



**“Responsabilidad con pensamiento positivo”**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

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

**TEMA:**

**DISEÑO DEL PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE SUELDA BGA  
PARA RE MANUFACTURA DE PLACAS ELECTRÓNICAS.**

**AUTOR:**

**CARLOS DAVID SIMBAÑA SARANSIG**

**TUTOR:**

**ING. LUIS MONTOYA LARA, MGs.**

**AÑO: 2019**

# **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “DISEÑO DEL PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE SUELDADA BGA PARA RE MANUFACTURA DE PLACAS ELECTRÓNICAS.”, presentado por el Señor Carlos David Simbaña Saransig, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. 11 de febrero del 2019

TUTOR

Ing. Luis H. Montoya L., Mgs.

## **Dedicatoria**

Este trabajo, para mí, implica el final de una carrera que fue iniciada hace mucho tiempo, que por circunstancias de la vida no la pude terminar en el tiempo correcto. Retomar una carrera después de 10 años es muy difícil y complicado, pues se tiene otro tipo de responsabilidades y actividades. Es por ello que dedico este trabajo a mi bella esposa Fanny D., cuyo apoyo fue fundamental para poder retomar mis estudios y terminar hoy mi carrera.

También quiero dedicar este trabajo a Dios, porque siempre me ha brindado la sabiduría y fortaleza, además de rodearme de las personas correctas, se lo dedico a todos los miembros de mi familia, que siempre están a mi lado dándome fortaleza y valor para seguir adelante.

A mis padres, Carlos S., y Zoila S., que siempre me enseñaron e inculcaron principios morales, religiosos y ser una buena persona.

A mis hermanos, Danny y Wilson que son muy importantes en mi vida, brindándome siempre palabras de afecto y motivándome a la superación.

A mis queridos hijos, Carlos y Martín por ser mi mayor motivación para nunca rendirme en mis estudios y así poder llegar a ser un ejemplo para ellos. Que comprenda que nada es fácil en la vida, pero con dedicación y mucho empeño se puede alcanzar los objetivos trazados.

Carlos

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación, y que de una u otra manera estuvieron presentes.

A mis padres, Carlos y Zoila por sus incansables palabras de aliento, su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mi esposa, Fanny D., por su amor, cariño y especialmente por ayudarme a fijar nuevos objetivos personales y profesionales.

A los docentes, de la Universidad Israel que con su experiencia y conocimientos me orientaron en el desarrollo de mi carrera y el feliz término de presente trabajo.

## Tabla de Contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos .....	iv
Tabla de Contenidos .....	v
Lista de Tablas .....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Anexos .....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
OBJETIVOS .....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos .....	3
ALCANCE.....	4
DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS .....	5
CAPÍTULO 1.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	6
1.1    ¿Qué es Reballing? .....	6
1.2    Máquinas de Reballing existentes en el mercado.....	7
1.2.1    ZM-R6200 BGA Rework System .....	7
1.2.2    Achi IR-6500 .....	8
1.2.3    HR-5860 .....	9
1.3    Marco teórico.....	9
1.4    Automatización.....	10
1.4.1    Que es automatizar .....	10
1.5    Sistemas de control automático .....	11
1.6    Clasificación de los sistemas de control .....	11
1.6.1    Sistemas de control de lazo abierto. ....	11
1.6.2    Sistemas en lazo cerrado.....	11

1.7	Controlador PID .....	11
1.7.1	Acción proporcional. ....	12
1.7.2	Acción integral. ....	12
1.7.3	Acción derivativa.....	13
1.8	Modulación por ancho de pulso (PWM) .....	13
1.9	Microcontrolador .....	13
1.9.1	Arduino Mega 2560.....	13
1.10	Sensores .....	15
1.10.1	Termocupla tipo k.....	15
1.11	Actuadores .....	16
1.12	Relé de estado sólido .....	16
1.13	Resistencias de calentamiento .....	16
CAPÍTULO 2.....		18
MARCO METODOLÓGICO.....		18
2.1	Fundamentación teórica.....	18
2.2	Marco metodológico.....	18
2.3	Propuesta .....	18
2.4	Implementación .....	19
CAPÍTULO 3.....		20
PROPUESTA.....		20
3.1	Curva característica .....	20
3.2	Diagrama de flujo .....	21
3.3	Diseño del control de temperatura.....	22
3.3.1	Control de temperatura de una máquina de re manufactura SMD. ....	22
3.3.2	Modelado matemático del proceso térmico.....	22
3.3.3	Obtención de la función de transferencia .....	25
3.3.4	Modelado utilizando MATLAB®.....	30
3.4	Diseño del controlador de temperatura.....	33
3.5	Sistema de control electrónico.....	36
3.6	Etapa de control -Menú .....	36
3.7	Circuito de potencia para el control de temperatura.....	36
3.8	Programación.....	37
CAPÍTULO 4.....		38
IMPLEMENTACIÓN .....		38

4.1	Desarrollo .....	38
4.2	Implementación .....	38
4.2.1	Módulo de control .....	38
4.2.2	Interfaz.....	39
4.2.3	Sensores de temperatura .....	39
4.2.4	Resistencias de calentamiento .....	41
4.2.5	Pruebas generales .....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		46
Bibliografía .....		48
ANEXOS .....		50

## Lista de Tablas

Tabla 1. Características ZM-6200 .....	8
Tabla 2. Características IR-6500 .....	9
Tabla 3. Características Arduino Mega 2560 .....	14



## Lista de Figuras

Figura 1.1 Extracción chip BGA.....	6
Figura 1.2 ZM-R6200 BGA Rework System.....	7
Figura 1.3 ACHI IR6500.....	8
Figura 1.4 HR-5860.....	9
Figura 1.5 Diagrama de bloques.....	10
Figura 1.6 Sistema de control de lazo cerrado .....	12
Figura 1.7 Arduino Mega 2560 .....	15
Figura 1.8 Relé de estado sólido.....	16
Figura 3.1 Curva característica reballing.....	20
Figura 3.2 Diagrama de flujo del prototipo .....	21
Figura 3.3 Proceso térmico sencillo .....	23
Figura 3.4 Red generalizada del proceso térmico.....	23
Figura 3.5 Diagrama en bloques proceso térmico .....	23
Figura 3.6 Variables de entrada y salida.....	25
Figura 3.7 Respuesta de un sistema de 1er orden a la entrada de un escalón unitario. Método de la curva de reacción (Cohen y Coon) .....	28
Figura 3.8 Curva de reacción de la resistencia térmica .....	29
Figura 3.9 Método de la curva de reacción. Obtención de los valores de $K$ , $\tau$ y $t_s$ gráficamente .....	30
Figura 3.10 Resultado obtenido de la función ident MATLAB®.....	31
Figura 3.11 Señal de salida modelada. Resultado obtenido ident MATLAB® .....	32
Figura 3.12 Función de transferencia estimada por MATLAB®.....	32
Figura 3.13 Diagrama en bloques control de temperatura .....	33
Figura 3.14 Sistema en lazo cerrado en el dominio de Laplace Fuente: Elaborado por el autor.....	33
Figura 3.15 Obtención de las constantes $K_p$ , $K_i$ , $K_d$ .....	34
Figura 3.16 Constantes $K_p$ , $K_i$ , $K_d$ en modo rápido .....	35
Figura 3.17 Constantes $K_p$ , $K_i$ , $K_d$ modo robusto .....	35
Figura 4.1 Distribución de pines.....	38
Figura 4.2 Pantalla LCD.....	39

Figura 4.3 Termocupla tipo k con max6675 .....	40
Figura 4.4 SSR (Etapa de potencia).....	40
Figura 4.5 Simulación del circuito utilizado en el prototipo. ....	41
Figura 4.6 Vista de frente del prototipo de máquina de re manufactura SMD.....	41
Figura 4.7 Resistencias de Calor .....	42
Figura 4.8 Extracción de un chip BGA .....	42
Figura 4.9 Limpieza chip BGA .....	43
Figura 4.10 Limpieza placa madre .....	43
Figura 4.11 Fusión de nuevo estaño al chip BGA.....	44
Figura 4.12 Placa madre y chip BGA.....	44
Figura 4.13Placa y chip BGA en proceso de fusión.....	45
Figura 4.14 Fin del Proceso chip BGA soldado .....	45

## **Lista de Anexos**

Anexo 1: Código de Programación .....	50
Anexo 2: Manual de Usuario.....	59
Anexo 3: MAX6675 .....	68
Anexo 4: Carta Auspicio HD.....	76
Anexo 5: Esquemático.....	77
Anexo 6: Cronograma .....	78
Anexo 7: Informe Antiplagio .....	79

## **Resumen**

En este proyecto se diseñó e implementó un prototipo electrónico de bajo costo para realizar la re manufactura en chips BGA. Básicamente para realizar la re manufactura de un chip BGA se debe seguir su curva característica, respetando en lo posible los tiempos y temperaturas, para así evitar un estrés térmico muy alto que pueda dañar placas y/o componentes. Generalmente este tipo de trabajos se los realiza con maquinaria importada de alto costo.

Con la facilidad que existe hoy en día para la elaboración de prototipos, en plataformas abiertas tales como: PIC, Arduino, Raspberry Pi, etc, la construcción de una máquina de estas características es posible con elementos de fácil ubicación y un precio accesible.

Este proyecto se presenta el diseño e implementación de un prototipo de una máquina de re manufactura, basada en el control de temperaturas, logrando así la extorción exitosa de chips BGA

### **Palabras clave**

Re manufactura, BGA, Control, Temperaturas

## **Abstract**

In this project, a low-cost electronic prototype was designed and implemented to perform the remanufacturing on BGA chips. Basically, in order to re-manufacture a BGA chip, its characteristic curve must be followed, respecting as far as possible the times and temperatures, in order to avoid a high thermal stress that could damage plates and / or components. Generally this type of work is done with imported high-cost machinery.

With the ease that exists today for the development of prototypes, in open platforms such as: PIC, Arduino, Raspberry Pi, etc., the construction of a machine of these characteristics is possible with elements of easy location and an accessible wreck.

This project presents the design and implementation of a prototype of a remanufacturing machine, based on temperature control, thus achieving the successful extortion of BGA chips

### **Keywords**

Re manufacturing, BGA, Control, Temperatures

## INTRODUCCIÓN

El mundo de la electrónica tiende a la miniaturización es por ello que una de las técnicas utilizadas en la implementación de tarjetas electrónicas para aparatos de consumo tales como: (computadores personales, computadores de escritorio, consolas de videojuegos, smart tv, smartphone, tabletas, ecógrafos, etc.), vienen montados con tecnología SMD (Surface Mount Device). Dicha Tecnología obliga a que todos los elementos sean soldados mediante estaño en las superficies de las placas PCB.

Una de las desventajas de usar esta tecnología es el desgaste o ruptura del elemento encargado de la unión placa-componente (estaño), al fallar este no existe una verdadera unión física entre el componente y la placa madre ocasionando diversos tipos de falla, como pérdida de la señal de video entre otras.

Este problema ha sido ya detectado por las grandes empresas como Zhuomao, Shuttle Star localizados en China, quienes proveen soluciones con maquinaria especializada para reparación y re manufactura de placas PCB.

Entre las ventajas de adquirir una máquina de *re-work* con los grandes fabricantes es que se cuenta con soporte de fábrica, stock de repuestos y actualizaciones de software. La desventaja de dicha maquinaria es su alto costo, adicional a los costos de importación y la dificultad en la comunicación con el proveedor y su soporte técnico.

## PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente los Centros de Servicio Técnico a nivel de hardware para ser competitivos en el mercado requieren de maquinaria especializada para lograr reparaciones complejas a nivel de placas madre, para equipos portátiles, notebook, etc.

La maquinaria que se requiere para procesos complejos de reparación como extracción de chips BGA, para lograr la re-manufactura eficiente de placas madre cuando las mismas no encienden o no despliegan video a un costo menor de un cambio total de placa madre. Brindando al cliente una opción eficiente de alargar la vida útil de su equipo.

Las máquinas para estos procesos no existen de fabricación local, se puede encontrar en China, Japón, Estados Unidos, a costo elevados, así también se debe incurrir en costos de importación.

Uno de los principales fabricantes es la empresa Zhuomao localizada en Shenzhen, China, en su página web se puede encontrar información de la maquinaria que ellos distribuyen. (<https://www.seamarkzm.com/product/zm-r5860-bga-rework-station>).

Para reducir los costos de una máquina de re manufactura y hacerlos más accesibles se ha propuesto el diseño e implementación de una máquina de bajo costo, basada en Arduino MEGA, el mismo que permite realizar la re manufactura del chips BGA.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar el prototipo de una máquina de re manufactura de chips BGA.

### **Objetivos específicos**

- Definir los elementos constitutivos para la implementación del prototipo de una máquina de re manufactura de chips BGA.
- Elaborar el diagrama de bloques para el funcionamiento de la máquina.
- Diseñar los circuitos electrónicos para la implementación de la máquina
- Desarrollar el algoritmo de programación para el funcionamiento de la máquina.
- Implementar el prototipo de la máquina de re manufactura de chips BGA.
- Realizar la validación del prototipo a través de pruebas de funcionamiento.



## ALCANCE

En el presente proyecto se plantea las bases teóricas del funcionamiento del prototipo de una máquina de re manufactura de chips BGA, el algoritmo para lograr una funcionalidad básica basada en el control automático de dos temperaturas focales y una manera sencilla de implementar con componentes de fácil adquisición en el mercado nacional.

Al tratarse de un prototipo el aparato será sencillo de implementar y podrá ser usado como base para el desarrollo de futuras maquinarias más elaboradas, contará con un sistema de posicionamiento manual, calibración y configuración manual de temperaturas las cuales serán controladas por un sistema PID.

Se elaborará un manual tanto de usuario como técnico, para el buen funcionamiento y desempeño del prototipo.

El prototipo será implementado bajo la propuesta y acompañamiento de la empresa HARDWARE DOCTOR S.A. la misma que posee información e implementos necesarios para la realización del prototipo, dicho prototipo será propiedad de HARDWARE DOCTOR S.A

## DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS

Capítulo 1: en este capítulo se realizó una breve investigación de las técnicas de manufactura BGA, las máquinas existentes en el mercado y sus características, además se redacta el marco teórico relacionado con los dispositivos desde el punto de vista de elaboración, las definiciones más importantes que involucran el tema del proyecto. Se abordan conceptos generales como: La automatización, los sistemas de control y sus formas básicas, controlador proporcional, integral y derivativo, la modulación por anchos de pulso, motores DC, sensores, actuadores, se hará una breve explicación de los componentes y principios sobre los cuales funciona el prototipo.

Capítulo 2: en ese capítulo se presenta una breve explicación de los procedimientos utilizados para el desarrollo e implementación del prototipo, se hace un estudio de la viabilidad y ejecución de la propuesta.

Capítulo 3: en este capítulo se evalúan las propuestas del diseño e implementación del prototipo, se analiza brevemente los componentes y las opciones para su construcción.

Capítulo 4: en este capítulo se documenta el proceso de elaboración empleado, así como el algoritmo de programación desarrollado para lograr la operación de este. También se detallan las pruebas realizadas, y se documenta las experiencias en la implementación.

Conclusiones y Recomendaciones: en esta sección se mencionan las conclusiones y recomendaciones recolectadas durante la construcción del prototipo. Se presentan recomendaciones para mejorar trabajos futuros.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

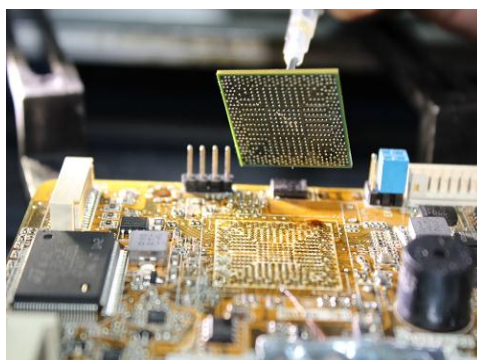
### 1.1 ¿Qué es Reballing?

Básicamente el Reballing es un proceso de renovación de soldaduras, en el cual se extrae los chips BGA, para su reemplazo o re-trabajo.

El proceso completo de re manufactura del chip BGA se lo realiza principalmente en tres etapas.

- Extracción y limpieza del chip BGA
- Re manufactura del chip BGA
- Fusión del chip BGA a la placa madre

En la Figura 1.1 se observa la extracción de un chip BGA.



**Figura 0.1 Extracción chip BGA.**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

Los procesos para realizar este trabajo pueden ser manuales o automáticos. En los procesos manuales existe alto riesgo de falla humana, es por ello que existe la necesidad de la utilización de maquinaria especializada.

## 1.2 Máquinas de Reballing existentes en el mercado

A continuación, se detallarán algunas características de modelos de maquinaria comercializadas.

### 1.2.1 ZM-R6200 BGA Rework System

Una de las más atractivas a nivel internacional, también cabe recalcar que es una de las más costosas, su precio oscila entre los 5000 y 7000 dólares FOB Shenzhen. Presenta varias mejoras frente al resto, una de las más sobresalientes es su sistema de alineación óptica, esto se da gracias a un sistema automático integrado, que hace que el chip BGA se nivele automáticamente antes del proceso de fusión, en la figura 1.2 podemos observar su estructura física.



