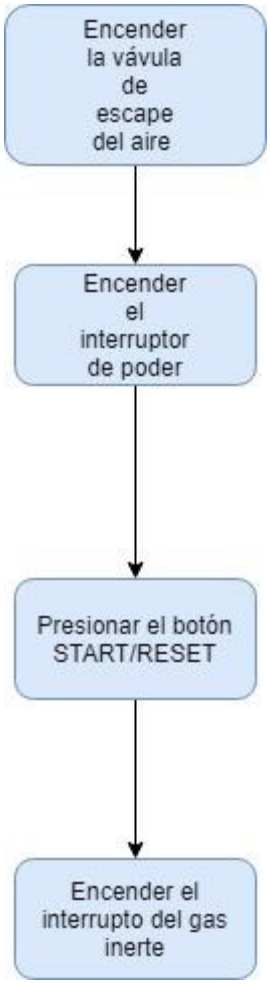
Fuente: Elaboración propia.

En el momento que las resistencias del horno están calentando, estas se muestran parpadeando en la pantalla y una vez llegan a la temperatura establecida se mantienen fijas. Esto quiere decir que se pueden pasar productos.

La empresa cuenta con un perfilador, el cual permite medir la temperatura interna del horno por medio de termocuplas, con un máximo de 7 al mismo tiempo. Este sistema genera una gráfica de los datos tomados con respecto al tiempo que dure la banda transportadora.

En estos momentos el sistema no ha sido asignado a alguien en específico para realizar pruebas periódicamente, por lo que se descarta este método para realizar los ajustes del horno. Además, este sistema no cuenta con una alarma, por lo que no funciona mantenerlo conectado a sensores fijo dentro del horno.

Figura 13: Diagrama de encendido del horno



Fuente: Elaboración propia

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS, CARACTERÍSTICAS, PROTOTIPO

El sustentante de este proyecto trabajó en el área de *solder* por lo que ha tenido contacto con el horno Sikama y por ende se establece que los datos obtenidos son dados por la observación y por el departamento de calidad, el cual se encarga no solo de la inspección, sino de llevar un registro detallado de la producción que se da en el mismo.

Las medidas utilizadas en la empresa son el *Yield* y *First pass yield*, estas tienen relación directa con las piezas buenas y malas.

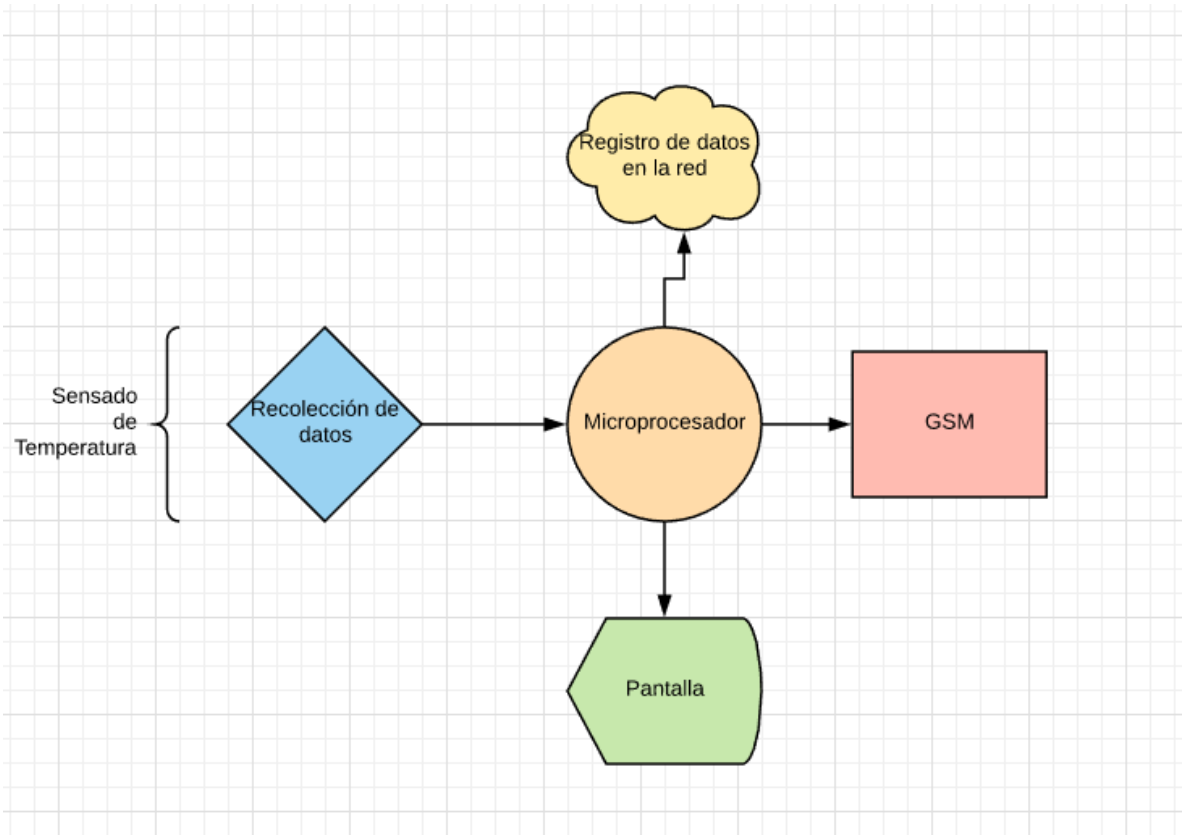
En el área de *solder* se utiliza el *First pass yield* (FPY) que consiste en un porcentaje en el momento de las piezas buenas con respecto la meta de piezas al día, se calcula mediante la fórmula:

$$\frac{Meta - Retrabajos}{Meta} * 100 = porcentaje\ FPY$$

Donde la Meta es una métrica establecida

Se ha realizado el análisis de la relación entre la temperatura interna del horno y la del ambiente que rodea el mismo, para encontrar patrones que indiquen alguna variación en la medida del mismo. Mediante datos históricos se evidenció que el sistema no varió o por lo menos su variación ronda los +/- 5C lo cual está dentro de la tolerancia establecida por la empresa para tener la mejor calidad de la soldura. Por lo tanto, no se realizó un análisis más profundo al respecto.

Figura 14: Diagrama general del proceso del sistema



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V:

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCIÓN

El diseño y desarrollo del sistema de monitoreo para el horno se logró establecer a través de un proceso de construcción, que incluyó la definición de varios pasos los cuales son:

5.1.1 Hardware

El proceso de construcción involucró diferentes dispositivos como:

- Fuente
- Chasis
- Pantalla táctil
- Sensores MAX
- GSM
- Termocupla
- RTC
- PCB Impreso

5.1.1.1 Escoger y diseñar el sensor

Se realizó un análisis de sensores, ya que el sistema va a estar expuesto a altas temperaturas, por lo que se descartan sensores de materiales que tengan recubrimientos los cuales no soporten altas temperaturas. Al realizar este análisis se redujo la variedad de sensores que se adapten al proyecto.

Entre los sensores para alta temperatura más comunes del mercado están las termocuplas, por lo que se decidió utilizar este tipo de censado, debido a que se deben realizar las mediciones internamente en el horno y tomando en cuenta que posee una banda transportadora. Por lo tanto, se necesitó diseñar una termocupla personalizada para adaptarla correctamente y de manera que la lectura sea lo más fiable, esta se puede observar en la siguiente figura. Además, no interferirá con el proceso actual y las labores de mantenimiento del horno.

Figura 15: Diseño de termocupla personalizada

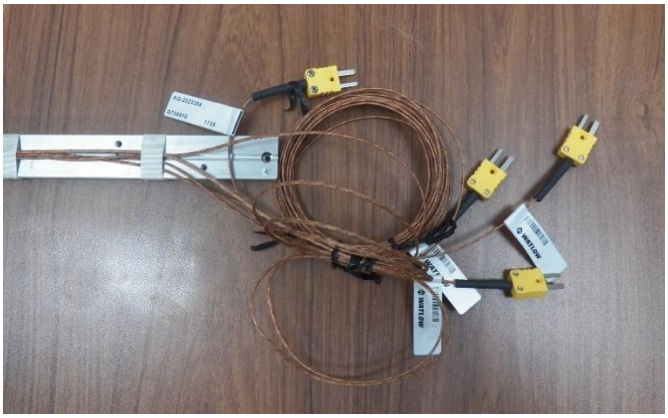
Fuente: Elaboración propia.

Por las complicaciones que implicaría, no solo el montaje sino el mantenimiento del horno en general al tener que desmontar cada una de las termocuplas, se ideó un panel a cada lado de la banda transportadora. Este contiene 4 termocuplas unidas a una barra de aluminio, esto permite un montaje y desmontaje más sencillo.

Figura 16: Barra con termocuplas

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Cableado del panel de termocuplas



Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Caja protectora o chasis

Se pensó en la cantidad de calor a la que estaría expuesto el sistema al estar cerca del horno y sustancias como el flux (líquido utilizado para hacer fluir la soldadura de manera uniforme por un material conductor), por lo que se utilizó una caja resistente al aceite o líquido refrigerante y salpicaduras de agua. Además, al llevar una pantalla táctil, también se pensó en que la superficie tenga cierta inclinación para la persona que opera el horno.

Figura 18: Chasis

Fuente: Elaboración propia.

Mencionado anteriormente, el sistema utilizará 1 termocuplas por zona, en total 8 termocuplas, por lo que se facilitó un panel para conectar y desconectar de manera mucho más sencilla. Esto evitará tener un montaje fijo, por lo que, si fuera necesario movilizar el sistema o el horno, este se puede mover con mucha mayor facilidad.

Figura 19: Conector tipo K hembra STD

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior se observa el panel con entradas de hasta 12 termocuplas, de las cuales solo se van a utilizar 8.

