



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

MÁQUINA DE INSERCIÓN Y VERIFICACIÓN DE FASTONS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL

Memoria

KEVIN GALLEGO

PONENTE: DRA. VIRGINIA ESPINOSA

CURSO ACADÉMICO 2022-23



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Dedicatoria

Este apartado es para ti Nil, aún no has llegado, pero ya eres la mayor motivación de tu madre y mía. Espero que algún día te inspiremos a perseguir tus propios sueños con el mismo esfuerzo y determinación que hemos puesto nosotros en los nuestros.

Agradecimientos

Quiero agradecerte Laura toda la paciencia, comprensión y compañía. Ahora ya podemos cerrar una etapa más en nuestro camino.

A nuestras familias por celebrar cada logro como propio.

A mi tutora Virginia Espinosa por su ayuda en la planificación, seguimiento y organización de este trabajo de final de grado.

Aprovecho este espacio también para agradecer al Departamento de Ingeniería de Test en E.G.O. Appliance Controls, en particular a Jonatan Cerezuela, Angel Cepedello, Raul Molina, Jordi Castane y Luis Miguel Royo por compartir su experiencia y formación durante estos 6 años.

Resum

El projecte implica el desenvolupament d'una màquina que combina una premsa manual i un sistema de verificació mitjançant visió artificial. L'objectiu principal és inserir connectors fastons de diferents mides en plaques electròniques i assegurar-se que estiguin correctament posicionats mitjançant un test seqüencial que guia l'usuari durant tot el procediment. S'ha dissenyat i desenvolupat l'equip complet, que inclou el muntatge de tots els components mecànics i electrònics, la programació del software de visió artificial i del test seqüencial. També s'hi han inclòs el plànol del quadre elèctric, l'esquema de l'autòmat programable i els models 3D de diferents peces. Finalment s'ha implementat amb èxit en el procés d'una planta productiva.

Resumen

El proyecto implica el desarrollo de una máquina que combina una prensa manual y un sistema de verificación mediante visión artificial. El objetivo principal es insertar conectores fastons de diferentes tamaños en placas electrónicas y asegurarse de que estén correctamente posicionados, mediante un test secuencial que guía al usuario durante todo el procedimiento. Se ha diseñado y desarrollado el equipo completo, que incluye: el montaje de todos los componentes mecánicos y electrónicos, la programación del software de visión artificial y del test secuencial. También se han incluido el plano del cuadro eléctrico, el esquema del autómata programable y modelos 3D de diferentes piezas. Finalmente, se ha implementado con éxito en el proceso de una planta productiva.

Abstract

The project involves the development of a machine that combines a manual press and a verification system using artificial vision. The main objective is to insert faston connectors of different sizes in electronic boards and ensure that they are correctly positioned, through a sequential test that guides the user throughout the procedure. The complete equipment has been designed and developed, which includes: the assembly of all the mechanical and electronic components, the programming of the artificial vision software and the sequential test. The plan of the electrical panel, the scheme of the programmable controller and 3D models of different parts have also been included. Finally, it has been successfully implemented in the process of a production plant.

Índice

Índice de figuras.....	V
Índice de tablas.....	IX
Glosario de términos	XI
1. Objetivos.	1
1.1. Propósito.....	1
1.2. Finalidad.....	1
1.3. Objeto.	1
1.4. Alcance.....	2
1.5. Contexto en las líneas de investigación y transferencia de conocimiento del Tecnocampus.	3
2. Introducción.	5
3. Marco teórico.	7
3.1. Ingeniería de test de electrónica.	7
3.2. Máquina de test de electrónica.....	8
3.2.1 Test de grabación (FLASH).	9
3.2.2 Test ICT (IN CIRCUIT TEST).....	10
3.2.3 Test FUNCIONAL	10
3.3. Sistema de visión artificial	11
3.3.1 Cámaras industriales.....	11
3.3.2 Cámaras de alta velocidad	11
3.4. Terminología de visión artificial	12
3.4.1 Píxel.....	12
3.4.2 Resolución	13
3.4.3 Segmentación	14
3.4.4 Flujo óptico.....	15
3.5. Reconocimiento de patrones (RP)	16
3.5.1 Reconocimiento de patrones estadísticos.....	17
3.5.2 Reconocimiento óptico de caracteres.....	18

II

3.6. Red neuronal convolucional (CNN).....	19
3.7. Placa electrónica (PCB)	20
3.7.1 Evolución histórica de los circuitos impresos	20
3.7.2 Fabricación de circuitos impresos	21
3.7.3 Terminal faston.....	22
4. Análisis del mercado y selección	23
5. Desarrollo de la solución.....	25
5.1. Estructura y composición del equipo	25
5.1.1 Características generales	25
5.1.2 Características específicas	25
5.1.3 Estructura.....	28
5.1.4 Cuadro eléctrico.....	29
5.1.5 Prensa manual.....	29
5.1.6 Cámaras de visión artificial	30
5.1.7 PC industrial y SAI.....	30
5.1.8 Cubetas y sensores de posición.....	31
5.1.9 Módulo de entradas y salidas	31
5.1.10 Pistón de seguridad y sensor inductivo	32
5.1.11 Etiquetas de advertencia	32
5.2. Descripción operación.....	33
5.3. Fases de test.....	34
5.4. Icono del programa.....	35
5.5. Programa de visión – Sherlock.....	35
5.6. Interface de test	36
5.7. Proceso del test secuencial	37
5.8. Medidas de seguridad.....	42
5.8.1 Medidas estructurales	42
5.8.2 Dispositivos de seguridad.....	42
6. Eficiencia y resultados	43
6.1 Base de datos	45

7. Impacto medioambiental.....	47
8. Perspectiva de género.....	49
9. Planificación.....	51
9.1 Actividades y planificación del proyecto	51
9.2 Desviación	53
10. Conclusiones	55
11. Referencias.....	57

Índice de figuras

Figura 1.1. Logo TecnoCampus ESUPT. (Fuente: tecnocampus.cat)	3
Figura 1.2. Logo E.G.O. (Fuente: www.egoproducts.com)	3
Figura 2.1. Máquina de fastons (fuente propia)	5
Figura 2.2. PCB Rational. (Fuente: propia)	5
Figura 3.1. Laboratorio de test SPEA en Volpiano. (fuente: https://www.spea.com)	7
Figura 3.2. Equipo ICT de SPEA con zoom sobre el interface de test. (Fuente: propia)	8
Figura 3.3. Diagrama de conexionado de un FP6. (fuente: www.renesas.com)	9
Figura 3.4. Placa electrónica sobre cama de agujas. (Fuente: hackaday.com)	10
Figura 3.5. Placa electrónica sobre flying probe. (Fuente: accelonix.nl)	10
Figura 3.6. Cámaras industriales y de alta velocidad de iberoptics. (fuente: iberoptics.com)	11
Figura 3.7. La carga del píxel es proporcional a la intensidad de luz recibida (fuente: contaval.es)	12
Figura 3.8. Ejemplos de resolución espacial de imágenes desde 10-350 pixeles (fuente: medium.com) ..	13
Figura 3.9. Detección de contornos con técnicas Sobel y Canny. (fuente: researchgate.net)	14
Figura 3.10. Aplicación del algoritmo Lucas-Kanade en un control de velocidad. (fuente: nanonets.com)	15
Figura 3.11. Algoritmo de reconocimiento de patrones en Sherlock (fuente: propia)	16
Figura 3.12. Arquitectura a alto nivel del sistema de reconocimiento de patrones. (Fuente: revistaecys.github.io)	17
Figura 3.13. Ejemplo de método de estimación estadística (fuente: researchgate.net)	17
Figura 3.14. Herramientas Optical Character Recognition. (fuente: infaimon.com)	18
Figura 3.15. Capas convolucionales de bajo nivel a alto nivel. (fuente: plainconcepts.com)	19
Figura 3.16. Diseño de placa electrónica sobre papel. (Fuente: permatechelectronics.com)	20
Figura 3.17. Placa electrónica cliente Rational. (Fuente: propia)	21
Figura 3.18. Diferentes dimensiones de conectores faston THT. (Fuente: propia)	22
Figura 4.1. Gráfico de volumen de piezas anuales (fuente: propia)	24
Figura 5.1. Componentes de la máquina de fastons. (Fuente: propia)	27
Figura 5.2. Montaje de la máquina. (Fuente: propia)	28
Figura 5.3. Cuadro eléctrico (Fuente: propia)	29
Figura 5.4. Prensa manual. (Fuente: propia)	29

