



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**Implementación, reingeniería y desarrollo de mejoras en planta  
PCBA Empire Electronics**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21421033 David Roberto Miselem Argueta**

**ASESOR:**

**ING. Hegel M. López García**

**CAMPUS: UNITEC SAN PEDRO SULA**

**Diciembre 2018**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Durante el periodo de diez semanas de práctica profesional realizada en la planta PCBA perteneciente a la empresa Empire Electronics Se ha desarrollo y ha puso en marcha un sistema de análisis de estrés en PCB, Se ha desarrollado una solución alterna y de mayor eficiencia para hacer el ingreso automático a la maquina conformal perteneciente a la línea C1UC.

Se han identificaron los factores que afectan la captura clara de imagen en prueba de integridad de soldadura dando solución a estos además se ha programado la cámara para la detección de defectos en soldadura en la línea THT.

Se ha desarrollado un actuador lineal para la prueba funcional de sensor de efecto Hall.

## INDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción .....	10
II.	Generalidades de la empresa .....	11
	2.1 Descripción de la empresa .....	11
	2.1.1 Misión.....	11
	2.1.2 Visión.....	12
	2.1.3 Historia .....	12
	2.1.4 Ubicación.....	13
	2.1.5 Productos .....	14
	2.2 Descripción del Departamento o Unidad .....	15
	2.3 Objetivos .....	16
	2.3.1 Objetivo General .....	16
	2.3.2 Objetivos Específicos.....	16
III.	Marco Teórico .....	17
	3.1 Placas de Circuito Impreso .....	17
	3.1.1 Composición Física .....	17
	3.2 Tecnología de Montaje Superficial .....	18
	3.2.1 Línea de Producción SMT.....	19
	3.3 Tecnología de Agujeros Pasantes.....	24
	3.3.1 Soldadura por Ola .....	25
	3.4 IPC .....	25
	3.4.1 SMEMA.....	26
	3.5 Análisis de Estrés En PCB .....	27
	3.5.1 Galgas Extensométricas .....	28
	3.5.2 Puente de Wheatstone .....	30
	3.5.3 Micro-Measurements Model 8000-8-SM .....	30
	3.6 Sensores .....	36
	3.6.1 Sensores Infrarrojos .....	37
	3.6.2 Sensor de Efecto Hall .....	38
	3.7 Actuadores .....	39

3.7.1 Motores Eléctricos .....	39
3.7.2 Relevador .....	41
3.8 Mecanismos .....	41
3.8.1 Diseño CAD.....	42
3.8.2 Mecanismo Tornillo-Tuerca .....	44
3.9 Sistemas de Control .....	45
3.9.1 Circuito Eléctrico .....	45
3.9.2 Circuito Integrado .....	46
3.9.3 Microprocesador.....	46
3.10 Prueba funcional Sensor de efecto hall .....	48
IV. Metodología.....	49
4.1 Variables de Investigación .....	49
4.1.1 Variables Dependientes .....	49
4.1.2 Variables Independientes .....	49
4.2 Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	50
4.2.1 Técnica .....	50
4.2.2 Instrumentos aplicados.....	50
4.3 Fuentes de información.....	51
4.4 Cronograma de Actividades .....	51
V. Descripción del Trabajo Desarrollado.....	52
5.1 Desarrollo y puesta en marcha de sistema de análisis de estrés en PCB. ....	52
5.1.1 Realización de Pruebas de estrés.....	54
5.2 Smema Upstream Machine Simulator.....	56
5.2.1 Antecedentes .....	56
5.2.3 Objetivo.....	56
5.2.4 Dispositivo.....	57
5.2.5 Diagrama de conexiones.....	58
5.2.6 Diagrama esquemático de diseño electrónico .....	59
5.2.7 Implementación .....	60
5.2.8 Conclusión.....	62
5.3 Reingeniería y Parametrización de Prueba de Integridad de Soldadura. ....	63
5.3.1 Antecedentes .....	63
5.3.2 Justificación.....	63

5.3.3	Objetivo.....	63
5.3.4	Introducción.....	64
5.3.5	Sistema de visión In-Sight serie 7000.....	65
5.3.6	Reingeniería .....	66
5.3.7	Propuesta de solución.....	66
5.3.8	Implementación .....	68
5.3.9	Conclusiones .....	72
5.4	Servo Linear Actuator & Controller.....	73
5.4.1	Antecedentes .....	73
5.4.2	Justificación.....	73
5.4.3	Objetivo.....	73
5.4.3	Servo Actuador Lineal. ....	74
VI.	Conclusiones .....	78
VII.	Recomendaciones.....	79

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1: Logo Empire Electronics Inc.</b> .....	11
<b>Ilustración 2: Ubicación Empire Electronics Inc.</b> .....	13
<b>Ilustración 3: Placa electrónica de montaje superficial fabricada en Empire Electronics.</b> ....	19
<b>Ilustración 4: Diagrama de línea de producción SMT.</b> .....	19
<b>Ilustración 5: impresora de plantilla modelo DEK NeoHorizon iX.</b> .....	20
<b>Ilustración 6: Equipo de colocación SMT.</b> .....	22
<b>Ilustración 7: CyberOptics SQ3000 3D AOI.</b> .....	23
<b>Ilustración 8: Horno de reflujo.</b> .....	24
<b>Ilustración 9: Esquemático de interfaz eléctrica con norma SMEMA.</b> .....	26
<b>Ilustración 10: Diferentes configuraciones de galgas.</b> .....	29
<b>Ilustración 11: Dispositivo 8000-8-SM.</b> .....	31
<b>Ilustración 12: Diagrama de bloques de sistema de calibración.</b> .....	32
<b>Ilustración 13: Diagrama de conexiones de entradas modelo 8000-8-SM.</b> .....	33
<b>Ilustración 14: Conexión de puente / tres cables (simulado interno).</b> .....	34
<b>Ilustración 15: Cuarto puente / simulador externo.</b> .....	34
<b>Ilustración 16: Medio puente / Medidores Adyacentes.</b> .....	35
<b>Ilustración 17: Medio puente Galgas separadas.</b> .....	35
<b>Ilustración 18: Puente completo.</b> .....	36
<b>Ilustración 19: Diagrama de funcionamiento fototransistor.</b> .....	38
<b>Ilustración 20 - Prueba funcional de sensor de efecto Hall.</b> .....	48
<b>Ilustración 21 - Dispositivo 8000-8-SM.</b> .....	52
<b>Ilustración 22 - Maletín para pruebas de estrés en PCB.</b> .....	53
<b>Ilustración 23 - Montaje de 8000-8-SM de Micro-Measurements en maletín.</b> .....	53
<b>Ilustración 24 - Compartimentos para el transporte de accesorios.</b> .....	54
<b>Ilustración 25 - kit para la fijación de galgas extensiométricas sobre PCB.</b> .....	54
<b>Ilustración 26 - Galgas en PCB para prueba de estrés.</b> .....	55
<b>Ilustración 27 - Prueba de estrés realizada en fixtura para prueba electica.</b> .....	55
<b>Ilustración 28 - SMEMA UPSTREAM MACHINE SIMULATOR</b> .....	57
<b>Ilustración 29 - Diagrama de Conexiones.</b> .....	58
<b>Ilustración 30 - Esquemático circuito.</b> .....	59
<b>Ilustración 31 - Instalación de dispositivo en Línea C1UC Conformal.</b> .....	60
<b>Ilustración 32 - Instalación de sensor infrarrojo en maquina conformal.</b> .....	61
<b>Ilustración 33 - Modificación con tira metálica en un extremo de placa.</b> .....	61
<b>Ilustración 34 - Sistema de vision In-Sight 7000.</b> .....	65
<b>Ilustración 35 - Diseño CAD de soporte para la cámara.</b> .....	67
<b>Ilustración 36 - Montaje de cámara en prueba de integridad de soldadura.</b> .....	68
<b>Ilustración 37 - Fixtura pintada de parte inferior e interior de negro mate.</b> .....	68
<b>Ilustración 38 - Maestro Bueno</b> .....	69

<b>Ilustración 39 - Maestro con algunas soldaduras en mal estado.....</b>	<b>70</b>
<b>Ilustración 40 - Detección de ausencia de soldadura y presencia de componente.....</b>	<b>70</b>
<b>Ilustración 41 - Detección de ausencia de componente y Soldadura.....</b>	<b>71</b>
<b>Ilustración 42 - Detección de ausencia de componente y presencia de soldadura.....</b>	<b>71</b>
<b>Ilustración 43 - Servo Actuador Lineal .....</b>	<b>74</b>
<b>Ilustración 44 - Diseño CAD Servo Actuador lineal Vista Isométrica.....</b>	<b>75</b>
<b>Ilustración 45 - Diagrama de Conexiones. ....</b>	<b>75</b>
<b>Ilustración 46 - Esquemático circuito.....</b>	<b>76</b>
<b>Ilustración 47 – Controlador.....</b>	<b>77</b>

## I. Introducción

Una placa de circuito impreso es la superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos.

Existen dos tipos principales de tecnologías para la fabricación de circuitos impresos:

- La tecnología de agujeros pasantes, más conocida por las siglas THT del inglés Through-Hole Technology, es un tipo de tecnología que utiliza los agujeros que se practican en las placas de los circuitos impresos para el montaje de los diferentes elementos electrónicos.
- La tecnología de montaje superficial o en superficie, más conocida por sus siglas SMT del inglés surface-mount technology, es el método de construcción de dispositivos electrónicos más utilizado actualmente, se basa en el montaje de los componentes sobre la superficie del circuito impreso.

Las líneas de producción de placas de circuitos son una serie de maquinaria especializadas interconectadas entre ellas con el fin de obtener en su final una placa de circuito terminada e inspeccionada.

La asociación Connecting Electronics Industries (IPC), es una asociación comercial cuyo objetivo es estandarizar los requisitos de ensamblaje y producción de equipos y ensamblajes electrónicos.

La prueba del medidor de tensión mediante galgas extensométricas permite un análisis objetivo de los niveles de tensión a los que se pueden someter los componentes de montaje en superficie durante el montaje, prueba y ensamble de una PCB. Determinar la tensión que sufre una placa de circuito es crítico debido a la susceptibilidad de las interconexiones de componentes a fallas inducidas por tensión.

## II. Generalidades de la empresa

### 2.1 Descripción de la empresa

Empire Electronics Inc. es el proveedor líder de componentes y sistemas de iluminación, dirección y arneses para el sector automotriz de América del Norte. Colabora con los fabricantes de equipos originales y los proveedores automotrices de Nivel 1 para diseñar, desarrollar y fabricar una gama completa de productos eléctricos y electrónicos, tales como conjuntos de placas de circuitos impresos, sistemas de enchufes de lámparas sellados, sistemas de bocinas, sistemas de detección de objetos, conectores y componentes moldeados por inyección de plástico. Cuenta con su sede en Troy, Michigan, fabricación en Honduras y centros de distribución ubicados estratégicamente en los EE. UU. Y Europa, atiende activamente a clientes en América del Norte y en todo el mundo.



**Ilustración 1: Logo Empire Electronics Inc.**

Fuente: Sitio web oficial de Empire Electronics.

#### 2.1.1 Misión

Desde 1981, hemos desarrollado una cadena de suministro verticalmente integrada destinada a satisfacer las necesidades de nuestros clientes. Gracias a nuestras capacidades de ingeniería, fabricación y pruebas, hemos reducido el costo y aumentado la calidad, todo en un esfuerzo por brindar a nuestros clientes los componentes, desde el diseño hasta la validación, lo más rápido posible. En Empire, cumplimos rigurosamente con las especificaciones de nuestros clientes y nos aseguramos de que se cumplan todos sus requisitos.

### 2.1.2 Visión

Aspiramos a convertirnos en el mejor proveedor de Nivel 2 para la industria automotriz del mundo. Al exceder constantemente los estándares de la industria en términos de calidad y costos y ser conscientes del medio ambiente, nuestro objetivo es superar las expectativas de nuestros clientes con nuestros productos y servicios. A través de nuestro equipo de administración altamente calificado y nuestra fuerza laboral dedicada.

### 2.1.3 Historia

1981 - Se establecido como una Corporación Privada de Michigan

1997 – Inicio de operaciones de fabricación en San Pedro Sula, Honduras.

2003 - Nueva Sede, Centro de Ingeniería y Distribución

2005 - Sede de Troy, MI, registrada como zona de comercio exterior de los EE. UU.

2006 - Patente Recibida para Proceso de Encapsulamiento de Uretano

2006 - Certificado A2LA LAB LABORATORIO en Honduras

2007 - Adquirió la división de componentes GS3 de Guide Corp (General Motors)

2007 - Adquirió Christiana Industries (Competidor Directo)

2007 - Lanzamiento del primer conector de conexión directa diseñado por Empire

2008 - Inauguración de las instalaciones de Sheffield, Alabama

2011 - Lanzamiento de la línea SMT

## 2.1.4 Ubicación

### 2.1.4.1 Empire Electronics Troy

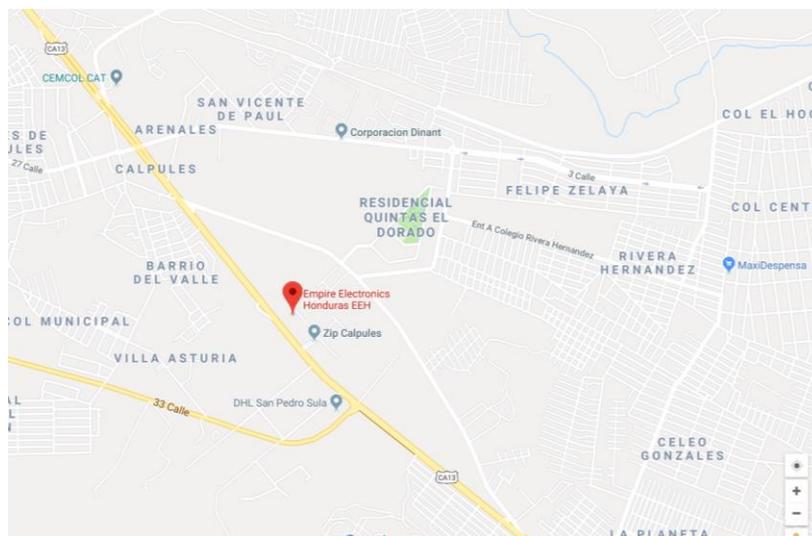
Empire Electronics tiene su sede en Troy, Michigan, y opera una instalación de 40,000 pies cuadrados en la que se realizan actividades como: gestión de programas, programas de calidad, ingeniería de productos y operaciones de almacenamiento.