**Figura 0.2 ZM-R6200 BGA Rework System**  
**Fuente: (Seamark ZM, 2018)**

**Tabla 1. Características ZM-6200**

Características Principales
Sistema de calefacción de aire caliente estable y uniforme
Calentador inferior ajustable
Calentador IR
Sistema de control de temperatura PID de alta precisión
Sistema de alineación óptica de alta precisión
Función de parada de emergencia

Fuente: (Seamark ZM, 2018)

### 1.2.2 Achi IR-6500

La figura 1.3 hace referencia a una máquina Achi IR-6500, Achi es una fábrica China que copió varios modelos de máquinas existentes y sacó una versión abaratada en un margen muy importante, lo que la hizo muy popular. El abaratamiento de estos costos tuvo mucho que ver con su fabricación y estructura, además no tomaron en cuenta factores como control de temperatura, estabilización de temperatura, así también, usaron componentes cerámicos para el calentador superior ocasionando un estrés térmico muy alto e innecesario.



**Figura 0.3 ACHI IR6500**  
**Fuente: (Achi, 2018)**

Página web o referencias de esta casa comercial son nulas o inexistentes en el internet, su principal canal de comunicación y ventas es a través de la página de eBay.

**Tabla 2. Características IR-6500**

---

<b>Características Principales</b>
Tecnología avanzada de infrarrojos oscuros
Termopar omega K
Control de temperatura de circuito cerrado

---

Fuente: (Achi, 2018)

### 1.2.3 HR-5860

Una de las máquinas más comercializadas en el Ecuador, se la puede encontrar a un precio que bordea los 3000 dólares, su funcionamiento y estructura es muy parecido a la comercializada por Zhuomao, teniendo como ventaja, su precio.



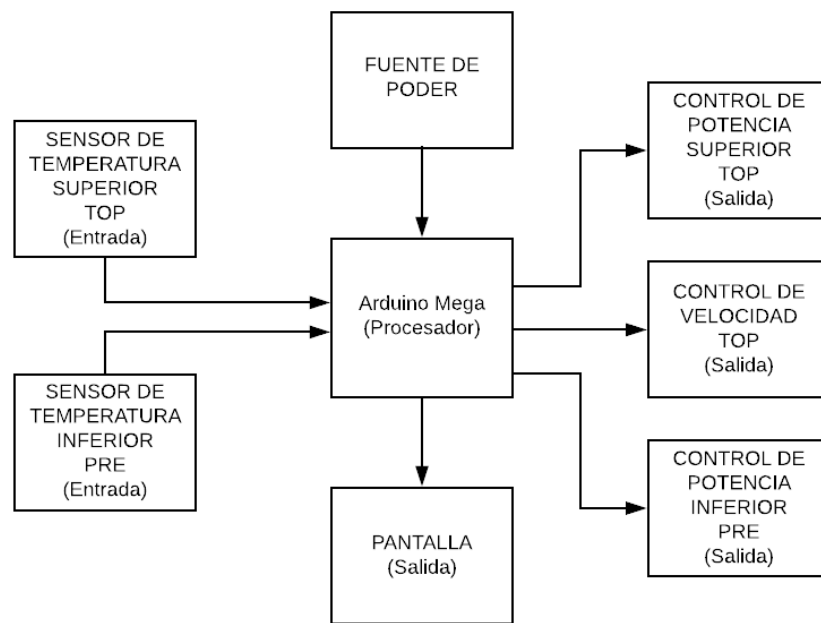
**Figura 0.4 HR-5860**  
**Fuente: (haisertech, 2018)**

## 1.3 Marco teórico

En este apartado se detalla el diagrama en bloques, los fundamentos teóricos de los sistemas de control, el microprocesador, los sensores, los actuadores y los circuitos para controlar la etapa de potencia.

El propósito es garantizar una temperatura continua y estable dentro de los parámetros del Reballing. Esto se logrará controlando los parámetros más importantes para procesos de re manufactura SMD como son: tiempos y temperaturas.

A continuación, se mencionan y detallan algunos conceptos básicos, componentes principales y características que se requieren para diseñar un prototipo para una máquina de re manufactura SMD, en la figura 1.5 se detalla el diagrama en bloques del prototipo.



**Figura 0.5 Diagrama de bloques**  
Fuente: Elaborado por el autor

## 1.4 Automatización

“Según la Real Academia de Ciencias Físicas y Exactas la define como el conjunto de métodos y procedimientos para sustituir las tareas físicas y mentales previamente programadas de un operador”.

### 1.4.1 Que es automatizar

“Es liberar al hombre de procesos repetitivos que requieran poco ó ningún esfuerzo mental. Sobre todo, en el desarrollo de trabajos en los cuales hay que observar forzosamente un determinado orden de procesos individuales; algunos dispositivos

adecuados pueden suplir ésta actividad humana de forma más rápida, con una calidad constante y una adecuada planeación de la producción”. (Gutierrez, De la Mora, Galván, & Cárdenas , 2010)

## **1.5 Sistemas de control automático**

“Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento”. (Fidalgo, Fernández, & Fernández, 2016)

## **1.6 Clasificación de los sistemas de control**

A los sistemas de control se los puede clasificar en dos tipos; sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado.

### **1.6.1 Sistemas de control de lazo abierto.**

Este tipo de sistemas son sencillos y poseen poca capacidad de control pues depende exclusivamente de la señal de entrada, son conocidos como sistemas no automáticos.

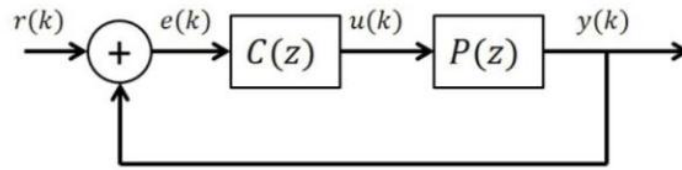
### **1.6.2 Sistemas en lazo cerrado.**

Este tipo de sistemas son más complejos y poseen control exacto sobre las variables de salida ya que dependen de la señal de entrada y la señal de salida para realizar la acción de control, utilizan la señal de salida como señal de retroalimentación a la entrada del sistema. Son conocidos como sistemas automáticos.

## **1.7 Controlador PID**

El controlador PID (Proporcional Integrativo Derivativo) es un algoritmo de control en lazo cerrado, es el tipo de control más comúnmente utilizado en la automatización de sistemas.





**Figura 0.6 Sistema de control de lazo cerrado**  
**Fuente: (Åström & Hägglund, 2009)**

El algoritmo PID se puede describir como:

$$u(t) = K(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt}) \quad (0.1)$$

“donde  $u$  es la señal de control y  $e$  es el error de control ( $e = y_{sp} - y$ ). La señal de control es así una suma de tres términos: el término-P (que es proporcional al error), el término-I (que es proporcional a la integral del error), y el término-D (que es proporcional a la derivada del error). Los parámetros del controlador son la ganancia proporcional  $K$ , el tiempo integral  $T_i$ , y el tiempo derivativo  $T_d$ ” (Åström & Hägglund, 2009)

### 1.7.1 Acción proporcional.

En esta acción se generan cambios inmediatos y proporcionales a la salida del circuito de control en relación a los cambios que presente en la entrada, es decir, la acción de control es directamente proporcional al error de control y dependerá del porcentaje de cambio de medición ( $k_p$ )

$$K_p = \frac{\Delta \text{salida}}{\Delta \text{entrada}} \quad (0.2)$$

### 1.7.2 Acción integral.

La función principal de la acción integral es asegurarse de que la salida del proceso coincide con el punto de consigna en estado estacionario.

La acción integral realiza cambios en la salida con respecto al tiempo en forma proporcional a la señal de error.

### **1.7.3 Acción derivativa.**

La acción derivativa desplaza la señal de salida proporcionalmente al porcentaje al cual cambia la entrada, esta cambia tan pronto como cambia la señal de entrada en el tiempo, cambiando la señal de salida en proporción a la tasa de cambio de entrada.

## **1.8 Modulación por ancho de pulso (PWM)**

La modulación por ancho de pulso PWM (Pulse Width Modulation) es un tipo de voltaje utilizado para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga.

Este tipo de señales son utilizadas comúnmente en circuitos digitales para emular señales analógicas, controlar la velocidad de motores o ángulos de giro.

## **1.9 Microcontrolador**

Básicamente un microcontrolador es un circuito integrado capaz de ser programado internamente, está compuesto de tres elementos básicos:

1. Unidad Central de Proceso
2. Memorias RAM y ROM
3. Entradas, salidas

En el mercado existen diversos tipos de microcontroladores e interfaces, pero tomando en cuenta los conocimientos recibidos en las materias como Microprocesadores, Microcontroladores, Control automático y que el presente es un prototipo expansivo se decidió utilizar la plataforma Arduino, en concreto el Arduino Mega 2560.

### **1.9.1 Arduino Mega 2560**

“Placa basada en el microcontrolador ATmega2560. Como características más destacables se resalta que tiene 54 pines de entrada/salida digitales (de los cuales 14 pueden

ser usados como salidas analógicas PWM), 16 entradas analógicas y 4 receptores/transmisores serie TTL-UART. Consta de una memoria Flash de 256 Kilobytes (de los cuales 8 están reservados para el bootloader), una memoria SRAM de 8 KB y una EEPROM de 4 KB. Su voltaje de trabajo es igual al del modelo UNO: 5 V” (Artero, 2013).

“El Arduino MEGA 2560 está diseñado para proyectos que requieren más líneas de E / S, más memoria de croquis y más RAM. Con 54 pines de E / S digitales, 16 entradas analógicas y un espacio más grande para su boceto, es la placa recomendada para impresoras 3D y proyectos de robótica. Esto le da a sus proyectos un mayor de espacio y oportunidades, manteniendo la simplicidad y la eficacia de la plataforma Arduino” (Arduino, 2018).

**Tabla 3. Características Arduino Mega 2560**

Características Principales	
Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de trabajo	5V
Pines Digitales I/O	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entradas Analógicas	16
DC Corriente por Pin I/O	20 Ma
DC Corriente por Pin 3.3V	50 Ma
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8 KB se usan por el bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad del reloj	16 MHz
Largo	101.52 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	37 g

**Fuente: Elaborado por el Autor**



**Figura 0.7 Arduino Mega 2560**  
**Fuente (Arduino, 2018)**

## **1.10 Sensores**

Los sensores son dispositivos que miden la magnitud de una señal determinada y producen una señal relacionada. Los sensores usan las propiedades de los materiales de los que están hechos y así comparar su comportamiento ante las variaciones de la señal a medir. El termómetro de mercurio es un ejemplo en el que la sensible propiedad de dilatación que tiene el mercurio ante cambios de temperatura, se aprovecha para equipararla a su medición. (STEREN)

### **1.10.1 Termocupla tipo k**

Son los sensores de temperatura más utilizados industrialmente, para su fabricación es necesario unir dos alambres de distinto material soldados en un extremo. Al existir un cambio de temperatura en la juntura se genera un voltaje muy pequeño, el cual aumenta con la temperatura.

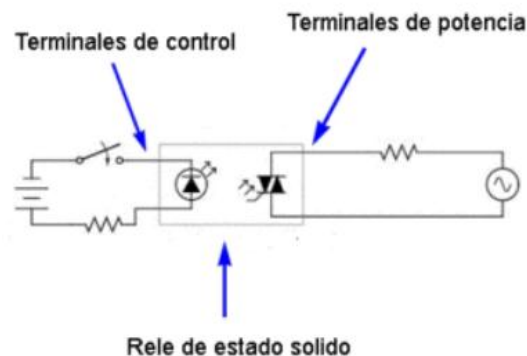
“La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos”. (Arian control & Instrumentación , 2018)

## 1.11 Actuadores

“Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre elemento externo. Este recibe la orden de un regulador, controlador o en nuestro caso un Arduino y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula” (jecrespom, 2018).

## 1.12 Relé de estado sólido

Un relé de estado sólido (SSR) es un dispositivo electrónico que permite el paso de electricidad cuando una pequeña cantidad de corriente es aplicada a sus terminales de control, es decir, permite aislar eléctricamente el circuito de entrada (señal de control) y el circuito de salida (etapa de potencia). En la figura 1.8 se puede observar su estructura interna y su funcionamiento.



**Figura 0.8 Relé de estado sólido**  
**Fuente: (Infootec, 2018)**

Internamente están diseñados a base de un opto acoplador, es por ello que la corriente de control no tiene contacto físico con la corriente de potencia.

## 1.13 Resistencias de calentamiento

Este tipo de resistencias generalmente constituidas de níquel convierten la energía eléctrica en calor. Sus aplicaciones más comunes se las encuentra en la industria como:

---

calefactores, hornos, etc. Su temperatura puede ser regulada y/o controlada por medio de termocuplas, reles, SSR, o elementos electrónicos.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que se utilizaron para recolectar información para posteriormente presentar una propuesta de implementación. Se justifica brevemente su elección relacionándolo con el objetivo y el problema.

#### **2.1 Fundamentación teórica**

Se procedió a utilizar el método deductivo, estudiando máquinas ya existentes en el mercado como referencia, haciendo un breve estudio de su estructura interna, adicionalmente se utilizó la técnica de revisiones bibliográficas que son necesarias para buscar información de varias fuentes, las que permitieron conocer trabajos anteriormente presentados para mejorar la problemática actual y así recopilar datos para la realización de una propuesta innovadora.

#### **2.2 Marco metodológico**

En este capítulo se utilizaron métodos empíricos de revisión de documentos, revistas, tesis, fuentes bibliográficas, hojas de datos de los componentes electrónicos y fuentes de internet referentes al proyecto a realizarse, mismos que se encuentran en la bibliografía del presente documento.

#### **2.3 Propuesta**

El método experimental se aplicó para observar el comportamiento del sistema, sensores, actuadores, algoritmo de control, para determinar los elementos y subsistemas a utilizar en la propuesta.

Para la evaluación del prototipo se empleó el método sintético, para integrar las partes se analizaron y desarrollaron en el método experimental y así se determinaron los elementos más eficientes.

## **2.4 Implementación**

En esta última etapa se recurrió al método de experimentación ya que para verificar la hipótesis era necesario la implementación del prototipo, fabricar las placas electrónicas con los elementos seleccionados.



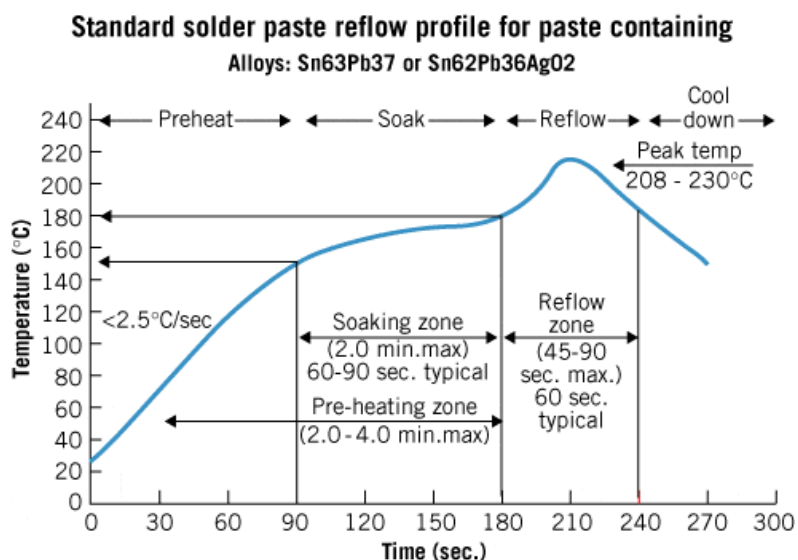
## CAPÍTULO 3

### PROPUESTA

En este capítulo se detalla la curva característica, el diagrama de flujo, el funcionamiento del sistema de control, el desarrollo y la elaboración del programa de control.

#### 3.1 Curva característica

Para el diseño del prototipo se tomó en cuenta la curva característica de un sistema de re trabajo “REBALLING”, ya que los tiempos y las temperaturas se deben cumplir lo más cercano a dicha curva (Figura 3.1), para el control de temperatura se diseñó un sistema de control automático P.I.D para garantizar que la temperatura entregada tenga un mínimo índice de falla.



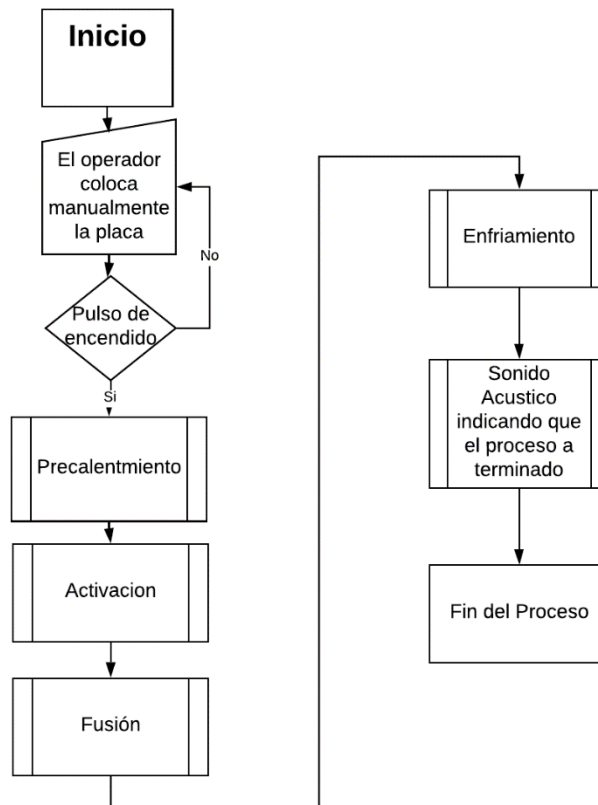
**Figura 0.1 Curva característica reballing**  
Fuente: (Técnicas electrónicas, 2015)

Como se puede observar en la curva característica se tienen pre definidos tiempos y temperaturas para la extracción de un chip BGA estos son:

- Pre calentamiento
- Activación del flux
- Punto de fusión (Soldadura)
- Enfriamiento

### 3.2 Diagrama de flujo

En base a este preliminar se desarrolló el diagrama de bloques del funcionamiento del prototipo el cual se detalla en la figura 3.2



**Figura 0.2 Diagrama de flujo del prototipo**  
**Fuente: elaborado por el autor**

### **3.3 Diseño del control de temperatura**

#### **3.3.1 Control de temperatura de una máquina de re manufactura SMD.**

La parte más importante en el re trabajo de un chip BGA, es obtener la curva característica del Reballing, mantener las temperaturas lo más estables posibles para evitar estrés térmico tanto en la placa madre como en el chip SMD, la parte crítica se sitúa en la etapa llamada “punto de fusión” ya que ese será la temperatura a la cual el estaño pasa de ser un sólido a líquido, lográndose así la extracción del chip. Para lograr un diseño adecuado del control de temperatura, se debe encontrar el modelo matemático de la planta, por tal razón es importante conocer el funcionamiento del sistema de una máquina de re trabajo SMD que se desea controlar.