VI

Figura 5.5. Cámaras de visión artificial. (Fuente: propia)	30
Figura 5.6. PC con SAI. (Fuente: propia)	30
Figura 5.7. Cubetas y sensores de posición. (Fuente: propia).....	31
Figura 5.8. Módulo de entradas y salidas. (Fuente: propia).....	31
Figura 5.9. Pistón de seguridad y sensor inductivo. (Fuente: propia).....	32
Figura 5.10. Etiquetas de advertencia. (Fuente: propia)	32
Figura 5.11. Diagrama de bloques de la descripción de la operación. (Fuente: propia).....	33
Figura 5.12. Montaje de fastons. (Fuente: propia).....	34
Figura 5.13. Verificación de fastons. (Fuente: propia)	34
Figura 5.14. Icono del programa. (Fuente: propia).....	35
Figura 5.15. Interface programa Sherlock. (Fuente: propia).....	35
Figura 5.16. Interface de comunicación SherockTestNet. (Fuente: propia)	36
Figura 5.17. Diagrama de bloques de comunicación con el programa secuencial. (Fuente: propia).....	36
Figura 5.18. Primer paso del test. (Fuente: propia).....	37
Figura 5.19. Segundo paso del test. (Fuente: propia).....	37
Figura 5.20. Tercer paso del test. (Fuente: propia)	37
Figura 5.21. Cuarto paso del test. (Fuente: propia).....	38
Figura 5.22. Quinto paso del test. (Fuente: propia).....	38
Figura 5.23. Sexto paso del test. (Fuente: propia).....	38
Figura 5.24. Séptimo paso del test. (Fuente: propia)	39
Figura 5.25. Octavo paso del test. (Fuente: propia)	39
Figura 5.26. Noveno paso del test. (Fuente: propia).....	40
Figura 5.27. Décimo paso del test. (Fuente: propia).....	40
Figura 5.28. Decimoprimer paso del test. (Fuente: propia)	41
Figura 5.29. Decimosegundo paso del test. (Fuente: propia).....	41
Figura 5.30. Pieza de seguridad del pistón impresa en 3D. (Fuente: propia)	42
Figura 6.1. FPY totales por mes 2022. (Fuente: visor de producción)	44
Figura 6.2. FPY totales por mes 2023. (Fuente: visor de producción)	44
Figura 6.3. Almacenado de los resultados. (Fuente: propia).....	45
Figura 6.4. Etiqueta trazabilidad 2D. (Fuente: propia)	45

Figura 7.1. Piezas impresas en 3D para las cubetas. (Fuente: propia).....	48
Figura 8.1. Altura y mango adaptados a la operaria. (Fuente: propia).....	49
Figura 8.2. Modificación de las ruedas. (Fuente: propia)	50
Figura 9.1. Diagrama de Gantt. (Fuente: MS project 2016)	52
Figura 9.2. Camino crítico. (Fuente: MS project 2016).....	52

Índice de tablas

Tabla 4.1. Tabla de costes de las dos soluciones del proyecto (Fuente: propia).....	24
Tabla 6.1. Valores de FPY reportados a la BBDD 2022. (Fuente: propia).....	43
Tabla 6.2. Valores de FPY reportados a la BBDD 2023. (Fuente: propia).....	44
Tabla 9.1. Pasos del proyecto. (Fuente: propia).....	51
Tabla 9.2. Equipo de trabajo. (Fuente: propia)	52
Tabla 9.3. Costes directos del proyecto. (Fuente: propia).....	53

Glosario de términos

2D: dos dimensiones

3D: tres dimensiones

BBDD: Base de datos (Database)

ESUPT: Escuela Superior Politécnica del Tecnocampus

FPY: First Pass Yield

GND: Ground

ICT: In circuit Test

ID: Identification

ISO: International Organization for Standardization

kN: kilonewtons

mA: miliamperios

mm: milímetros

MODE: modo

MP: Megapixels

OCR: Optical Character Recognition

PC: Personal Computer

PCB: Printed circuit board

PVC: Policloruro de vinilo

RP: Reconocimiento de patrones

SAI: Sistema de alimentación interrumpida

XII

SCK: Serial clock

SMD: Surface Mounting Device

TFG: Trabajo de final de grado

THT: Through-Hole Technology

TV: Televisión

UAV: Unmanned aerial vehicle

VDC: Volts direct current (voltaje de corriente continua)

1. Objetivos.

En un entorno industrial altamente exigente y dinámico, donde la reducción de costes y tiempos es esencial para mantener la competitividad en el mercado, los ingenieros que trabajan en estrecha colaboración con la cadena de producción de las empresas se encuentran cada vez más inmersos en la búsqueda de soluciones internas de alto rendimiento, robustas y competitivas en términos de costes en comparación con las opciones ofrecidas por el mercado. Las empresas optan cada vez más por el desarrollo interno de soluciones, lo que les brinda mayor control, conocimiento y flexibilidad. Esto permite solucionar averías de manera eficiente, implementar planes de mantenimiento personalizados y familiarizarse con la tecnología implementada. Como resultado, se logra una ventaja competitiva al ser capaces de responder de manera ágil a los cambios del mercado y a las demandas de sus clientes.

1.1. Propósito.

Diseño, construcción e implementación de una máquina que permite la inserción y verificación de Fastons en placas electrónicas de forma eficiente y precisa mediante visión artificial.

1.2. Finalidad.

Conseguir un sistema mecánico y electrónico capaz de verificar la inserción de conectores Fastons de diversos tamaños en multi paneles de placas electrónicas e integrarse de manera eficiente en una línea productiva.

1.3. Objeto.

Obtener una máquina funcional utilizando un sistema de visión artificial en el entorno industrial y considerando su potencial como opción en el mercado de maquinaria industrial.

1.4. Alcance.

El proyecto consta de cuatro fases principales que se explican a continuación:

En la primera fase, se ha realizado el montaje de todos los dispositivos eléctricos y mecánicos, así como la instalación del software y las herramientas necesarias para poner en marcha la máquina de inserción de fastons. Esto ha permitido el inicio del desarrollo del software de visión, el sistema de automatización y la integración de los aplicativos programables.

En la segunda etapa, se ha desarrollado el programa de verificación de fastons utilizando el software de visión artificial Sherlock suministrado por el proveedor Infaimon. Primero se ha creado el programa de visión para garantizar la correcta comprobación del montaje de diferentes medidas de Fastons utilizando las cámaras de visión disponibles.

En la tercera fase, se ha realizado el software de test del montaje y verificación de conectores fastons utilizando el lenguaje de programación Visual Basic en el entorno .NET, especialmente en la plataforma Framework 4. Se ha desarrollado el aplicativo “Test Fastons.exe”, el cual se conecta al programa de visión a través del interface “SherlockNET.exe”. Una vez establecida la conexión, el aplicativo está diseñado para guiar al operario a través de un test secuencial e intuitivo en el montaje y verificación de los conectores fastons en el multi panel.