5.1.1.3 Determinar el microcontrolador

Los microcontroladores actuales más conocidos son el Arduino y el Raspberry Pi, en comparación con el sistema PLC estos disminuyen considerablemente su costo. Cabe destacar que el Raspberry Pi entra más en la categoría de miniordenador. A continuación, se presenta una tabla de comparación de los mismos, para analizar cual se adapta mejor al contexto del proyecto.

Figura 20: Tabla de comparación de microcontroladores más comunes

Microcontrolador	Arduino	Raspberry Pi
Entradas/Salidas digitales	Si	Si
Entradas/Salidas Análogas	Si	No
Capacidad para interfaz gráfica.	No	Si
Conectividad	Serial (expansión de wifi, bluetooth y ethernet por medio de una placa externa “Shield”)	Wifi, Bluetooth, Ethernet, Serial (Incorporados)
Voltaje de trabajo de Entradas y Salidas	5V	3,3V

Fuente: Elaboración propia.

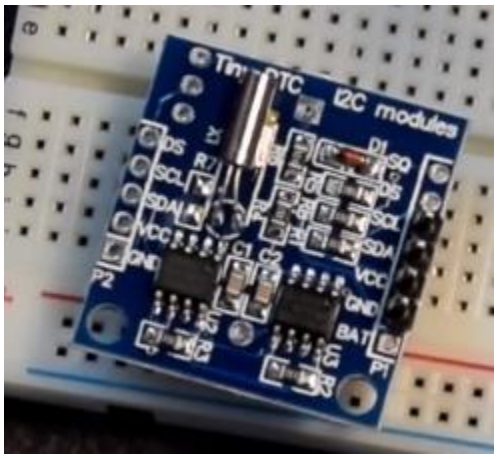
Según los datos de la tabla y lo comentado anteriormente sobre el proyecto, se escogió Raspberry Pi 3 ya que se pensó en una interfaz gráfica. Además, el proyecto tiene la intensión de la conectividad en red para visualizar datos sin tener que está cerca del dispositivo.

5.1.1.4 Módulos para el microprocesador Raspberry Pi

Los módulos son adaptaciones extra al sistema principal, como el Raspberry Pi, con estos se adquieren funciones las cuales son necesarias para el proyecto, pero imposible de realizarlas solamente el microprocesador.

El Raspberry Pi no tiene la capacidad de almacenar energía como para mantener el reloj interno funcionando hasta volverse a energizar, por lo que se utilizó un módulo RTC (*real time clock*) o reloj en tiempo real. Con este módulo el sistema siempre tendrá la hora correcta, aún después de haber apagado el sistema. Esto es importante en el momento de plasmar la hora en el registro a lo largo del tiempo.

Figura 21: Módulo ds1307



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior se observa el módulo ds1307 ya mencionado, cumple la función de reloj. A continuación, se presenta el módulo Max31850 el cual convierte los valores leído por la termocupla a un tren de datos llamado 1-Wire.

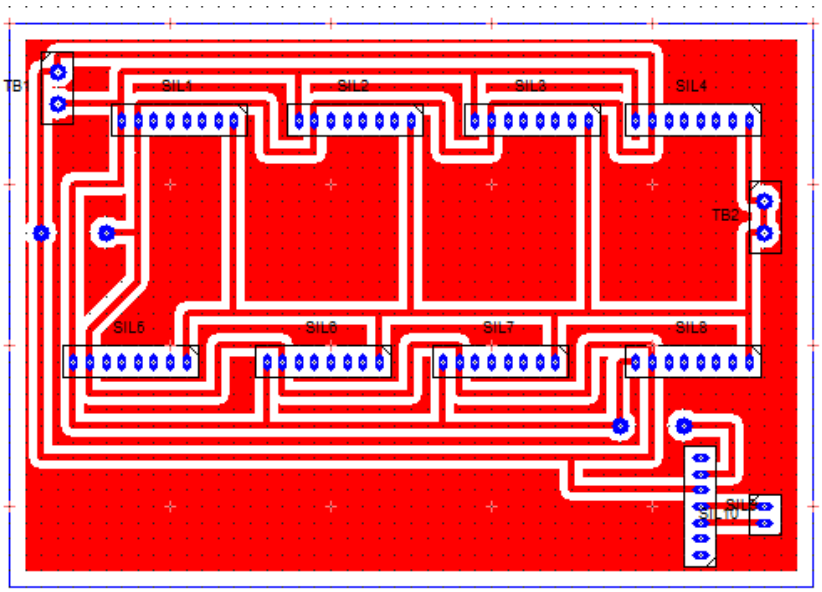
Figura 22: Sensor Max31850

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior se observa la forma que posee el sensor, el cual convierte los milivoltios leído de la termocupla y los envía por medio de un tren de datos en la salida llamada DATA.

Para facilidad en el momento de ensamblaje de la caja y asegurar la conexión de los componentes, se realizó un impreso que contiene unidos los 8 amplificadores de termocuplas (MAX31850) y el módulo ds1307.

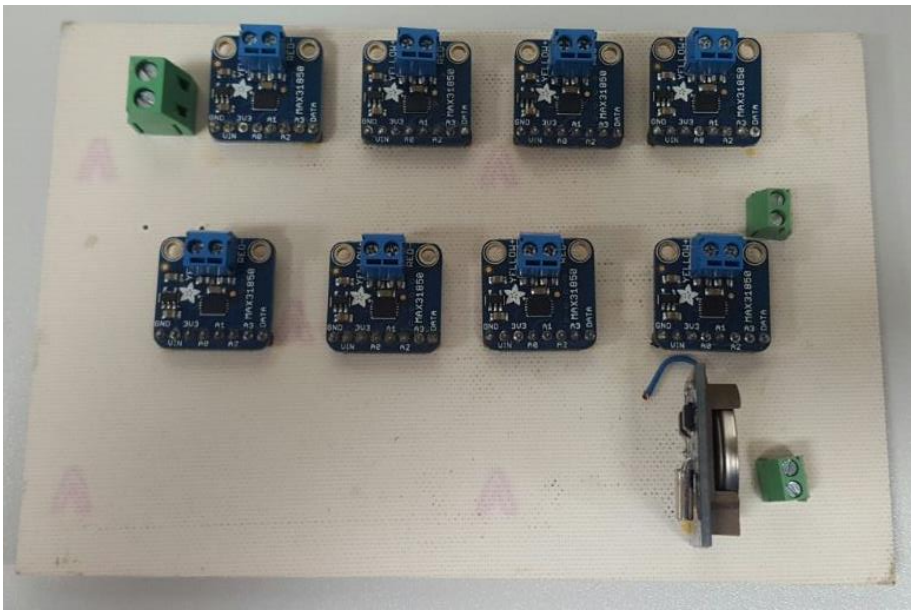
Figura 23: Diseño del circuito impreso



Fuente: Elaboración propia.

Una vez hecho el diseño se imprimió en una placa de cobre y se procedió a soldar los componentes a esta, se dejaron los sensores en la misma dirección, para no tener problemas en la conexión con el panel de las termocuplas.

Figura 24: Placa impresa del sistema



Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.5 Análisis de las conexiones

El sistema necesita conectarse a la toma de energía AC (Corriente Alterna), para energizar el sistema completo. Según se explica en el punto 2.1.9 del marco teórico, es necesaria la etapa de conversión de AC (Corriente alterna) a DC (Corriente directa) para el correcto funcionamiento de los dispositivos.

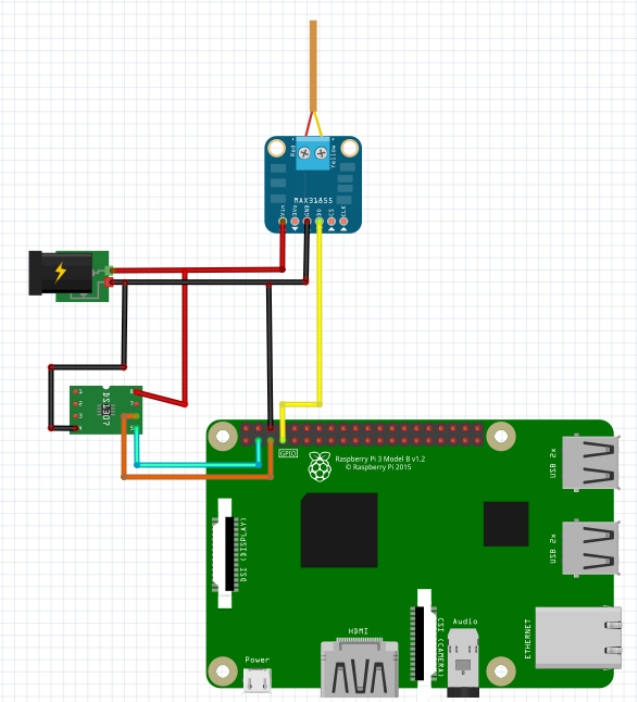
Ya que los componentes mencionados trabajan con un voltaje de entrada entre 4.6V y 5.4V en corriente directa, se requirió una fuente que proporciona 5 Voltios a 6 Amperios suficiente para suplir la energía de todos los componentes.

Figura 25: Fuente de Voltaje 5V

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un diagrama de la conexión de cómo se conectó la fuente de poder al sistema y a cada dispositivo.