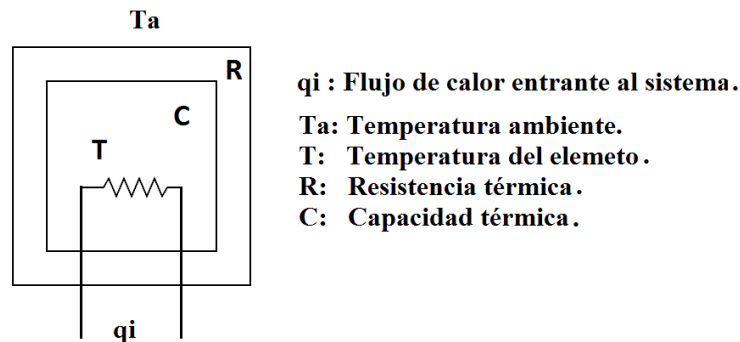
Para el desarrollo de esta parte se tomó en cuenta el calentador UP ya que dicho calentador será el encargado de llevar al chip BGA al punto de fusión. El sistema a controlar está constituido por una resistencia térmica. Dicha resistencia es alimentada con 110V y tiene un consumo de 13 amperios generando una potencia que es disipada en forma de calor.

#### **3.3.2 Modelado matemático del proceso térmico.**

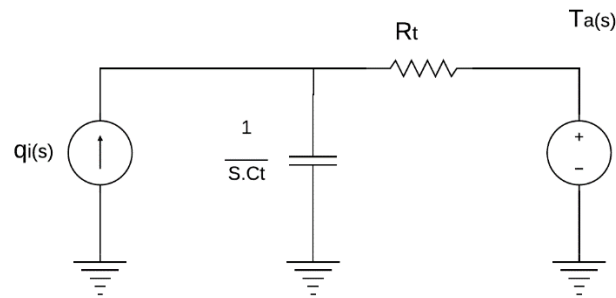
A continuación, se presenta el análisis y modelado de un sistema térmico sencillo, el cual permitirá comprender la dinámica de cualquier proceso térmico. El modelado se realizó utilizando la red generalizada, la cual es una manera uniforme de estudiar cualquier sistema dinámico. En la red generalizada se tiene dos tipos de variables, las pervariables y las transvariables. Las pervariables son aquellas variables que se propagan por los elementos y para cuya medición se requiere solamente de un punto, las transvariables son aquellas variables que requieren de dos puntos para medirse. La figura 3.3 muestra un proceso térmico sencillo y todas las variables involucradas en el.

Se considera en el análisis que el flujo de calor entrante en la cavidad es una fuente pervariable, la temperatura ambiente es una fuente transvariable. El espacio en el interior es una capacitancia térmica, pues almacena energía en relación a un aumento de temperatura. El material entre la cavidad inferior y el exterior es una resistencia térmica, en función de la

resistencia que ofrece al flujo de calor. Tomando estas consideraciones se obtiene la red generalizada de la figura 3.4

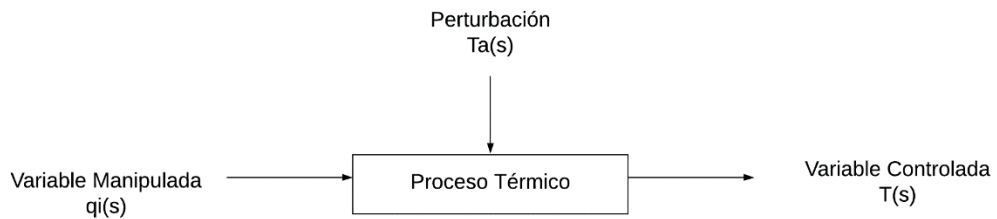


**Figura 0.3 Proceso térmico sencillo**  
**Fuente: elaborado por el autor**



**Figura 0.4 Red generalizada del proceso térmico**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

En la figura 3.5 se nota que la variable manipulada es el flujo de calor  $q_i(s)$ , la variable controlada es la temperatura interna  $T(s)$  y la perturbación es la temperatura ambiente  $T_a(s)$ , en la figura 3.5 se obtiene un diagrama en bloques del proceso térmico.



**Figura 0.5 Diagrama en bloques proceso térmico**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

Del análisis de la figura 3.5 se obtiene la función de transferencia del proceso dada por la ecuación 3.1

$$T(s) = \left( \frac{R_t}{R_t \cdot C_t \cdot s + 1} \right) \cdot q_i(s) + \left( \frac{1}{R_t \cdot C_t \cdot s + 1} \right) \cdot T_a(s) \quad (0.1)$$

Donde:

- T(s)- Variable controlada
- R<sub>t</sub>- Resistencia térmica
- C<sub>t</sub>- Capacidad térmica
- q<sub>i</sub>- Variable manipulada
- T<sub>a</sub>(s)- Perturbación

Al considerar únicamente el valor deseado el cual corresponde al flujo de calor entrante, se tiene la función de transferencia de la ecuación 3.2.

$$T(s) = \left( \frac{R_t}{R_t \cdot C_t \cdot s + 1} \right) \cdot q_i(s) \quad (0.2)$$

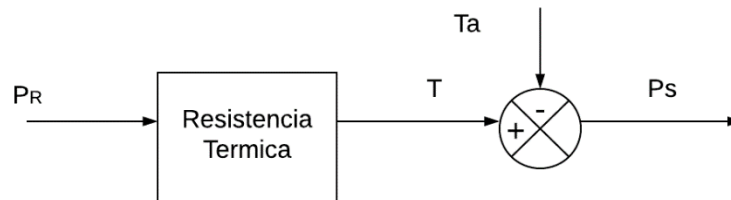
La respuesta del proceso al considerar únicamente el valor deseado es de primer orden. Si se considera únicamente la perturbación se tiene la función de transferencia dada por la ecuación 3.3.

$$T(s) = \left( \frac{1}{R_t \cdot C_t \cdot s + 1} \right) \cdot T_a(s) \quad (0.3)$$

Se tiene que la respuesta del proceso al considerar únicamente la perturbación es de primer orden. Se trata de un proceso autorregulado que comprende únicamente un elemento almacenador de energía – la capacitancia térmica – y un elemento disipador de energía – la resistencia térmica – y que está caracterizada por la constante de tiempo  $T = R_t \cdot C_t$ .

### 3.3.3 Obtención de la función de transferencia

De la misma manera se presenta la obtención de la función de transferencia desde un sistema térmico simple, el flujo de calor que produce la resistencia térmica representa la pvariable y la temperatura ambiente la transvariable. En la figura 3.6 se muestra el sistema de bloques donde puede observar cómo actúan las variables de entrada y salida del proceso térmico, de aquí se deducirá la función de transferencia del sistema



**Figura 0.6 Variables de entrada y salida**  
Fuente: Elaborado por el autor

Para mantener una temperatura constante a la salida, el consumo de energía de la resistencia térmica aumentará o disminuirá de acuerdo a la temperatura externa que influye sobre ella, esto se transforma en una variación de potencia denominada  $P_s$  (potencia de salida), relacionada con la diferencia entre las temperaturas de la resistencia térmica y ambiente, multiplicada por una constante de temperatura.

$$P_s = K_T(T - T_a) \quad (0.4)$$

Donde:

- Ps- Potencia de salida de la resistencia térmica
- Kt- Constante pérdida de calor en el ambiente
- T- Temperatura de la resistencia térmica
- Ta- Temperatura ambiente

La relación existente entre la variación de calor respecto a la variación de tiempo con la potencia de entrada y la potencia de salida de la planta viene dada por:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = P_R - P_S \quad (0.5)$$

Reemplazando la ecuación (3.4) en (3.5) y aplicando la derivada se obtiene,

$$\frac{dQ}{dt} = P_R - K_T(T - T_a) \quad (0.6)$$

De las leyes de la termodinámica, toda variación de temperatura está relacionada con la variación de calor que el sistema requiere:

$$\begin{aligned} \Delta Q &= C * \Delta T \\ \frac{dQ}{dt} &= C \frac{dT}{dt} \end{aligned} \quad (0.7)$$

Donde C es la constante térmica de la resistencia.

Igualando la ecuación 3.6 y 3.7, y despejando en función de la temperatura se tiene

$$\begin{aligned} C \frac{dT}{dt} &= P_R - K_T(T - T_a) \\ C \frac{dT}{dt} + TK_T &= P_R + K_T T_a \end{aligned}$$

Se aplica la transformada de Laplace a la ecuación diferencial para obtener la función de transferencia.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} \left\{ C \frac{dT}{dt} + TK_T \right\} &= \mathcal{L}\{P_R + K_T T_a\} \\ C_s T(s) + K_T T(s) &= P_R(s) + K_T T_a(s) \end{aligned} \quad (0.8)$$

$$T(s)[C_s + K_T] = P_R(s) + K_T T_a(s)$$

$$\frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{T(s)}{P_R(s) + K_T T_a(s)} = \frac{1}{C_s + K_T}$$

$$G(s) = \frac{1}{C_s + K_T}$$

$$\text{si: } K_T = \frac{1}{R}$$

$$G(s) = \frac{K_T}{RC_s + 1}$$

$$G(s) = \frac{K_T}{\tau s + 1}$$

La ecuación 3.8 corresponde a un sistema de primer orden, esta representa la función de transferencia de un sistema térmico, donde  $\tau$  es la constante de tiempo y  $K$  es la ganancia del sistema.

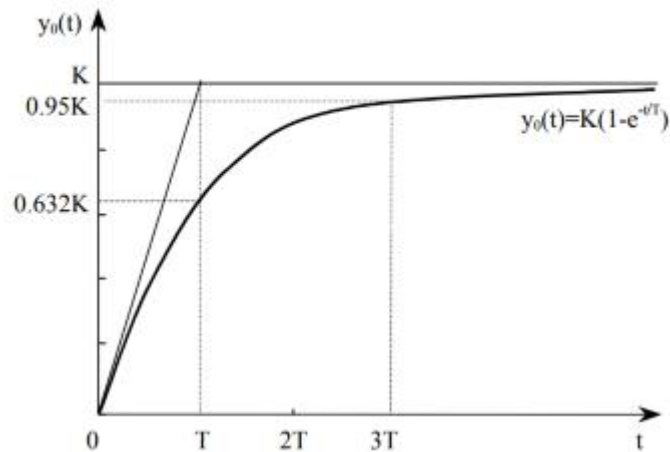
La función de transferencia de un sistema de primer orden se muestra en la ecuación 3.9.

$$G(s) = \frac{K}{T_s + 1} \quad (0.9)$$

La respuesta a una entrada de escalón unitario está dada por la ecuación 3.10 y la curva característica se refleja en la figura 3.7.

$$y(t) = K(1 - e^{-t/\tau}) \quad (0.10)$$





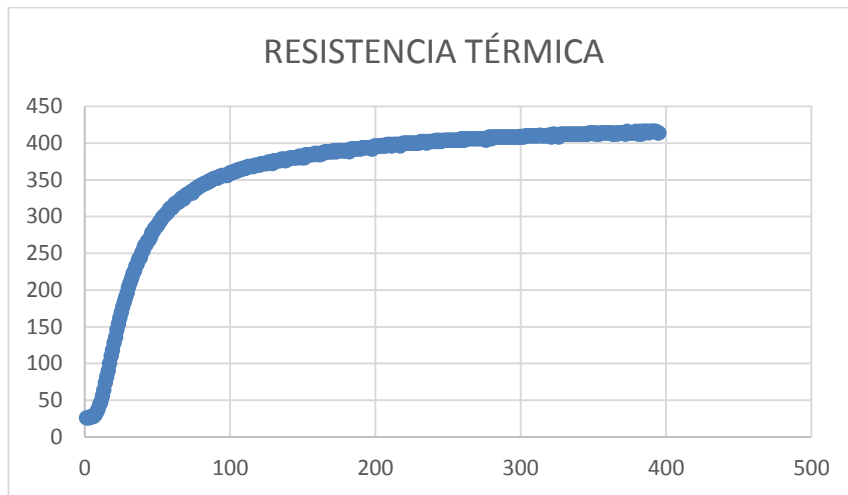
**Figura 0.7** Respuesta de un sistema de 1er orden a la entrada de un escalón unitario. Método de la curva de reacción (Cohen y Coon)

Donde:

- K- Ganancia estática, se define como el valor final ante la entrada de escalón unitario.
- T- Constante de tiempo (al 63% de su valor final)
- 3T- Tiempo establecido (Tiempo en que la respuesta empieza a estabilizarse)

Para obtener el modelo matemático se parte de la ecuación (3.10).

Experimentalmente se hace uso del sensor MAX6675, una termocupla tipo K, las librerías del fabricante del sensor y como circuito de adquisición de datos la placa Arduino MEGA, para obtener los datos de temperatura cada 1 segundo. Los datos obtenidos se graficaron en Microsoft Excel, obteniéndose la curva de variación de temperatura de la resistencia térmica respecto al tiempo. Se observa en la figura 3.8 una respuesta típica de un sistema de primer orden y de la cual se hallarán los valores de K y T al aplicar una señal de entrada de tipo escalón unitario.



**Figura 0.8 Curva de reacción de la resistencia térmica**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

De la figura 3.9 podemos obtener el valor de K trazando una línea paralela al eje del tiempo tangente en el infinito al valor máximo de temperatura de la resistencia térmica, es decir el valor de K será ligeramente mayor al valor de estabilización de la resistencia térmica.

El valor de la resistencia térmica es aproximadamente 414°C, se asume el valor de K= 410°C.

El valor de la constante de tiempo  $\tau$  se obtiene sobre la gráfica, para ello se observa el tiempo correspondiente a un valor del 63% de la ganancia K. El sistema comienza en 26 °C y no en 0°C,  $\tau$  se calcula:

$$63,2\% K = (\text{temperatura final} - \text{temperatura inicial}) * 63,2\% + 24^\circ\text{C}$$

$$63,2\% K = (420 - 26) * 0,632 + 24^\circ\text{C}$$

$$63,2\% K = 273^\circ\text{C}$$

El valor de 273 °C según la figura 3.9, corresponde a un valor de vector de tiempo de 60 segundos que es el valor de  $\tau$ .