### 2.1.4.2 Empire Electronics Alabama

Ubicada en el Centro Empresarial Shoals en Sheffield, Alabama, esta instalación de 10,000 pies cuadrados funciona como un almacén de productos terminados y una planta de ensamblaje menor para satisfacer los requisitos de nuestros clientes locales.

### 2.1.4.3 Empire Electronics Honduras

Las operaciones de fabricación de Empire Electronics se basan en una planta de fabricación de 240,000 pies cuadrados en San Pedro Sula, Honduras. Esta instalación integrada verticalmente alberga el moldeo por inyección de plástico, el encapsulado, el ensamblaje de la placa de circuito impreso, sobre moldeo, el ensamblaje de mazos de cables, la fabricación de cables y las capacidades de ensamblaje electrónico de Empire Electronics. La compañía emplea a más de 4,000 personal de ingeniería, administración y montaje en Honduras.



**Ilustración 2: Ubicación Empire Electronics Inc.**

Fuente: Google maps.

## 2.1.5 Productos

### 2.1.5.1 Iluminación

La iluminación es el sector de más rápido crecimiento en la línea de productos de Empire. La línea de fabricación de PCB posee un rápido desarrollo que brinda la capacidad de satisfacer las demandas de los clientes. Desde la iluminación LED a otras aplicaciones de PCB.

El uso de PCB en la industria automotriz ha crecido exponencialmente en los últimos años. Empire vio este crecimiento como una oportunidad para seguir estableciéndose como proveedor líder de iluminación automotriz. Al desarrollar las capacidades de producción en Honduras, se están produciendo componentes de PCB de alta calidad que se pueden encontrar en muchos de los principales OEM en el mercado global.

### 2.1.5.2 Conectores

Las tomas de corriente han sido un producto principal en Empire Electronics desde el primer día. Gracias a los procesos de fabricación desarrollados internamente, Empire tiene la capacidad de diseñar, probar y producir una gama infinita de enchufes de iluminación que cumplirán las especificaciones de los clientes.

### 2.1.5.3 Arnese eléctricos

tener un arnés de cables confiable que conecte componentes electrónicos con las especificaciones y los estándares de calidad es crucial para cualquier vehículo automotriz. Empire Electronics se especializa en el desarrollo del proceso de fabricación de arneses de cables para automóviles. Gracias a laboratorios de pruebas internos asegura a los clientes la más alta calidad y personalización, brindando un producto competitivo.

### 2.1.5.4 Sistemas de bocinas

Gracias a las capacidades de ingeniería y fabricación, Empire ha podido diseñar una alternativa de bajo costo para los sistemas de bocinas. Sin embargo, bajo costo no significa baja calidad; este componente es más liviano y estructuralmente más resistente que cualquier pieza similar ofrecida por la competencia. Actualmente se están produciendo 5,000 partes por día en Honduras.

## **2.2 Descripción del Departamento o Unidad**

Empire Electronics en su planta industrial PCBA, cuenta con tres subdepartamentos: cuarto limpio, router y ensamblaje además del área administrativa de dicha planta.

El departamento de cuarto limpio es el encargado de la fabricación de placas electrónicas, para esto cuenta con cuatro líneas de producción de circuitos electrónicos de montaje superficial. Las maquinarias de estas líneas se pueden dividir en dos grandes grupos: las que generan un valor agregado es decir las que añaden algo al panel del circuito y las de inspección que tienen la función de verificar la calidad de cada proceso.

El departamento de router se encarga de cortar los paneles de circuitos obteniendo de esta manera los circuitos individuales para su posterior verificación de calidad y ensamblaje.

El departamento de ensamblaje cuenta con una serie de estaciones fabricadas específicamente para el desarrollo de un producto determinado, para su producción en serie.

El equipo de Introducción de nuevos productos NPI por sus siglas en inglés, es el encargado de desarrollar un nuevo producto solicitado por el cliente, este proceso consiste en la programación de las líneas de producción de montaje superficial, parametrizar los equipos de corte y realizar una serie de estaciones de trabajo para el ensamblaje de los componentes individuales del producto final, así como realizar una serie de pruebas en todos los procesos a nivel de auditorías para asegurarse que los productos están cumpliendo con las normas de calidad establecidas por la IPC, que es la organización especializada en regular y estandarizar los procesos de fabricación y ensamblaje de productos electrónicos.

## 2.3 Objetivos

Cegarra Sánchez (2004) Afirma: "El objetivo de un proyecto de investigación debe seleccionarse teniendo en cuenta la especialidad e idoneidad del investigador o del grupo que debe llevarlo a término, a fin de aumentar las probabilidades de finalizar con éxito el problema planteado" (p. 98).

### 2.3.1 Objetivo General

Desarrollarse como ingeniero en el departamento de Introducción de nuevos productos.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

- Desarrollo y puesta en marcha de sistema de análisis de estrés en PCB.
- Implementar cinta transportadora en maquina conformal perteneciente a línea de ensamblaje C1UC.
- Identificar los factores que afectan la captura clara de imagen en prueba de integridad de soldadura y dar solución a estos.
- Desarrollo de actuador lineal para prueba funcional de sensor de efecto Hall.

### **III. Marco Teórico**

“El marco teórico o revisión de la literatura es un compendio escrito de artículos, libros y otros documentos que describen el estado pasado y actual del conocimiento sobre el problema de estudio.”(Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014,p.64)

#### **3.1 Placas de Circuito Impreso**

Las placas de circuito impreso, son circuitos construidos sobre una placa de cobre. Una hoja de material FR1 FR2 o FR4 es bañada en cobre y sometida posteriormente a la eliminación sistemática del mismo a manera de crear caminos que conectan físicamente a componentes eléctricos. (Paguada, 2017).

En electrónica una placa de circuito impreso es la superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos. Las pistas son generalmente de cobre mientras que la base se fabrica generalmente de resinas de fibra de vidrio reforzada, Pertinax, cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita.

##### **3.1.1 Composición Física**

La mayoría de los circuitos impresos están compuestos por entre una a dieciséis capas conductoras, separadas y soportadas por capas de material aislante. La cantidad de capas de una PCB depende de la cantidad de señales que se quieren rutar.

Las capas pueden conectarse a través de orificios, llamados vías. Los orificios pueden ser electo recubiertos; para conectar cada capa del circuito, el fabricante mediante un proceso químico, deposita en todas las superficies expuestas del panel, incluyendo las paredes del agujero una fina capa de cobre químico, esto crea una base metálica de cobre puro; o también se pueden utilizar pequeños remaches.

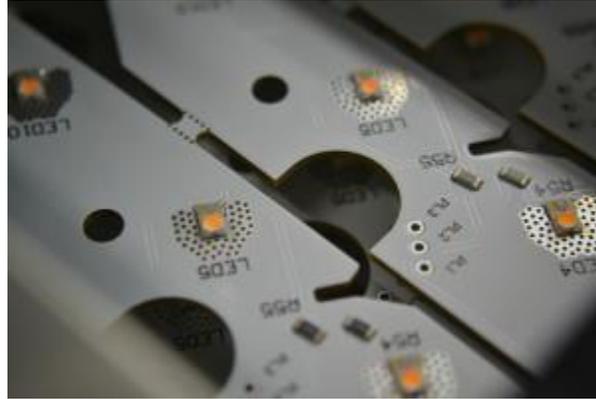
### **3.2 Tecnología de Montaje Superficial**

La tecnología de montaje superficial o en superficie, más conocida por sus siglas SMT del inglés surface-mount technology, es el método de construcción de dispositivos electrónicos más utilizado actualmente.

Se usa tanto para componentes activos como pasivos, y se basa en el montaje de los mismos sobre la superficie del circuito impreso. Tanto los equipos así construidos como los componentes de montaje superficial pueden ser llamados dispositivos de montaje superficial o SMD (surface-mount device).

Las conexiones se realizan mediante contactos planos, una matriz de esferas en la parte inferior del encapsulado, o terminaciones metálicas en los bordes del componente.

Este tipo de tecnología ha superado y remplazado ampliamente a la de through hole en aplicaciones de producción masiva. Sin embargo, debido a su reducido tamaño, el ensamblado manual de las piezas se dificulta, por lo que se necesita mayor automatización en las líneas de producción.

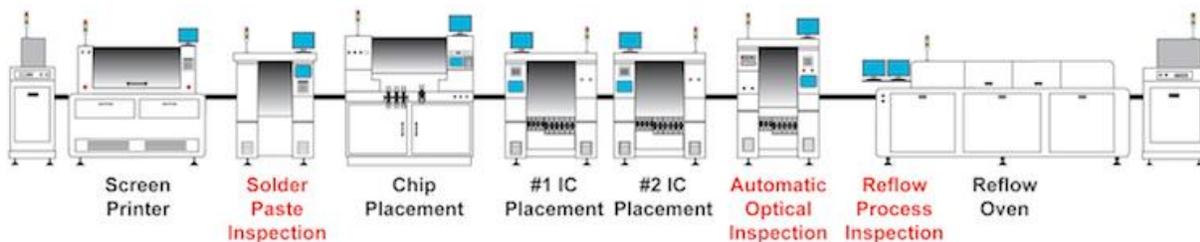


**Ilustración 3: Placa electrónica de montaje superficial fabricada en Empire Electronics.**

Fuente: Sitio web oficial de Empire Electronics.

### 3.2.1 Línea de Producción SMT

Una línea de producción de placas electrónicas de montaje superficial es aquella que posee una serie de maquinaria especializada intercomunicada que realizan procesos en los cuales se añaden tanto materiales como componentes electrónicos además de su soldadura, inspección visual y pruebas eléctricas.



**Ilustración 4: Diagrama de línea de producción SMT.**

Fuente: Sitio web oficial de act-source.

### 3.2.1.1 Impresión De Plantillas

Es el proceso de depósito de pasta de soldadura en las placas impresas (PCB) para establecer conexiones eléctricas. Inmediatamente es seguido por la etapa de colocación de componentes. El equipo y los materiales utilizados en esta etapa son plantilla, pasta de soldadura y una impresora.

La pasta también actúa como un adhesivo durante la colocación de componentes y el reflujo de soldadura. La adherencia de la pasta permite que los componentes permanezcan en su lugar. Una buena unión de soldadura es aquella en la que la pasta de soldadura se ha derretido bien y ha fluido y humedecido las terminales de los componentes.

El proceso comienza con la carga del tablero en la impresora. El sistema de visión interno alinea la plantilla con el tablero, después de lo cual el rastrillo imprime la pasta de soldadura. La plantilla y el tablero se separan y descargan. La parte inferior de la plantilla se limpia para eliminar el exceso de pasta de soldadura que queda en la plantilla.

Los sistemas de visión en las máquinas de impresión de plantillas utilizan marcas fiduciales globales para alinear el PWB. Sin estos fiduciales, la impresora no imprimiría la pasta de soldadura en alineación exacta con las almohadillas.



**Ilustración 5: impresora de plantilla modelo DEK NeoHorizon iX.**

Fuente: Sitio web oficial de asm-smt.

### 3.2.1.2 Inspección De Pasta Para Soldar

Los sistemas SPI miden la altura, el volumen, el área en los depósitos de pegado, calculan las compensaciones de la plantilla y detectan defectos como puentes, faltantes, formas 2D, formas 3D en PCB.

Entonces, el principal desafío de un SPI reside en la capacidad de referenciar correctamente en Z y adaptarse a las características específicas de los PCB.

La capacidad del sistema SPI para medir almohadillas pequeñas con precisión depende, ante todo, de lograr el equilibrio adecuado entre:

- El método de referencia Z y los algoritmos asociados.
- la información generada para cada punto de la escena por la configuración óptica (número de cámaras, número de proyectores, ángulos de triangulación, resolución óptica.
- la compensación de alabeo.
- las referencias locales de X, Y.

### 3.2.1.3 Equipo De Colocación SMT

Los sistemas de colocación de componentes SMT (tecnología de montaje en superficie), comúnmente denominados máquinas de recogida y colocación son máquinas robóticas que se utilizan para colocar dispositivos de montaje en superficie (SMD) en una placa de circuito impreso (PCB). Se utilizan para la colocación de alta velocidad y alta precisión de una amplia gama de componentes electrónicos, como condensadores, resistencias, circuitos integrados en las PCB que, a su vez, se utilizan en computadoras, electrónica de consumo, así como en equipos industriales, médicos, automotrices, militares y de telecomunicaciones.

El equipo de colocación forma parte de una máquina general más grande que lleva a cabo pasos programados específicos para crear un ensamblaje de PCB. Varios subsistemas trabajan juntos para recoger y colocar correctamente los componentes en la PCB. Normalmente, estos sistemas utilizan ventosas neumáticas, conectadas a un dispositivo similar a un plóter para permitir que la ventosa sea manipulada con precisión en tres dimensiones.



### **Ilustración 6: Equipo de colocación SMT.**

Fuente: Sitio web oficial de Kulicke & Soffa.

Los componentes de montaje superficial se colocan a lo largo de las caras frontales (y con frecuencia hacia atrás) de la máquina. La mayoría de los componentes se suministran en papel o cinta de plástico, en rollos de cinta que se cargan en alimentadores montados en la máquina.