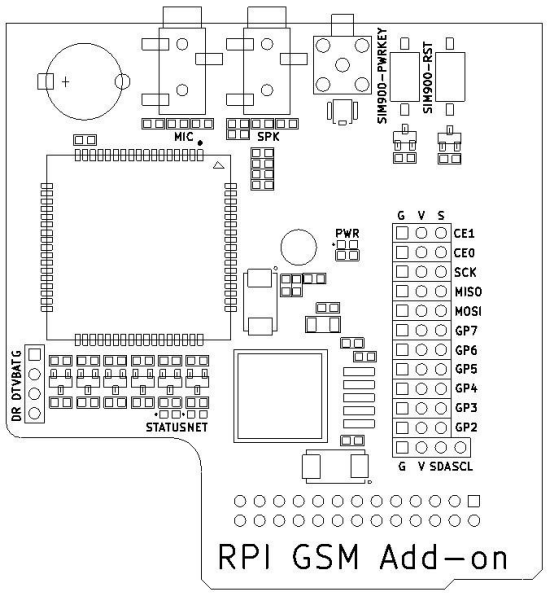
Figura 26: Cableado de los sensores al Raspberry Pi



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior se observa la conexión del sensor Max31855, en el cual se aprecia un solo cable de salida (DO, Data Out), este cable utiliza el protocolo 1-Wire conectado al pin 4 del Raspberry Pi, el cual puede ser destinado para este protocolo.

Figura 27: Módulo GSM



Fuente: Elaboración propia.

El módulo GSM el cual será usado para envío de mensajes para notificar los eventos de la aplicación, es un módulo el cual se conecta sobre la Raspberry Pi, de modo que no es necesario realizar un impreso o soporte para mantenerlo firme.

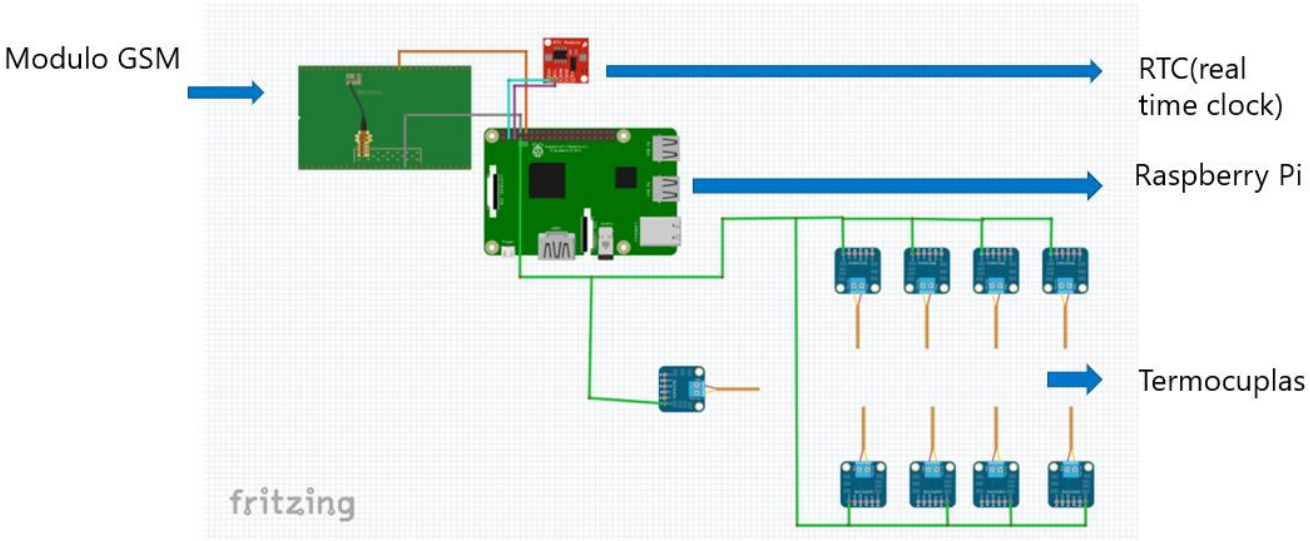
Figura 28: Pantalla táctil, Raspberry Pi y Módulo GSM

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.6 Conexión entre los dispositivos

La conexión de los dispositivos es bastante sencilla tomando en cuenta que los módulos Max31850 utilizan el protocolo 1-Wire mencionado anteriormente con solo un cable de datos para *n* cantidad de dispositivos. El módulo GSM está diseñado especialmente para montar encima del microprocesador Raspberry Pi, por lo que no hay mayor dificultad. El reloj para llevar la hora exacta del sistema utiliza 4 cables de los cuales 2 son de alimentación y los otros 2 son de I2C (SDA y SCL). A continuación, se presenta un diagrama resumido de las conexiones del sistema en general.

Figura 29: Conexión entre los sensores



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Software

5.1.2.1 Configuración del sensor MAX31850

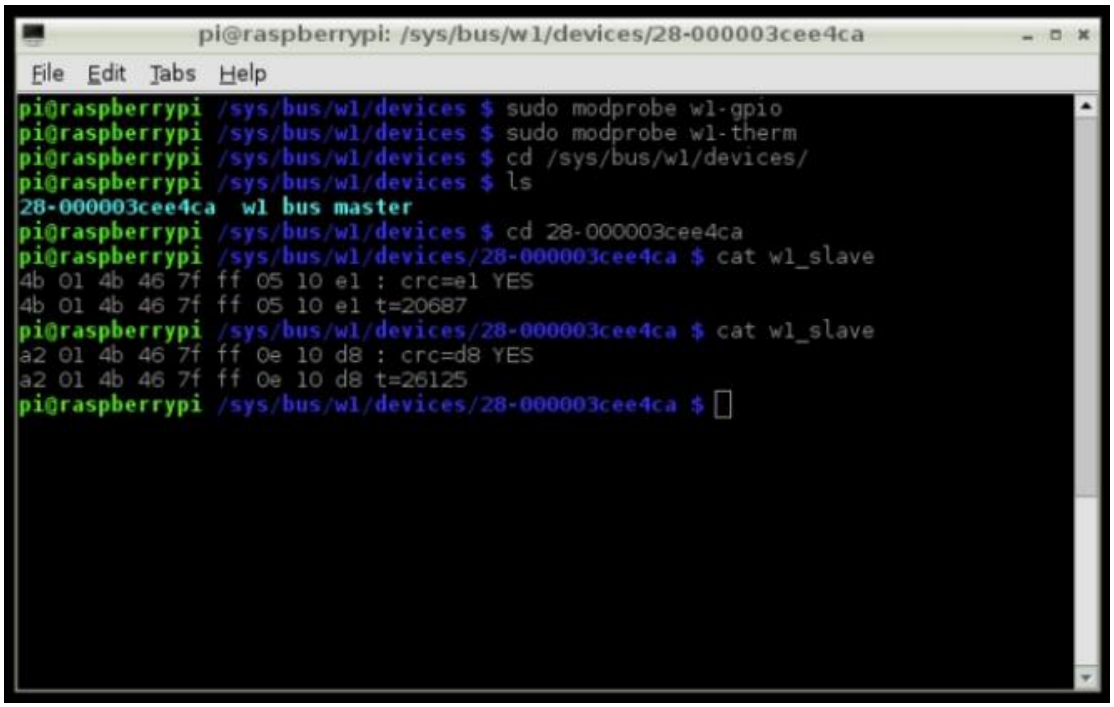
El sensor Max31850 es muy similar al sensor DS18B20 el mismo que cuenta con un terminal llamado Data, este utiliza el mismo protocolo 1-wire por lo que su configuración es exactamente la misma.

Hay que editar un archivo llamado *config.txt*, ubicado en la dirección /boot/config.txt el cual se edita desde la consola. Pero primero se digitan los comandos para activar el protocolo 1-wire:

- sudo modprobe w1-gpio
- sudo modprobe w1-therm

Luego se busca la siguiente dirección /sys/bus/w1/devices/, utilizando el comando cd de la consola, esto permite acceder al directorio de dispositivos detectados. Cada uno de estos sensores cuenta con una dirección única que guarda un archivo de texto con la temperatura. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo en consola donde se lee la temperatura con el comando cat.

Figura 30: Configuración del sensor MAX31850



Fuente: Elaboración propia.

Con esto se organizó cada termocupla por su respectiva dirección para tener certeza de cual zona del horno se está midiendo.

Luego, se utilizó el siguiente código para extraer la temperatura del sensor al programa principal.

Figura 31: Código para leer la temperatura

```
import os
import glob
import time

os.system('modprobe w1-gpio')
os.system('modprobe w1-therm')

dir_OWire = '/sys/bus/w1/devices/'
dir_disp = glob.glob(dir_OWire + '28*')[0]
archivo = dir_disp + '/w1_slave'

def read_lines():
    f = open(archivo,'r')
    lines = f.readlines()
    f.close()
    return lines

def read_temp():
    lines = read_lines()
    while lines[0].strip()[-3:] != 'YES':
        time.sleep(0.2)
        lines = read_lines()
    temp_data = lines[1].find('t=')
    if temp_data != -1:
        String_temp = lines[1][temp_data+2:]
        Ctemp = float(String_temp) / 1000.0
        return Ctemp
```

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.2 Configuración del reloj

Para que este sensor funcionara correctamente y actualizara el sistema con la fecha y hora real, se necesitó instalar las herramientas del i2c utilizando el comando:

- sudo apt-get install python-smbus i2c-tools

A continuación, el comando para detectar dispositivos conectados al protocolo i2c y encontrar si el sensor está bien cableado.