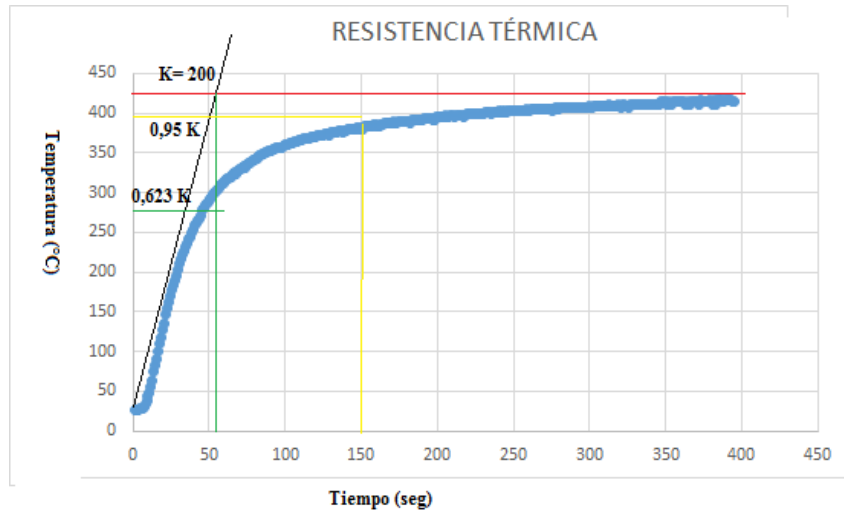
El tiempo en el cual la respuesta se estabiliza se toma a partir de un 95% del valor de la ganancia, entonces:

$$95\% K = (\text{temperatura final} - \text{temperatura inicial}) * 95\% + 24$$

$$95\% K = (420 \text{ }^\circ\text{C} - 26 \text{ }^\circ\text{C}) * 0,95 + 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$95\%K = 398,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

El valor que corresponde aproximadamente es 150 segundos, como se puede observar en la figura 3.9



**Figura 0.9 Método de la curva de reacción. Obtención de los valores de K,  $\tau$  y  $t_s$  gráficamente**

**Fuente: Elaborado por el autor**

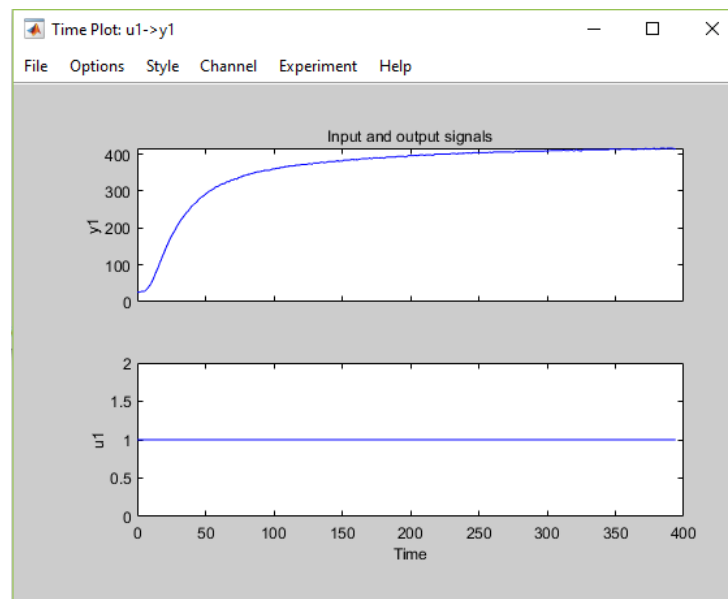
Reemplazando los valores obtenidos de K,  $\tau$  y  $t_s$  en la ecuación (3.9), obtenemos la función de transferencia

$$G(s) = \frac{410}{60s + 1} \quad (0.11)$$

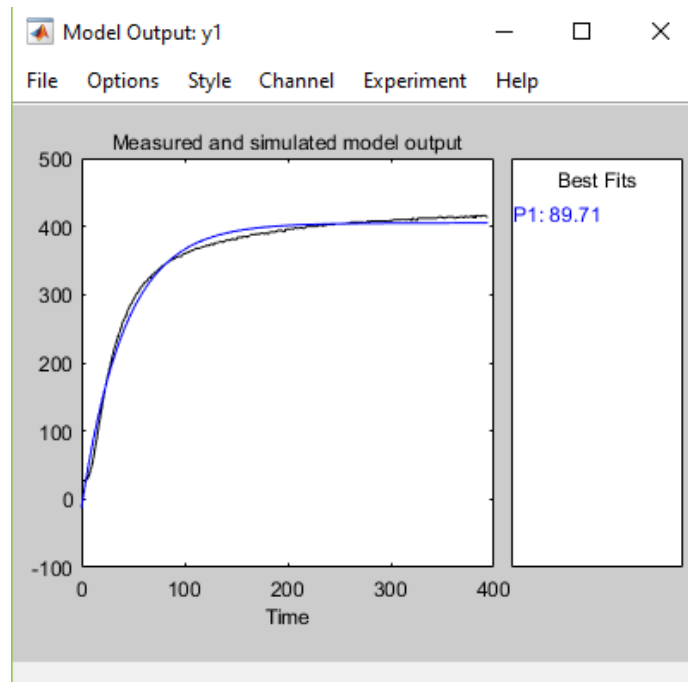
### 3.3.4 Modelado utilizando MATLAB®.

Para comprobar que los datos calculados son correctos se utiliza las funciones de las herramientas matemáticas de MATLAB®

A partir de los datos experimentales y aplicando una entrada de escalón unitario, la función `ident` de MATLAB® calcula la función de transferencia, estimando la salida del sistema con la función escalón. La figura 3.10 muestra la señal de entrada  $u_1$  (escalón unitario) y la salida del sistema  $y_1$ . En la figura 3.11 detalla el modelo de salida del sistema con una estimación del 89.71% a la señal original.



**Figura 0.10 Resultado obtenido de la función `ident` MATLAB®**  
**Fuente: Elaborado por el autor**



**Figura 0.11 Señal de salida modelada. Resultado obtenido ident MATLAB®**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

La función de transferencia estimada por MATLAB® se detalla en la figura 3.12.

```
G =

From input "u1" to output "y1":
  405.1
-----
 42.06 s + 1

Name: P1
Continuous-time transfer function.
```

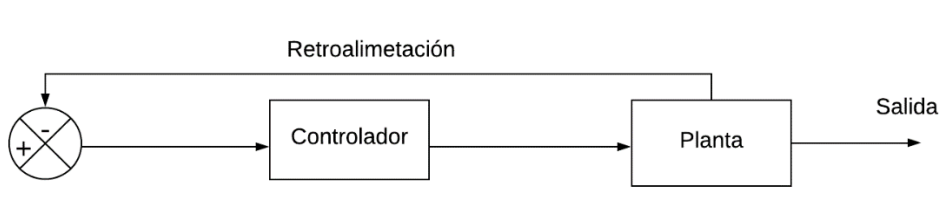
**Figura 0.12 Función de transferencia estimada por MATLAB®**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

Si se comparan los resultados obtenidos matemáticamente con los resultados de MATLAB®, entonces podemos corroborar que la función de transferencia corresponde a un sistema de primer orden y que los valores de  $K$  y  $\tau$  calculados difieren mínimamente debido a las aproximaciones realizadas. Siendo un sistema de primer orden, no se requiere una acción derivativa para el controlador puesto que las acciones proporcional e integral logran controlar el transitorio como el estacionario del sistema.

### 3.4 Diseño del controlador de temperatura

Para establecer la acción de control del sistema, es fundamental regular la temperatura mediante técnicas de control digital

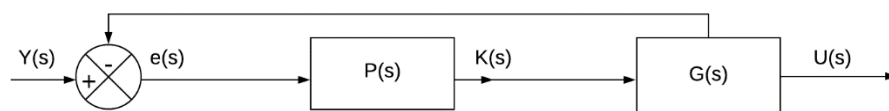
En la figura 3.13 se muestra el diagrama en bloques del sistema a implementar para el control de temperatura de la maquina de re trabajo SMD,



**Figura 0.13 Diagrama en bloques control de temperatura**

Fuente: Elaborado por el autor

El diagrama en bloques en el dominio de Laplace se muestra en la figura 3.14, en la misma se considera una retroalimentación unitaria que representa la señal que envía el sensor de temperatura



**Figura 0.14 Sistema en lazo cerrado en el dominio de Laplace**

Fuente: Elaborado por el autor

donde:

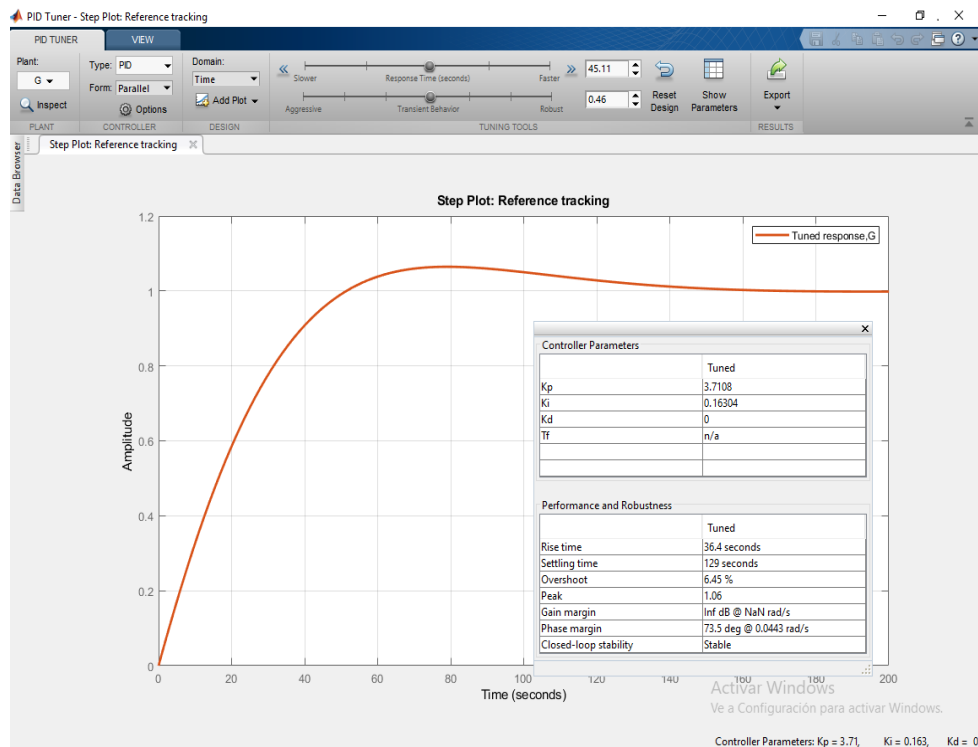
$P(s)$ - Controlador tipo Proporcional o Proporcional Integral

$G(s)$ - Representa la planta, correspondiente a la función de transferencia obtenida en el apartado en la 3.3.3

$E(s)$ - Señal de error

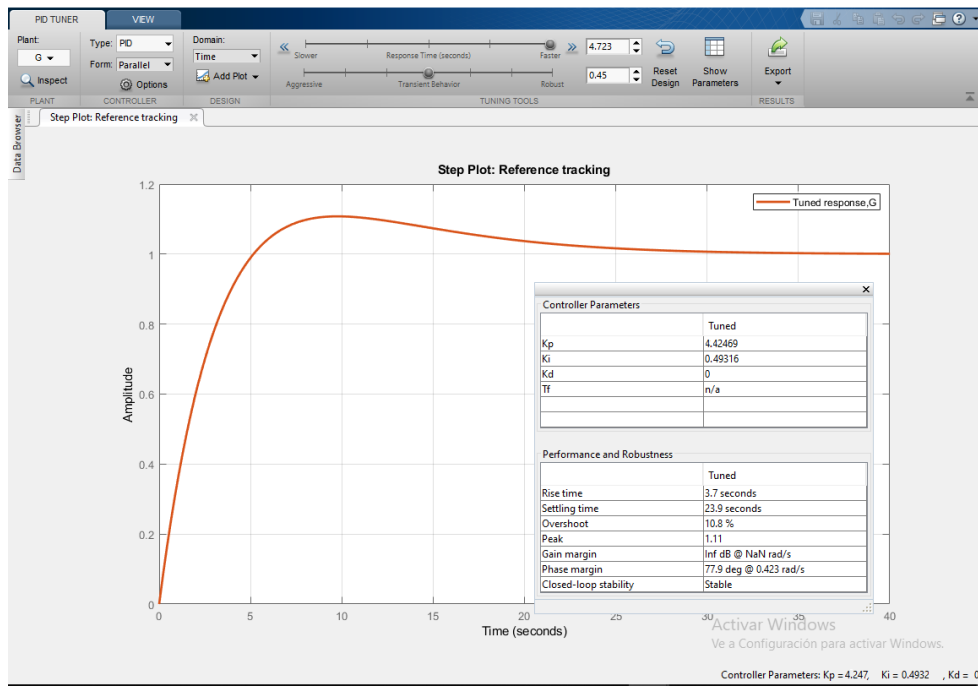
$K(s)$ - Señal de control

Para el diseño del controlador se hará uso de la función App PID Tuner de MATLAB®, que es una función diseñada para implantar controladores dinámicos de tipo P, PI, PID en tiempo continuo. A través de esta función se pretende hallar un controlador que presente el mejor desempeño a las necesidades del sistema. En la figura 3.15, 3.16 y 3.17 se obtienen los diferentes valores para las constantes  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$



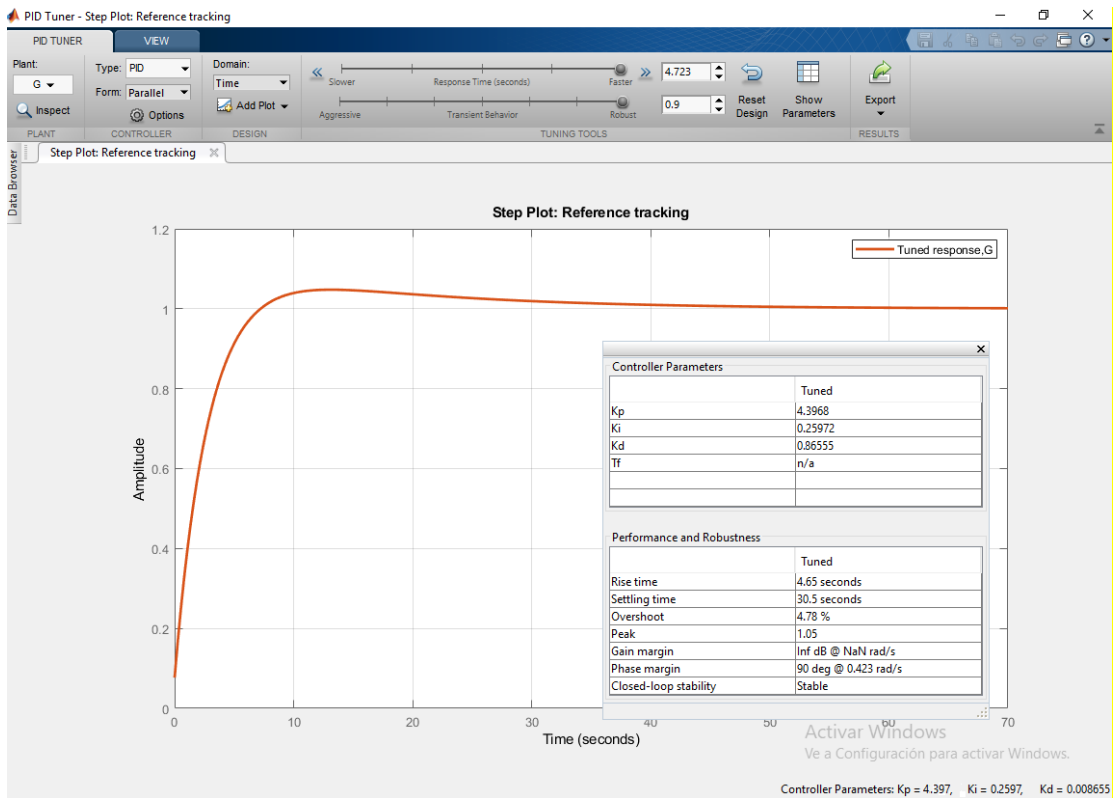
**Figura 0.15** Obtención de las constantes  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$

Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 0.16 Constantes  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  en modo rápido**

Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 0.17 Constantes  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  modo robusto**

Fuente: Elaborado por el autor



### 3.5 Sistema de control electrónico

El diseño del sistema de control del prototipo de una máquina de re manufactura de chips SMD, parte del diagrama de bloques presentado en la figura 1.5, en la que se propone manejar dos etapas de control independientes. Cada etapa será controlada por el Arduino MEGA, sensores de temperatura tipo K y el uso de las librerías PID, con los valores de las constantes  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  obtenidos en el apartado 3.4 del presente documento

### 3.6 Etapa de control -Menú

En esta etapa se desarrollará un interfaz hombre – máquina a través de un menú sencillo y amigable, en el cual el operario seleccionará el inicio o paro del proceso, los tiempos y temperaturas estarán ya pre configurados, siguiendo los parámetros establecidos (precalentamiento, activación, fusión, enfriamiento), dichos parámetros y el proceso en general se mostrarán en una pantalla LCD de 4 líneas de 16 caracteres (4x16).

### 3.7 Circuito de potencia para el control de temperatura

La etapa de potencia, es la encargada de regular el flujo de corriente hacia la resistencia térmica de manera que aumente o disminuya su temperatura, en base al control PID gobernado por el Arduino MEGA. Para el diseño del circuito se consideran las características técnicas de la resistencia térmica que son:

- Voltaje de operación: 120Vac
- Corriente máxima 12,5 A
- Resistencia: 6 - 9 ohmios

La resistencia térmica trabaja a 120Vac, el elemento escogido para gobernar el flujo de corriente será un SSR, ya que este permite aislar la etapa de control de la etapa de potencia de una manera muy sencilla y económica.

### **3.8 Programación**

En el anexo 1 se describe el código de programación así también, las librerías utilizadas y las hojas de datos de los sensores,



Como se puede observar en la imagen 4.1 disponemos de pines libres, con finalidad de agregar más funciones, sensores y/o actuadores en una futura implementación.

#### 4.2.2 Interfaz

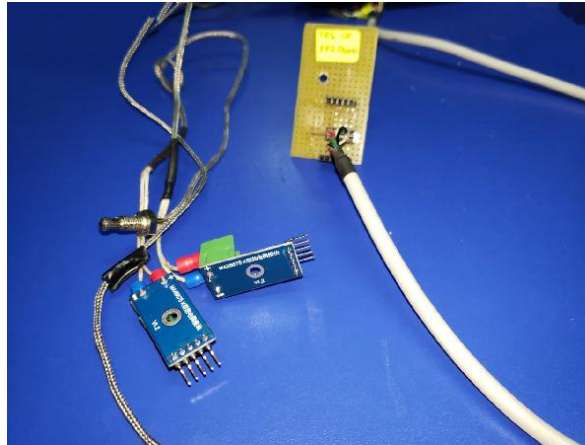
La placa se conecta a una pantalla LCD a través de los pines 2-5 11-12 para que el usuario obtenga información del proceso.