En la cuarta y última etapa del proyecto, se realizaron pruebas repetitivas para depurar y solucionar cualquier error presente en el programa. Además, se ha elaborado la documentación correspondiente a la máquina, la cual se presenta en esta memoria de proyecto de final de carrera para la Universidad Tecnocampus de Mataró. Dicha documentación abarca esquemas eléctricos, componentes mecánicos, guía del programa, manual de usuario, entre otros aspectos relevantes. Asimismo, se llevaron a cabo verificaciones específicas de la planta antes de su implementación en la línea productiva.

1.5. Contexto en las líneas de investigación y transferencia de conocimiento del Tecnocampus.

El presente TFG aborda diferentes temáticas vinculadas directamente a las asignaturas de Instrumentación, Automatización y Sistemas eléctricos de los estudios del grado de Ingeniería Electrónica y Automática Industrial. Contempla también los conocimientos adquiridos en otras asignaturas de naturaleza transversal, como por ejemplo Sostenibilidad y Gestión de Proyectos I y II.

Este proyecto se ha realizado en el contexto de colaboración en régimen laboral de la empresa E.G.O. Appliance Controls con el Grupo de Investigación FI4.0 (Fabricación Inteligente e Innovación Industrial) de la Escuela ESUPT del Tecnocampus, dirigido por la profesora ponente del presente TFG.



Figura 1.1. Logo TecnoCampus ESUPT.
(Fuente: tecnocampus.cat)



Figura 1.2. Logo E.G.O. (Fuente:
www.egoproducts.com)

2. Introducción.

En el contexto de la fabricación de placas electrónicas, el proceso de montaje y verificación de fastons es fundamental para garantizar su correcto funcionamiento. En este sector, existe una necesidad creciente de encontrar soluciones automatizadas y confiables que mejoren la eficiencia y la precisión de este proceso, al mismo tiempo que reduzcan los costos y minimicen los errores humanos.

Para abordar estas necesidades, se ha realizado el diseño e implementación de una máquina especializada en la inserción y verificación de fastons en placas electrónicas. Esta máquina utiliza tecnología de visión artificial para verificar de manera precisa y confiable el montaje de los fastons de diferentes medidas. Además, se ha desarrollado un software de test secuencial que guían al operario en el proceso, asegurando una ejecución eficiente y sin errores. La implementación de esta máquina cumple con los requisitos de los clientes de manera más efectiva, así como establece un estándar de calidad más alto en la producción de placas electrónicas.

Para lograr el óptimo funcionamiento del equipo, se han definido objetivos y especificaciones técnicas, como la portabilidad, el montaje simple y las características específicas de los sensores y accionadores. Además, se han utilizado las herramientas de software habituales del departamento de Ingeniería de Test de la empresa, asegurando así una integración fluida y eficiente en el entorno de trabajo de la planta de producción.



Figura 2.1. Máquina de fastons.
(Fuente: propia)

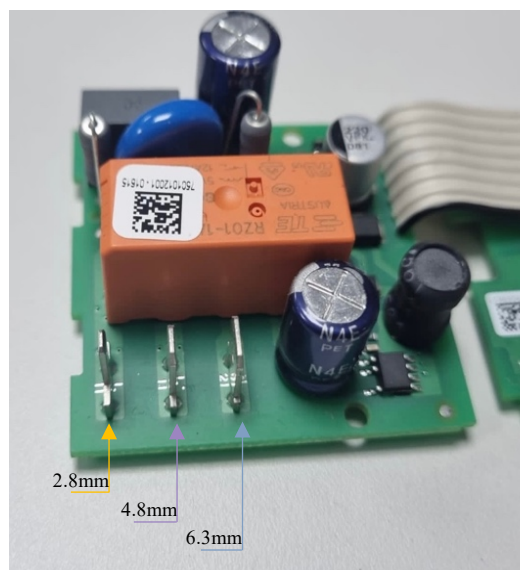


Figura 2.2. PCB Rational. (Fuente: propia)

3. Marco teórico.

3.1. Ingeniería de test de electrónica.

Dentro del ámbito de la ingeniería, uno de los perfiles es el ingeniero de test, cuya función principal es verificar las placas electrónicas. En el departamento de test se realizan diversos tipos de pruebas para garantizar un montaje de componentes completo y el correcto funcionamiento del software grabado en el microprocesador. Los ingenieros de test son un eslabón crucial en el proceso productivo de las empresas, ya que se sitúan entre la producción del producto y su desarrollo.

Es fundamental que los ingenieros de test mantengan una comunicación directa y constante con el Project Manager. Aunque muchos productos pueden tener resultados favorables durante la etapa de desarrollo, pueden surgir problemas en la producción en cadena. Por esta razón, estos perfiles deben ser altamente versátiles y tener un conocimiento profundo de todas las etapas del desarrollo de un producto. Si encuentran algún error al probar la placa electrónica, deben informar adecuadamente, teniendo conocimientos tanto de hardware como de software, y también proponer posibles soluciones a nivel industrial para garantizar la producción del producto con una calidad óptima. [1]



Figura 3.1. Laboratorio de test SPEA en Volpiano. (fuente: <https://www.spea.com>)

3.2. Máquina de test de electrónica

Durante el proceso productivo, se utilizan máquinas de test de electrónica para garantizar el correcto ensamblaje y funcionamiento del producto antes de ser enviado al cliente. Estos equipos de verificación pueden ser muy diversos, ya que se adaptan a las características específicas de cada placa electrónica. La diversidad se debe a la cantidad y tipo de componentes presentes en la placa, y es crucial para asegurar una verificación completa de cada parte del circuito electrónico. Los equipos de prueba de placas electrónicas se asemejan a camas de agujas, donde la placa electrónica se coloca y las agujas o puntas están mecanizadas milimétricamente sobre los pads de la PCB. Estos equipos de prueba incluyen una DIO (Digital Input/Output) y otra instrumentación especializada. La tarjeta de entradas y salidas activa diferentes dispositivos que presionan la placa electrónica sobre las agujas, asegurando el contacto entre el pad y la punta que transmite la señal de voltaje. A su vez, una tarjeta se encarga de medir los componentes necesarios en diferentes partes del circuito utilizando un multímetro. Existen varios tipos de pruebas, cada una enfocada en una tarea específica de verificación. [2]



Figura 3.2. Equipo ICT de SPEA con zoom sobre el interface de test. (Fuente: propia)

3.2.1 Test de grabación (FLASH).

En este equipo se realiza la grabación de todo componente que lleve un software específico para el funcionamiento de la placa electrónica, desde el microprocesador hasta la memoria. Este test puede contemplarse en un equipo independiente o unificado con el Test ICT.

Muchos fabricantes de maquinaria electrónica utilizan dos alturas en el test de verificación de componentes, la primera altura (más baja que la siguiente) comprueba el valor y la tolerancia de los componentes, la segunda altura (más alta que la anterior) deja al descubierto la mayoría de agujas que verifican los componentes y simplemente presionan las puntas que son de más altura que las anteriores sobre los pads de la parte del circuito electrónico que va referenciado a la grabación del microprocesador (SCK, MODE, GND, VDC, RESET, etc).