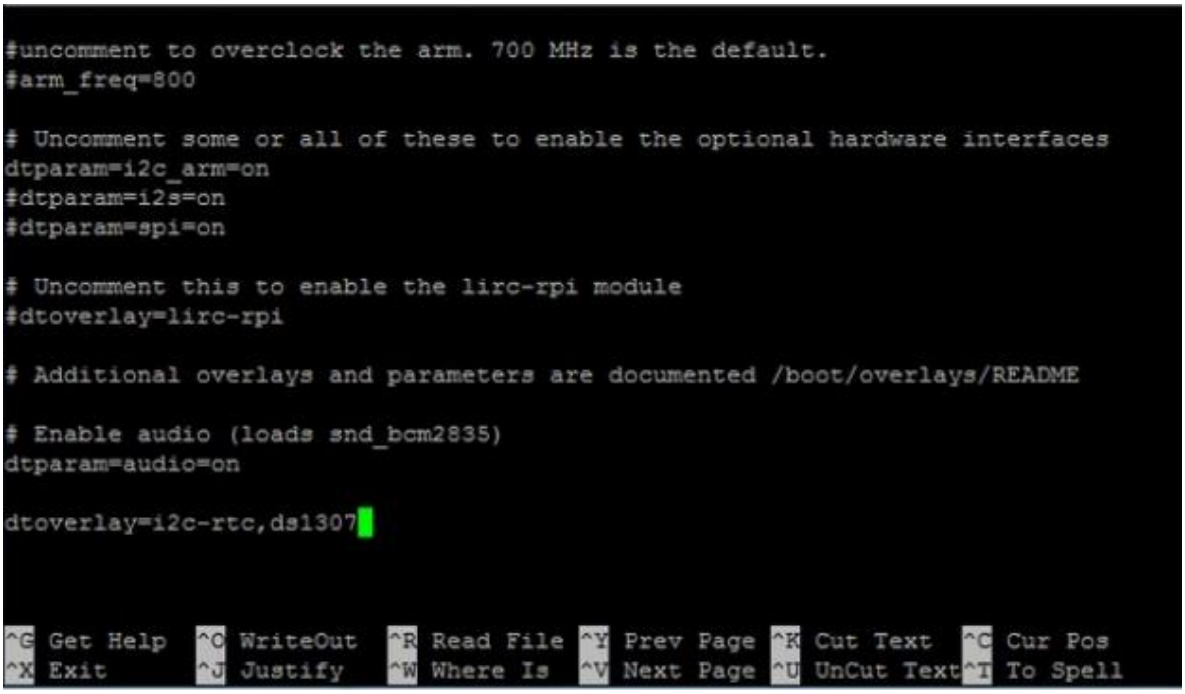
- sudo i2cdetect -y 1

Una vez detectado el dispositivo se agrega una línea de código a un archivo de configuración de la siguiente forma:

- sudo nano /boot/config.txt

Una vez en el archivo se agrega dtoverlay=i2c-rtcd, s1307

Figura 32: Configuración del archivo config.txt



Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado este paso, se vuelve a consultar la lista de dispositivos y el sensor debería aparecer con las siglas UU.

Figura 33: Detección i2c una vez configurado el dispositivo

Fuente: Elaboración propia.

Con esto queda configurado el reloj del sistema y se asegura que tiene la hora correcta aún después de un apagado prolongado del sistema.

5.1.2.3 Configuración módulo GSM

La configuración de este módulo se hizo por medio de comandos AT, estos son comandos enviados por serial al dispositivo GSM. Para esto se necesitó apagar la comunicación serial que ya viene por defecto en el Raspberry Pi, posteriormente se utilizó un programa llamado minicom para enviar y recibir datos por serial en tiempo real, para configurar el módulo GSM con el siguiente comando:

- minicom -b 9600 -o -D /dev/ttyAMA0

Primero se digita AT+CMGF=1\r para activar el modo texto, para luego utilizar el comando AT+CMGS="+506********"\r donde se ingresa el número al que se desea enviar un mensaje, posteriormente se escribe el mensaje y se utiliza la combinación de teclas ctrl+z y el sistema enviará un mensaje de texto, una vez

hecho esto, se tiene configurado el módulo GSM por lo que se procede a crear las funciones en el código para enviar mensajes cuando se desee.

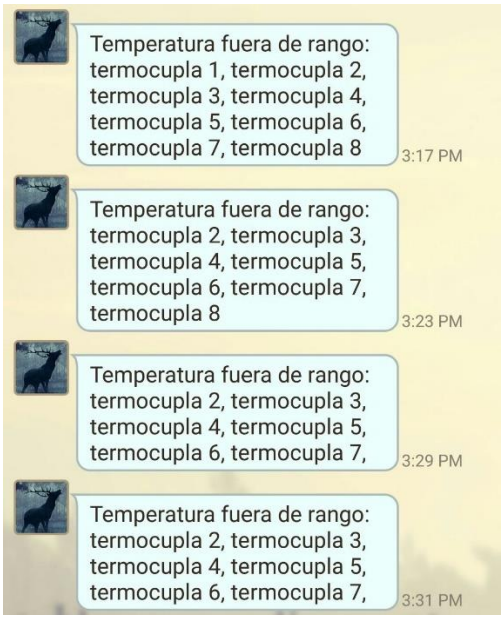
Figura 34: Código de la función para envío de mensajes

```
def enviarmsg():
        port.write('AT+CMGS="+506********"\r')
        time.sleep(1)
        port.write("Temperatura fuera de rango: " + _termoOUT  + chr(26))
        time.sleep(6)
```

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron unas pruebas aparte, para verificar el funcionamiento del sistema de envío de mensajes, a continuación, unas capturas de pantalla lo cual se verá en el teléfono móvil cuando la temperatura está fuera de rango.

Figura 35: Prueba realizada del envío de mensajes



Fuente: Elaboración propia.

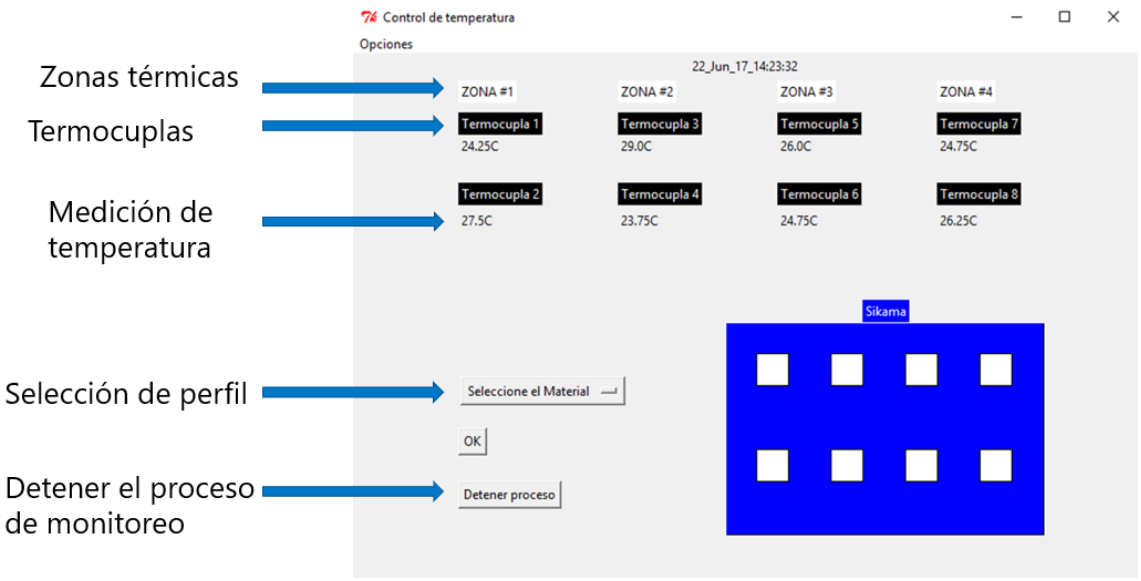
5.1.2.4 Interfaz gráfica

Las interfaces gráficas son muy usadas actualmente, desde que apareció la nueva era de las pantallas táctiles, la principal intención de esta es mejorar el aspecto y minimizar recursos como, por ejemplo, una botonera, exceso de cables y muchas otras.

Hay muchas variedades de interfaces gráficas, pero en esta ocasión se utilizó Tkinter que viene incorporada en el lenguaje de programación Python, ya que el microprocesador Raspberry Pi es basado en Linux y su lenguaje es el mencionado.

Este proyecto consta principalmente del monitoreo de las variables de temperatura, por lo que se crearon etiquetas para mostrar en pantalla cada una de las mediciones de las zonas del horno. Asimismo, indica en que parte se están realizando las mediciones. En la siguiente imagen se da un ejemplo de la visualización principal de la aplicación.

Figura 36: Pantalla principal de la aplicación gráfica

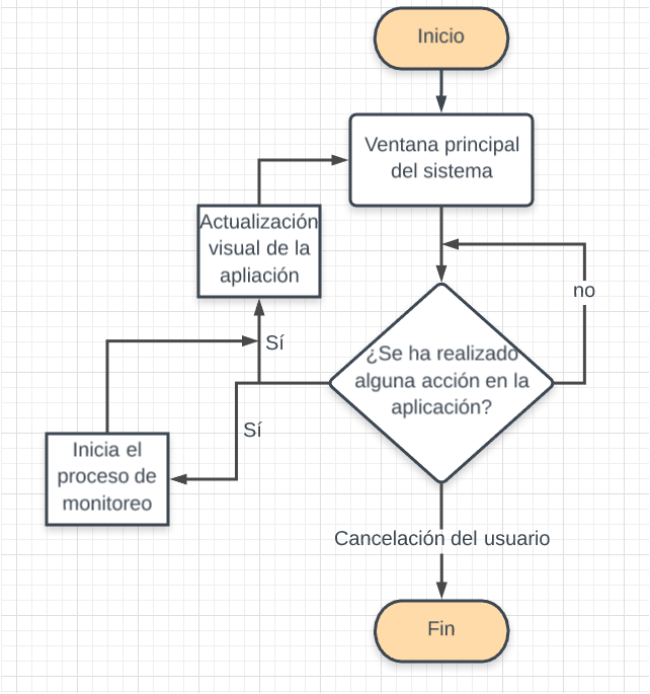


Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la imagen anterior, se presenta la pantalla principal con sus funciones, visualización de las termocuplas por zonas, representación del horno Sikama.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que representa cómo se comporta el programa en la pantalla principal.