A través del centro de la máquina hay una cinta transportadora, a lo largo de la cual viajan los PCB en blanco, y una abrazadera de PCB en el centro de la máquina. La PCB se sujeta, y las boquillas recogen los componentes individuales de los alimentadores los giran a la orientación correcta y luego los colocan en las almohadillas adecuadas de la PCB con alta precisión. Las máquinas de gama alta pueden tener múltiples transportadores para producir múltiples productos iguales o diferentes simultáneamente.

#### **3.2.1.4 Inspección Óptica Automatizada**

Es una revisión visual realizada de forma automática, en el caso de la inspección del PCB, una cámara automática escanea el dispositivo bajo prueba de ciertos defectos como rayones, manchas, circuitos abiertos, corto circuitos, adelgazamiento de la soldadura, partes faltantes, componentes incorrectos y componentes mal colocados.



**Ilustración 7: CyberOptics SQ3000 3D AOI.**

Fuente: Sitio web oficial de CyberOptics.

De esta manera la inspección óptica automatizada es usada para detectar problemas tempranos en el proceso de producción. Es esencial detectar tempranamente los problemas. Por ejemplo, problemas en la soldadura y el área de ensamblaje de un PCB puede ser fácilmente vista en el proceso de producción y la información será usada como una rápida respuesta a los sectores previos, evadiendo la producción de muchas placas con el mismo problema.

Bajos costos y esfuerzos de programación hacen esta tecnología una práctica y poderosa herramienta de calidad para el prototipaje y ensamblado de alto volumen. Está constantemente a la par con las pruebas provistas por el escaneo de fronteras, prueba en circuito, prueba de rayos-x, y prueba de funcionalidad.

### 3.2.1.5 Horno de reflujo

Un horno de reflujo es una máquina utilizada principalmente para la soldadura por reflujo de componentes electrónicos de montaje en superficie a placas de circuito impreso (PCB).



**Ilustración 8: Horno de reflujo.**

Fuente: Sitio web oficial de Heller.

El horno contiene múltiples zonas, en las que se puede controlar individualmente la temperatura. En general, hay varias zonas de calentamiento seguidas de una o más zonas de enfriamiento. El PCB se mueve a través del horno en una cinta transportadora y está sujeto a un perfil de tiempo-temperatura controlado.

### **3.3 Tecnología de Agujeros Pasantes**

La tecnología de agujeros pasantes, más conocida por las siglas THT del inglés Through-Hole Technology, es un tipo de tecnología que utiliza los agujeros que se practican en las placas de los circuitos impresos para el montaje de los diferentes elementos electrónicos, para crear, puentes eléctricos entre una de las caras de la placa de montaje a la otra, mediante un tubo conductor, que por lo general es una aleación de cinc, cobre y plata, para evitar su oxidación y permitir su soldadura. Los THT suelen ser bastante delicados y sensibles al calor. Y si se calientan demasiado se puede comprometer el contacto entre las pistas de una de las caras del circuito y la otra, resultando inoperante y dejando inútil la placa.

### 3.3.1 Soldadura por Ola

La soldadura por ola es un proceso de soldadura utilizado en la fabricación de placas de circuito impreso. La placa de circuito se pasa sobre una bandeja de soldadura fundida en la que una bomba produce un surgimiento de soldadura que parece una onda estacionaria. A medida que la placa de circuito hace contacto con esta onda, los componentes se sueldan a la placa. La soldadura por ola se utiliza tanto para ensamblajes de circuitos impresos de orificio pasante como para montaje en superficie. En este último caso, los componentes se pegan a la superficie de una placa de circuito impreso (PCB) mediante un equipo de colocación, antes de pasar a través de la onda de soldadura fundida. La soldadura por ola se utiliza principalmente en la soldadura de componentes de orificio pasante.

Como los componentes de orificio pasante han sido reemplazados en gran medida por componentes de montaje superficial, la soldadura por ola ha sido suplantada por métodos de soldadura por reflujo en muchas aplicaciones de electrónica a gran escala. Sin embargo, todavía hay una importante soldadura por ola donde la tecnología de montaje en superficie (SMT) no es adecuada (por ejemplo, dispositivos de gran potencia y conectores de alto número de pines), o donde prevalece la tecnología simple de orificio pasante (ciertos electrodomésticos principales).

## 3.4 IPC

La asociación Connecting Electronics Industries, es una asociación comercial cuyo objetivo es estandarizar los requisitos de ensamblaje y producción de equipos y ensamblajes electrónicos. Fue fundada en 1957 como el Instituto de Circuitos Impresos. Su nombre se cambió posteriormente al Instituto de circuitos electrónicos de interconexión y empaquetado para resaltar la expansión de los tableros desnudos al empaquetado y los ensamblajes electrónicos. En 1999, la organización cambió formalmente su nombre a IPC con el lema que lo acompaña, Association Connecting Electronics Industries.

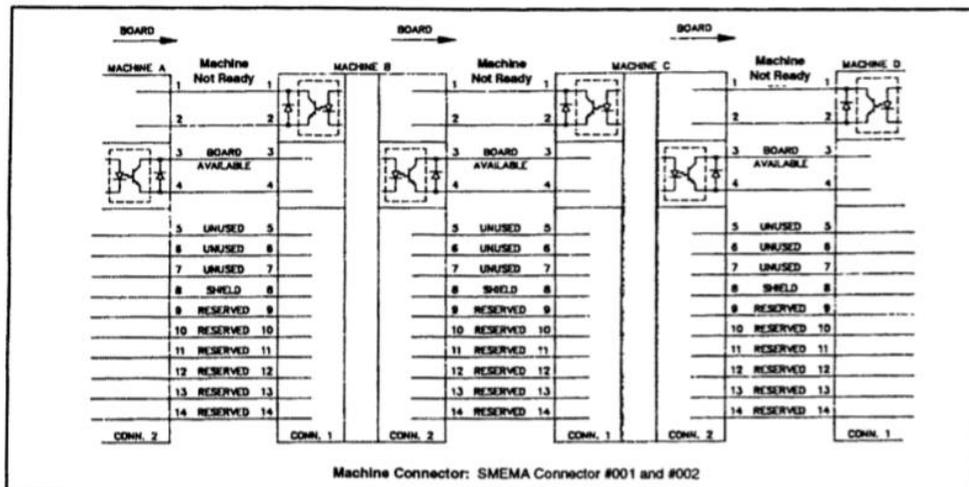
IPC da servicio a la industria electrónica, específicamente a diseñadores de tableros impresos, fabricantes de tableros impresos y a empresas de fabricación de electrónica. Además, los especificadores y compradores de tableros impresos y servicios de ensamblaje (fabricantes de

equipos originales), empresas de capacitación, proveedores, instituciones educativas, agencias gubernamentales, laboratorios y proveedores de servicios se benefician de los estándares de IPC así como de su participación en la organización.

IPC ofrece asistencia a más de 200 comités que desarrollan estándares para la industria. IPC está acreditado por la ANSI (Industria de Estándares Nacional Americana, por sus siglas en inglés) como una organización de desarrollo de estándares.

### 3.4.1 SMEMA

Los estándares de interfaz eléctrica en las máquinas se desarrollaron para facilitar la interfaz de comunicación en equipos utilizados en la fabricación de placas de circuitos impresos de montaje superficial. El propósito de esta norma es proporcionar una especificación de equipo para sistemas de fabricación por línea de transferencia de placas de montaje superficial. Esta especificación proporciona el requisito mínimo que debe cumplir el equipo y no representa una especificación completa para la interfaz del equipo. La conformidad con la norma puede lograrse mediante el diseño apropiado del equipo o proporcionando adaptadores especiales que permitan que el equipo cumpla con la norma.(IPC, n.d.)



**Ilustración 9: Esquemático de interfaz eléctrica con norma SMEMA.**

Fuente: Interface Standard 1.2 SMEMA.

La transferencia de la placa ocurre cuando la Máquina A tiene una placa disponible (contacto cerrado) y la Máquina B no está ocupada (contacto cerrado).

- Las señales pueden ocurrir en cualquier momento, pero la transferencia de la placa no ocurre hasta que ambos contactos se cierran.
- La señal de que la placa está disponible desde la máquina A permanecerá cerrada hasta que la placa abandone la máquina A.
- La señal de Listo permanecerá cerrada hasta que la placa haya llegado a la Máquina B.
- La transferencia de la placa no puede volver a ocurrir hasta que cada señal se abra durante al menos 50 ms.
- Opcional: una vez que las señales de la Máquina A y la Máquina B estén cerradas, y la placa no haya dejado A ni haya llegado a B, se generará un mensaje de error.

### **3.5 Análisis de Estrés En PCB**

La prueba del medidor de tensión permite un análisis objetivo de los niveles de tensión a los que se pueden someter los componentes de montaje en superficie durante el montaje, prueba y ensamble de una PCB. Determinar la tensión que sufre una placa de circuito es crítico debido a la susceptibilidad de las interconexiones de componentes a fallas inducidas por tensión. Excesiva tensión puede causar múltiples formas de fallo en la soldadura.

El control de deformación mediante galgas extensiométricas provee muchos beneficios a la industria de electrónicos y continúa ganando popularidad como método para identificar y mejorar operaciones de manufactura.

“Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otro.”(Escalona, 2007,p7).

### 3.5.1 Galgas Extensométricas

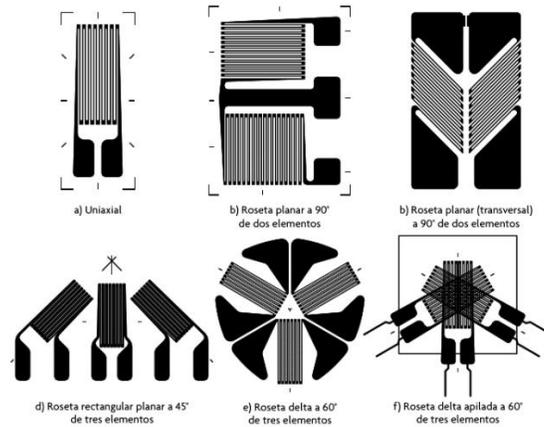
El principio piezoresistivo es muy utilizado para realizar mediciones de fuerza y deformación. Distintos tipos de sensores usan este principio para lograr la transducción de fuerza o deformación a una señal eléctrica. Los sensores basados en el principio piezoresistivo más populares son las galgas extensométricas; sin embargo, existen otros dispositivos que utilizan este mismo principio, pero con elementos diferentes a las galgas. Algunos ejemplos de dichos dispositivos pueden ser los elastómeros conductores o las fibras de carbono.

Las galgas extensométricas son, tal vez, el instrumento más utilizado para la medición de esfuerzos y deformaciones. Las galgas se basan en el principio piezoresistivo descubierto por lord Kelvin en 1856, el cual establece que la resistencia eléctrica de un metal o semiconductor varía cuando este es deformado por la aplicación de una fuerza externa o gradiente de temperatura. Pero no fue sino hasta la década de 1930 que el principio piezoresistivo fue empleado para la medición experimental de esfuerzos y deformaciones por Simmons y Ruge. (Germán Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014, p.210)

Una galga piezoresistiva sirve para realizar una transducción de una fuerza o desplazamiento aplicado sobre esta a un cambio de resistencia eléctrica, el cual se ve reflejado al final en la variación de un voltaje. Es importante tener en cuenta que el comportamiento de una galga se puede ver alterado por factores ambientales. El principal factor a tener en cuenta es la temperatura, pues una temperatura de operación ya sea muy alta o muy baja puede provocar errores en la medición, debido a la dilatación o contracción térmica del material piezoresistivo. Existen dos formas de contrarrestar los efectos de la temperatura sobre las galgas, uno es compensar la deformación de la galga debida a la temperatura con un circuito de acondicionamiento o adquirir una galga autocompensada, la cual es menos susceptible a los efectos de la temperatura, aunque tienen un menor rango de operación. De cualquier forma, resulta crucial la elección del material de galga adecuado, de acuerdo con los rangos de operación deseados y las temperaturas a las que será sometida la galga.

“Se denomina deformación unitaria (strain) a la deformación por unidad de longitud o cambio fraccional de longitud que experimenta un cuerpo cuando se le aplica una fuerza, la deformación unitaria puede ser tanto extensiva (positiva) como compresiva (negativa)”(Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015).

Para realizar una medición, las galgas se acoplan o montan sobre un elemento del cual se quieren saber sus deformaciones, esfuerzos o fuerzas aplicadas. Para el montaje se usan diversos adhesivos que deben ser capaces de mantener la galga en posición; los adhesivos más usados son los epóxicos y los acrílicos. De manera adicional, se suelen usar recubrimientos sobre las galgas para evitar daño mecánico o químico sobre la galga durante el montaje u operación.



**Ilustración 10: Diferentes configuraciones de galgas.**

Fuente: (Germán Corona Ramírez et al., 2014).

Existen configuraciones de galga distintas como se puede apreciar en la ilustración #9 que permiten realizar diversas mediciones; por ejemplo, la medición de deformaciones y esfuerzos cortantes o la determinación del campo de deformaciones de un cuerpo o superficie, las cuales no se pueden medir con una sola galga; por tanto, se suelen utilizar arreglos de tres galgas para obtener dichas mediciones.

### 3.5.2 Puente de Wheatstone

La galga extensiométrica debe ser conectada a un circuito eléctrico generalmente a un puente de Wheatstone que posibilita la captación de la señal eléctrica enviada desde ella y que mediante cables se pasa al amplificador. El puente de Wheatstone puede conformarse con las propias galgas extensométricas que contienen en su interior la cantidad de ramas necesarias para que quede conformado el puente. Teniendo en cuenta que la variación de la resistencia eléctrica que se produce en la galga al deformarse esta, es muy pequeña, la diferencia de potencial que se produce en la diagonal de salida del puente es muy pequeña también, para que esta señal sea captada, la misma debe ser amplificada. (Estrada Cingualbres & González Utria, 2001, p. 6).