**Figura 0.2 Pantalla LCD**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

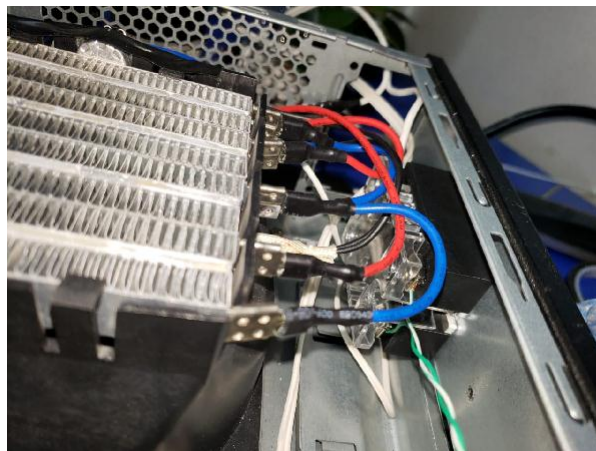
#### 4.2.3 Sensores de temperatura

La adquisición de los datos de temperatura se los realiza a través de las termocuplas tipo k y el circuito max6675 los cuales están conectados a los pines 42-53 del Arduino MEGA. En la figura 4.3 se puede observar las termocuplas, los max6675 y un circuito interfaz. El objetivo del interfaz es poder reemplazar con facilidad los termopares en caso de fallas.



**Figura 0.3 Termocupla tipo k con max6675**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

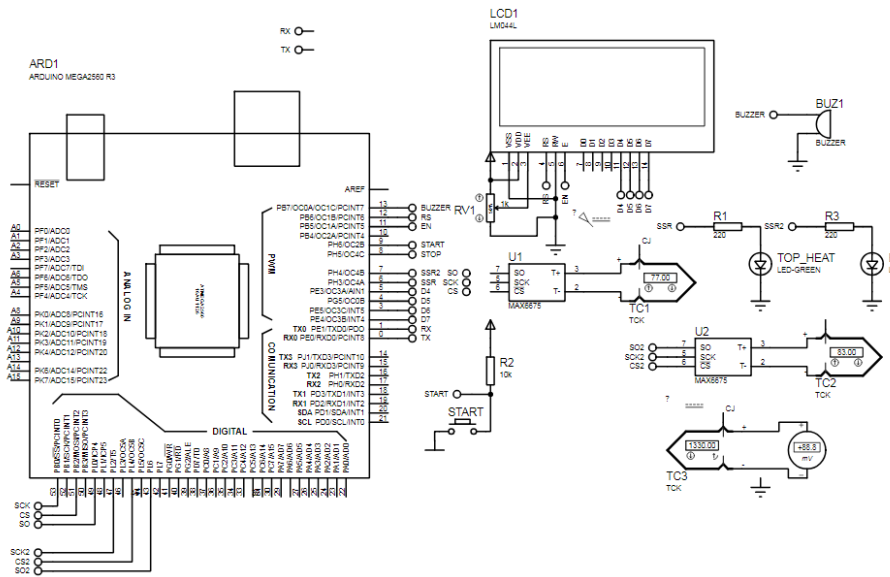
La salida para encender los actuadores se lo realiza a través de los pines 6 y 7, dichos pines cuentan con salidas digitales las cuales no son capaces de manejar voltaje de 110V, necesarios para las resistencias de calefacción. Por tal motivo se usó dos SSR ver figura 4.4, esta será la etapa de potencia del prototipo.



**Figura 0.4 SSR (Etapa de potencia)**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

El sistema cuenta con un único pulsador, el cual dará el pulso de activación del sistema. El diseño se lo pensó para un fácil uso sin dejar de lado la eficiencia.

En la figura 4.5 se muestra una simulación del prototipo, la cual fue exitosa, razón por la cual se procede entonces a ensamblar el hardware del prototipo.



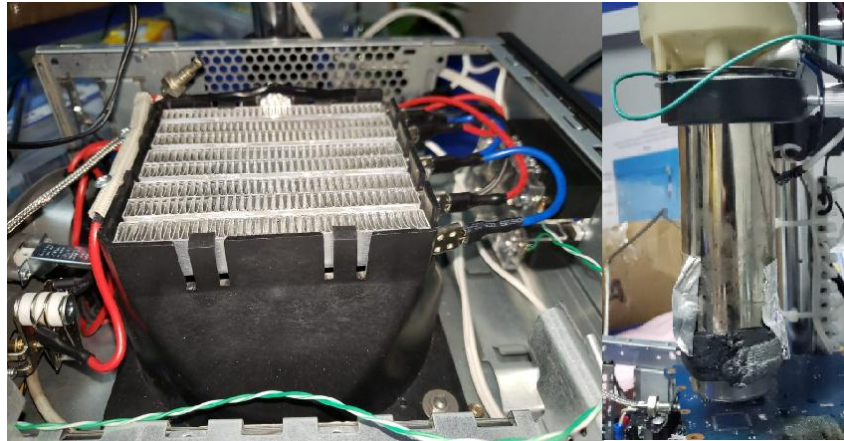
**Figura 0.5 Simulación del circuito utilizado en el prototipo.**  
**Fuente: Elaborado por el autor**



**Figura 0.6 Vista de frente del prototipo de máquina de re manufactura SMD**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

#### 4.2.4 Resistencias de calentamiento

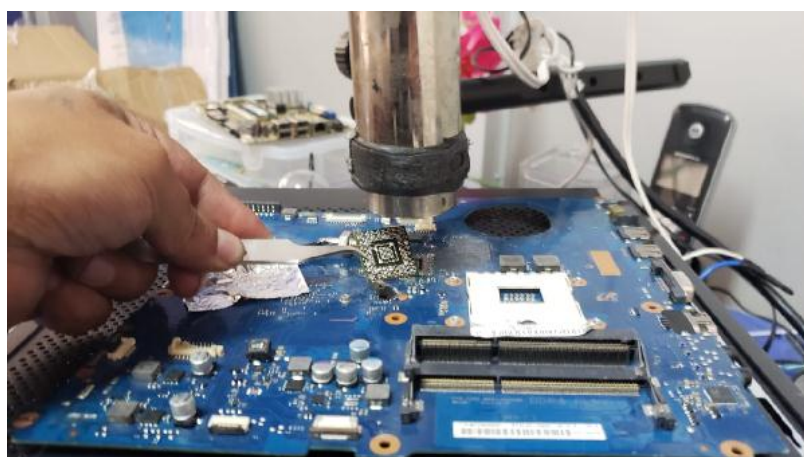
Las resistencias utilizadas en el presente proyecto son dos, la primera una tobera de aire, llevará la temperatura crítica, pues en su momento ella tendrá la temperatura más alta en sistemas de Reballing, dichas resistencias se detallan en la figura 4.7



**Figura 0.7 Resistencias de Calor**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

#### 4.2.5 Pruebas generales

Las pruebas fueron realizadas cuando todo fue ensamblado. Consistieron en comprobar que el control de temperatura cumple su función y además que el algoritmo sigue los pasos uno a uno para lograr la extracción del CHIP BGA. En la figura 4.8 se puede apreciar la extracción exitosa de un chip BGA, empezando con esto un reballing exitoso. Cabe recalcar que el reballing es un proceso complejo, la máquina cumple las funciones principales de extracción y suelda, los procesos de limpieza y fijación seguirán siendo manuales a cargo del técnico responsable.



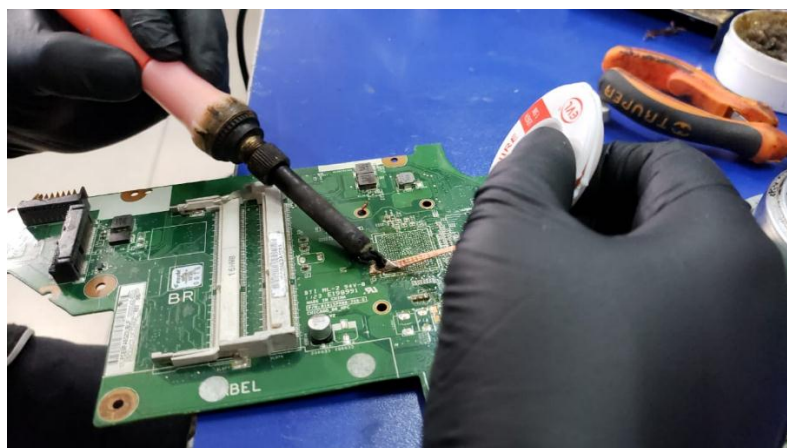
**Figura 0.8 Extracción de un chip BGA**  
**Fuente: Elaborado por el autor.**

Para la inserción del chip a la placa madre, es necesario en primer lugar limpiar tanto el chip como la placa madre. Tanto para la limpieza del chip como de la placa se utilizó malla desoldante, la cual ayuda a remover el estaño que ya se encuentra deteriorado. En la figura 4.9 se aprecia la limpieza de un chip. En la figura 4.10 se observa la limpieza de la placa madre.

Posteriormente el técnico fusionara de forma manual el chip BGA con nuevo estaño Figura 4.11, con la ayuda de plantillas para chip SMD.



**Figura 0.9 Limpieza chip BGA**  
**Fuente: Elaborado por el autor**



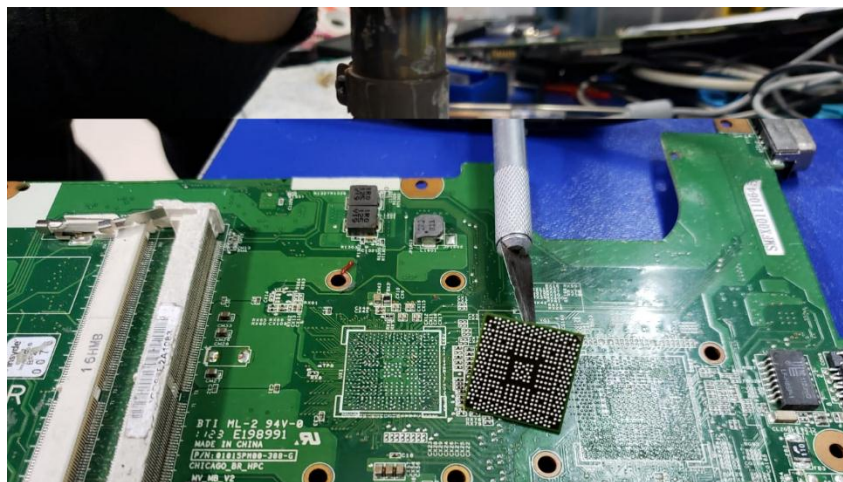
**Figura 0.10 Limpieza placa madre**  
**Fuente: Elaborado por el autor**





**Figura 0.11 Fusión de nuevo estaño al chip BGA**  
Fuente: Elaborado por el autor

Con la placa limpia, el chip BGA limpio y fusionado con nuevo estaño como se observa en la figura 4.12 se procede a utilizar nuevamente la máquina de re manufactura BGA, en esta ocasión el objetivo es fijar el chip BGA con la placa madre, para ello se utilizó el mismo perfil ya establecido Figura 4.13.



**Figura 0.12 Placa madre y chip BGA**  
Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 0.13** Placa y chip BGA en proceso de fusión  
Fuente: Elaborado por el autor

Terminado el proceso obtenemos la placa madre fundida con el chip BGA, de esta manera se llevó a cabo la validación de la soldadura y de soldadura de un chip BGA planteado en el presente trabajo.



**Figura 0.14** Fin del Proceso chip BGA soldado  
Fuente: Elaborado por el autor

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El resultado de este proyecto demuestra que, si es posible crear dispositivos electrónicos de bajo costo para reemplazar maquinarias importadas de alto valor comercial, incluso con proyección de un desarrollo comercial. El prototipo cumple la función de soldar y desoldar un chip BGA, brindando además otras posibles funciones (para futuros proyectos).
- El uso de componentes de electrónica analógica y digital permitió que la creación del prototipo sea cumplida a cabalidad, permitiendo además una escalabilidad futura del prototipo.
- El poner en práctica el uso de buenas técnicas de programación y diseño, elaborando diagramas de bloques, diagramas de flujo y similares, permitió el desarrollo del prototipo de una manera ligera y confiable.
- Realizando los pasos indicados anteriormente facilitó el desarrollo del diagrama esquemático del equipo.
- Luego de haber realizado el diagrama de bloques, flujo, esquemático y definido el controlador a utilizar, la creación del algoritmo se la realizó de una forma ordenada y lo más simple posible.
- Definir un esquema de pruebas permitió que se valide el funcionamiento total del prototipo, logrando la extracción exitosa de un chip BGA.

## **Recomendaciones**

En el mercado existen varios tipos de microcontroladores, para una implementación sencilla de un prototipo, de bajo costo, como el planteado en el presente proyecto, se recomienda el uso de dispositivos que puedan ser reprogramados sin necesidad de removerlos de su lugar asignado.

Como todo prototipo se debe validar su funcionamiento mediante varias pruebas de funcionamiento; con las cuales, si el prototipo no funciona como se espera, se puede ir corrigiendo errores hasta lograr su mejor desempeño.

En el prototipo implementado se debe realizar mejoras mecánicas y estructurales, para así lograr un producto comercial, así también se recomienda implementar un interfaz HMI para obtener mayor comodidad del técnico operario. En el diseño mecánico y estructural se recomienda contar con la colaboración de profesionales en estas ramas.

Se recomienda invertir tiempo y recursos en la investigación e implementación de este tipo de prototipos, para así, incentivar la producción nacional y dejar de ser consumidores, convertirnos en productores y contribuir así al cambio de la matriz productiva impulsada por el gobierno.

## Bibliografía

- Achi. (15 de Diciembre de 2018). *ebay Achi IR-6500 estación de retrabajo BGA Infrarrojo*. Obtenido de ebay: <https://www.ebay.com/itm/ACHI-IR-6500-Infrared-BGA-Rework-Station-220V/142054130182?epid=598122645&hash=item2113160206:g:mGQAAOSwo-VcBoAg:rk:17:pf:0>
- Arduino. (2018). *Primeros Pasos*. Obtenido de Arduino MEGA 2560: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560>
- Arian control & Instrumentación . (2018). <http://www.arian.cl/espanol/products.htm>. Obtenido de <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>.
- Artero, Ó. T. (2013). *ARDUINO Curso práctico de formación* . Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Åström , K. J., & Hägglund, T. (2009). *Control PID avanzado*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S. A.
- Definicion de procesos industriales*. (2019). Obtenido de <https://definicion.de/procesos-industriales/>
- Fidalgo, J. A., Fernández, M. R., & Fernández, N. (2016). *Tecnología Industrial II*. Madrid: Paraninfo.
- Gutierrez, G., De la Mora, A., Galván, E., & Cárdenas , R. (2010). *Automatizacion*. Mexico. haisertech. (Diciembre de 2018). *HR-6200*. Obtenido de <http://www.haisertech.com/producto/reballing-bga-h-r6200/>: <http://www.haisertech.com/producto/reballing-bga-h-r6200/>
- Infootec. (2018). <https://www.infootec.net/rele-estado-solido/>. Obtenido de Relé de estado sólido: <https://www.infootec.net/>
- jecrespom. (2 de Febrero de 2018). *Aprendiendo Arduino* . Obtenido de Sensores y actuadores: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/sensores-y-actuadores/>
- ruiz, A. B. (29 de Marzo de 2016). *Arduino en español*. Obtenido de Arduino y su documentación en español: <http://manueldelgadocrespo.blogspot.com/>
- Seamark ZM. (13 de Octubre de 2018). *Product Catagory*. Obtenido de Seamark ZM: <https://www.seamarkzm.com/product/zm-r6200-semi-auto-bga-rework-system>
- STEREN. (s.f.). *ABC de la mecatrónica* .