Figura 37: Diagrama de flujo de la pantalla principal



Fuente: Elaboración propia.

El tamaño y la pantalla principal fue creada de la siguiente forma:

Figura 38: Código para crear la ventana principal del sistema

```
win = Tk()
pad = 3
win.geometry("{0}x{1}+0+0".format(
        win.winfo_screenwidth()-pad, win.winfo_screenheight()-pad))
win.title('Control de temperatura')
```

Fuente: Elaboración propia.

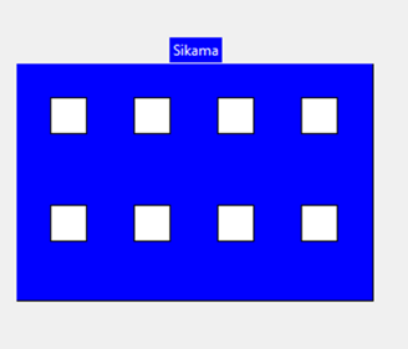
El dibujo de muestra del horno sikama, fue presentado por medio de figuras llamadas canvas, establecidas de la siguiente manera:

Figura 39: Código para la creación del horno en la aplicación

```
canvas = Canvas(win)
canvas.place(x=350,y=250)
fondo = canvas.create_rectangle(0,0,300,200,fill="blue")
textosikama = Label (win,text="Sikama",fg='white',bg='blue').place(x=480,y=230)
canvas1 = canvas.create_rectangle(30,30,60,60,fill="white")
canvas2 = canvas.create_rectangle(30,120,60,150,fill="white")
canvas3 = canvas.create_rectangle(100,30,130,60,fill="white")
canvas4 = canvas.create_rectangle(100,120,130,150,fill="white")
canvas5 = canvas.create_rectangle(170,30,200,60,fill="white")
canvas6 = canvas.create_rectangle(170,120,200,150,fill="white")
canvas7 = canvas.create_rectangle(240,30,270,60,fill="white")
canvas8 = canvas.create_rectangle(240,120,270,150,fill="white")
```

Fuente: Elaboración propia.

Figura 40: Representación del dibujo del horno Sikama



Fuente: Elaboración propia

Los cuadros blancos hacen referencia al estado de las termocuplas, se establecen en blanco cuando está desactivado, verde cuando la temperatura está en el rango correcto y rojo cuando se sale del rango.

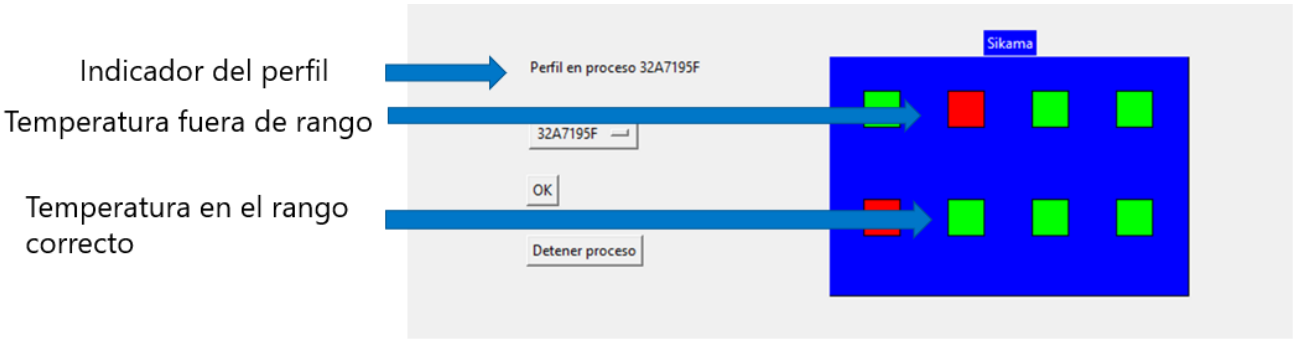
Figura 41: Código para la comparación de la temperatura con el perfil establecido

```
def perfil1(z,x,y,v,w,u,q,p):
    if (z <= 265 or z >= 285):#275
        canvas.itemconfig(canvas1,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas1,fill='green')
    if (x < 265 or x > 285):#275
        canvas.itemconfig(canvas2,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas2,fill='green')
    if (y < 290 or y > 310):#300
        canvas.itemconfig(canvas3,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas3,fill='green')
    if (v < 255 or v > 275):#265
        canvas.itemconfig(canvas4,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas4,fill='green')
    if (w < 290 or w > 310):#300
        canvas.itemconfig(canvas5,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas5,fill='green')
    if (u < 255 or u > 275):#265
        canvas.itemconfig(canvas6,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas6,fill='green')
    if (q < 155 or q > 175):#165
        canvas.itemconfig(canvas7,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas7,fill='green')
    if (p < 155 or p > 175):#165
        canvas.itemconfig(canvas8,fill='red')
    else:
        canvas.itemconfig(canvas8,fill='green')
```

Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior se observa la comparación con los rangos de temperatura para el perfil #1 y el comando para cambiar el color si la termocupla está en el rango correcto o no.

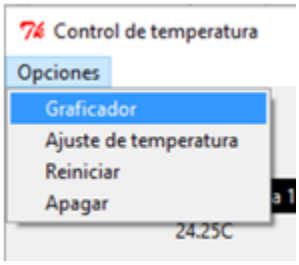
Figura 42: Indicador del estado de la termocupla



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se agregó un menú el cual contendrá opciones como un graficador de las temperaturas, ajuste de las temperaturas y apagar o reiniciar el sistema.

Figura 43: Menú de opciones



Fuente: Elaboración propia.

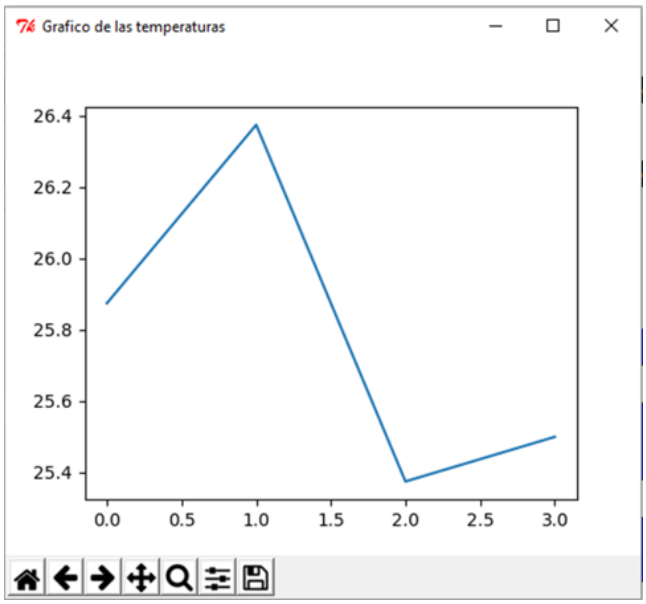
Figura 44: Código para generar el menú

```
#Barra de menu
menubar = Menu(win)
opcionmenu = Menu(menubar,tearoff=0)
opcionmenu.add_command(label="Graficador",command=generar_grafica)
opcionmenu.add_command(label="Ajuste de temperatura",command=offset)
opcionmenu.add_command(label="Reiniciar",command=reiniciar)
opcionmenu.add_command(label="Apagar",command=apagar)
menubar.add_cascade(label="Opciones",menu=opcionmenu)
```

Fuente: Elaboración propia.

El graficador genera una curva desde las zonas donde ingresa el producto inicial, hasta donde sale ya soldado. Similar a la figura 11.

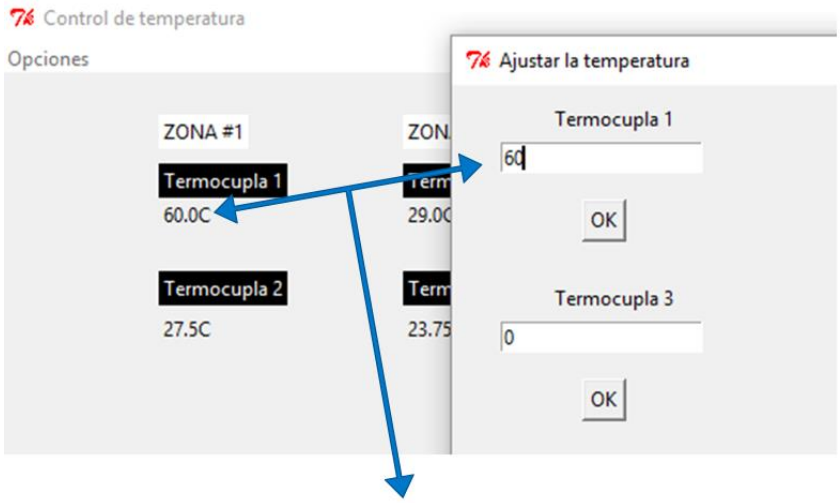
Figura 45: Graficador de las temperaturas



Fuente: Elaboración propia.

En la parte de ajuste de temperatura se realizó para realizar correcciones digitales del sistema, ya que la calibración en la empresa EMC Tecnología es muy importante, con esto se garantiza la calidad del producto y este sistema debe respetar la misma norma.