Se puede lograr una unificación con el ICT (In-Circuit Test) al aislar los pads de grabación mediante un relé. Esto permite medir el valor de los componentes ubicados en las nets de grabación y, al conmutar el relé, aislar las tarjetas de medida del grabador del microprocesador. Es importante destacar que no aislar estas nets de grabación de las medidas realizadas con el resto de la instrumentación puede causar daños en las memorias o microprocesadores que se encuentran en esos mismos puntos de medida. [2]

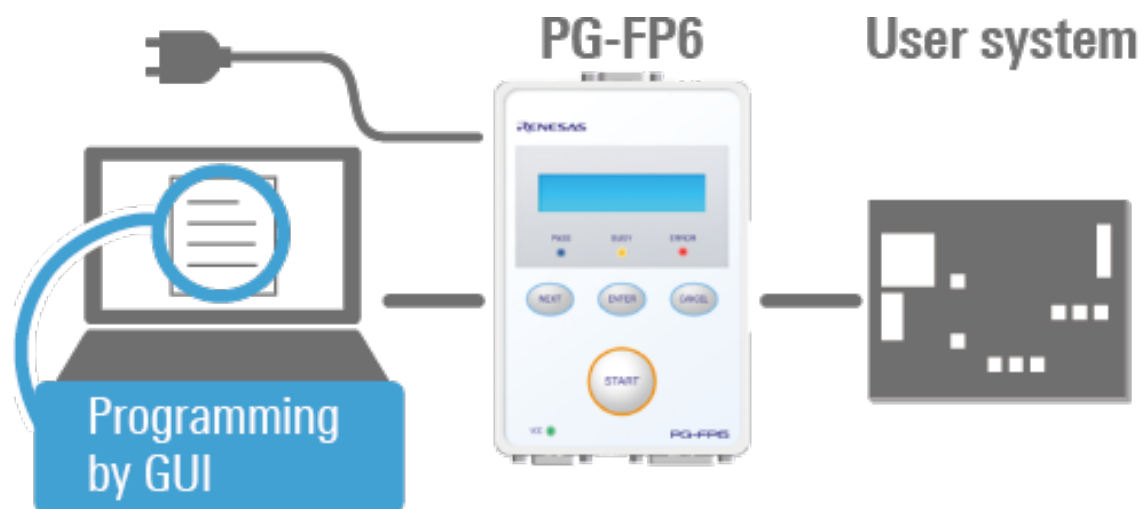


Figura 3.3. Diagrama de conexionado de un FP6. (fuente: www.renesas.com)

3.2.2 Test ICT (IN CIRCUIT TEST)

En este tipo de test, se verifica el correcto montaje de los componentes, así como el valor y tolerancia establecidos por la composición del hardware. Podemos considerar a este equipo como un "gigantesco multímetro", que permite realizar mediciones sin aplicar voltaje. También se pueden realizar pequeños accionamientos o cambios de estado en componentes que no superen un voltaje de 10V, como zeners, diodos LEDs, entre otros. Para verificar la funcionalidad adecuada del software del microprocesador y su electrónica, se debe recurrir al test funcional. En dicho test se evalúan las funciones específicas del dispositivo y se comprueba su correcto funcionamiento. [2]

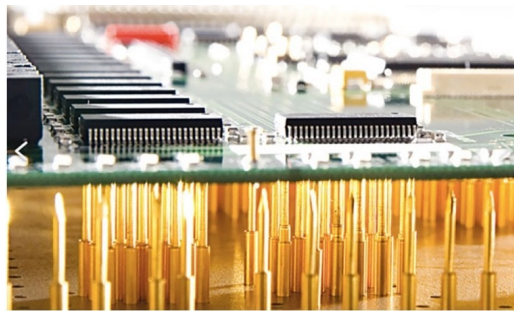


Figura 3.4. Placa electrónica sobre cama de agujas. (Fuente: hackaday.com)

3.2.3 Test FUNCIONAL

Este equipo es utilizado para verificar la funcionalidad de la placa electrónica antes de enviarla al cliente. Después de que el software ha sido grabado en la etapa anterior, se establece una comunicación entre la placa electrónica y el equipo de test utilizando el protocolo requerido por el hardware de la placa. El equipo de test ejecuta diferentes aplicaciones que simulan las condiciones en las que la PCB será utilizada, asegurando que cumpla con las características para las que ha sido diseñada. El uso de este equipo permite realizar pruebas exhaustivas en un entorno seguro. Además, este equipo puede incluir programas de inspección que utilizan cámaras de visión artificial para verificar la calidad y la precisión de los componentes y conexiones en la placa electrónica. [2]

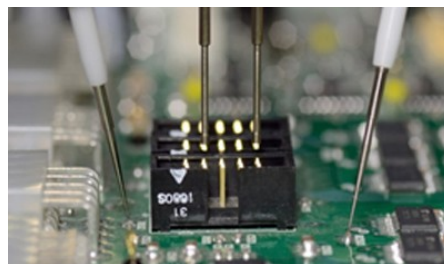


Figura 3.5. Placa electrónica sobre flying probe. (Fuente: accelonix.nl)

3.3. Sistema de visión artificial

Está formado por sensores digitales protegidos dentro de las cámaras de visión que capturan imágenes a través de las ópticas que las forman, para después enviarlas a un sistema electrónico que las procesa. Es importante escoger correctamente la óptica y la cámara adecuada ya que determina la realización y la calidad de la solución de visión. [3]

3.3.1 Cámaras industriales

Es un dispositivo muy utilizado en las líneas de montaje de muchos sectores de la industria. El diseño robusto de este tipo de cámara también es utilizado en los sistemas de seguridad de las empresas, instituciones u organizaciones laborales. Hay diferentes tipos nombrados a continuación: Cámaras matriciales, Cámaras lineales, Cámaras de alta velocidad, Cámaras 3D, Cámaras infrarrojas, Cámaras térmicas, Cámaras panorámicas o de visión 360 y Cámaras UAV. [3]

3.3.2 Cámaras de alta velocidad

En la industria las cámaras de alta velocidad son una herramienta muy útil de diagnóstico, se debe a que muchos de los sucesos que ocurren en las aplicaciones industriales no somos capaces de percibirlos a simple vista. Es por ello por lo que necesitamos dispositivos que nos verifiquen el correcto funcionamiento de los procesos a altas velocidades para poder localizar, prevenir o corregir posibles fallos. [3]



Figura 3.6. Cámaras industriales y de alta velocidad de iberoptics. (fuente: iberoptics.com)

3.4. Terminología de visión artificial

3.4.1 Píxel

El píxel es la unidad fundamental en la visión artificial y la representación de imágenes digitales. Es la unidad más pequeña en una imagen digital, organizada en una cuadrícula bidimensional. Cada píxel tiene propiedades como el valor de intensidad o color. Los aspectos importantes relacionados con los píxeles son:

- **Resolución:** La cantidad de píxeles determina la resolución de la imagen, influenciando la cantidad de detalles capturados y visualizados.
- **Espacio de color:** Los píxeles en imágenes a color se representan en diferentes espacios de color, como RGB, CMYK o HSV, definiendo cómo se mezclan los componentes de color.
- **Tamaño y densidad de píxeles:** El tamaño físico varía según el dispositivo, y la densidad se refiere a la cantidad de píxeles por unidad de longitud en la imagen.
- **Cuantización:** Asignar valores discretos a los píxeles representa el rango de intensidades o colores posibles, pero puede resultar en pérdida de calidad.
- **Efectos de ruido y suavizado:** El ruido son variaciones aleatorias que afectan la calidad de la imagen, mientras que el suavizado reduce el ruido para obtener una imagen más uniforme.
- **Interpolación:** Permite ajustar el tamaño de la imagen mediante la creación o eliminación de píxeles, estimando valores basados en los píxeles vecinos.