Técnicas electrónicas. (29 de Agosto de 2015). *Técnicas electrónicas*. Obtenido de 4-Rework-reballing 1ªparte: <http://tecnicaselectronicas.blogspot.com/2015/08/4-rework-reballing-1parte-zuhomao-r.html>

## ANEXOS

### Anexo 1: Código de Programación

```
#Algoritmo de programación máquina Rework V.1
#include <FastIO.h>
#include <I2CIO.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal_SR.h>
#include <LiquidCrystal_SR2W.h>
#include <LiquidCrystal_SR3W.h>
```

```
#include <PID_v1.h>
#include <max6675.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

```
//BOTONES DE INICIO Y PARADA
```

```
#define Start 9 //pulsador de start
```

```
#define Stop 8 //pulsador de stop
```

```
////SALIDAS DE PWM//
```

```
int PWM_out_1 = 6; // Salida PWM1: SSR_1
```

```
int PWM_out_2 = 7; //Salida PWM2: SSR_2
```

```
//VARIABLES A UTILIZAR
```

```
bool s_sleep = HIGH; //estado de dormir
```

```
bool inicio = HIGH;
```

```
bool parada = HIGH;
```

```
bool activar_boton_inicio = HIGH;
```

```
bool activar_boton_parada = LOW;
```

```
bool activar_contador = LOW;
```

```
int contador = 0;
```

```
//CONEXIONES DE PINES TERMMOCUPLA_1
```

```
int thermoCLK1 = 53;
```

```
int thermoCS1 = 51;
```

```
int thermoDO1 = 49;
```

```
////////////////////////////////////
```

```
//CONEXIONES DE PINES TERMMOCUPLA_2
```

```
int thermoCLK2 = 46;
```

```
int thermoCS2 = 44;
```

```
int thermoDO2 = 42;
```

```
////////////////////////////////////
```

```

////////////////////////////////////
//CONEXIONES DE PINES TERMMOCUPLA_3
int thermoCLK3 = 40;
int thermoCS3 = 38;
int thermoDO3 = 36;
////////////////////////////////////

//PARAMETROS DE DATOS DE CONTROL TERMOCUPLA_1
MAX6675 thermocouple1(thermoCLK1, thermoCS1, thermoDO1); //top heater
thermocouple1

//PARAMETROS DE DATOS DE CONTROL TERMOCUPLA_2
MAX6675 thermocouple2(thermoCLK2, thermoCS2, thermoDO2); //bottom heater
thermocouple2

//PARAMETROS DE DATOS DE CONTROL TERMOCUPLA_2
MAX6675 thermocouple3(thermoCLK3, thermoCS3, thermoDO3); //Temperatura
Real thermocouple3

////////VARIABLES DE LOS PID////////

////////PID_1 PARA CONTROL DE TOP HEAT
double Error1 ; //Error de PID
double Input1; //Temperatura Actual "Leido con el Sensor"
double Output1; // Salida al Actuador desde el PID
double Setpoint1; //Temperatura del Set Point, Punto de Ajuste fijado manualmente"
double agr_Kp1=4, agr_Ki1=0.55, agr_Kd1=1; // p=4, i=0.2, d=1 - Parámetros de
ajuste en PID agresivos
double con_Kp1=4, con_Ki1=0.55, con_Kd1=1; // p=1, i=0.05, d=0.25 - parámetros de
ajuste en PID conservadores

////////PID_2 PARA EL CONTROL DEL BOTTOM HEAT
double Error2 ; //Error de PID
double Input2; //Temperatura Actual "Leido con el Sensor"
double Output2; // Salida al Actuador desde el PID
double Setpoint2; //Temperatura del Set Point, Punto de Ajuste fijado manualmente"
double agr_Kp2=20, agr_Ki2=1, agr_Kd2=0; // p=4, i=0.2, d=1 - Parámetros de
ajuste en PID agresivos
double con_Kp2=20, con_Ki2=1, con_Kd2=0; // p=1, i=0.05, d=0.25 - parámetros de
ajuste en PID conservadores

////CONFIGURACIONES DE LOS PID////////
PID myPID1(&Input1, &Output1, &Setpoint1, con_Kp1, con_Ki1, con_Kd1, P_ON_E,
DIRECT); // y DIRECT or REVERSE
PID myPID2(&Input2, &Output2, &Setpoint2, con_Kp2, con_Ki2, con_Kd2, P_ON_E,
DIRECT); // y DIRECT or REVERSE
////////
//VARIABLES DE TEMPERATURA

```



```

float Tem_Sen_1=0.0;      //variables cuando se usan los sensores LM35
float Tem_Sen_2=0.0;

float temperatura1 = 0.0; //variables cuando se implementan las termocuplas K
float temperatura2 = 0.0;
float temp_real = 0.0;

//CONFIGURACIONES GENERALES
void setup()
{
  //ENTRADAS ANALOGICAS
  pinMode (lm35_1,INPUT);
  pinMode (lm35_2,INPUT);
  pinMode (lm35_3,INPUT);

  //ENTRADAS DIGITALES
  pinMode(Start, INPUT);
  pinMode(Stop, INPUT_PULLUP);

  //SALIDAS
  pinMode(PWM_out_1, OUTPUT);
  pinMode(PWM_out_2, OUTPUT);
  pinMode(GND_STOP, OUTPUT);

  digitalWrite(vcc_termocupla3,HIGH);
  digitalWrite(gnd_termocupla3,LOW);

  digitalWrite(GND_STOP,LOW); //PIN GND_STOP

  //digitalWrite(led_on_off,LOW);

  //Endender los PID en modo automatico
  myPID1.SetMode(AUTOMATIC);
  myPID2.SetMode(AUTOMATIC);

  //parametros de la lcd
  lcd.begin(20,4);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Universidad Israel");
  lcd.setCursor(3,2);
  lcd.print("Rework v.1");
  delay(1000);

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print("MAQUINA");
  lcd.setCursor(5,2);

```

```

lcd.print("REBALLING");
delay(1000);

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("INICIO DE REBALLING");
    lcd.setCursor(2, 2);
    lcd.print("Presione START.. ");

    temp_real= thermocouple3.readCelsius(); //SENSA LA TEMPERATURA REAL DE
LA PLACA
    lcd.setCursor(11,3);
    lcd.print("TR:");
    lcd.setCursor(14,3);
    lcd.print(temp_real);

/*lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("TOP:");
//lcd.print(char(223));
//lcd.print('C');
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print("SET:");
// lcd.print(char(223));
// lcd.print('C');

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("BOT:");
//lcd.print(char(223)); //caracter de grados
//lcd.print('C');
lcd.setCursor(11, 2);
lcd.print("SET:");
*/
delay(1000);
} //fin setup

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//INICIO DEL PROGRAMA PRINCIPAL//
void loop() {

    sensado_TR();

    //Leer_pulsadores
    inicio = digitalRead(Start); //LEE EL BOTON START
    parada = digitalRead(Stop); //LEE EL BOTON STOP

    if(inicio == LOW){
        if(activar_boton_inicio == HIGH){
            activar_boton_inicio = LOW;
            activar_boton_parada = HIGH;

```

```

    activar_contador = HIGH;

}
} //fin boton inicio

if(activar_contador == HIGH){

    contador++;
    ///////////ETAPA DE PREHEAT////////////////////////////////////
while(contador < 90){

    Setpoint1 = 160.0;
    Setpoint2 = 120.0;
    proceso();

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("PREHEAT...");

    pantalla();
    delay(tiempo);

break;
}

//////////ETAPA DE ACTIVACION DEL FLUX////////////////////////////////////
while(contador >90 && contador <180){

    Setpoint1 = 190.0;
    Setpoint2 = 120.0;

    proceso();

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("ACTIVACION FLUX...");
    pantalla();
    delay(tiempo);
break;
}
//////////ETAPA DE SOLDER AND DESOLDER////////////////////////////////////

//DESOLDER..
while(contador >180 && contador <350){

    Setpoint1 = 260.0; //330
    Setpoint2 = 120.0;
    proceso();

```

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SOLDER...");
pantalla();
delay(tiempo);
break;
}

////ETAPA DE ENFRIAMIENTO////////////////////////////////////

while(contador >350 && contador <400){

    Setpoint1 = 25.0;
    Setpoint2 = 25.0;
    proceso();

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("ENFRIAMIENTO...");
    pantalla();
    delay(tiempo);
    break;
}

while(contador>=400){
if(contador>=400){
    contador =0;
    activar_contador = LOW;

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print("FIN DE PROCESO");
    delay(500);

}
}

} //fin de activar_contador

//para hacer stop y q el contador siga contando
//desde donde quedo el conteo
if(parada == LOW){
    if(activar_boton_parada == HIGH){
        activar_boton_parada = LOW;
        activar_boton_inicio = HIGH;
        activar_contador = LOW;
        sensado_TR();

    }
}

```



```

if (Error2 < 15)
  { // estamos cerca del punto de ajuste, usamos parámetros de ajuste conservadores
    myPID2.SetTunings(con_Kp2, con_Ki2, con_Kd2);
  }
else
  {
  // estamos lejos del punto de ajuste, usamos parámetros de ajuste agresivos
  myPID2.SetTunings(agr_Kp2, agr_Ki2, agr_Kd2);
  }

  myPID2.Compute();
  ///////////////////////////////////////////////////////////////////

  ///////////////////////////////////////////////////////////////////ETAPA      DE      CONTROL      PWM      POR
  PID/////////////////////////////////////////////////////////////////
  //escribe dependiendo de la salida

  if abs(Input1 > (Setpoint1 - 2))// para sensar antes de 1 grado menos del SET
  { analogWrite(PWM_out_1,0);
  }
  else
  {
  analogWrite(PWM_out_1, Output1);
  }
  ///////////////////////////////////////////////////////////////////

  //escribe dependiendo de la salida

  if abs(Input2 > (Setpoint2 - 2))// para sensar antes de 1 grado menos del SET
  { analogWrite(PWM_out_2,0);
  }
  else
  {
  analogWrite(PWM_out_2, Output2);
  }
  ///////////////////////////////////////////////////////////////////
  }

  ///////////////////////////////////////////////////////////////////
  //FUNCION PARA VISUALIZACION EN PANTALLA LCD
  void pantalla(){

  //Actualiza la pantalla LCD
  // lcd.setCursor(0, 0);
  // lcd.print("PREHEAT...");
  //lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T: ");
  lcd.setCursor(2, 1);

```

```

lcd.print(Input1);

lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print("SET:");
lcd.setCursor(14, 1);
lcd.print(Setpoint1);

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("B:");
lcd.setCursor(2, 2);
lcd.print(Input2);

lcd.setCursor(10, 2);
lcd.print("SET:");
lcd.setCursor(14, 2);
lcd.print(Setpoint2);

lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("Conteo:");
lcd.setCursor(7, 3);
lcd.print(contador);

lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("TR:");
lcd.setCursor(14,3);
lcd.print(temp_real);

delay(tiempo);
} //fin funcion pantalla()

void sensado_TR(){
// activar_boton_inicio == HIGH;
//if (activar_boton_inicio == HIGH){

temp_real= thermocouple3.readCelsius(); //SENSA LA TEMPERATURA REAL
DE LA PLACA
lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("TR:");
lcd.setCursor(14,3);
lcd.print(temp_real);
//delay(100);

//}

}

```

## Anexo 2: Manual de Usuario Rework V.1



**Versión: V.1**

**AUTOR:**

Carlos David Simbaña Saransig

**QUITO, ECUADOR**

**2019**



## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	60
PRECAUCIONES DE INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO .....	61
Fuente de alimentación .....	61
Requisitos de espacio .....	61
Precauciones de funcionamiento .....	61
INTRODUCCION A LA MAQUINA DE RE MANUFACTURA .....	63
OPERACIÓN.....	63
QUITAR DESOLDAR CHIP BGA .....	63
Mantenimiento .....	66
Especificación técnica.....	67

## PRECAUCIONES DE INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Para garantizar la seguridad y prevenir posibles daños al equipo o al técnico operario, es necesario instalar el equipo en una ubicación que cumpla las siguientes condiciones:

- **lejos de inflamables**
- **Lugar estable y plano**
- **Lugar libre de efectos directos del flujo de aire acondicionado, calefacción o ventilador.**
- **Lugar con buena ventilación**
- **Lugar con iluminación adecuada**

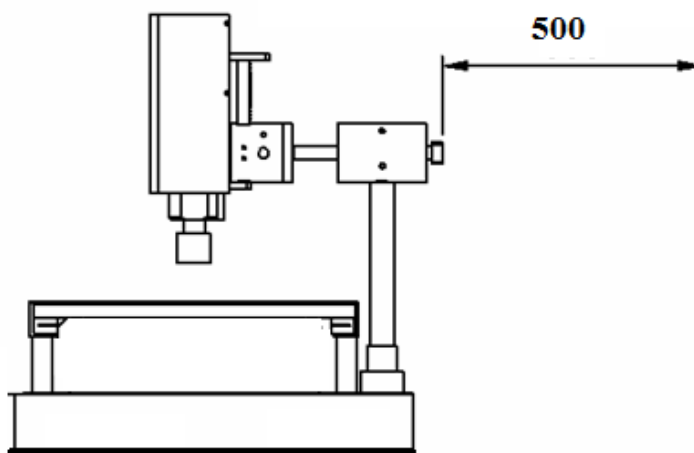
### 4.3 Fuente de alimentación

Potencia y tensión deben cumplir los siguientes requisitos:

- Tensión: AC 110V
- Frecuencia : 60 Hz

### 4.4 Requisitos de espacio

Para facilitar la operación, reemplazo de componentes y mantenimiento del equipo, es necesario reservar mínimo 500mm en la parte posterior.



### 4.5 Precauciones de funcionamiento

Siga las instrucciones del presente manual para el buen funcionamiento del equipo.

1. Al encender el equipo cerciorarse de la existencia del flujo de aire. La ausencia de aire en los sistemas de calefacción podría ocasionar el daño de los calefactores.
2. Verificar el buen estado de los sensores de temperatura.

3. Limpie regularmente la superficie de la máquina. En particular, mantener limpias las superficies de calentamiento.
4. Evitar los ventiladores eléctricos u otro equipo que sople aire hacia el equipo, esto puede afectar el desempeño correcto del equipo.
5. Mantenga la zona de calentamiento lejos de productos inflamables, puede causar un incendio o explosión, colocar el PCB para proceso en los racks de apoyo.
6. Para evitar quemaduras, por favor, use guantes resistentes al calor y no toque la zona de alta temperatura mientras trabajaba.
7. Nunca utilice aerosoles inflamables, líquidos o gases en cualquier ubicación cerca del equipo
8. No retire el panel frontal o la cubierta de la caja eléctrica, porque el armario eléctrico contiene componentes de alto voltaje que pueden causar choques eléctricos.
9. En el caso de cualquier metal o líquido cae accidentalmente en la maquinaria durante el trabajo, apagar la línea de alimentación inmediatamente. Quitar esas materias extrañas o contaminantes después de que la máquina se enfríe. Si los contaminantes permanecen allí, puede ocasionar mal olor o provocar un cortocircuito después de reiniciar.

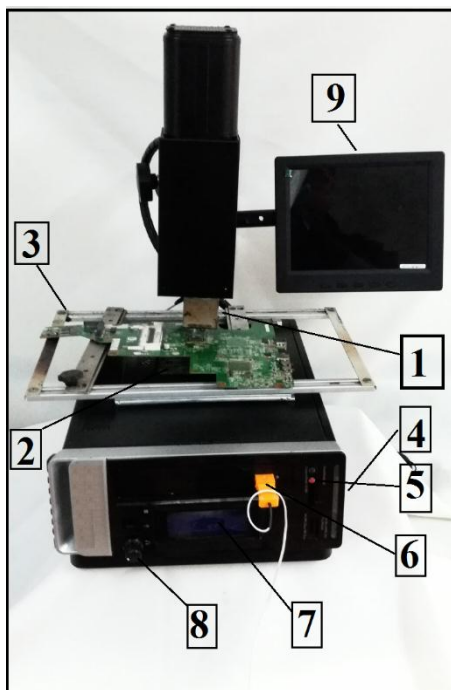
NOTA:



**Nunca limpiar los calefactores con líquidos; la humedad puede causar daños en el equipo.**

## INTRODUCCION A LA MAQUINA DE RE MANUFACTURA

La máquina rework v.1 esta provista de 2 calentadores (calentador inferior botton, calentador superior top). El calentador superior actúa directamente sobre el chip BGA, para asegurarse que el chip llegue al punto de fusión. El calentador inferior asegura una temperatura constante y uniforme para evitar que la PCB se deforme. A continuación se detalla un diagrama esquemático general:



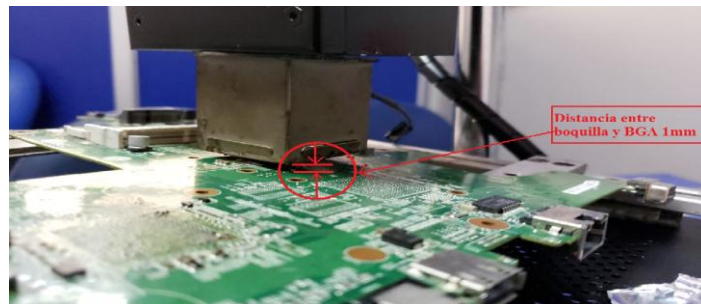
Número	Descripción
1	Calefactor superior
2	Calefactor inferior
3	Sujetadores
4	Botón de encendido
5	Botón de reset
6	Sensor temperatura
7	Display
8	Ajuste contraste para display
9	Monitor

### OPERACIÓN

#### 4.6 QUITAR DESOLDAR CHIP BGA

Para desoldar un chip BGA se deben seguir las siguientes instrucciones:

1. Limpiar la PCB, eliminar restos de polvo, oxido o sulfato
2. Cubrir los componentes plásticos
3. Extraer pilas o baterías integradas
4. Ingresar una cantidad prudente de flux
5. Colocar la PCB en los sujetadores
6. Colocar el sensor de temperatura, junto al chip a extraer
7. Bajar la tobera de aire superior (1 mm de distancia aprox.)



8. Iniciar el programa
9. Al llegar a la etapa de fusión se podrá extraer el chip, usar la herramienta de succión para recoger el BGA.



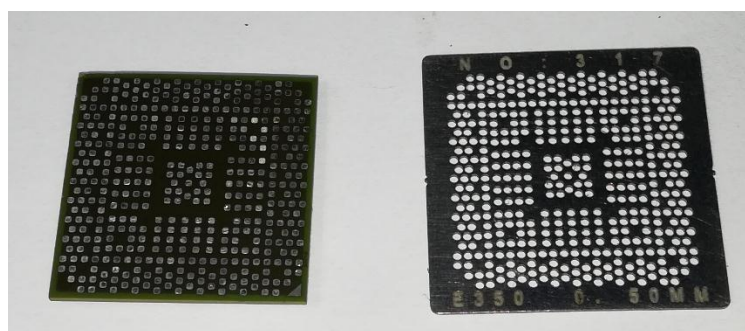
10. Inmediatamente es retirado el chip, limpiar la PCB, así eliminar los restos de soldadura deteriorada.