Figura 46: Ajuste digital de las temperaturas

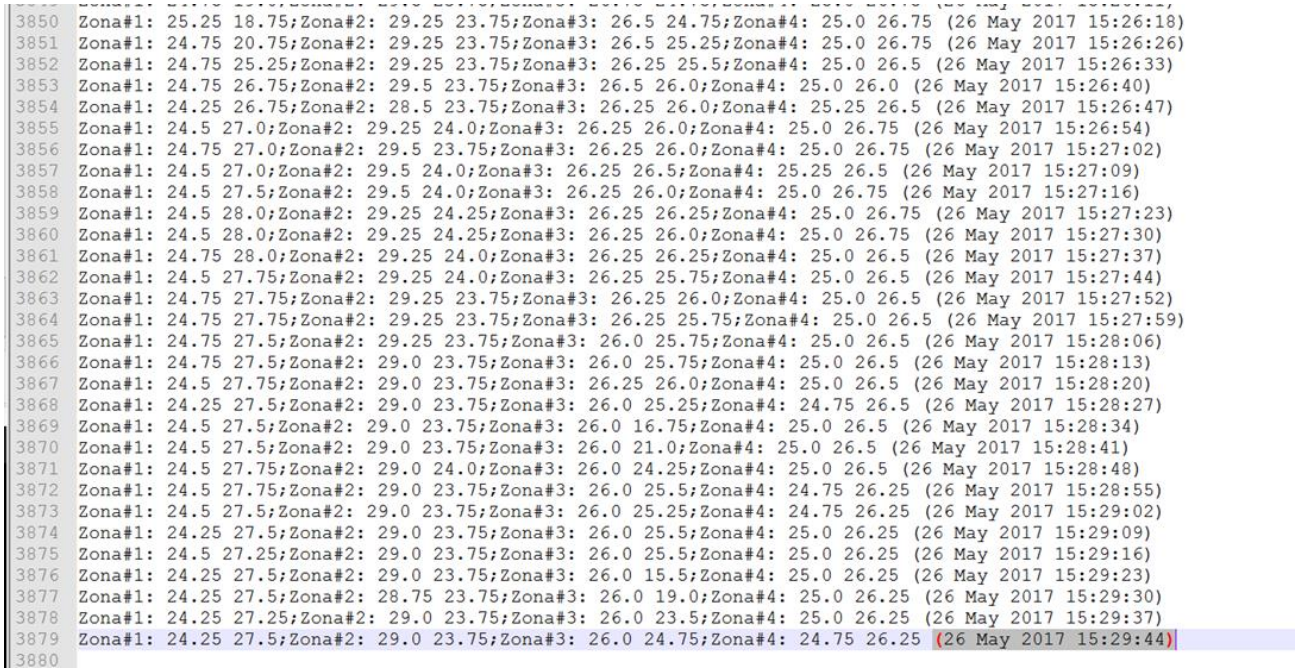


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, solamente es necesario ingresar la temperatura actual (obtenida de los dispositivos calibradores) y el sistema se encarga de realizar el ajuste automáticamente.

Además, esta aplicación permite tener un registro de las temperaturas a lo largo del día y de cada orden, con esto se puede ver el comportamiento del sistema en el tiempo y se podría predecir una futura falla del mismo.

Figura 47: Registro de las temperaturas en un archivo de texto



```
3850 Zona#1: 25.25 18.75;Zona#2: 29.25 23.75;Zona#3: 26.5 24.75;Zona#4: 25.0 26.75 (26 May 2017 15:26:18)
3851 Zona#1: 24.75 20.75;Zona#2: 29.25 23.75;Zona#3: 26.5 25.25;Zona#4: 25.0 26.75 (26 May 2017 15:26:26)
3852 Zona#1: 24.75 25.25;Zona#2: 29.25 23.75;Zona#3: 26.25 25.5;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:26:33)
3853 Zona#1: 24.75 26.75;Zona#2: 29.5 23.75;Zona#3: 26.5 26.0;Zona#4: 25.0 26.0 (26 May 2017 15:26:40)
3854 Zona#1: 24.25 26.75;Zona#2: 28.5 23.75;Zona#3: 26.25 26.0;Zona#4: 25.25 26.5 (26 May 2017 15:26:47)
3855 Zona#1: 24.5 27.0;Zona#2: 29.25 24.0;Zona#3: 26.25 26.0;Zona#4: 25.0 26.75 (26 May 2017 15:26:54)
3856 Zona#1: 24.75 27.0;Zona#2: 29.5 23.75;Zona#3: 26.25 26.0;Zona#4: 25.0 26.75 (26 May 2017 15:27:02)
3857 Zona#1: 24.5 27.0;Zona#2: 29.5 24.0;Zona#3: 26.25 26.5;Zona#4: 25.25 26.5 (26 May 2017 15:27:09)
3858 Zona#1: 24.5 27.5;Zona#2: 29.5 24.0;Zona#3: 26.25 26.0;Zona#4: 25.0 26.75 (26 May 2017 15:27:16)
3859 Zona#1: 24.5 28.0;Zona#2: 29.25 24.25;Zona#3: 26.25 26.25;Zona#4: 25.0 26.75 (26 May 2017 15:27:23)
3860 Zona#1: 24.5 28.0;Zona#2: 29.25 24.25;Zona#3: 26.25 26.0;Zona#4: 25.0 26.75 (26 May 2017 15:27:30)
3861 Zona#1: 24.75 28.0;Zona#2: 29.25 24.0;Zona#3: 26.25 26.25;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:27:37)
3862 Zona#1: 24.5 27.75;Zona#2: 29.25 24.0;Zona#3: 26.25 25.75;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:27:44)
3863 Zona#1: 24.75 27.75;Zona#2: 29.25 23.75;Zona#3: 26.25 26.0;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:27:52)
3864 Zona#1: 24.75 27.75;Zona#2: 29.25 23.75;Zona#3: 26.25 25.75;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:27:59)
3865 Zona#1: 24.75 27.5;Zona#2: 29.25 23.75;Zona#3: 26.0 25.75;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:28:06)
3866 Zona#1: 24.75 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 25.75;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:28:13)
3867 Zona#1: 24.5 27.75;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.25 26.0;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:28:20)
3868 Zona#1: 24.25 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 25.25;Zona#4: 24.75 26.5 (26 May 2017 15:28:27)
3869 Zona#1: 24.5 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 16.75;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:28:34)
3870 Zona#1: 24.5 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 21.0;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:28:41)
3871 Zona#1: 24.5 27.75;Zona#2: 29.0 24.0;Zona#3: 26.0 24.25;Zona#4: 25.0 26.5 (26 May 2017 15:28:48)
3872 Zona#1: 24.5 27.75;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 25.5;Zona#4: 24.75 26.25 (26 May 2017 15:28:55)
3873 Zona#1: 24.5 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 25.25;Zona#4: 24.75 26.25 (26 May 2017 15:29:02)
3874 Zona#1: 24.25 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 25.5;Zona#4: 25.0 26.25 (26 May 2017 15:29:09)
3875 Zona#1: 24.5 27.25;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 25.5;Zona#4: 25.0 26.25 (26 May 2017 15:29:16)
3876 Zona#1: 24.25 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 15.5;Zona#4: 25.0 26.25 (26 May 2017 15:29:23)
3877 Zona#1: 24.25 27.5;Zona#2: 28.75 23.75;Zona#3: 26.0 19.0;Zona#4: 25.0 26.25 (26 May 2017 15:29:30)
3878 Zona#1: 24.25 27.25;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 23.5;Zona#4: 25.0 26.25 (26 May 2017 15:29:37)
3879 Zona#1: 24.25 27.5;Zona#2: 29.0 23.75;Zona#3: 26.0 24.75;Zona#4: 24.75 26.25 (26 May 2017 15:29:44)
3880
```

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Costos de implementación

En la siguiente tabla, se muestran los costos de los materiales utilizados para la realización del proyecto, así como también la cantidad de materiales requerida.

Figura 48: Costos de implementación

Componentes	Precio por unidad	Cantidad	Costo Total
Raspberry Pi 3	$ 54,95	1	$ 54,95
Max31850	$ 17,95	9	$ 161,55
Termocuplas personalizadas	$ 66,95	9	$ 602,55
Cajón	$ 146,61	1	$ 146,61
Módulo GSM	$ 59,95	1	$ 59,95
Ds1307	$ 9,95	1	$ 9,95
Pantalla táctil	$ 89,95	1	$ 89,95
Fuente de 5V	$ 12,95	1	$ 12,95

Panel de termocuplas	$ 110,00	1	$ 110,00
Otros materiales	$ 53,20	1	$ 53,20
Mano de obra (Programación)	$ 43,00	120	$ 5.160,00
Mano de obra (Ensamble)	$ 43,00	40	$ 1.720,00
Total			$ 8.181,66

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.1 Evaluación de costos y beneficios

En esta etapa se analizaron varios aspectos, tomando en cuenta que este sistema no está definido para su venta comercial sino para solventar un problema en la misma empresa. Además, cierta información esencial para el análisis de esta etapa está prohibida por la empresa, por lo que se realizó con ciertas aproximaciones, las cuales se han dado a lo largo del tiempo.

Según Bryan Barrientos, supervisor de Calidad del área del Solder, el horno falla aproximadamente 5 % de la producción cuando se genera una inestabilidad en la temperatura. Debido a esto, se evidencia la importancia de monitorear dicha temperatura y detectar cualquier inestabilidad del sistema que pueda afectar la orden.

Los mayores problemas monetarios que provoca esto se presentan cuando el proceso se detiene debido a que se dañó alguna parte física que impida su funcionamiento o cuando se generan retrabajos. Los retrabajos se realizan para corregir problemas generados por soldadura que no fluyó. En estos retrabajos se requiere material nuevamente, limpieza de residuos de soldadura y flux, así como tiempo de operador que se traduce en dinero. La empresa EMC Tecnología no se refiere a esta información, ya que la maneja de forma confidencia con la parte de

contabilidad, pero según indica Roger Estrada, ingeniero del área de Solder, el costo aproximado de un retrabajo es del 40 % del valor de la pieza.