Estos aspectos son fundamentales para comprender y procesar imágenes en el contexto de la visión artificial. [4][5]

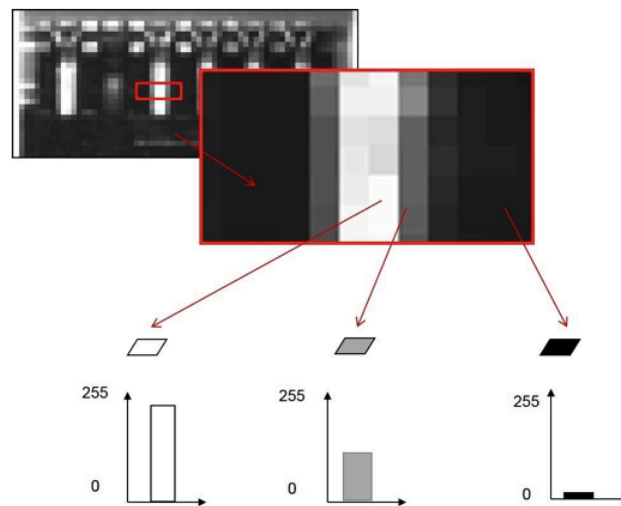


Figura 3.7. La carga del píxel es proporcional a la intensidad de luz recibida (fuente: contaval.es)

3.4.2 Resolución

La resolución se define como la cantidad de píxeles presentes en una imagen o la capacidad de un sistema para mostrar detalles finos. Se expresa en píxeles por unidad de longitud. A continuación, se muestran diferentes tipos de resoluciones y su definición:

- **Resolución espacial:** se refiere a la capacidad de una imagen para representar detalles espaciales o estructurales. Cuanto mayor sea la resolución espacial, más pequeños serán los detalles capturados y mostrados. Se determina por la cantidad de píxeles en la imagen. [6]
- **Resolución de color:** en imágenes a color, se refiere a la capacidad de representar colores distintos y precisos. Se determina por la cantidad de bits utilizados para representar cada componente de color en un píxel. [7]
- **Resolución temporal:** en imágenes en movimiento, como el video, se refiere a la capacidad de capturar y mostrar cambios rápidos. Se mide en fotogramas por segundo y afecta la fluidez y precisión del movimiento. [8]
- **Resolución de impresión:** en imágenes impresas, se relaciona con la calidad de la reproducción en papel. Se expresa en píxeles por pulgada y una mayor resolución resulta en una mayor calidad de impresión. [9]



Figura 3.8. Ejemplos de resolución espacial de imágenes desde 10-350 píxeles (fuente: medium.com)

3.4.3 Segmentación

La segmentación se define como el proceso de particionar una imagen en regiones o componentes significativos y coherentes. Estas regiones pueden ser identificadas en función de características como el color, la textura, el contraste o la forma. Además, existen diferentes métodos de segmentación que se pueden aplicar, dependiendo de las características de la imagen y del objetivo del análisis. A continuación, se definen los métodos más comunes: [14]

- **Segmentación por regiones:** este enfoque implica agrupar píxeles o conjuntos de píxeles similares en regiones contiguas. Se utilizan criterios como la similitud de color, textura o características geométricas para definir las regiones. [14]
- **Segmentación por contornos:** en este enfoque, se busca identificar los límites o contornos de los objetos en una imagen. Los contornos pueden ser detectados utilizando técnicas de detección de bordes, como el operador de Sobel, el operador de Canny o la transformada de Hough. [16][17]
- **Segmentación basada en agrupamiento o clasificación:** esta metodología se basa en técnicas de agrupamiento o clasificación para asignar los píxeles de la imagen a diferentes categorías o clases. Algoritmos de aprendizaje automático como k-means, redes neuronales convolucionales o máquinas de vectores de soporte (SVM) se utilizan para realizar esta segmentación basada en agrupamiento o clasificación. [14]
- **Umbrales:** la segmentación basada en umbrales es un enfoque común que se basa en la asignación de valores umbral para separar los objetos de interés del fondo en una imagen. Se establece un límite de intensidad o color, y los píxeles se asignan a diferentes regiones según si su valor está por encima o por debajo del umbral. [15]

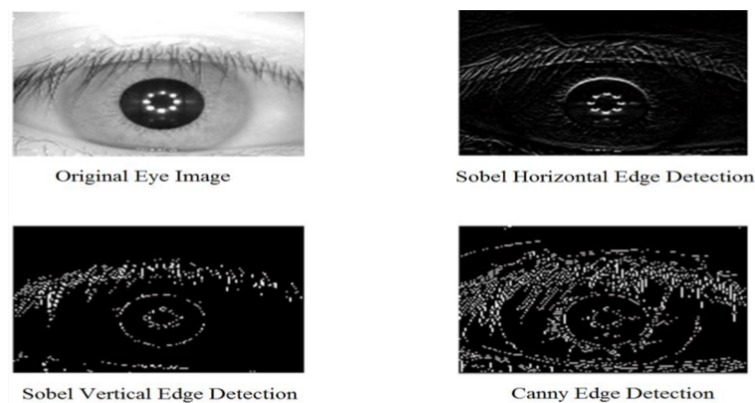


Figura 3.9. Detección de contornos con técnicas Sobel y Canny. (fuente: researchgate.net)

3.4.4 Flujo óptico

El flujo óptico se define como el patrón de desplazamiento aparente de los puntos en una secuencia de imágenes. Representa la dirección y velocidad del movimiento de los objetos en el plano de la imagen. A continuación, se muestran algunos de los aspectos importantes relacionados con el flujo óptico: [18]

- **Métodos de cálculo:** existen diversos métodos para calcular el flujo óptico en una secuencia de imágenes. Algunos de los métodos más comunes incluyen técnicas basadas en el seguimiento de características, como el algoritmo de Lucas-Kanade, que calcula el flujo óptico en puntos específicos de interés, y métodos de correlación o búsqueda de coincidencias entre píxeles vecinos en las imágenes. [19][20]
- **Limitaciones:** el cálculo preciso del flujo óptico puede ser desafiante debido a ciertas limitaciones. Estas incluyen cambios abruptos en la iluminación, presencia de objetos con texturas similares o patrones repetitivos, y el problema de apertura y cierre, que ocurre cuando los objetos se acercan o se alejan de la cámara.
- **Aplicaciones:** el flujo óptico tiene diversas aplicaciones en áreas como la visión por computadora, la robótica y la realidad virtual. Se utiliza para el seguimiento de objetos en movimiento, la detección de cambios en escenas, la estimación de la estructura de movimiento en 3D, la generación de imágenes interpoladas y la navegación de robots autónomos, entre otros. [20]



Figura 3.10. Aplicación del algoritmo Lucas-Kanade en un control de velocidad. (fuente: nanonets.com)

3.5. Reconocimiento de patrones (RP)

El reconocimiento de patrones es la ciencia cuyo método es la clasificación de objetos en categorías o clases. Dependiendo del objetivo se puede tratar de imágenes, señales, o cualquier otro tipo de medida que requiera ser clasificada. Antes de los años 60 era un concepto puramente teórico, siendo área de interés para recursos estadísticos. [10]

El reconocimiento de patrones se enfoca en soluciones de clasificación que necesita una aplicación o una máquina, por ejemplo: visión computarizada, escaneo de huellas, escaneo de iris, reconocimiento óptico de caracteres, etc. [11]