11. Del mismo modo limpiar el chip BGA

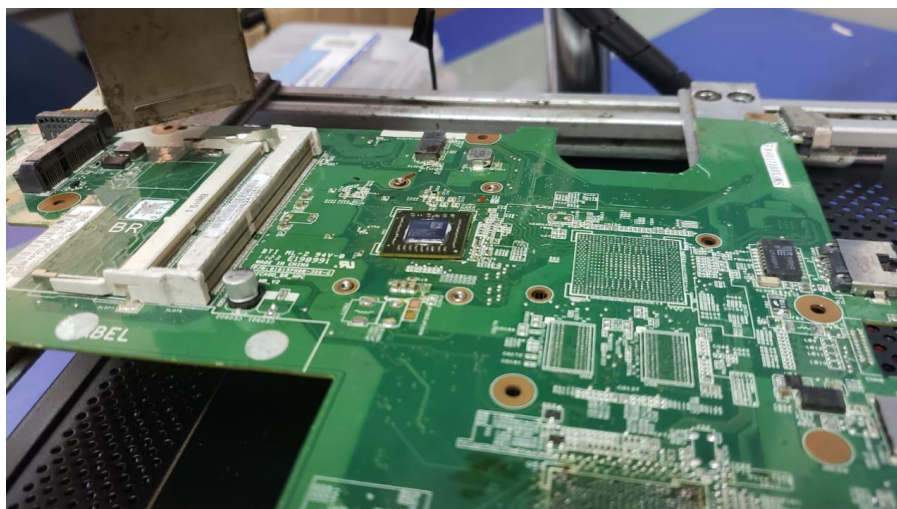


12. Con el chip limpio, proceder a fusionar el chip con nuevas esferas de estaño, usar la plantilla adecuada (según el chip)



13. Repetir los pasos del 1 al 8 para empezar nuevamente el proceso.

14. El chip BGA está soldado de una mejor manera a la PCB.



#### 4.7 Mantenimiento

A fin de garantizar la función de la máquina y prolongar la vida útil, durante uso, tenemos que hacer algún mantenimiento en el sistema regularmente como sigue:

Nombre de componentes	Método de mantenimiento	Período de mantenimiento
Calentador superior	Abra la cubierta, limpiar el ventilador con aire de alta presión	1 mes
Calentador superior	Aplicar lubricante en los mecanismo de unidad	1 mes
Caja electrónica	Abra la tapa trasera de la máquina, utilizar la aspiradora para aspirar el polvo y suciedad y comprobar si la componentes fijados bien	3 meses
Panel de calefacción inferior	Limpiar el ducto de calefacción con paño seco (no utilice uno húmedo)	1 día

#### 4.8 Especificación técnica

PCB aplicable	Tamaño máximo de PCB	300 x 250 mm
	Área funcional	300 x 250 mm
	Espesor de PCB	3mm
BGA aplicable	Tamaño máximo	55 x 55 mm
	Tamaño mínimo	1x1mm
	Peso Max	80 g
Control de la temperatura	Calentador superior	350°C
	Inferior del calentador	150°C
Consumo de energía	Energía para la operación	1500W
	Principal (superior) del calentador	500 W
	Inferior del calentador	300 W
Parámetro del sistema	Dimensión	650 * 500 * 600 mm
	Peso	5 KG
Voltaje de entrada	Poder requisito de	CA 110 V



## Anexo 3: MAX6675

19-2235; Rev 1; 3/02

# Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

### Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

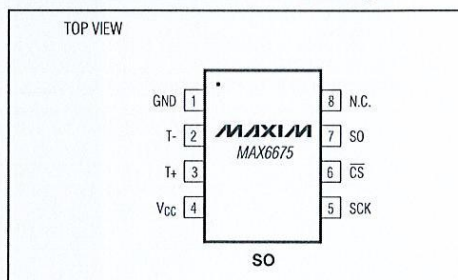
### Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

### Applications

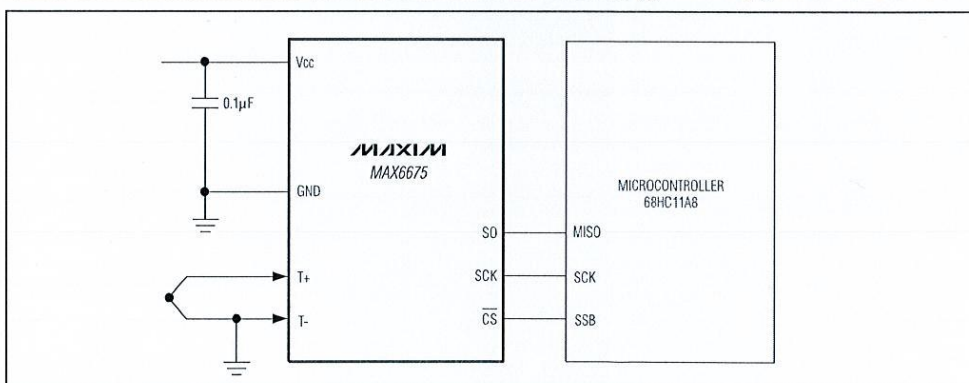
Industrial  
Appliances  
HVAC  
Automotive

### Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

### Typical Application Circuit



Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com).

MAX6675

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND	-0.3V to V <sub>CC</sub> + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SO Current	50mA	SO Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = +3.0V to +5.5V, T<sub>A</sub> = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Temperature Error		T <sub>THERMOCOUPLE</sub> = +700°C, T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-5		+5	LSB
			V <sub>CC</sub> = +5V	-6		+6	
		T <sub>THERMOCOUPLE</sub> = 0°C to +700°C, T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-8		+8	
			V <sub>CC</sub> = +5V	-9		+9	
T <sub>THERMOCOUPLE</sub> = +700°C to +1000°C, T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-17		+17			
	V <sub>CC</sub> = +5V	-19		+19			
Thermocouple Conversion Constant				10.25		μV/LSB	
Cold-Junction Compensation Error		T <sub>A</sub> = -20°C to +85°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V <sub>CC</sub> = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution				0.25		°C	
Thermocouple Input Impedance				60		kΩ	
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		3.0		5.5	V	
Supply Current	I <sub>CC</sub>			0.7	1.5	mA	
Power-On Reset Threshold		V <sub>CC</sub> rising	1	2	2.5	V	
Power-On Reset Hysteresis				50		mV	
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s	
<b>SERIAL INTERFACE</b>							
Input Low Voltage	V <sub>IL</sub>				0.3 x V <sub>CC</sub>	V	
Input High Voltage	V <sub>IH</sub>			0.7 x V <sub>CC</sub>		V	
Input Leakage Current	I <sub>LEAK</sub>	V <sub>IN</sub> = GND or V <sub>CC</sub>			±5	μA	
Input Capacitance	C <sub>IN</sub>			5		pF	

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>CC</sub> = +3.0V to +5.5V, T<sub>A</sub> = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

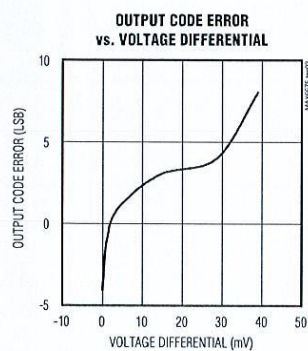
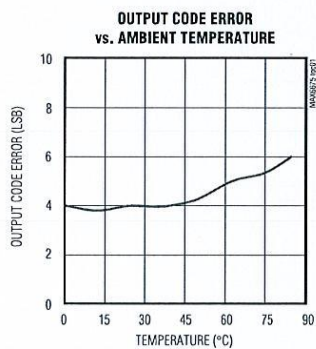
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V <sub>OH</sub>	I <sub>SOURCE</sub> = 1.6mA	V <sub>CC</sub> - 0.4			V
Output Low Voltage	V <sub>OL</sub>	I <sub>SINK</sub> = 1.6mA			0.4	V
<b>TIMING</b>						
Serial Clock Frequency	f <sub>SCL</sub>				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t <sub>CH</sub>		100			ns
SCK Pulse Low Width	t <sub>CL</sub>		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t <sub>CS</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t <sub>DE</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t <sub>DR</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t <sub>DO</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns

**Note 1:** All specifications are 100% tested at T<sub>A</sub> = +25°C. Specification limits over temperature (T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.

### Typical Operating Characteristics

(V<sub>CC</sub> = +3.3V, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)



## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

### Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	$\overline{CS}$	Chip Select. Set $\overline{CS}$ low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

### Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

#### Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu\text{V} / ^\circ\text{C}) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

$V_{OUT}$  is the thermocouple output voltage (µV).

$T_R$  is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

$T_{AMB}$  is the ambient temperature (°C).

#### Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

#### Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

### Applications Information

#### Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force  $\overline{CS}$  low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing  $\overline{CS}$  low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing  $\overline{CS}$  high.

Force  $\overline{CS}$  low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

#### Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

#### Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1 $\mu$ F ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

#### Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

#### Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

### Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

MAX6675

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

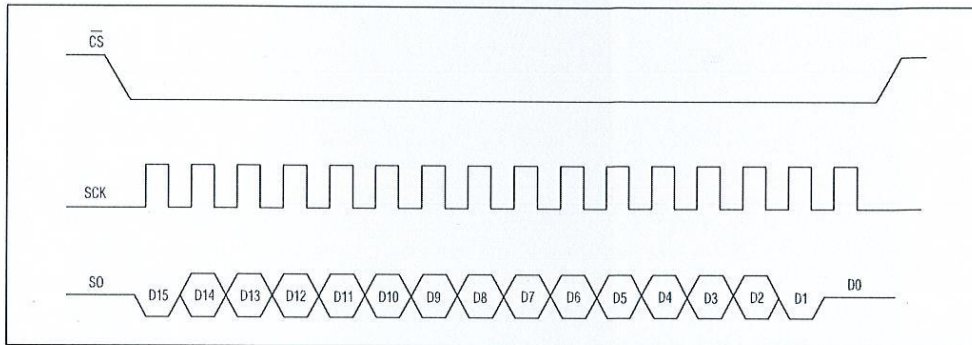


Figure 1a. Serial Interface Protocol

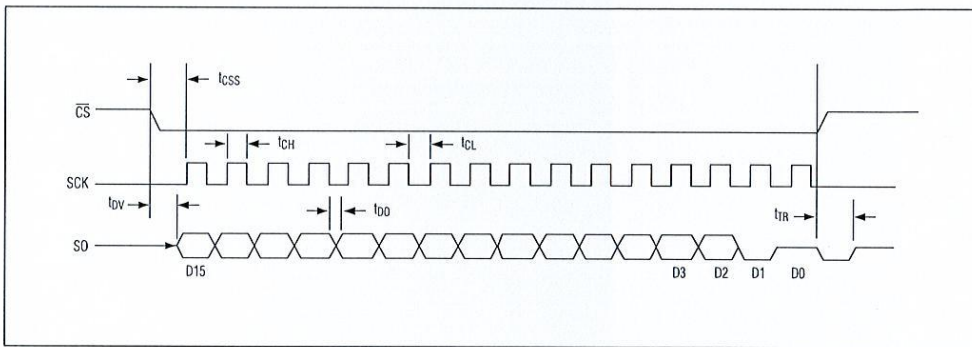


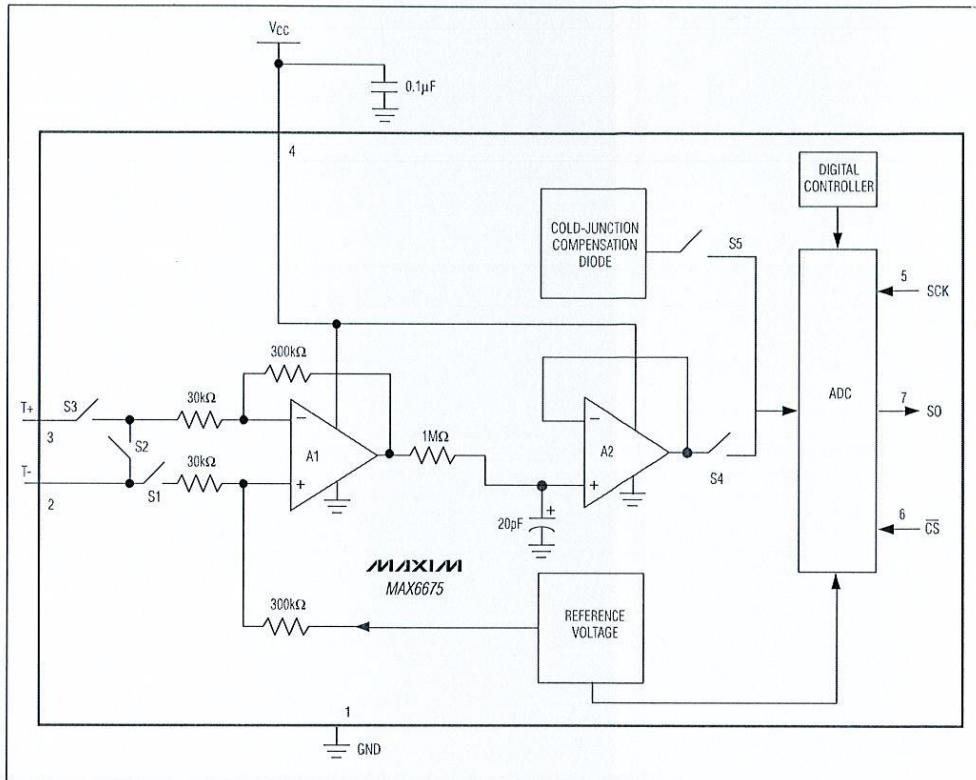
Figure 1b. Serial Interface Timing

BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING											THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE	
		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4				3
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Figure 2. SO Output

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram

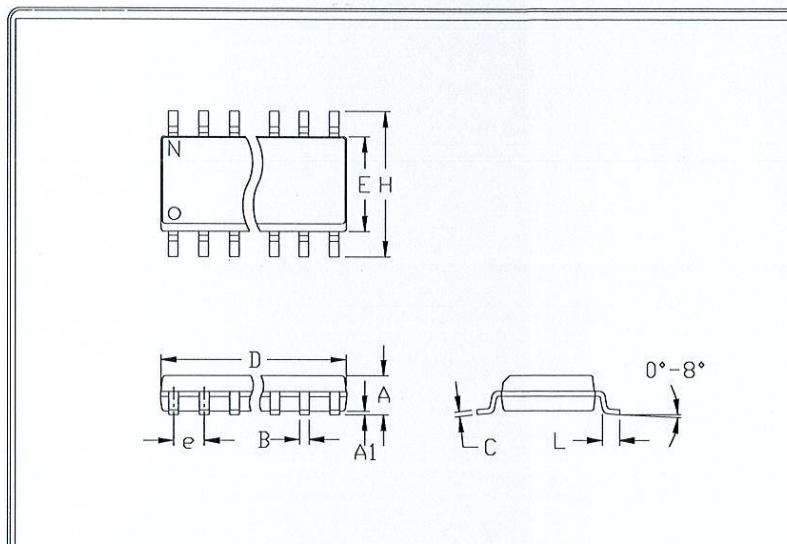


MAX6675

# Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

## Package Information



	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050		1.27	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
h	0.010	0.020	0.25	0.50
L	0.016	0.050	0.40	1.27

	INCHES		MILLIMETERS		N	MS012
	MIN	MAX	MIN	MAX		
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	A
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	B
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	C

## NOTES:

1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .15mm (.006")
3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN .102mm (.004")
4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
5. MEETS JEDEC MS012-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
6. N = NUMBER OF PINS



PACKAGE FAMILY OUTLINE: SOIC .150"



21-0041 A

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

8 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600

© 2002 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.



## Anexo 4: Carta Auspicio HD



**Hardware Doctor**  
Especialistas en reparación de laptops

**Hardware Doctor**  
Especialistas en reparación de laptops  
Importadores Directos de partes y piezas

### Carta de Auspicio

- 1 Matriz: 2544-162
- 2 info@hardwaredoctor.com.ec
- 3 Reina Victoria N22-58 Veintimilla  
Edf. Grecia II P.B.
- 4 www.hardwaredoctor.com.ec

Quito, 12 de diciembre 2017.