Figura 496: Datos de los últimos meses de producción del Sikama

799		52	dic	2017	dic2017	December 26, 2017	588	606	Sikama	Sikama	Q1	1
800		52	dic	2017	dic2017	December 26, 2017	588	-	Sikama	Sikama	Q5	7
801		52	dic	2017	dic2017	December 26, 2017	760	872	Sikama	Sikama	Q5	2
802		52	dic	2017	dic2017	December 27, 2017	760	494	Sikama	Sikama	Q5	4
803		52	dic	2017	dic2017	December 27, 2017	588	386	Sikama	Sikama	Q4	13
804		52	dic	2017	dic2017	December 27, 2017	588	-	Sikama	Sikama	Q5	22
824		1	ene	2018	ene2018	January 3, 2018	588	485	Sikama	Sikama	Q2	5
825		1	ene	2018	ene2018	January 3, 2018	588	-	Sikama	Sikama	Q5	8
826		1	ene	2018	ene2018	January 3, 2018	588	-	Sikama	Sikama	Q9	5
827		1	ene	2018	ene2018	January 3, 2018	91000827	1716	Sikama	Sikama		0
883		3	ene	2018	ene2018	January 16, 2018	91000090	452	Sikama	Sikama	Q5	15
887		3	ene	2018	ene2018	January 17, 2018	91000090	482	Sikama	Sikama	Q1	2
888		3	ene	2018	ene2018	January 17, 2018	91000090	-	Sikama	Sikama	Q2	3
889		3	ene	2018	ene2018	January 17, 2018	91000090	-	Sikama	Sikama	Q5	52
894		3	ene	2018	ene2018	January 18, 2018	91000090	475	Sikama	Sikama	Q2	2
895		3	ene	2018	ene2018	January 18, 2018	91000090	-	Sikama	Sikama	Q3	2
896		3	ene	2018	ene2018	January 18, 2018	91000090	-	Sikama	Sikama	Q5	13
910		4	ene	2018	ene2018	January 22, 2018	91000824	363	Sikama	Sikama	Q4	6
911		4	ene	2018	ene2018	January 22, 2018	91000824	418	Sikama	Sikama	Q1	12
912		4	ene	2018	ene2018	January 23, 2018	91000824	124	Sikama	Sikama	Q1	10
913		4	ene	2018	ene2018	January 23, 2018	91000824	780	Sikama	Sikama	Q4	5
914		4	ene	2018	ene2018	January 23, 2018	91000824	-	Sikama	Sikama	Q2	2
953												
954							Total producido	9882			Total de fallo	533
955												
956												
957									% Fallo	5%		

Fuente: EMC Tecnología.

Según estos datos se realizó una tabla de comparación con datos aproximados del costo del chip unitario, tomando en cuenta todos los costos eléctricos, del operador, cantidad de orden y el porcentaje de fallo.

Figura 47: Tabla de cálculo de precio en un día

Chip	precio unitario	Cantidad total	Precio de la orden
32A1001F	$ 20	503	$ 10.060
31A1074505F	$ 15	205	$ 3.075
31-7006-195-5	$ 11	1100	$ 12.100
Total			$ 25.235

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 49, el porcentaje de fallo es de aproximadamente del 5 % por lo que se realizó una tabla mostrando aproximadamente

Figura 48: Tabla precios con 5 % de fallos

Chip	precio unitario	Cantidad total	Cantidad 5 %	Precio
32A1001F	$ 20	503	25,15	$ 503
31A1074505F	$ 15	205	10,25	$ 154
31-7006-195-5	$ 11	1100	55	$ 605
Total				$ 1.262

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior evidencia una pérdida de $3133 la cual es bastante significativa si se toma en cuenta solamente un día de producción, por lo que se realizó una tabla para medir aproximadamente cuanto se genera en pérdidas a lo largo del tiempo.

Figura 49: Tabla Comparación de pérdidas en el tiempo

Precio perdidas	5 días	1 mes	1 año
$ 1.262	$ 6.309	$ 25.235	$ 302.820

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos son un aproximado, ya que los números que se procesan al día pueden ser más de 3, por lo que la cifra aumentaría considerablemente.

El sistema implementado reduce en un 48 % el fallo generado, por lo que se realizó una tabla en la cual se observe el tiempo de retorno de la inversión del proyecto.

Figura 50: Tabla de ahorro con el sistema implementado

Pérdidas diarias	Reducción del 48 %	5 días	1 mes	1 año	Ahorro en 1 año
$ 1.262	$ 656	$ 3.281	$ 13.122	$ 157.466	$ 145.354

Fuente: Elaboración propia.

Según lo anterior, se nota claramente lo útil del proyecto, además, el retorno de la inversión en temporada alta podría llegar a ser de apenas 2 semanas y en temporada baja de un tiempo de 1 mes y 2 semanas.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

A continuación, se cubren aspectos dados por el diseño, implementación y pruebas del dispositivo.

El sistema implementado ha sido bien aceptado por el personal encargado del horno, ha funcionado bastante bien, pero requiere ciertas mejoras.

Se tomaron más de 4 meses en los que se asistió de forma continua a la empresa, para completar la práctica universitaria y para cumplir el objetivo de conocer y entender el proceso que se realiza en el área de Solder.

Se utilizó el microprocesador Raspberry Pi, en lugar de un microcontrolador, ya que este ofrece muchas más prestaciones, por lo que cumple la función de control y facilita la conexiones a red a través de protocolos inalámbricos y o ethernet. Esta unidad facilita, a través de Python, el trabajo con interfaces gráficas, por medio de Tkinter y otras herramientas como 1-Wire, como protocolo de manejo de datos.

Gracias al gran desarrollo de la empresa Raspberry, se encuentran módulos y accesorios que facilitan el trabajo de desarrollo. Para este proyecto en específico se ha sido utilizado el módulo de GSM para la conexión de mensajería, la cual facilita la comunicación de alarmas y alertas con los usuarios de importancia, como lo solicitó la empresa en este caso (responsable de mantenimiento y responsable de producción).

En cuanto a la interfaz gráfica, se utilizó una herramienta muy útil de la misma Raspberry, la pantalla táctil de siete pulgadas diseñada para este

microprocesador, facilita y agrega muchas prestaciones a este proyecto. De forma estética, esta interfaz es muy atractiva y moderna, ofrece tanto la visualización (interfaz gráfica) como la sección de control ya que, al ser táctil, permite de forma muy actualizada o moderna la creación y utilización de botones digitales.

Esto ha sido muy atractivo para la compañía y para los usuarios, ya que las tecnologías de desarrollo modernas se inclinan al control táctil y todos los usuarios se han familiarizado con los *smartphones* previamente, por ende, la utilización del dispositivo que se desarrolló en este proyecto no ha tenido ninguna resistencia de uso.

El sensor MAX31850, sin duda ha sido el más óptimo transductor para este proyecto, ofrece una gran capacidad de medición, lo cual es perfecto para el desarrollo de estas aplicaciones industriales. En el caso específico de EMC tecnología, tienen interés en escalar este proyecto a otros equipos térmicos, que operan hasta 850 grados Celsius. Por lo tanto, este desarrollo y diseño es 100 % escalable y utilizable.

De esta manera, en la búsqueda de sensores se encontraron varios que podrían utilizarse, pero estos tienen algunas limitaciones de medición en bajas o altas temperaturas. Aparte a los temas físicos, el MAX tiene un costo muy bajo, comparado con otros transductores.

El bajo costo del componente no limita la calidad ni la resolución, ya que se ha evaluado la calificación del componente en algunos tutoriales y no se ha encontrado ninguna desconformidad. El sustentante de esta tesis ha evaluado de

forma continua su operación y por más de un mes se ha probado de forma industrial, operando 24 horas, los siete días de la semana y el equipo no ha mostrado error de función, la desviación observada y comparada contra equipos calibrados de la empresa EMC no sobrepasa el 2 % (máximo error). Por este motivo y bajo la aprobación de la compañía, es que el MAX se acepta como más óptimo para esta aplicación.

Las variables de temperaturas se obtienen a través del sensor MAX31850 que utiliza el protocolo 1-Wire antes mencionado, esto facilita la conexión del sistema y mitiga posibles errores de conexión, además, al desplegar en pantalla los valores obtenidos de estos, se logra tener un mejor control ya que se tiene una lectura real del túnel donde pasa el producto y no una lectura en la resistencia directamente. El operador utiliza el sistema como referencia en el momento de ajustar las temperaturas del horno y obtener un mejor rendimiento en el proceso de reflujo de soldadura, debido a que este proceso debe respetar una curva de temperatura mientras pasa por el horno.

Se realizó una comparación de los datos del sistema con un instrumento calibrado de la empresa marca FLUKE, modelo 17630008, cuya expiración de calibración es 30 de noviembre del 2018 y se obtuvieron los resultados esperados ya que la tolerancia de temperatura máxima del horno no debe pasar los +/- 10C de la temperatura establecida, los datos obtenidos de los sensores tienen solamente un margen de error del 2 % representados en la tabla >>, esta pequeña desviación se ajusta por medio de programación y garantiza que el sistema

cumpla con la tolerancia establecida por EMC Tecnología. Se dio el visto bueno de aceptación por parte de los encargados del área de *solder*.

Figura 51: Tabla de comparación de temperatura

Tabla de Comparación de Temperaturas.