El reconocimiento de patrones es un campo que ha experimentado un avance significativo gracias a diferentes métodos. Estos métodos han impulsado el desarrollo de aplicaciones en diversos campos [12]. Una de las aplicaciones más utilizadas en el reconocimiento de patrones es la comparación con un modelo. Este enfoque se basa en una operación genérica que determina la similitud entre dos entidades del mismo tipo, como puntos, curvas o figuras. Utilizando un algoritmo, se compara el modelo guardado como patrón con el obtenido en tiempo real, buscando correlaciones basadas en posiciones y escalas. [13]

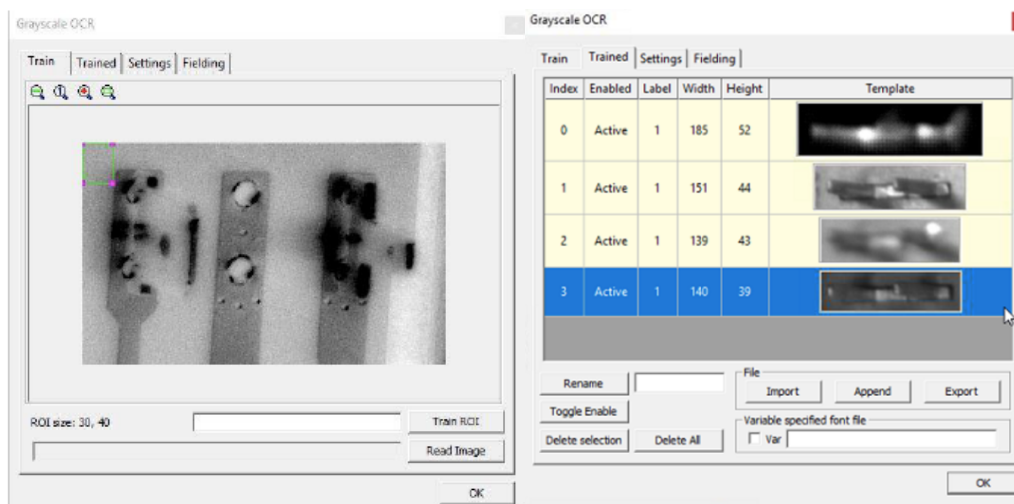


Figura 3.11. Algoritmo de reconocimiento de patrones en Sherlock (fuente: propia)

El objetivo de este tipo de sistema es definir lo que ha sido capturado en el instante de tiempo, para ello se obtienen imágenes a través de una cámara y se analiza para realizar una descripción de lo que es captado.

En la siguiente figura 3.12 se observa el diagrama de bloques típica de un sistema de reconocimiento de patrones. [13]

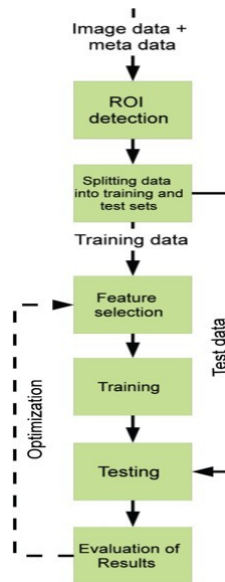


Figura 3.12. Arquitectura a alto nivel del sistema de reconocimiento de patrones. (Fuente: revistaecys.github.io)

3.5.1 Reconocimiento de patrones estadísticos

Este método de estimación y decisión ha sido utilizado en la rama de la estadística en lo largo del tiempo. Se basa en la distribución del vector característico obtenido en el modelo probabilístico y estadístico. Cada modelo es representado en “x” términos característicos o medidas y se observa en un punto del espacio vectorial de x-dimensiones. El objetivo es escoger las características que permiten que los vectores del patrón que pertenece a diferentes categorías que ocupen regiones compactas y disjuntas del mismo espacio vectorial. [13]

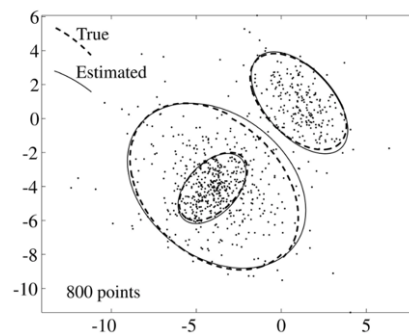


Figura 3.13. Ejemplo de método de estimación estadística (fuente: researchgate.net)

3.5.2 Reconocimiento óptico de caracteres

Es bastante común y son familiares para la mayoría de nosotros. Este dispositivo es denominado “front end” que tiene una fuente de luz, un lente para escanear, el contenido del documento y el detector. La imagen es formada a partir de la variación de la intensidad de la luz que es traducida a números que seguidamente se tratan. La segmentación de caracteres es la secuencia de una serie de técnicas de procesamiento de imágenes aplicadas entre sí. [10]



Figura 3.14. Herramientas Optical Character Recognition. (fuente: infaimon.com)

3.6. Red neuronal convolucional (CNN)

Una CNN es una red neuronal artificial compuesta por capas de neuronas convolucionales, diseñada para procesar eficientemente datos de imágenes. Está inspirada en la organización del sistema visual de los mamíferos y es capaz de aprender y extraer características automáticamente a partir de los datos de entrada. Los aspectos importantes relacionados son los siguientes:

- **Características convolucionales:** consisten en la aplicación de filtros convolucionales a la imagen de entrada. Estos filtros detectan patrones locales, como bordes, texturas y otros detalles importantes. [21]
- **Pooling:** las capas de pooling se utilizan para reducir la dimensionalidad espacial de las características extraídas. Se realiza mediante operaciones como la reducción máxima o el promedio, lo que ayuda a conservar la información más relevante y a reducir la cantidad de parámetros en la red. [22]
- **Conexiones convolucionales:** las conexiones convolucionales en una CNN aprovechan la estructura espacial de las imágenes. A diferencia de una red neuronal completamente conectada, utilizan conexiones locales y compartidas en las capas convolucionales, lo que permite un procesamiento eficiente y una mayor capacidad para capturar características locales. [23] [24]
- **Aprendizaje y entrenamiento:** son capaces de aprender y ajustar sus pesos y parámetros mediante el entrenamiento con conjuntos de datos etiquetados. Utilizan algoritmos de optimización, para mejorar su desempeño y realizar tareas específicas como clasificación de imágenes, detección de objetos o segmentación semántica.
- **Transferencia de aprendizaje:** implica utilizar una red pre-entrenada en un gran conjunto de datos y ajustarla a tareas específicas con conjuntos de datos más pequeños. Esto permite aprovechar el conocimiento adquirido en tareas anteriores y acelerar el proceso de entrenamiento en nuevas tareas. [21][23][24]

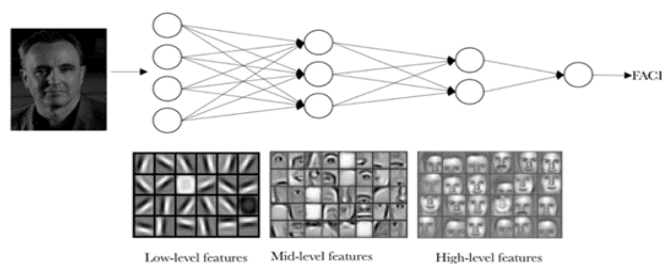


Figura 3.15. Capas convolucionales de bajo nivel a alto nivel. (fuente: plainconcepts.com)