### 3.5.3 Micro-Measurements Model 8000-8-SM

El modelo 8000-8-SM es un instrumento de adquisición de datos versátil y de precisión diseñado para aplicaciones de prueba y medición estáticas y dinámicas.

El modelo 8000-8-SM tiene 8 canales de adquisición de datos. Cada canal puede configurarse, a través del software, para ingresar señales de medidores de tensión o transductores, termopares o sensores de voltaje de alto nivel. Los canales de galga extensiométrica aceptan configuraciones de puente completo, medio o cuarto y tienen los componentes de terminación de puente requeridos para puentes de 120, 350 y 1000 ohmios.

Los datos se procesan en un moderno procesador de señales digitales y el filtrado se realiza utilizando Finite Impulse Response (FIR), filtros de varias etapas. Esto proporciona un excelente rechazo y estabilidad del ruido y una precisión de medición insuperable.

El modelo 8000-8-SM se comunica con una computadora personal host (PC) a través de una conexión Ethernet. El software StrainSmart® de micro mediciones es óptimo para configurar, controlar y adquirir datos del modelo 8000.



**Ilustración 11: Dispositivo 8000-8-SM.**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.

### 3.5.3.1 Calibración Del Instrumento

El modelo 8000 tiene la capacidad de realizar una auto calibración completa. Todo el proceso está bajo el control del software y los resultados se almacenan en una memoria flash no volátil. No se requieren ajustes analógicos. Un beneficio de esta característica es la capacidad de calibrar el instrumento bajo las condiciones reales de operación, minimizando así los errores debidos a condiciones ambientales como la temperatura, la altitud y la humedad. La tarjeta de calibración de voltaje del sistema A123 montada en el modelo 8000-8-SM proporciona voltajes programables, rastreables por el NIST, que se utilizan para fines de calibración. Se puede acceder a la tarjeta enchufable retirando el panel de aluminio del Módulo de control. Dos tornillos aseguran este panel.(Micro-Measurement, n.d.)

La fuente de voltaje de calibración ( $V_{cal+}$  y  $V_{cal-}$ ) se suministra a todos los canales y se puede acceder a los multiplexores de entrada para cada canal. Esta arquitectura proporciona la capacidad de calibrar la ruta de medición completa desde el conector de entrada. Los datos de calibración se almacenan en una memoria Flash no volátil y se usan posteriormente para la corrección de ganancia y compensación. La información de calibración se refiere al número de serie de la Tarjeta de calibración. Además de las entradas del sensor, el proceso de calibración brinda la capacidad de calibrar el circuito de medición de voltaje de excitación, permitiendo que el modelo 8000 mida con precisión la excitación del sensor cada vez que se configura. Esto mejora la precisión de las

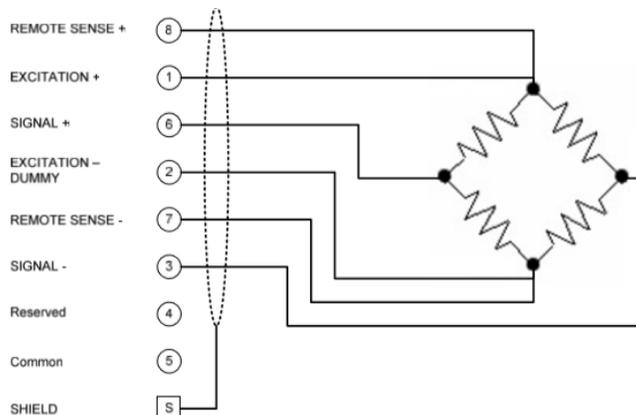


Como mínimo, Micro-Measurements recomienda realizar una autocalibración del Modelo 8000 al menos una vez al año.

Para una máxima precisión, se debe permitir que el Modelo 8000-8-SM se estabilice térmicamente antes de la calibración. Micro-Measurements recomienda que el instrumento tenga un tiempo de calentamiento mínimo de 60 minutos antes de realizar una calibración.

### 3.5.3.3 Configuraciones Para Galgas Extensométricas

Se utiliza apantallamiento de entrada para reducir el ruido y proteger la integridad de la señal del puente de ESD (descarga electrostática) y ruido de RF (radio frecuencia), se debe usar una conexión de cable blindado; la pantalla o el cable de drenaje deben estar conectados al terminal SHLD del conector de entrada.

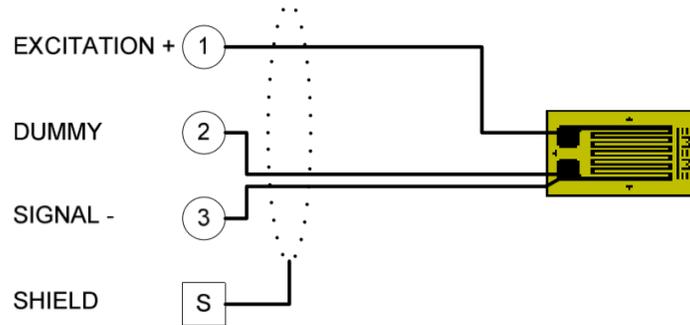


### **Ilustración 13: Diagrama de conexiones de entradas modelo 8000-8-SM.**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.

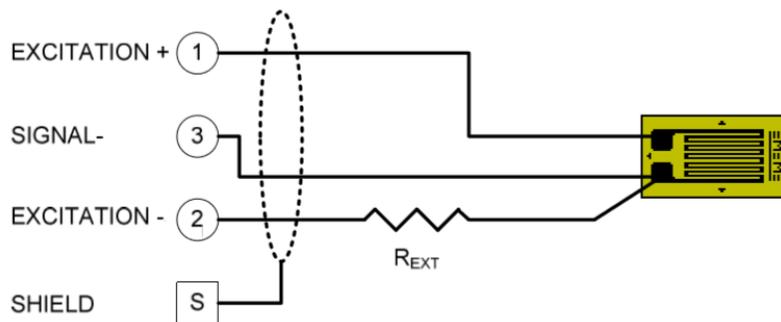
El modelo 8000 puede aceptar configuraciones de puente completo, medio y cuarto. Se proporcionan resistencias de terminación internas para puentes de 120Ω, 350Ω y 1000Ω. Hay disponible un circuito interno de medio puente de 1000Ω para configuraciones de cuarto y medio puente. Para la operación de un cuarto de puente, el pin 2 del conector de entrada (P- / D) se

puede configurar como 1 de las 3 resistencias de terminación de un puente ("ficticias"). Las resistencias de terminación de cuarto y medio puente están bajo control de firmware. Las resistencias de terminación de puente de  $1000\Omega$  se instalan en tomas para permitir que el usuario las reemplace con otros valores.



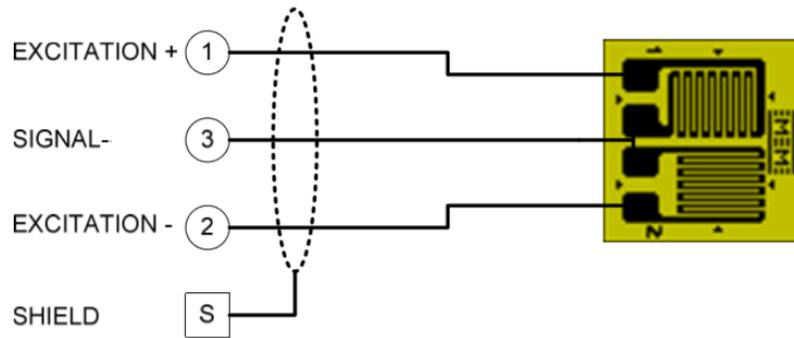
**Ilustración 14: Conexión de puente / tres cables (simulado interno).**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.



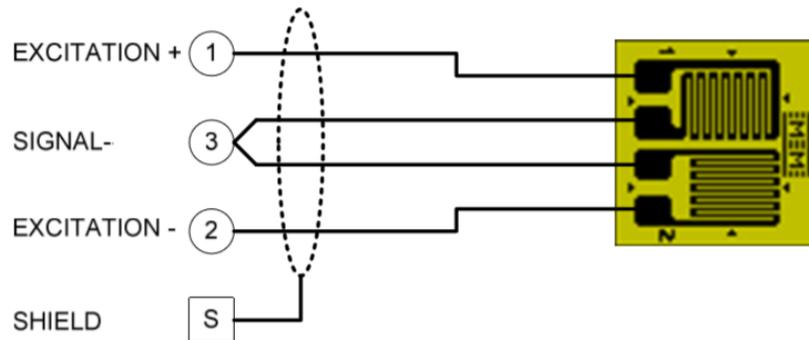
**Ilustración 15: Cuarto puente / simulador externo.**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.



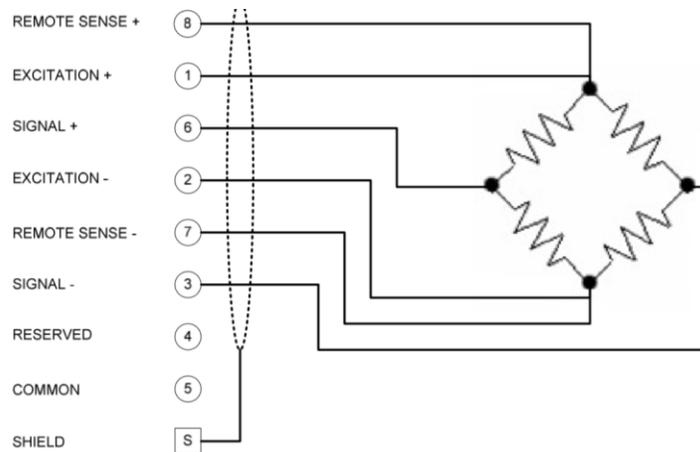
**Ilustración 16: Medio puente / Medidores Adyacentes.**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.



**Ilustración 17: Medio puente Galgas separadas.**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.



**Ilustración 18: Puente completo.**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.

### 3.6 Sensores

Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.

“De acuerdo con su función, los sensores son dispositivos que permiten cuantificar una variable física.” (Germán Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014).

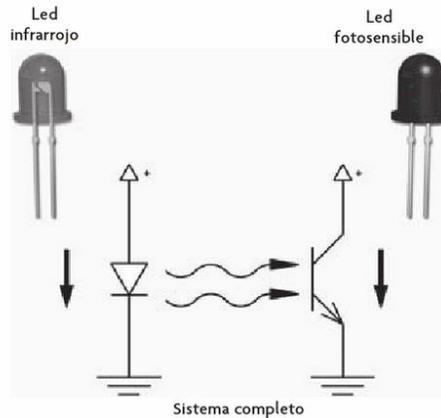
Un sensor en la industria es un objeto capaz de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas con un transductor en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica, etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la magnitud que la condiciona o variable de instrumentación con lo que puede decirse también que

es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Por ejemplo, el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

### 3.6.1 Sensores Infrarrojos

Sensores infrarrojos, el fotodiodo y el fototransistor Este sistema de medición es muy utilizado con los llamados encoders, en los que el emisor de luz infrarroja y el elemento fotosensible (ya sea fotodiodo o fototransistor) se encargan de detectar el cambio de posición de un disco ranurado en secciones opacas y transparentes; asimismo, también son muy utilizados en sensores de presencia, como auxiliares de contadores en líneas de producción, cronómetros, etcétera. El LED infrarrojo (IRLED, diodo emisor de luz infrarroja) es el elemento emisor de luz en el sistema (espectro infrarrojo); el tipo de luz que emite este elemento se encuentra fuera del espectro visible para el ojo humano, por lo que para observar si el LED está o no encendido es necesario auxiliarse de un aparato electrónico, como una cámara como cualquier diodo emisor de luz (LED), el LED infrarrojo cuenta con un ánodo y un cátodo. En este caso, cuando el diodo se polariza en directa, esto es, cuando el voltaje positivo se encuentra aplicado en el ánodo y la referencia a tierra en el cátodo, este dispositivo emite la luz infrarroja, que es la fuente intrínseca del sistema de medida. Existen diferentes configuraciones para aprovechar esta luz emitida por el IRLED; así, este puede aprovecharse para medir la presencia de un objeto (un objeto reflectante, ranuras opacas o transparentes en encoders ópticos), la distancia de un objeto reflectante, la intensidad de color en ciertas configuraciones entre otras aplicaciones.



**Ilustración 19: Diagrama de funcionamiento fototransistor.**

Fuente: (Germán Corona Ramírez et al., 2014).

Un fototransistor es el transductor entre la luz y una señal eléctrica que indica la presencia o ausencia de dicho haz. En configuraciones más especializadas, la señal eléctrica emitida por dicho sensor indica la distancia entre el emisor de luz y cierto objeto, cambios en la superficie reflectante del mismo o el color de dicha superficie. Un fototransistor convierte la energía contenida en un fotón en portadores de carga, de tal manera que por cada fotón percibido se genera un par electrón-hueco, agregando a este efecto una ganancia en corriente de la misma manera que en un transistor común. Al conectar una fuente de voltaje en el circuito base-emisor-colector se busca que la unión base emisor sea polarizada en inversa, con la finalidad de que, al percibir una fuente de luz en la base, se genere una corriente foto inducida.

### 3.6.2 Sensor de Efecto Hall

“El efecto Hall, descubierto por E. H. Hall en 1879, consiste en la aparición de una diferencia de potencial transversal en un conductor o semiconductor, por el que circula corriente, cuando hay un campo magnético aplicado en dirección perpendicular a esta” (Pallas, n.d.).