	MAX #	Temperatura #1 Unidad ℃	Medición en MAX # 1 Unidad ℃	Temperatura #2 Unidad ℃	Medición en MAX # 2 Unidad ℃	Delta 1	% Delta 1	Delta 2	% Delta 2
Primer medición	1	25.1	26.2	350.1	364.5	1.10	4%	14	4%
	2	25.1	25.2	350.0	361.6	0.1	0%	11.6	3%
	3	25.2	26.3	350.2	365.5	1.1	4%	15	4%
	4	25.1	27.1	350.1	366.1	2	8%	16	5%
	5	25.1	26.4	350.2	365.3	1.3	5%	15	4%
	6	25.1	26.6	350.2	364.5	1.5	6%	14.3	4%
	7	25.2	26.5	350.2	365.4	1.3	5%	15	4%
	8	25.0	27.1	350.3	366.4	2.1	8%	16.1	5%
Segunda medición	MAX #	Temperatura #1	Medición en MAX # 1	Temperatura #2	Medición en MAX # 2	Delta 1	% Delta 1	Delta 2	% Delta 2
	1	25.0	26.2	350.1	355.5	1.20	5%	5	2%
	2	25.1	25.2	350.1	356.1	0.1	0%	6	2%
	3	25.1	26.3	350.1	357.8	1.2	5%	8	2%
	4	25.1	27.1	350.1	360.1	2	8%	10	3%
	5	25.1	26.4	350.0	361.2	1.3	5%	11	3%
	6	25.1	26.6	350.1	357.5	1.5	6%	7.4	2%
	7	25.1	26.5	350.2	359.5	1.4	6%	9	3%
	8	25.0	27.1	350.1	359.7	2.1	8%	9.6	3%
Tercera medición	MAX #	Temperatura #1	Medición en MAX # 1	Temperatura #2	Medición en MAX # 2	Delta 1	% Delta 1	Delta 2	% Delta 2
	1	25.0	25.2	350.0	356.5	0.20	1%	7	2%
	2	25.1	25.0	350.1	353.6	-0.1	0%	3.5	1%
	3	25.1	25.5	350.1	354.5	0.4	2%	4	1%
	4	25.1	24.9	350.1	352.1	-0.2	-1%	2	1%
	5	25.0	24.8	350.0	354.3	-0.2	-1%	4	1%
	6	25.1	25.6	350.1	351.5	0.5	2%	1.4	0%
	7	25.0	24.8	350.0	348.4	-0.2	-1%	-2	0%
	8	25.1	25.3	350.1	345.4	0.2	1%	-4.7	-1%

Fuente: EMC Tecnología

El Anexo 1. Muestra la calibración y su respectivo registro de la herramienta utilizada como comparador.

Por medio de microcontroladores se realizó un sistema capaz de monitorear en tiempo real las variables de temperaturas del horno, este cumple con los requisitos establecidos por la empresa, el costo del sistema es relativamente bajo en comparación de otros sistemas en el mercado, por lo que fue aceptado por los gerentes y reduce en un 68 % el fallo del proceso, además, se anticipa a una posible falla por medio de la recolección de datos a lo largo del tiempo. Las fallas no tienen una fecha precisa de aparición y se han tenido casos de pérdidas de hasta $8000 en una sola vez que se detuvo.

6.2 RECOMENDACIONES

Agregar en el futuro un sistema de monitoreo, un sistema de control de la temperatura del horno para compensar las pérdidas de la misma, aumentando o disminuyendo calor al mismo tiempo que notifica cualquier eventualidad.

Se recomienda utilizar un módulo de comunicación más moderno que el proporcionado por la empresa ya que hay señal intermitente, por lo que es posible que el encargado del área no reciba el mensaje de alerta. Actualmente, están disponibles los módulos en tecnologías como 3G y 4G. Aparte de este sistema, es viable agregar un sistema de notificaciones por red como puede ser, por ejemplo, el correo electrónico, esto funcionaría en redundancia para asegurar la correcta notificación del problema.

Las nuevas tecnologías obligan a actualizar los sistemas periódicamente, este es el caso de la tecnología GSM, la cual será reemplazada por otras más nuevas, por esto, es recomendable actualizar el sistema que utiliza un módulo

GSM por uno que soporte la tecnología 3G y o 4G. Aparte de esto, como sistema de redundancia, sería bueno utilizar el correo electrónico como método de notificación, así se asegurará que la notificación llegue al usuario, ya que en la empresa está prohibido utilizar el celular en el área de producción.

BIBLIOGRAFÍA

Hayt, W. Kemmerly, J. y Durbin, S. (2002). Análisis de circuitos en ingeniería. (Sexta Edición). México: McGraw-Hill Interamericana.

Hernández, R. S., Fernández, C. C. y Baptista, P. L. (2010). Metodología de la investigación. Quinta edición.

Muñoz, C. R. (2011). Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis. Segunda edición.

Palacios, E., Ramiro, F. y J. López, L. (2004). Microcontrolador PIC 16F84.

Quesada, J. C. (2016). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de vibraciones en motor es de la empresa Closure Systems International. San José, Costa Rica: Universidad Hispanoamericana.

Richard C., Dorf, J. y Svoboda, A. (2011). Circuitos Eléctricos. Ed. 8. México.

Sampieri, R. H. (2010). Metodología de la investigación.

Sepúlveda. (2010). Física en línea.

ANEXOS

ANEXO 1. REGISTRO DE CALIBRACIÓN DE TERMÓMETRO

REGISTRO DE CALIBRACION DE TERMOMETROS DIGITALES

EQUIPO	TERMOMETRO	RANGO DE TRABAJO	0.1°C A 1000°C
MARCA	FLUKE	TOLERANCIA °C	0.5
SERIE	53IIB	ALCANCE	TEMPERATURA
MODELO	17630008	LOCALIZACION	BRYAN BARRIENTOS
ID	TD10	FRECUENCIA DE CALIBRACION	ANUAL
CERTIFICADO	TD10 2017 A 2018	FECHA DE CALIBRACION	Thursday, November 30, 2017
		SIGUIENTE FECHA DE CALIBRACION	Friday, November 30, 2018

INSPECCION DEL EQUIPO				
No.	PUNTOS A INSPECCIONAR ANTES DE CALIBRAR	ACEPTADO	NO ACEPTADO	COMENTARIOS
1	APARIENCIA GENERAL	X		
2	LIMPIEZA	X		
3	DIGITOS VISIBLES	X		
4	FUNCIONABILIDAD DE TODOS SUS BOTONES	X		

CONDICIONES AMBIENTALES		
	Maxima	Minima
TEMPERATURA ºC: PREFERIBLEMENTE ENTR 18° C y 28° C	22	22
HUMEDAD RELATIVA % RH: PREFERIBLENTE ENTRE 28% y 75%.	56	56.0
DIFERENCIA DE TEMPERATURA	0	

PUNTOS DE CALIBRACION						
PRUEBA	NOMINAL	MINIMA	MAXIMA	LECTURAS	ERROR	CONDICION
1	-60.00	-60.50	-59.50	-60.50	-0.50	PASA
2	0.00	-0.50	0.50	-0.40	-0.40	PASA
3	76.00	75.50	76.50	75.60	-0.40	PASA
4	153.00	152.50	153.50	152.80	-0.20	PASA
5	229.00	228.50	229.50	229.30	0.30	PASA
6	305.00	304.50	305.50	305.00	0.00	PASA
7	381.00	380.50	381.50	381.20	0.20	PASA
8	457.00	456.50	457.50	457.20	0.20	PASA
9	533.00	532.50	533.50	533.50	0.50	PASA
10	609.00	608.50	609.50	609.10	0.10	PASA
11	685.00	684.50	685.50	685.10	0.10	PASA
12	761.00	760.50	761.50	761.10	0.10	PASA
13	837.00	836.50	837.50	837.10	0.10	PASA
14	913.00	912.50	913.50	913.00	0.00	PASA
15	1000.00	999.50	1000.50	999.90	-0.10	PASA

RESULTADO GENERAL	
ERROR PROMEDIO	0.00
RESULTADO GENERAL DE LA CALIBRACION	ACEPTADO
AJUSTE REQUERIDO?	NO
COMENTARIO	NA
RESPONSABLE	HELLEN RUBI

ESTE PASO SE DEBE DE REALIZAR SOLO SI LA CALIBRACION ANTES DE AJUSTE SOBREPASA LA TOLERANCIA EN CUALQUIERA DE LOS PUNTOS DE CALIBRACION, SIEMPRE Y CUANDO EL INSTRUMENTO PERMITA EL AJUSTE

PUNTOS DE CALIBRACION DESPUES DE AJUSTE						
PRUEBA #	NOMINAL	Minima	Maxima	LECTURAS	ERROR	CONDICION
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

RESULTADO GENERAL DESPUES DE AJUSTE	
ERROR PROMEDIO	#DIV/0!
RESULTADO GENERAL DE LA CALIBRACION DESPUES DE AJUSTE	#DIV/0!
COMENTARIO	
RESPONSANBLE DE LA RE-CALIBRACION	

TRAZABILIDAD DE PATRONES		
EQUIPO USADO	ID	SIGUIENTE FECHA DE CALIBRACION
CALIBRADOR DE TERMOMETROS	TDC01	Saturday, September 08, 2018
TERMOMETRO	MT10	Wednesday, June 06, 2018

Importante: Si se observa algún daño, lleve a cabo los pasos necesarios para ajustarlo, repararlo o reponerlo.

Inspeccione y calibre nuevamente antes de liberarlo para su uso

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
Seriedad y Prestigio

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CENIT

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

Fecha 14 / 08 / 18

Nombre del Estudiante: López (1º Apellido) Cascante (2º Apellido) Daniel (Nombre)

Título de la Tesis: Diseñar un sistema de monitoreo y adquisición de datos de las variables de temperatura en el proceso de reflujo de soldadura para la línea de producción de la empresa EMC tecnología en el cogol de alajuela para el segundo y tercer cuatrimestre del 2018

Año de Presentación: 2018

Firma de Autorización: _____

Autorizo que el Trabajo Final de Graduación, se exhiba en la Sección de tesis, que se encuentra en la página web www.cenit.uh.ac.cr, de la Universidad Hispanoamericana, para ser consultada por estudiantes y profesores de la institución.