3.7. Placa electrónica (PCB)

3.7.1 Evolución histórica de los circuitos impresos

La fabricación y comercialización de circuitos impresos comenzó en 1950, aunque los primeros intentos de diseños de PCB (Printed Circuit Board) surgen alrededor de 1900. La necesidad de contar con equipos eléctricos en tamaño reducido fue lo que impulsó a Charles Ducas en 1925 a presentar por primera vez una patente que incluyó la creación de un camino eléctrico directamente sobre una superficie aislante. La principal contribución al desarrollo de la tecnología de circuito impreso moderno surgió después de la segunda guerra mundial, el Dr. Paul Eisler propuso emplear una hoja de material aislante revestida de cobre como material base. A esa hoja se le superpone el patrón del circuito impreso de manera que el cobre descubierto se elimina por ataque químico. Fue entonces cuando las PCB's tomaron un gran papel en la industria por su reducción del peso, espacio y precio. Los avances tan significativos en los circuitos impresos y por consiguiente en el campo de la electrónica hizo surgir una gran demanda después de la segunda guerra mundial. Fue así como se empezó a emplear las PCB's en productos de consumo, tales como equipos de radio y televisión. La investigación por parte de la industria militar en este campo favoreció a la aparición de componentes electrónicos de reducidas dimensiones y con grandes prestaciones. Estos acontecimientos dieron lugar a la mejora de las placas de circuitos y al final de la época de los 60 después del crecimiento exponencial en el campo de la electrónica de consumo, se vio la necesidad de introducir la automatización en la fabricación y en los test de pruebas en las PCB. Poco después, en la década de 1970, el sector de la fabricación de circuitos impresos estaba claramente direccionado hacia el desarrollo de diferentes equipos electrónicos, desde consumo (TV, radio, etc.) hasta equipamiento médico, científico, aeronáutico y espacial. Todo apuntaba a que dichos avances más temprano que tarde culminarían en la industria de la computación personal que en la actualidad todos consumimos. [25]

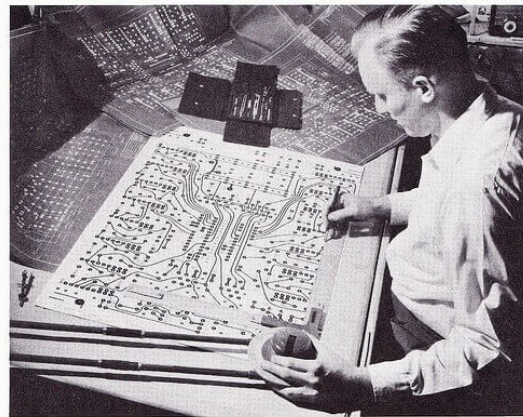


Figura 3.16. Diseño de placa electrónica sobre papel.
(Fuente: permatechelectronics.com)

3.7.2 Fabricación de circuitos impresos

El proceso de fabricación de un circuito impreso, también conocido como PCB (Printed Circuit Board), comienza con una lámina compuesta de fibra de vidrio o resina. Esta lámina contiene caminos, pistas o buses de material conductor, típicamente cobre, que tienen como objetivo principal la interconexión de diferentes componentes electrónicos para lograr un funcionamiento específico. Las placas electrónicas pueden estar compuestas por componentes SMD (Surface Mounting Device), que se montan directamente en la superficie de la placa, o por componentes THT (Through-Hole Technology), que se insertan a través de orificios perforados en la placa. En algunos casos, las placas pueden utilizar una combinación de ambos tipos de componentes para satisfacer los requisitos del diseño.

El PCB actúa como base para alojar y proporcionar conexiones eléctricas entre los componentes electrónicos. Los caminos conductores permiten que las señales eléctricas fluyan de manera adecuada, evitando interferencias y garantizando una comunicación precisa entre los componentes. Este proceso de fabricación de PCB's es esencial en la industria electrónica, ya que permite la producción eficiente y confiable de placas electrónicas utilizadas en una amplia gama de dispositivos y sistemas, desde equipos de comunicaciones hasta dispositivos médicos y electrodomésticos. [25]

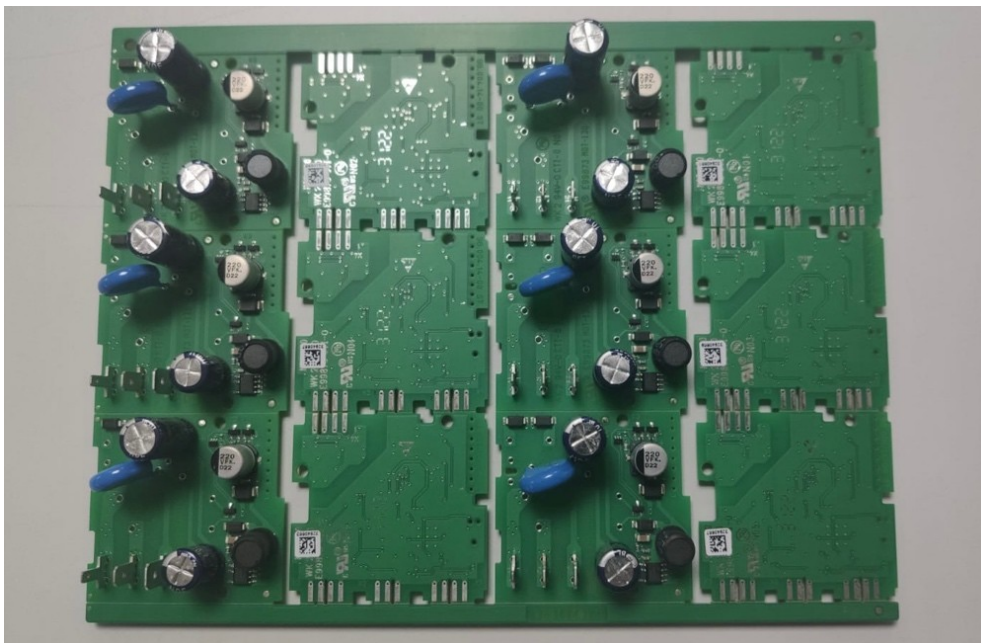


Figura 3.17. Placa electrónica cliente Rational. (Fuente: propia)

3.7.3 Terminal faston

El terminal o borne faston es un componente eléctrico-electrónico. Es de tipo conector y se puede agregar a la terminación de un cable eléctrico para diferentes conexiones entre dispositivos, alimentaciones, comunicación, etc. Hay diferentes tipos de fastons, que dependen de cuál sea su funcionalidad, desde terminales orientados a conexiones temporales (des/conexión sencilla) hasta bornes que requieren soldadura (no irreversible).

A continuación, se muestran algunos de los tipos más comunes y utilizados:

- Tipo clips
- Para empalmes
- Hembras de alambre
- Puntas de prueba
- De anillo
- De tornillo
- De des/conexión rápida
- De horquilla o lengüeta
- Cilíndrico

En el mercado hay multitud de proveedores que fabrican este tipo de componente. Las particularidades para considerar a la hora de escoger un terminal de estas características son los siguientes:

- **Calidad de los materiales.** La resistencia es uno de los factores más importantes para tener en cuenta. Los materiales que definirían mejor el comportamiento de este componente serían acero de manganeso y plástico de alta densidad, y en especial para aplicaciones electrónicas PVC y cobre.
- **Dimensiones.** Dependerá de su uso y la herramienta que se vaya a utilizar. Se debe utilizar la sección adecuada del cable para el terminal faston que se vaya a agregar.
- **Tipo.** Se considerará escoger un tipo de terminal u otro dependiendo de la necesidad que se vaya a cubrir. [26]



Figura 3.18. Diferentes dimensiones de conectores faston THT. (Fuente: propia)

4. Análisis del mercado y selección

En este apartado, se presenta un resumen del estudio económico realizado sobre el mercado de prensas automáticas de conectores fastons y la elección de la opción de desarrollo interno para este proyecto.