El campo magnético transversal ejerce una fuerza desviadora (Fuerza de Lorentz) sobre el conductor o semiconductor. Esta fuerza causa la desviación de los portadores de carga que se mueven a través del material. Como resultado, aparece una diferencia de potencial  $V_{xy}$

(denominada voltaje de Hall) entre los extremos del conductor. Este voltaje es proporcional a la intensidad del campo magnético aplicado y su polaridad depende del signo de los portadores de carga. El efecto Hall se presenta en conductores y en semiconductores. Las diferencias de potencial producidas en tiras metálicas son muy pequeñas, siendo a menudo enmascaradas por el ruido. Por esto, los dispositivos comerciales usan materiales semiconductores especiales, donde el efecto Hall es más notable. En estos casos, el elemento básico es generalmente una tira de arseniuro de galio (GaAs) o de indio (InAs) la cual, cuando se polariza mediante una corriente constante y se sumerge en un campo magnético transversal a su superficie, genera un voltaje proporcional a la intensidad del campo. Este voltaje es reforzado por un amplificador operacional incorporado en el dispositivo y se procesa para proporcionar una señal de salida útil.

### **3.7 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 un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo una válvula. Son los elementos que influyen directamente en la señal de salida del automatismo, modificando su magnitud según las instrucciones que reciben de la unidad de control.

#### **3.7.1 Motores Eléctricos**

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variables, los motores eléctricos se componen de dos partes una fija llamada estator y una móvil llamada rotor, estos funcionan generalmente bajo los principios de magnetismo. Se clasifican en motores de Corriente Directa, de Corriente Alterna y los Motores Universales y según el número de fases en Monofásicos, Bifásicos y Trifásicos, siendo este último el más utilizado a nivel industrial.

### 3.7.1.1 Motor de corriente continua

El modo de funcionamiento más característico de las máquinas de c.c. lo constituye su empleo como motor. La ventaja fundamental de los motores de c.c. frente a los motores de c.a. ha sido su mayor grado de flexibilidad para el control de la velocidad y del par, lo cual ha hecho muy interesante su aplicación en diversos accionamientos industriales: trenes de laminación, telares, tracción eléctrica.(Fraile Mora, 2008, p. 523)

### 3.7.1.2 Motores a pasos

Estos motores son empleados en algunos robots en el más pequeño y término medio del rango industrial y con los robots de enseñanza y pasatiempo. También son ampliamente usados en otras aplicaciones industriales y tienen las ventajas de que no necesariamente requieren un sistema de retroalimentación y de los costos asociados. Sin embargo, son compatibles con muchos dispositivos de retroalimentación, si esto se requiriera, y son usados en configuraciones de servo control total en robots industriales de servicio medio. Puesto que se trata de motores de control digital, no necesitan el gasto adicional de equipos de conversión de digital a analógica cuando se conectan a un sistema de control por computadora. Normalmente, la flecha del motor gira en forma incremental en pasos iguales en respuesta a un tren de impulsos de entrada programado. Como el rotor indexa una cantidad específica para cada pulso de control, todo error de posicionamiento es no acumulativo. Para conocer la posición final del rotor, todo lo que se requiere es contar el número de pulsos transmitidos al devanado de fase de la bobina del estator. El número de pulsos por unidad de tiempo determina la velocidad del motor. El rotor puede estar hecho para indexar lentamente, haciendo una pausa después de cada incremento, o puede moverse rápidamente generando un movimiento continuo que se llama "slewing" (hasta llegar a una velocidad de giro constante). El máximo par torsor dinámico en un motor de paso ocurre con bajas frecuencias de pulsos. Por lo tanto, puede fácilmente acelerar una carga. Una vez que se haya alcanzado la posición requerida y se terminen los impulsos de comando, la flecha se detiene sin necesidad de embragues o frenos. (Kumar Saha, 2010, p. 40)

#### 3.7.1.2.1 Motores a Pasos Híbridos

Los motores a pasos híbridos combinan las características de los motores de reluctancia variable y de imanes permanentes, teniendo un imán permanente interconectado en cubiertas de hierro que están cortadas para tener dientes. El rotor se coloca en la posición de reluctancia mínima en respuesta a que se estén energizando un par de bobinas del estator.

Los ángulos de paso normales son  $0.9^\circ$  y  $1.8^\circ$ . De la descripción anterior resulta entonces obvio que la velocidad con la que se aplican los impulsos determina la velocidad del motor, el número total de impulsos determina el desplazamiento angular y el orden en el que se energizan las bobinas en la primera instancia determina la dirección de rotación.

### 3.7.2 Relevador

El relé o relevador es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico

Su funcionamiento se basa en que el electroimán hace girar la armadura verticalmente al ser alimentada, cerrando los contactos dependiendo de si es N.A o N.C (normalmente abierto o normalmente cerrado). Si se le aplica un voltaje a la bobina se genera un campo magnético, que provoca que los contactos hagan una conexión. Estos contactos pueden ser considerados como el interruptor, que permite que la corriente fluya entre los dos puntos que cerraron el circuito.

## 3.8 Mecanismos

El diseño de elementos de máquinas es parte integral del más extenso y general campo del diseño mecánico. Los diseñadores y los ingenieros de diseño crean aparatos o sistemas que satisfagan necesidades específicas. En el caso típico, los aparatos mecánicos comprenden piezas móviles que transmiten potencia y ejecutan pautas específicas de movimiento. Los sistemas mecánicos están formados por varios aparatos mecánicos. (Mott, n.d., p. 3).

“Una máquina se puede definir como un objeto fabricado y compuesto por un conjunto de piezas ajustadas entre sí que se usa para facilitar o realizar un trabajo determinado, generalmente transformando una forma de energía en movimiento o trabajo”(Roda Buch Alejandro, Amela, & Albelda Vitoria, 2016, p. 1).

La diferencia entre máquina y mecanismo reside en que la máquina se considera como una caja negra en la que se aplican una o varias acciones a la entrada y se obtienen una o varias respuestas a la salida. La relación Entrada/Salida se denomina función de transferencia y las acciones y respuestas pueden ser cualquier tipo de variable cinemática o dinámica: posición, velocidad, fuerza, potencia, etc. En una máquina interesa fundamentalmente la función de transferencia, siendo bastante irrelevante lo que pasa dentro de la citada caja negra. Por el contrario, lo relevante de un mecanismo es cómo interaccionan entre sí sus componentes a nivel cinemático y/o dinámico.

### 3.8.1 Diseño CAD

Una de las familias de aplicaciones del ordenador con más éxito y más tradición en el mundo de la ingeniería se da en el ámbito del diseño y el proyecto, y se conoce con el término genérico de Diseño Asistido por Ordenador, o por el acrónimo CAD. (Company Calleja & González Lluch, 2013)

Se debe utilizar el CAD 3D porque aumenta la productividad. Es decir, que en cualquier empresa relacionada con el diseño o los proyectos de ingeniería consigue una reducción importante (de tiempo y dinero) del proceso de diseño, respecto a los métodos basados en instrumentos tradicionales o en aplicaciones CAD 2D.

Usar CAD 3D para diseñar o proyectar requiere un aprendizaje, porque se debe modelar en lugar de dibujar. Para producir modelos virtuales se debe usar el lenguaje gráfico tradicional en los ámbitos del diseño y el proyecto de ingeniería.

### 3.8.1.1 Solid Works

Solid Works es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

Es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable. (Gómez González, 2008)

Solid Works se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos.

Las principales características que hace de Solidworks una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además, utiliza el Gestor de diseño (FeatureManager) que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

Junto con las herramientas de diseño de pieza, ensamblajes y dibujo, Solidworks incluye Herramientas de Productividad, de Gestión de Proyectos, de Presentación y de Análisis y Simulación como se muestra en la ilustración 2, que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado.

### 3.8.2 Mecanismo Tornillo-Tuerca

El mecanismo tornillo-tuerca, conocido también como husillo-tuerca es un mecanismo de transformación de circular a lineal compuesto por una tuerca alojada en un eje roscado (tornillo). Si el tornillo gira y se mantiene fija la orientación de la tuerca, el tornillo avanza con movimiento rectilíneo dentro de ella.

Por otra parte, si se hace girar la tuerca, manteniendo fija la orientación del tornillo, aquella avanzará por fuera de ésta. Este mecanismo es muy común en nuestro entorno, pues lo podemos encontrar en infinidad de máquinas y artilugios. Evidentemente, este mecanismo es irreversible, es decir, no se puede convertir el movimiento lineal de ninguno de los elementos en circular.

El avance depende de dos factores:

- La velocidad de giro del elemento motriz.
- El paso de la rosca del tornillo, es decir, la distancia que existe entre dos crestas de la rosca del tornillo. Cuando mayor sea el paso, mayor será la velocidad de avance.

Según Fenoll, Borja, & Herrera (2009): "La clasificación según el sentido de la rosca es en rosca a derechas y roscas a izquierdas"

- Rosca a derechas: se le denomina así cuando el tornillo gira en el sentido de giro de las agujas del reloj. Es el que normalmente se utiliza en mecánica y el más conocido por los usuarios.
- Rosca a izquierdas: son aquellos tornillos y tuercas que se utilizan en los ejes que están en movimiento, para evitar que se aflojen.

### 3.9 Sistemas de Control

Para la correcta gobernación de un sistema mecatrónico como lo es un robot, es necesaria la combinación de elementos electrónicos con algoritmos de programación.

#### Señales Analógicas y Digitales

García Lorenzo, Huerta Pellitero, & Sánchez de la Lama, (2014) Afirma: "La información que se suministrará al sistema, independientemente de la tecnología utilizada, viene caracterizada por una o varias magnitudes".

Una magnitud es una propiedad física que puede medirse cuantitativamente. Dependiendo de la naturaleza de las mismas podemos dividirlos en analógicas y digitales. Se denomina señal a la evolución en el tiempo de dichas magnitudes. Entre dichas magnitudes podemos mencionar: Las magnitudes analógicas y digitales.

- Las magnitudes analógicas: Son aquellas que toman valor en un rango continuo. Matemáticamente se asocian con números reales o conjuntos de los mismos. Se pueden poner muchos ejemplos de magnitudes analógicas: temperatura, voltaje, fuerza, etc. La mayoría de los fenómenos naturales se miden utilizando magnitudes analógicas.
- Las magnitudes digitales: Toman valor en un rango discreto. Al igual que las magnitudes analógicas podemos asociarlas con un subconjunto matemático: los números enteros.

#### 3.9.1 Circuito Eléctrico

Según Soria Olivas, Martín Guerrero, & Gómez Chova (2004): "Un circuito eléctrico se puede definir como aquella región del espacio donde existe un gran número de cargas relacionadas entre sí de alguna forma".

"Una característica de la Electrónica es su carácter intrusivo y como este ha tenido impacto a los últimos desarrollos tecnológicos" (Villar Bonet, 2017, p. 14).

### 3.9.2 Circuito Integrado

Un circuito integrado, o chip, no es otra cosa que el avance tecnológico que permitió interconectar en una misma y pequeña unidad un gran número de componentes electrónicos, como resistores y capacitores, y por supuesto transistores.

#### 3.9.2.1 Memoria del CI

Los datos digitales binarios, pueden almacenarse en CI en las formas de memoria siguientes:

- RAM
  - ROM
  - EEPROM
- 
- RAM. Una RAM (Random Access Memory) almacena los datos binarios en arreglos. Los datos pueden dirigirse desde cualquier sitio de la matriz, los datos se modifican fácilmente y se almacenan de vuelta en RAM.
  - ROM. La memoria de solo lectura (Read Only Memory) puede leerse en su totalidad o en parte, pero no puede escribirse en ella durante su funcionamiento normal.
  - EPROM. Una ROM borrable programable (Erasable Programmable ROM) es un CI cuya memoria es del tipo sólo de lectura, pero que puede reprogramarse mediante la exposición a rayos ultravioleta" (Gibilisco, 2001).

### 3.9.3 Microprocesador

Rozenberg (2006) dice: "Los microprocesadores son los circuitos integrados más complejos, con un mayor número de componentes electrónicos, y son el cerebro de las computadoras. También reciben el nombre de unidad de procesamiento central".

### 3.9.3.1 Tipos de Datos Simples

“Los tipos de datos se utilizan generalmente al declarar variables y son necesarios para que el intérprete o compilador conozca de antemano el tipo de información que va a contener una variable” (Moreno Pérez, 2014, p. 21).

Los tipos de datos hacen referencia al tipo de información que se trabaja, donde la unidad mínima de almacenamiento es el dato, también se puede considerar como el rango de valores que puede tomar una variable durante la ejecución del programa.

- Numéricos. Este tipo de dato puede ser real o entero, dependiendo del tipo de dato que se vaya a utilizar.
- Enteros: son los valores que no tienen punto decimal, pueden ser positivos o negativos y el cero.
- Reales: estos caracteres almacenan números muy grandes que poseen parte entera y parte decimal.
- Caracteres. El tipo de dato carácter es un dígito individual el cual se puede representar como numéricos (0 al 9), ¡letras (a-z) y símbolos (!"#\$%&^).
- Booleanos. Este tipo de dato se emplea para valores lógicos, los podemos definir como datos comparativos dicha comparación devuelve resultados lógicos (Verdadero o Falso).

### 3.10 Prueba funcional Sensor de efecto hall

La prueba funcional de sensor de efecto hall consiste en simular las condiciones de operación del mismo, en este caso su aplicación es para la detección de cinturón de seguridad abrochado.

La prueba consiste en la aplicación de un voltaje de alimentación en las terminales y medir la corriente del sensor en dos ocasiones cuando no está en presencia de un campo magnético y estando en presencia de un campo magnético generado por un electroimán igual en magnitud al generado por un imán permanente en el producto final, esto se logra mediante el desplazamiento del electroimán con un actuador lineal.



**Ilustración 20 - Prueba funcional de sensor de efecto Hall.**

Fuente: Elaboración Propia.