Señor(s) Ing, Msc

Coordinador(s) de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y  
Telecomunicaciones

Presente. -

De nuestra consideración:

Por la presente, Ing. Fanny Dominguez, en mi calidad de Gerente de la empresa Hardware Doctor S.A nos comprometemos a otorgar el auspicio al señor Carlos David Simbaña portador de la cedula de ciudadanía 1715544605, colaborador de nuestra empresa, para que realice el proyecto **PROTOTIPO DE UNA MAQUINA DE SUELDA BGA** a ser desarrollado para nuestra empresa, bajo las siguientes condiciones:

- Nuestra empresa se compromete, de ser el caso, a entregar el apoyo logístico necesario para que el mencionado proyecto llegue a su feliz término.
- La información que se entregue será clasificada por nuestra empresa y podrá ser divulgada solo con autorización expresa.
- En esta fase del proyecto se desea implementar el prototipo, en el cual lo importante es el diseño electrónico de las placas de control, sensores y actuadores para posteriormente en una segunda fase realizar la implementación total de la MÁQUINA DE SUELDA BGA.
- Se llevará seguimiento al trabajo efectuado, comprometiéndose a entregar una carta de conformidad al finalizar el proyecto.
- Aceptamos que la propiedad intelectual es de la Universidad Israel, sin embargo el trabajo puntual podrá ser utilizado por nuestra empresa sin requerimiento de autorización alguna.
- Doy fe que el presente trabajo no se encuentra en desarrollo

Atentamente

Ing. Fanny Dominguez

Gerente Hardware Doctor S.A



DELL

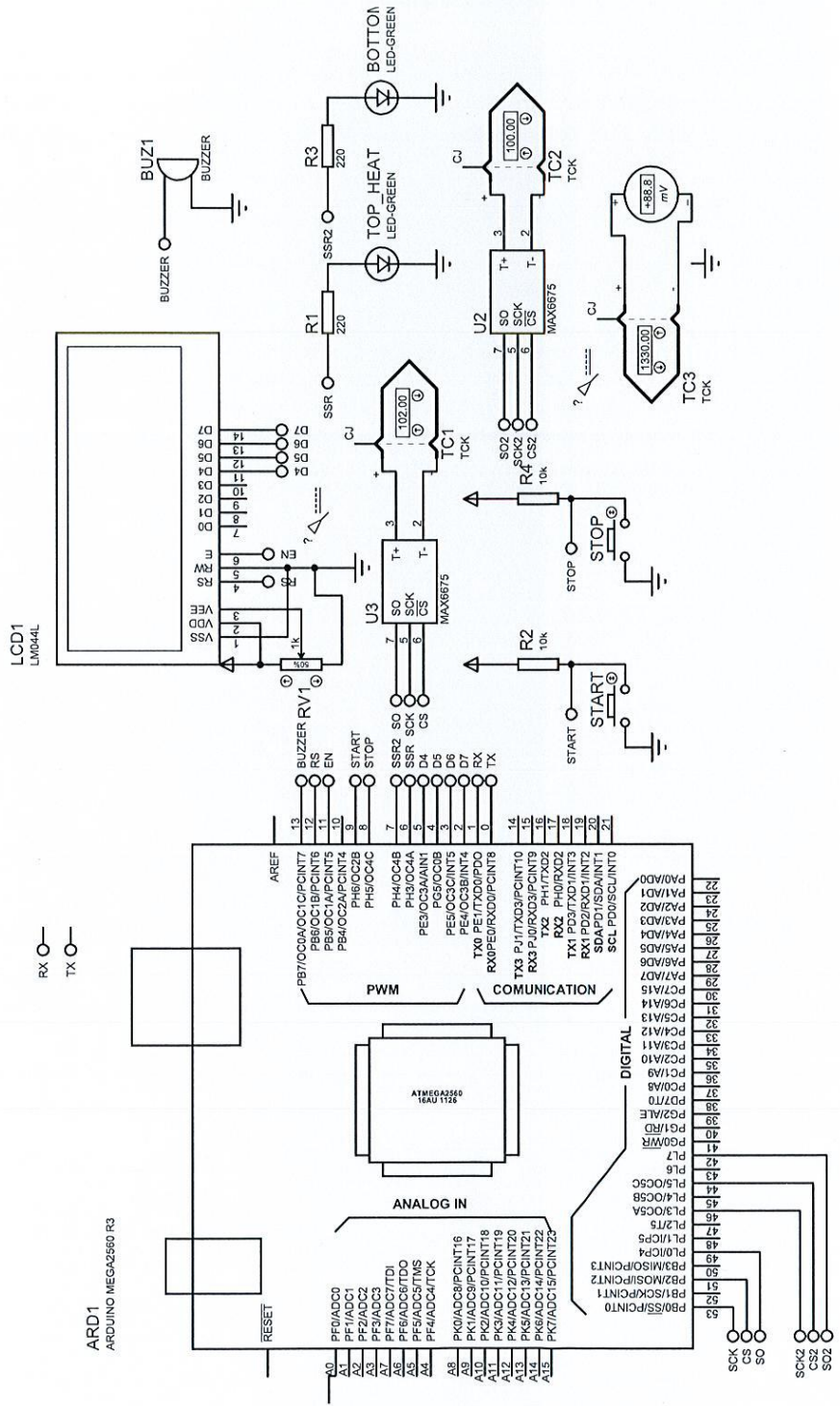
TOSHIBA

IBM

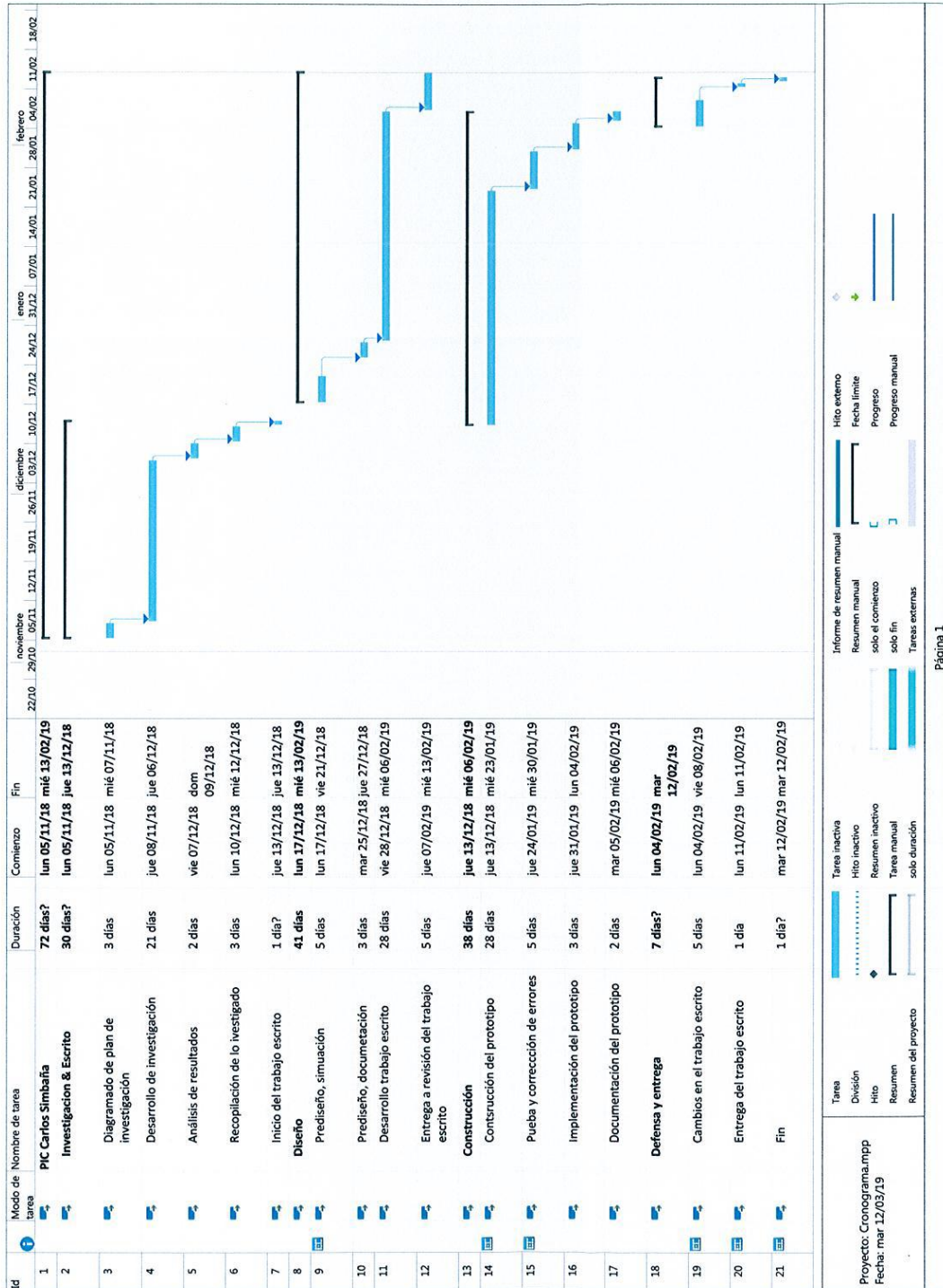
SONY



### Anexo 5: Esquemático



### Anexo 6: Cronograma



Proyecto: Cronograma.mpp  
 Fecha: mar 12/03/19

## Anexo 7: Informe Antiplagio

PlagScan Resultados del Análisis de los plagios del 2019-02-26 18:22 UTC

Carlos\_Simbaña\_Prototipo\_Re\_Completo.docx 9.9%

Fecha: 2019-02-26 18:14 UTC

\* Todas las fuentes 45 | Fuentes de internet 43 | Documentos propios 1

<input checked="" type="checkbox"/>	[0]	"CAPITULO 1.docx" fechado del 2019-02-26	0.8%	96 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[1]	<a href="https://docplayer.es/85123096-Universida...as-y-matematica.html">https://docplayer.es/85123096-Universida...as-y-matematica.html</a>	6.0%	23 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[2]	<a href="http://www.academia.edu/2487164/Diseño_y_constr...os_de_aves_de_corral">www.academia.edu/2487164/Diseño_y_constr...os_de_aves_de_corral</a>	4.7%	13 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[3]	<a href="http://www.fr.utn.edu.ar/archivos/alumnos/etc...oque_Descriptivo.pdf">www.fr.utn.edu.ar/archivos/alumnos/etc...oque_Descriptivo.pdf</a>	1.2%	13 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[4]	<a href="http://pptag.260mb.net/Materias/InstInd/Control PID Temperatura.pdf">pptag.260mb.net/Materias/InstInd/Control PID Temperatura.pdf</a>	3.2%	11 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[5]	<a href="https://docplayer.es/82972212-Universidad-tecnica-del-norte.html">https://docplayer.es/82972212-Universidad-tecnica-del-norte.html</a>	1.7%	13 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[6]	<a href="https://de.slideshare.net/jadeguerrero/blanco/control-pid-8127889">https://de.slideshare.net/jadeguerrero/blanco/control-pid-8127889</a>	0.1%	10 resultados
		1 documento con coincidencias exactas		
<input checked="" type="checkbox"/>	[9]	<a href="https://documentop.com/universidad-polit...723ddb404628c0a.html">https://documentop.com/universidad-polit...723ddb404628c0a.html</a>	0.4%	8 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[10]	<a href="http://intranet.ceautomatca.es/old/actividades/jornadas/XXIX/pdf/205.pdf">intranet.ceautomatca.es/old/actividades/jornadas/XXIX/pdf/205.pdf</a>	0.4%	8 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[11]	<a href="https://edoc.site/control-pid-para-el-control-de-temperatura-3-pdf-free.html">https://edoc.site/control-pid-para-el-control-de-temperatura-3-pdf-free.html</a>	0.4%	10 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[12]	<a href="http://www.electronicasi.com/inventos-y-montajes/montaje-regulador-pid-analogico/">www.electronicasi.com/inventos-y-montajes/montaje-regulador-pid-analogico/</a>	0.3%	7 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[13]	<a href="https://www.tamps.cinvestav.mx/~mgomez/Control_Lineal/node3.html">https://www.tamps.cinvestav.mx/~mgomez/Control_Lineal/node3.html</a>	0.0%	6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[14]	<a href="http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2730/1/TipichaBedoyaJorgelvan2016.pdf">repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2730/1/TipichaBedoyaJorgelvan2016.pdf</a>	0.2%	6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[15]	<a href="https://manualz.com/doc/12927570/univer...genieria-escuela-...">https://manualz.com/doc/12927570/univer...genieria-escuela-...</a>	1.7%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[16]	<a href="http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/articulo/download/6669/3973">revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/articulo/download/6669/3973</a>	0.1%	6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[17]	<a href="https://www.slideshare.net/LuisSilva629/proyecto-gideon">https://www.slideshare.net/LuisSilva629/proyecto-gideon</a>	0.2%	5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[18]	<a href="https://alvarounal.blogspot.com/2012/02/...?_escaped_fragment_">https://alvarounal.blogspot.com/2012/02/...?_escaped_fragment_</a>	1.1%	7 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[19]	<a href="https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/sensores-y-actuadores/">https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/sensores-y-actuadores/</a>	0.0%	2 resultados
		1 documento con coincidencias exactas		
<input checked="" type="checkbox"/>	[21]	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/128407/D-CD88620.pdf">www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/128407/D-CD88620.pdf</a>	0.0%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[22]	<a href="https://www.scribd.com/document/38759841...-un-sistema-de-c-pdf">https://www.scribd.com/document/38759841...-un-sistema-de-c-pdf</a>	1.2%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[23]	<a href="https://www.researchgate.net/publication...un_control_en_Matlab">https://www.researchgate.net/publication...un_control_en_Matlab</a>	0.0%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[24]	<a href="https://agroalimentando.com/nota.php?id_notas=9050">https://agroalimentando.com/nota.php?id_notas=9050</a>	0.0%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[25]	<a href="https://docplayer.es/40659827-Nuestro-ob...l-sistema-total.html">https://docplayer.es/40659827-Nuestro-ob...l-sistema-total.html</a>	0.8%	5 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[26]	<a href="https://docplayer.es/38954789-Fecha-04-d...palabras-claves.html">https://docplayer.es/38954789-Fecha-04-d...palabras-claves.html</a>	0.6%	6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[27]	<a href="https://docplayer.es/60506194-Telelocali...ciudad-de-lima.html">https://docplayer.es/60506194-Telelocali...ciudad-de-lima.html</a>	0.5%	5 resultados

<input checked="" type="checkbox"/>	[28]	<a href="https://edoc.site/p2040102-pdf-free.html">https://edoc.site/p2040102-pdf-free.html</a> 0.0% 3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[29]	<a href="https://issuu.com/rosiris.munoz/docs/conceptos">https://issuu.com/rosiris.munoz/docs/conceptos</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[30]	<a href="https://issuu.com/elizielcamperosvaquera/docs/abc_de_la_mecatr_nica_-_steren">https://issuu.com/elizielcamperosvaquera/docs/abc_de_la_mecatr_nica_-_steren</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[31]	<a href="fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/Control_I/PPTAnexo2.1RespTrans.pdf">fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/Control_I/PPTAnexo2.1RespTrans.pdf</a> 0.6% 3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[32]	<a href="https://www.scribd.com/presentation/388208836/Termocupla-y-Pt100-1">https://www.scribd.com/presentation/388208836/Termocupla-y-Pt100-1</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[33]	<a href="https://www.coursehero.com/file/p391ch2/...lón-en-Rs-puede-ser/">https://www.coursehero.com/file/p391ch2/...lón-en-Rs-puede-ser/</a> 0.5% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[34]	<a href="https://www.scribd.com/document/234936078/pid-tem">https://www.scribd.com/document/234936078/pid-tem</a> 0.4% 2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[35]	<a href="https://www.scribd.com/document/305022653/historia-y-conceptos-basicos-de-neumatica">https://www.scribd.com/document/305022653/historia-y-conceptos-basicos-de-neumatica</a> 0.0% 1 resultados 1 documento con coincidencias exactas
<input checked="" type="checkbox"/>	[37]	<a href="https://colab-matlab.blogspot.com/?_escaped_fragment_">https://colab-matlab.blogspot.com/?_escaped_fragment_</a> 0.4% 2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[38]	<a href="www.academia.edu/24427964/CONTROL_PID_PARA_EL_CONTROL_DE_TEMPERATURA">www.academia.edu/24427964/CONTROL_PID_PARA_EL_CONTROL_DE_TEMPERATURA</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[39]	<a href="https://issuu.com/jutclat/docs/impresoralaser">https://issuu.com/jutclat/docs/impresoralaser</a> 0.3% 2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[40]	<a href="https://www.buenastareas.com/ensayos/Respuesta-Escalon/6820999.html">https://www.buenastareas.com/ensayos/Respuesta-Escalon/6820999.html</a> 0.2% 2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[41]	<a href="https://www.academia.edu/33098318/Presentacion_de_coco">https://www.academia.edu/33098318/Presentacion_de_coco</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[42]	<a href="https://edoc.site/cruce-por-cero-pdf-free.html">https://edoc.site/cruce-por-cero-pdf-free.html</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[43]	<a href="https://docplayer.es/8299734-Universidad...ieria-electrica.html">https://docplayer.es/8299734-Universidad...ieria-electrica.html</a> 0.1% 2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[44]	<a href="https://docplayer.es/40678833-Diseño-y-d...ans-innovadores.html">https://docplayer.es/40678833-Diseño-y-d...ans-innovadores.html</a> 0.2% 2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[45]	<a href="https://es.scribd.com/doc/258311924/Proyecto-Mini">https://es.scribd.com/doc/258311924/Proyecto-Mini</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[46]	<a href="personal.us.es/jluque/te/Problemas/PTC0003-24.pdf">personal.us.es/jluque/te/Problemas/PTC0003-24.pdf</a> 0.0% 1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[47]	<a href="https://es.scribd.com/doc/313914662/LAB-...-y-DAC-Prof-Casimiro">https://es.scribd.com/doc/313914662/LAB-...-y-DAC-Prof-Casimiro</a> 0.1% 1 resultados

34 páginas, 4768 palabras

Nivel del plagio: 9.9% seleccionado

139 resultados de 48 fuentes, de ellos 47 fuentes son en línea.

#### Configuración

Dirección de datos: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con documentos propios*

Sensibilidad: *Media*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: --

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN


Yo, Carlos David Simbaña Saransig, CI 1715544605 autor del trabajo de graduación: DISEÑO DEL PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE SUELDA BGA PARA RE MANUFACTURA DE PLACAS ELECTRÓNICAS, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica Digital y Telecomunicaciones** en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de difundir el respectivo trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 13 de marzo de 2019

Atentamente.



CARLOS DAVID SIMBAÑA SARANSIG  
C.I. 1715544605