## **IV. Metodología**

“Cuando hablamos de metodología estamos refiriéndonos al estudio y análisis de los diversos métodos susceptibles de ser utilizados en la investigación científica, para poder tener en cuenta desde el principio cuáles son las consecuencias de utilizar uno u otro método” (Ackerman & Com, 2013).

### **4.1 Variables de Investigación**

#### **4.1.1 Variables Dependientes**

Para el cumplimiento de los objetivos se manejaron las siguientes variables dependientes.

- Calidad de la imagen en inspección de integridad de soldadura.
- Diseño estructural y programación de servo actuador lineal.
- Puesta en marcha de sistema de análisis de estrés en PCB.
- Ingreso automático de PCB a máquina conformal.

#### **4.1.2 Variables Independientes**

Las variables que afectan la calidad de la imagen en inspección de integridad de soldadura.

- Características de la cámara.
- Geometría del montaje.

Las variables que afectan el diseño estructural y programación de servo actuador lineal.

- Cantidad de desplazamiento requerido.
- Opciones de seguridad.
- Velocidad de desplazamiento lineal.

Las variables que afectan la puesta en marcha de sistema de análisis de estrés en PCB.

- Hardware a utilizar.
- Software a utilizar.
- Montaje a realizar.

Las variables que afectan el Ingreso automático de PCB a máquina conformal.

- Condiciones de transferencia a máquina de línea superior.
- Protocolo de comunicación SMEMA.

## 4.2 Técnicas e Instrumentos Aplicados

### 4.2.1 Técnica

- **Identificación del problema:** Mediante la determinación de los objetivos específicos se identificaron los problemas a solucionar.
- **Propuesta de solución:** Valiéndome de la investigación en literaturas tanto como en internet de contenido para poder formular una propuesta de solución a los múltiples problemas planteados.
- **Validación de soluciones y replanteamiento:** Por medio del análisis exhaustivo de las soluciones planteadas y discusión de las mismas se identifique posibles problemas de diferentes indoles como ser técnico, mecánico y logístico se, procedí a formular una solución alterna con las anteriores consideraciones y se someterlas al mismo proceso.
- **Fabricación:** Se utilizaron múltiples técnicas para la elaboración de los subsistemas como son: diseño CAD tanto mecánico como electrónico, maquinado de piezas, impresión 3D.
- **Validación:** Se realizaron pruebas de campo para asegurar el correcto funcionamiento de los trabajos efectuados.

### 4.2.2 Instrumentos aplicados

- Máquinas y herramientas
- Computadora
- Impresora 3d
- Micro-Measurements Model 8000-8-SM
- Cámara Cognex serie 7000
- PLC



## V. Descripción del Trabajo Desarrollado

### 5.1 Desarrollo y puesta en marcha de sistema de análisis de estrés en PCB.

Se me fue entregado un dispositivo nuevo a implementar en la planta (Micro-Measurements Model 8000-8-SM).



**Ilustración 21 - Dispositivo 8000-8-SM.**

Fuente: Manual modelo 8000-8-SM de Micro-Measurements.

Con este dispositivo básicamente el trabajo realizado fue la puesta en marcha del mismo, pruebas y desarrollo de un maletín para autocontener el dispositivo y sus accesorios para mayor facilidad a la hora de realizar las pruebas de estrés en diferentes áreas de interés en planta.

Para la puesta en marcha del dispositivo se instalaron múltiples softwares para la lectura y adquisición de datos por parte del dispositivo.



**Ilustración 22 - Maletín para pruebas de estrés en PCB.**

Fuente: Elaboración Propia.



**Ilustración 23 - Montaje de 8000-8-SM de Micro-Measurements en maletín.**

Fuente: Elaboración Propia.



**Ilustración 24 - Compartimentos para el transporte de accesorios.**

Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.1.1 Realización de Pruebas de estrés.

Durante el periodo de práctica profesional realice una serie de pruebas de estrés en diferentes fixturas dentro de la planta PCBA y en otras plantas pertenecientes a EMPIRE.

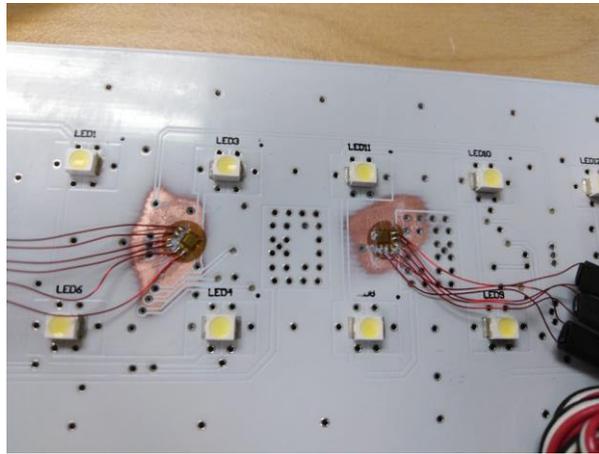
Para la fijación de las galgas sobre la superficie de las PCB es de suma importancia seguir una serie de pasos utilizando solventes, compuestos y reactivos del kit de fijación para asegurar de esta manera que la galga sufra la misma deformación que la muestra de interés.



**Ilustración 25 - kit para la fijación de galgas extensiométricas sobre PCB.**

Fuente: Elaboración Propia.

En la ilustración 26 se puede apreciar la fijación de galgas extensiométricas en dos puntos de interés sobre una PCB.



***Ilustración 26 - Galgas en PCB para prueba de estrés.***

Fuente: Elaboración Propia.



***Ilustración 27 - Prueba de estrés realizada en fixtura para prueba electica.***

Fuente: Elaboración Propia.

## **5.2 Smema Upstream Machine Simulator.**

### 5.2.1 Antecedentes

En la línea C1UC las PCBS son ingresadas a la Máquina conformal de forma manual, la conformal no posee comunicación con una maquinaria de transferencia superior para su funcionamiento automático, por lo cual se realizaba la activación del ingreso de la PCBS de forma manual mediante la terminal de la computadora.

Se había decidido colocar una máquina de transferencia superior en este caso un conveyor para la transferencia automática.

### 5.2.2 Justificación

La activación de forma manual del ingreso de PCBS a la máquina conformal implica la activación mediante la terminal de la computadora por parte de un operario lo que causa aumento en el tiempo de ciclo y entorpecimiento del proceso.

Se están generando scrap por la introducción de PCBS de lado contrario por lo que se necesita de un sistema que valide la correcta orientación de las PCBS antes de su ingreso.

Se analizó la situación y se concluyó que no es necesario mecánicamente una máquina de transferencia superior, únicamente se necesita la activación por medio de la entrada de comunicación SMEMA.

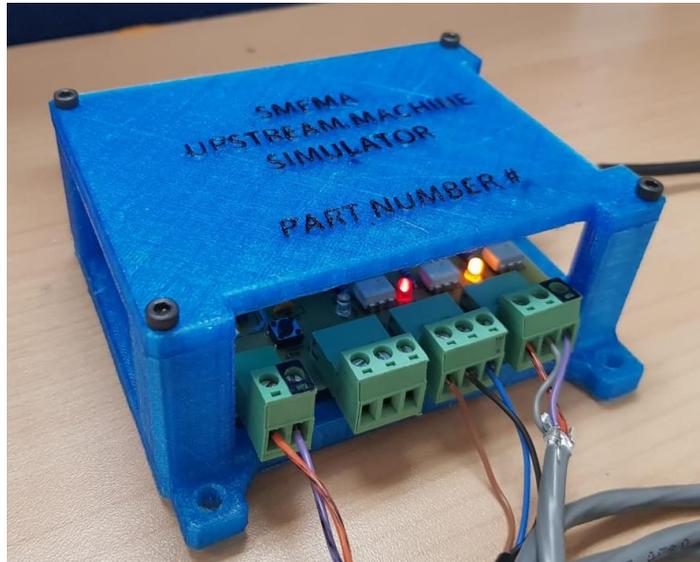
### 5.2.3 Objetivo

Desarrollar un dispositivo capaz de simular una máquina de transferencia superior para dar ingreso automático y con correcta orientación a las fixturas en máquina conformal de la línea C1UC.

#### 5.2.4 Dispositivo

Este dispositivo simula ser la Máquina anterior a la máquina de interés cumpliendo con el protocolo de comunicación SMEMA.

Para ello cuenta con las terminales de comunicación propias del protocolo SMEMA además de 3 entradas para sensores digitales a 24v para poder validar la condición de transferencia a máquina inferior.

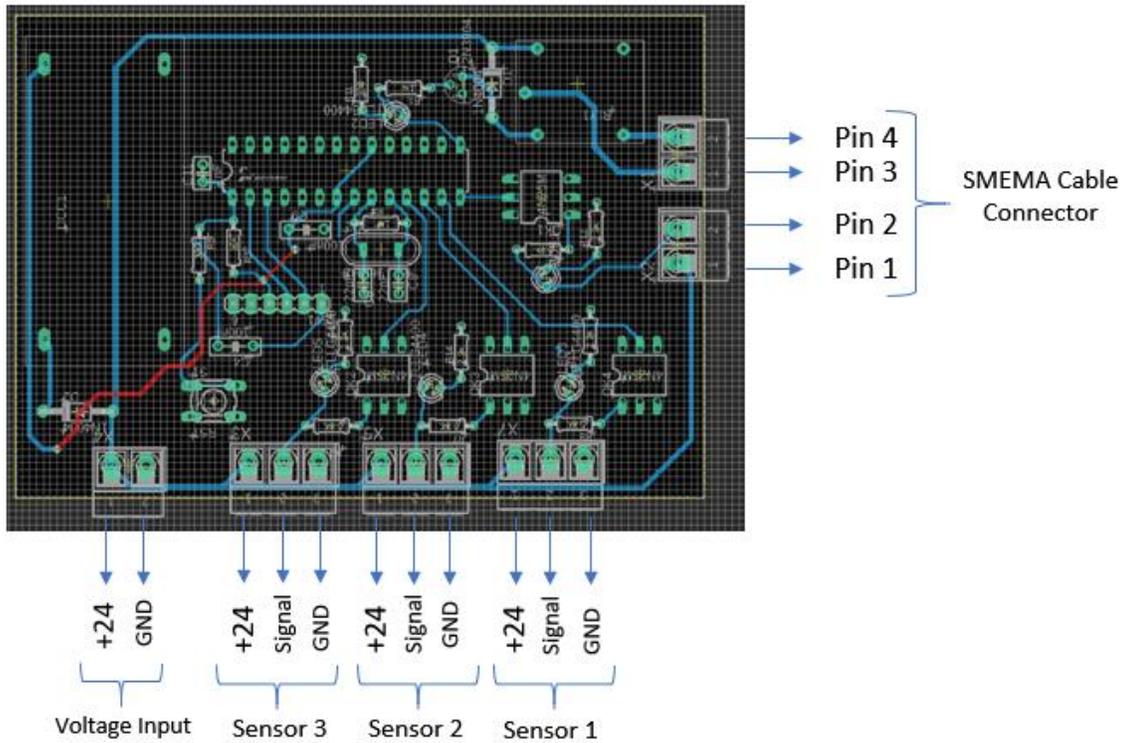


**Ilustración 28 - SMEMA UPSTREAM MACHINE SIMULATOR**

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.2.5 Diagrama de conexiones

En la Ilustración 29 se aprecia el diseño de la placa electrónica, sus entradas y salidas



**Ilustración 29 - Diagrama de Conexiones.**

Fuente: Elaboración Propia.



### 5.2.7 Implementación

Se realizó el montaje del dispositivo en la máquina conformal perteneciente a la línea C1UC validando la condición de transferencia a la máquina con la activación de un sensor infrarrojo cuyo propósito es la detección de la fixtura y la activación de un sensor inductivo el cual censa una tira metálica colocada en uno de los bordes de las fixturas con el propósito que estas no sean introducidas al revés.

El dispositivo genera una señal de transferencia únicamente cuando se cumplen cuatro condiciones:

- La máquina Conformal está Disponible para la transferencia.
- El sensor infrarrojo esta activado.
- El sensor inductivo esta activado.
- Estas tres condiciones permanezcan en alto por al menos 1500 milisegundos.



**Ilustración 31 - Instalación de dispositivo en Línea C1UC Conformal.**

Fuente: Elaboración propia.



**Ilustración 32 - Instalación de sensor infrarrojo en maquina conformal.**

Fuente: Elaboración propia.



**Ilustración 33 - Modificación con tira metálica en un extremo de placa.**

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.8 Conclusión

Se desarrollo, fabrico e implemento un dispositivo capas de simular una máquina de transferencia superior para dar ingreso automático y con correcta orientación a las fixturas en maquina conformal de la línea C1UC.

## **5.3 Reingeniería y Parametrización de Prueba de Integridad de Soldadura.**

### 5.3.1 Antecedentes

La estación de prueba de integridad de soldadura perteneciente a la línea THT fue concebida con el objetivo de identificar fallos en la soldadura que se pueden producir en las PCBS al ser soldadas mediante soldadura por ola, de esta manera asegurar la calidad del producto final.

### 5.3.2 Justificación

La calidad del producto final es de suma importancia para Empire Electronics por lo que se requiere este medio de control en condiciones operativas.

### 5.3.3 Objetivo

Identificar los factores que afectan la captura clara de imagen en prueba de integridad de soldadura, dar solución a estos para su posterior parametrización.

#### 5.3.4 Introducción

Inspección Óptica Automatizada (IOA) es una revisión visual realizada de forma automática de un amplio rango de productos, como un circuito impreso, LCDs, transistores, partes automotores, y etiquetas en empaques de productos o productos agrícolas. En el caso de la inspección del PCB, una cámara automática escanea el dispositivo bajo prueba de ciertos defectos como rayones, manchas, circuitos abiertos, corto circuitos, adelgazamiento de la soldadura, partes faltantes, componentes incorrectos y componentes mal colocados. Es típicamente usado en los procesos de manufactura dado que es un tipo de prueba sin contacto. IOA es capaz de realizar la mayoría de los chequeos visuales antes hechos por operadores manuales, más rápida y eficazmente. Los sistemas AOI son implementados en varias partes del proceso de manufactura. Es usado para la inspección de partes que tienen limitadas y conocidas variaciones. Para la detección de errores, los sistemas AOI buscan las diferencias con respecto a un maestro bueno.

De esta manera IOA puede ser usada para detectar problemas tempranos en el proceso de producción. Desde que las faltas cuesta más repararlas en el proceso de producción, es esencial detectar tempranamente los problemas. Por ejemplo, problemas en la soldadura y el área de ensamblaje de un PCB puede ser fácilmente vista en el proceso de producción y la información será usada como una rápida respuesta a los sectores previos, evadiendo la producción de muchas placas con el mismo problema.

### 5.3.5 Sistema de visión In-Sight serie 7000



**Ilustración 34 - Sistema de visión In-Sight 7000.**

Fuente: Sitio oficial de Cognex.

El sistema de visión de la serie In-Sight 7000 representa un avance en la flexibilidad, el rendimiento y la facilidad de integración. Este potente sistema de visión se realiza rápido, inspecciones precisas mientras que su huella compacta fácilmente encaja en las líneas de producción de espacio limitado. El diseño modular es altamente personalizable en campo para sus requerimientos de aplicación.

- La iluminación y la óptica cambiables en el campo proporcionan a los usuarios con la máxima flexibilidad para personalizar el sistema para su aplicación
- Conjunto completo de poderosos algoritmos y visión de Cognex las herramientas, incluido el color, te ayudan a resolver aplicaciones de forma fácil y fiable.
- La interfaz intuitiva EasyBuilder permite tanto usuarios novatos y experimentados para configurar y aplicaciones de monitor de visión.

- La hoja de cálculo In-Sight proporciona el máximo control a través del acceso directo a herramientas de visión y opciones de comunicación.

### 5.3.6 Reingeniería

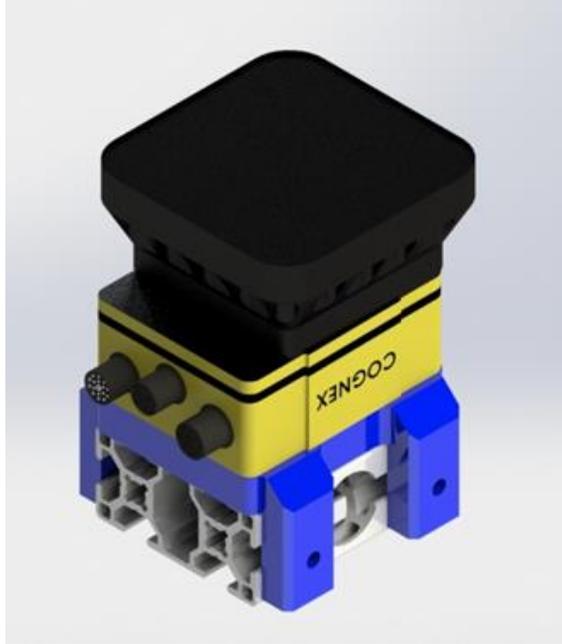
Varios factores afectaban la clara toma de imagen lo que no permitía su parametrización entre ellos

- Altura de la cámara con respecto a la muestra.
- Reflejos producidos por la iluminación interna de la cámara.
- Incapacidad de utilizar luz led normal ya que la cámara posee un filtro de luz infrarroja con la finalidad de solo detectar la luz que esta misma emite.
- La fitura sobre la cual se coloca la muestra está fabricada de material Aluminio lo que genera mayor cantidad de reflejos en la captura de imagen.

### 5.3.7 Propuesta de solución

Ya que no se posee una iluminación externa detectable por la cámara para angular está eliminando los reflejos en la captura de imagen se analizaron las opciones con los recursos disponibles y se procedió a realizar dos modificaciones estructurales.

- Acercar la cámara a la muestra de interés.
- Realizar un montaje a 90° con respecto a la estación de esta manera obteniendo una toma angulada de la cámara con respecto a la muestra ya que esta se encuentra angulada con respecto a la estación.
- Pintar de negro mate la parte inferior e interior de la fixtura para que de esta manera absorba la luz emitida por la cámara evitando los reflejos producidos por el aluminio.

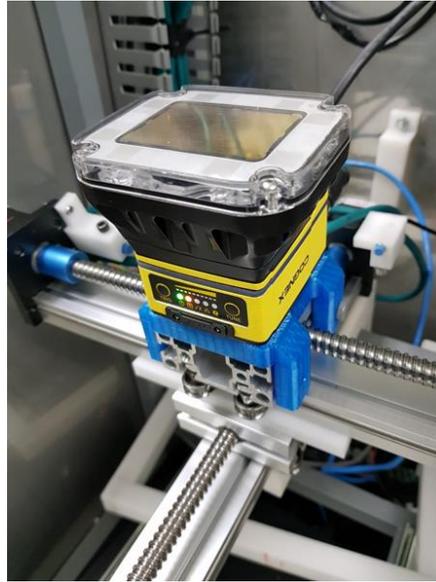


**Ilustración 35 - Diseño CAD de soporte para la cámara.**

Fuente: Elaboración Propia.

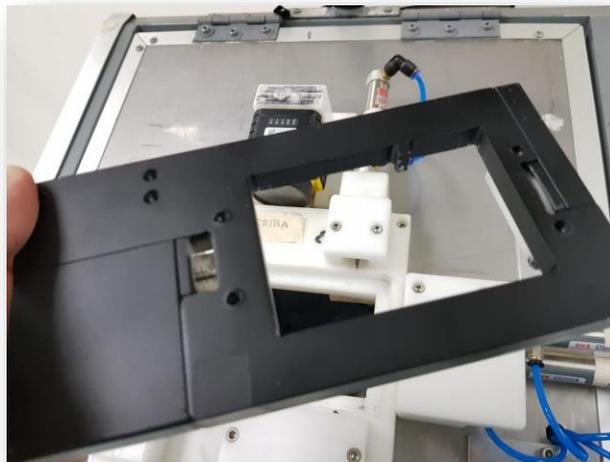
### 5.3.8 Implementación

#### 5.3.8.1 Modificaciones estructurales



**Ilustración 36 - Montaje de cámara en prueba de integridad de soldadura.**

Fuente: Elaboración Propia.



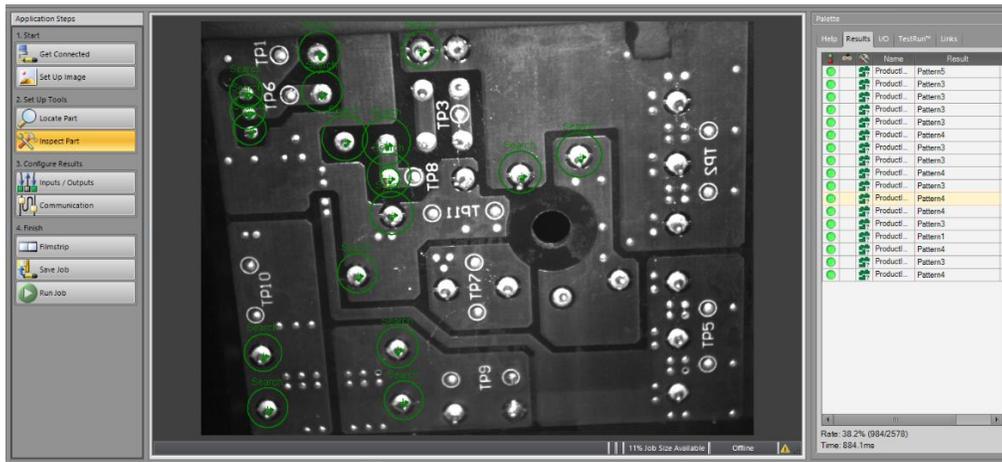
**Ilustración 37 - Fixtura pintada de parte inferior e interior de negro mate.**

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3.8.2 Parametrización de software

Mediante el software IN-SIGHT EXPLORER se hicieron pruebas con diferentes herramientas que posee este programa, encontrando la adecuada para este tipo de inspección ya que es de alta complejidad.

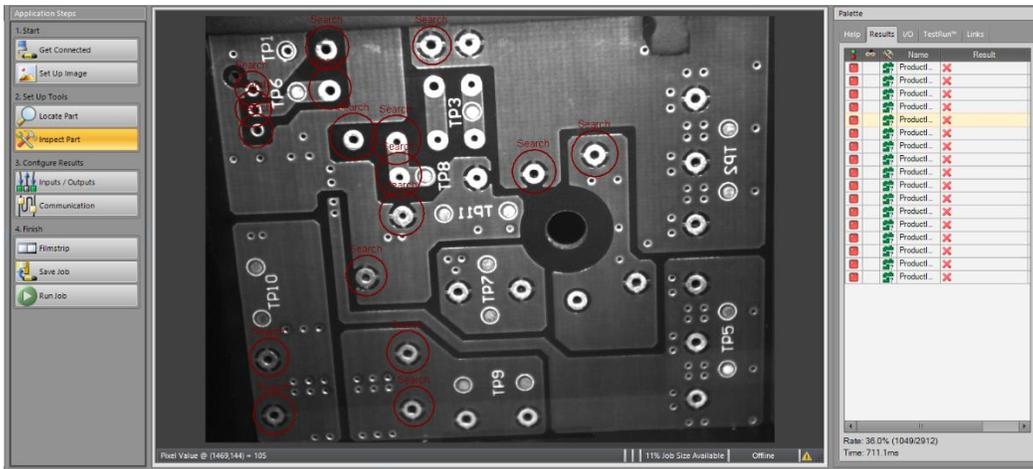
Para esto se entrenó a la cámara con diferentes imágenes de los puntos individuales de soldadura en buen estado, de esta manera el software realiza mediante un reconocimiento de patrones de pixeles un promedio de las similitudes que la imagen a evaluar tiene con las imágenes entrenadas anteriormente lo que permite detectar una mala soldadura, ausencia de componente y soldadura, ausencia de soldadura y ausencia de componente.



**Ilustración 38 - Maestro Bueno**

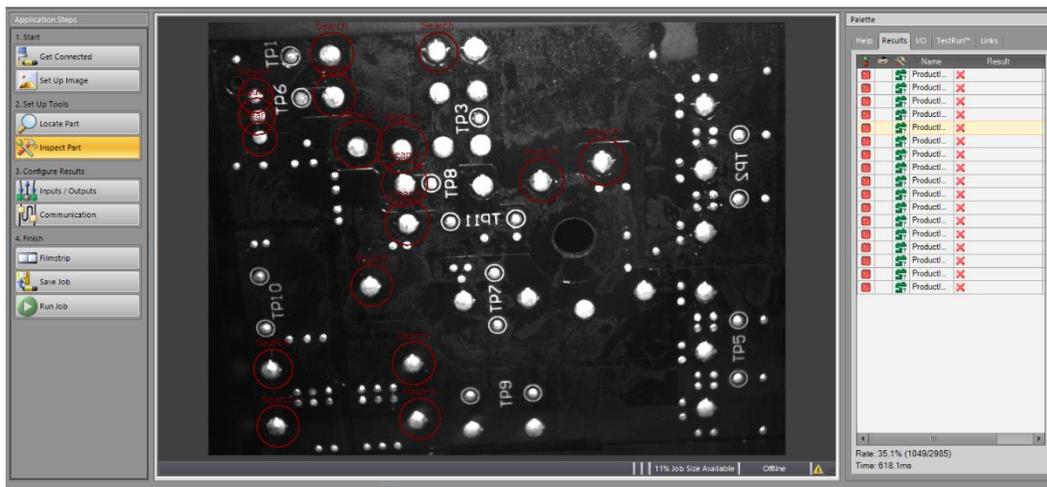
Fuente: Elaboración Propia.





**Ilustración 41 - Detección de ausencia de componente y Soldadura.**

Fuente: Elaboración Propia.



**Ilustración 42 - Detección de ausencia de componente y presencia de soldadura.**

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3.9 Conclusiones

- Se obtuvo una imagen clara con los cambios implementados.
- Se logró detectar todos los fallos posibles de soldadura.
- No se pudo llegar a validar por el departamento calidad ya que la cámara fue vilmente sustraída en reiteradas ocasiones de la estación.

## **5.4 Servo Linear Actuator & Controller.**

### 5.4.1 Antecedentes

Una parte muy importante en las estaciones de calidad de hall sensor es la prueba eléctrica funcional la cual determina los valores de corriente entregados por el sensor cuando se encuentra en presencia de un campo magnético generado por un electroimán, para ello se realiza el desplazamiento lineal de este electroimán simulando las condiciones de operación en el producto final.

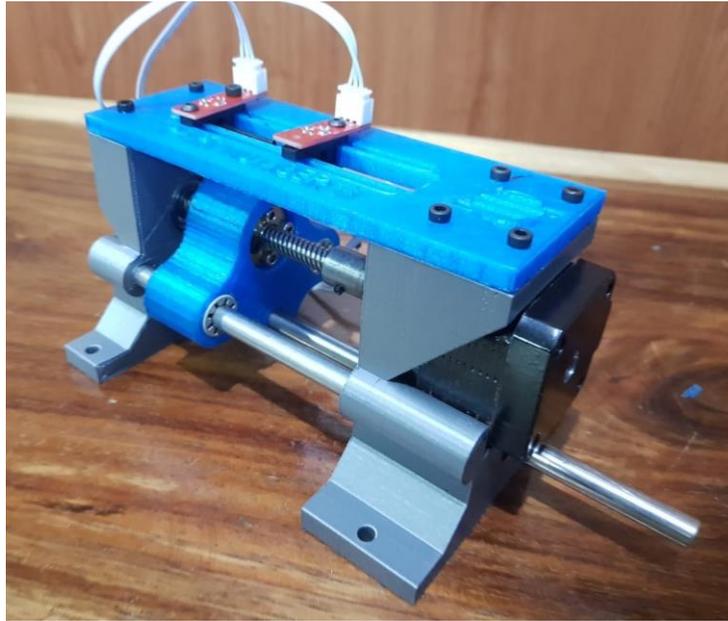
### 5.4.2 Justificación

Un servo actuador lineal es un dispositivo perfecto para realizar esta tarea de simulación ya que se puede controlar tanto la velocidad de desplazamiento como la longitud de la carrera además de poseer una gran precisión en sus desplazamientos.

### 5.4.3 Objetivo

Desarrollar un Servo Actuador Lineal & Controlador para su uso en pruebas funcionales de hall sensor.

### 5.4.3 Servo Actuador Lineal.



**Ilustración 43 - Servo Actuador Lineal**

Fuente: Elaboración Propia.

El diseño de este mecanismo se realizó utilizando software CAD para posteriormente ser impreso en 3D. conformando con otros accesorios el producto final que se observa en la Ilustración 3.

### 5.4.3.1 Diseño CAD

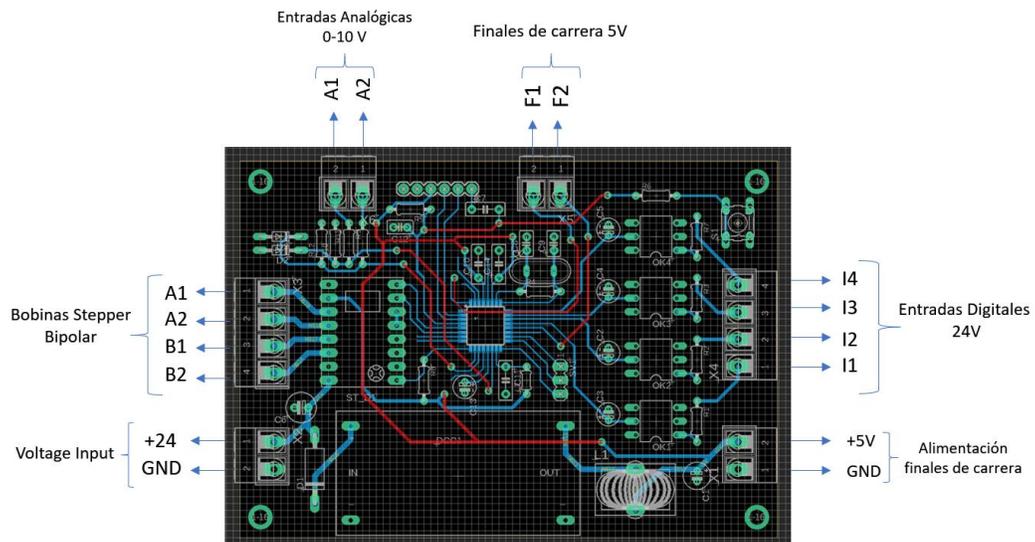


**Ilustración 44 - Diseño CAD Servo Actuador lineal Vista Isométrica.**

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.4.3.2 Controlador

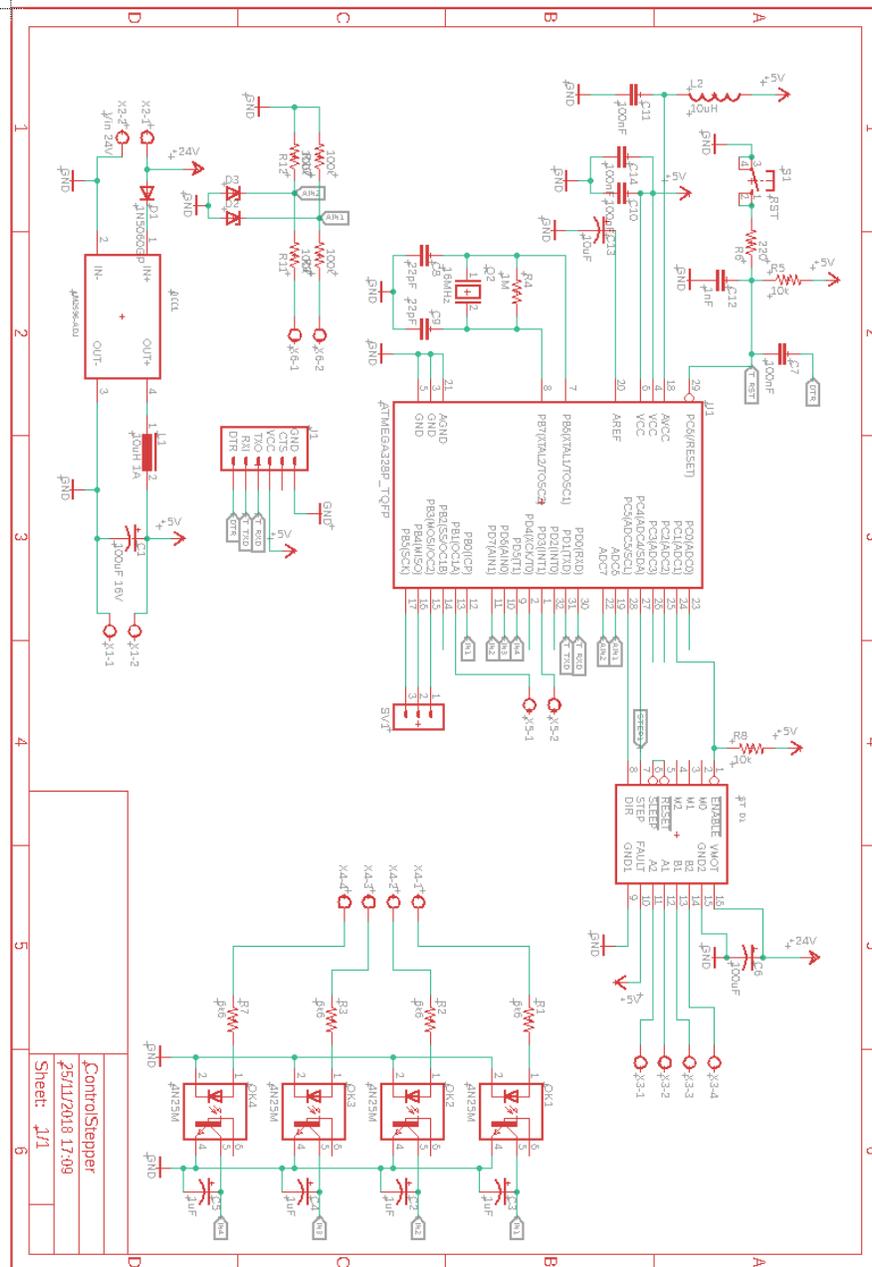
#### 5.4.3.2.1 Diagrama de Conexiones



**Ilustración 45 - Diagrama de Conexiones.**

Fuente: Elaboración Propia.

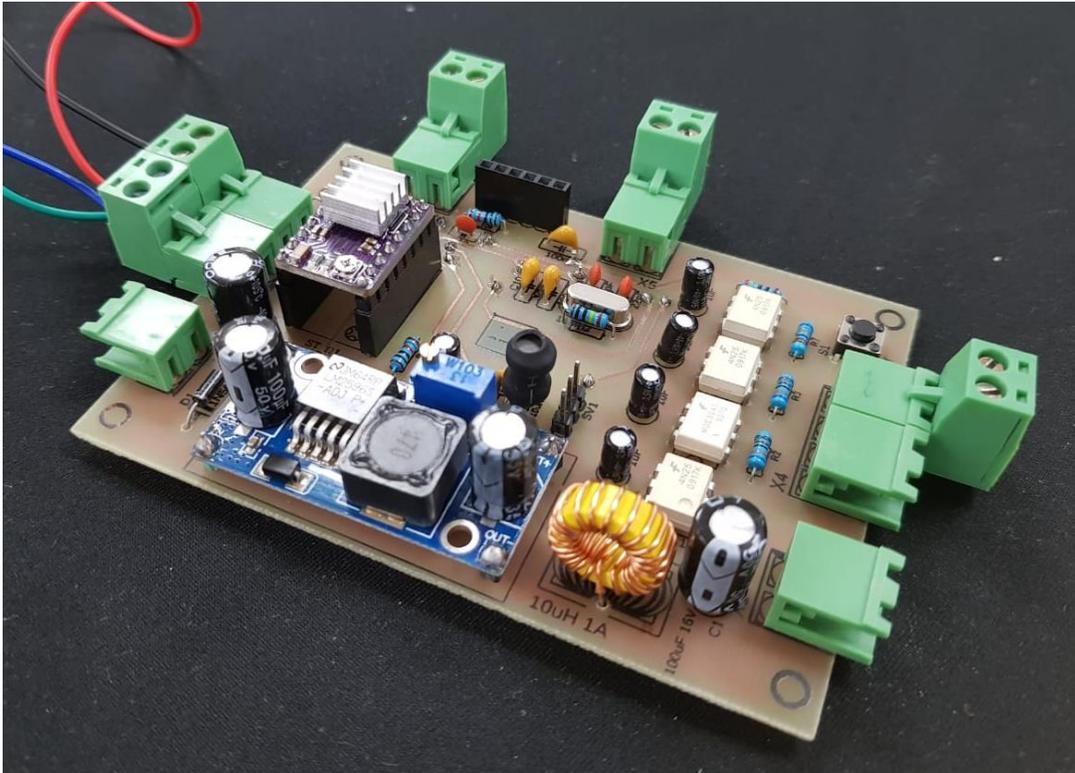
### 5.4.3.2 Diagrama esquemático de diseño electrónico



**Ilustración 46 - Esquemático circuito.**

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.3.2.3 Controlador



**Ilustración 47 – Controlador.**

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.4.3.3 Conclusión

Se desarrollo un Servo Actuador Lineal & Controlador para su uso en pruebas funcionales de hall sensor.

## **VI. Conclusiones**

- Se desarrollo y se puso en marcha sistema de análisis de estrés en PCB.
- Se desarrollo una solución alterna y de mayor eficiencia para hacer el ingreso automático a la maquina conformal perteneciente a la línea C1UC.
- Se identificaron los factores que afectan la captura clara de imagen en prueba de integridad de soldadura se dio solución a estos y se programó la cámara.
- Se desarrollo un actuador lineal para prueba funcional de sensor de efecto Hall.

## **VII. Recomendaciones**

- Implementar la tecnología de impresión 3D en la planta PCBA.
- Asignar un numero de parte a los dispositivos desarrollados y tener en existencia para cuando se requiera en otra aplicación siendo estos dispositivos muy versátiles.
- Dar seguimiento a la prueba de integridad de soldadura para que esta pueda ser validad por el departamento de calidad e implementar en la línea THT.

## Bibliografía

Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid, SPAIN:

Ediciones Díaz de Santos. Retrieved from

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3171339>

Escalona, I. (2007). *Transductores y sensores en la automatización industrial*. Buenos Aires,

ARGENTINA: El Cid Editor. Retrieved from

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3173569>

Estrada Cingualbres, R. A., & González Utria, E. (2001). *Medición de tensiones y deformaciones a través de la técnica del strain gage*. La Habana, CUBA: Editorial Universitaria. Retrieved from

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3220314>

Fraile Mora, J. (2008). *Máquinas eléctricas (6a. ed.)*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill España. Retrieved from

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3195345>

Germán Corona Ramírez, L., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2014). *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino*. Distrito Federal, UNKNOWN: Grupo Editorial Patria.

Retrieved from

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=4569609>

Granda Miguel, M., & Mediavilla Bolado, E. (2015). *Instrumentación electrónica: transductores y acondicionadores de señal*. Madrid, SPAIN: Editorial de la Universidad de Cantabria.

Retrieved from

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3428884>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación (6a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3224545>
- IPC, S. (n.d.). SMEMA Mechanical Equipment Interface Standard. Retrieved from <http://www.ipc.org/>
- Kumar Saha, S. (2010). *Introducción a la robótica.* , España, UNKNOWN: McGraw-Hill España. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=4585364>
- Micro-Measurement, M. (n.d.). Model 8000-8-SM Instruction Manual. Retrieved from [www.micro-measurements.com](http://www.micro-measurements.com)
- Mott, R. L. (n.d.). *Diseño de elementos de máquinas* (4th ed.). Mexico: PEARSON. Retrieved from <https://www.pearsoneducacion.net/espa%C3%B1a/TiendaOnline/disenio-de-elementos-de-maquina>
- Pallas, R. (n.d.). *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ta ed.). Marcombo.
- Roda Buch Alejandro, Amela, M., & Albelda Vitoria, J. (2016). *Máquinas y mecanismos*. Valencia, UNKNOWN: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=4795080>
- Ackerman, S. E., & Com, S. L. (2013). *Metodología de la investigación*. Buenos Aires, ARGENTINA: Ediciones del Aula Taller. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3216667>
- Paguada, S. (2017). *Diseño de PCBs usando Autodesk Eagle y FlatCAM* (1ra ed.). Honduras.

Company Calleja, P., & González Lluch, C. (2013). *CAD 3D con SolidWorks®: diseño básico*. Castellón de la Plana, SPAIN: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=4422039>

Soria Olivas, E., Martín Guerrero, J. D., & Gómez Chova, L. (2004). *Teoría de circuitos*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill España. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3195291>

Villar Bonet, E. (2017). *La revolución electrónica*. Santander, UNKNOWN: Editorial de la Universidad de Cantabria. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=5214099>

Gibilisco, S. (2001). *Manual portátil de electrónica*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3192168>

Rozenberg, M. J. (2006). *La física y la edad de la información*. Buenos Aires, ARGENTINA: Eudeba. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3186528>

Moreno Pérez, J. C. (2014). *Programación*. Madrid, SPAIN: RA-MA Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3229316>