El mercado de prensas automáticas de conectores fastons es de gran importancia en la industria de la automatización industrial debido a la creciente demanda de conexiones eléctricas seguras y confiables. La automatización industrial y la complejidad de los productos electrónicos impulsan la necesidad de prensas automáticas especializadas. En este mercado, destacan fabricantes reconocidos como Schleuniger, TE Connectivity, Mecal by Starn y AMADA WELD TECH, que ofrecen soluciones de alta calidad con diferentes capacidades. Se espera que el mercado continúe creciendo debido a la creciente demanda de automatización y la importancia de conexiones eléctricas precisas y confiables en la industria electrónica.

El mercado de prensas automáticas de conectores fastons se puede segmentar en función de diferentes criterios relevantes, como el tipo de industria, la capacidad de producción, las características y funcionalidades, y la región geográfica. Estas segmentaciones permiten adaptar las soluciones a las necesidades específicas de cada sector, encontrar la máquina adecuada para los requerimientos de producción, identificar las características y funcionalidades deseadas, y comprender las dinámicas regionales del mercado. La segmentación del mercado es fundamental para comprender las oportunidades y desafíos, y para adaptar las estrategias comerciales y de marketing.

En cuanto a la elección entre realizar una máquina por cuenta propia o adquirir una máquina comercial, ambas opciones tienen sus ventajas y desventajas. La opción de desarrollo interno ofrece beneficios en términos de costo y personalización, pero requiere tiempo, recursos y personal capacitado. Por otro lado, las máquinas comerciales ofrecen mayor confiabilidad, soporte técnico y mayor velocidad de producción, aunque pueden ser más costosas y no satisfacer todas las necesidades específicas.

En este caso, se ha optado por la opción de desarrollo interno debido que el volumen exigido de producción de unas 90.000 unidades anuales se cumple con un gran margen, ya que el número de unidades que puede proporcionar la maquina está alrededor de 282.194 unidades anuales.

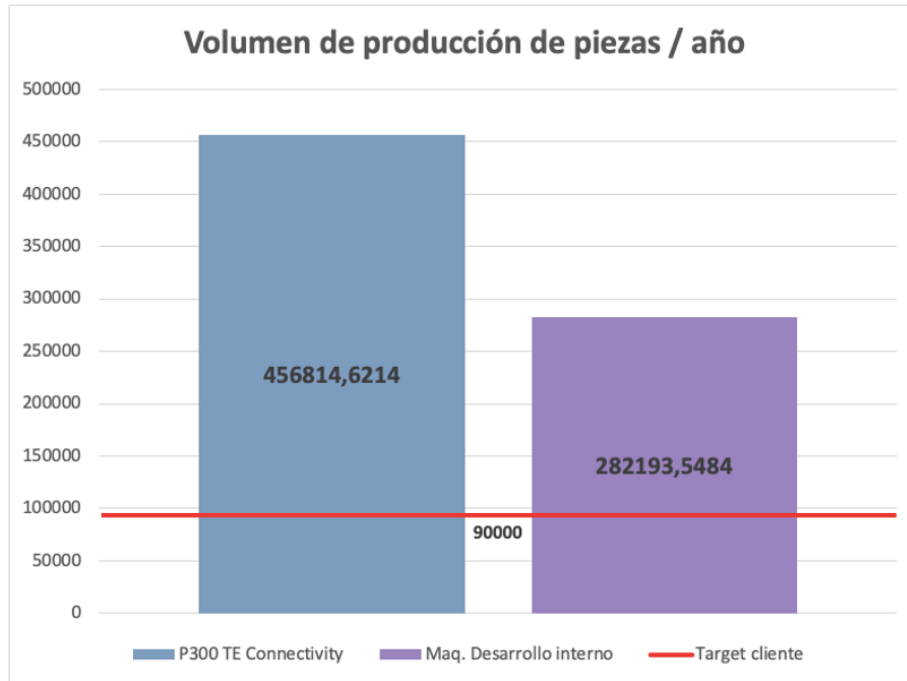


Figura 4.1. Gráfico de volumen de piezas anuales (fuente: propia)

En términos de costos, la opción de desarrollar la máquina de forma interna resulta más favorable en comparación con la adquisición de una máquina comercial con las mismas características requeridas en el mercado. El precio estimado de una máquina comercial en el mercado con las características específicas necesarias se encuentra alrededor de 374.417 €. Sin embargo, al optar por el desarrollo interno, el costo estimado del desarrollo de la máquina es de 61.119,56 € (IVA no incluido).

Esto muestra una diferencia significativa en términos de costo, lo cual resultará beneficioso para el proyecto. A continuación, se presenta una tabla comparativa de costos entre la opción de desarrollo interno y la adquisición de una máquina comercial:

Opción	Coste estimado (€)	Diferencia (€)
Desarrollo interno	61.119,56 €	313.297,44 €
Máquina comercial	374.417,00 €	

Tabla 4.1. Tabla de costes de las dos soluciones del proyecto (Fuente: propia)

5. Desarrollo de la solución

5.1. Estructura y composición del equipo

En este capítulo se incluye el aspecto formal que tiene el equipo de test de verificación e inserción de fastons – medida, altura, materiales, funcionalidad...- en el que se ha basado el proyecto de detalle.

5.1.1 Características generales

1. Portabilidad

- Realizado con materiales que aporten poco peso, que sea un equipo ligero.
- Fácilmente movable, poder desplazarlo de un punto a otro de la planta sin problemas
- Sin una anchura excesiva, no mucho mayor que un equipo estándar de test que sea fácilmente adaptable a cualquier isla de trabajo y pueda desplazarse por los pasillos de la planta.
- Altura por debajo de las puertas de ascensores/montacargas de la planta.

2. Montaje simple

- Materiales que sean comunes con otros montajes de equipos.
- Realización de piezas en 3D con las dimensiones idóneas y de fácil ensamblaje.
- Dispositivos de conexión rápida al equipo de ethernet para conexión con el servidor, eléctrica para la alimentación del equipo y neumática para alimentación de los actuadores.

5.1.2 Características específicas

3. Sensores y accionadores

- Sensores inductivos para el control de apertura de las cubetas de almacenamiento de los distintos fastons.
- Pistones utilizados para el accionamiento de la apertura de las cubetas.
- Sensor de inductivo como final de carrera para detectar la prensa manual en la posición correcta antes de realizar el prensado.

- Pistón como protección para asegurar que el prensado sea el correcto, si no, bloquea mecánicamente la bajada de la prensa para evitar daños por la posición incorrecta de prensado.

4. Compatibilidad en el aplicativo

- Aplicación desarrollada con las herramientas de SW habituales en el departamento.
- Lenguaje de programación en .NET tal y como se desarrollan la mayoría de test funcionales.
- Utilización de la base de datos ya generada para el reporte de resultados del test.
- Desarrollado en Windows 10 facilitando el uso de otras aplicaciones ya generadas.

5. Prensa y útiles de prensado

- Fácil montaje y desmontaje de la matriz de la prensa.
- Utilizar tornillería común para el anclaje de la matriz y los utillajes de la prensa, facilitando el mantenimiento y la reparación si se requiere.
- Platina metálica de 5mm en la base de la prensa para evitar que la placa electrónica quede atrapada en el prensado, también ayuda al operario/a a retirar la PCB de la matriz.

6. Interfaz de test

- Fácil interpretación del test con seguimiento del proceso de montaje de los fastons, mediante imágenes mostrando un proceso secuencial.
- Mensajes de advertencia en caso de equivocación y posibilidad de volver a realizar la acción del paso equivocado en el test.
- Menú de entradas/salidas oculto, para que el equipo de técnicos pueda fácilmente verificar el estado de la máquina de test.

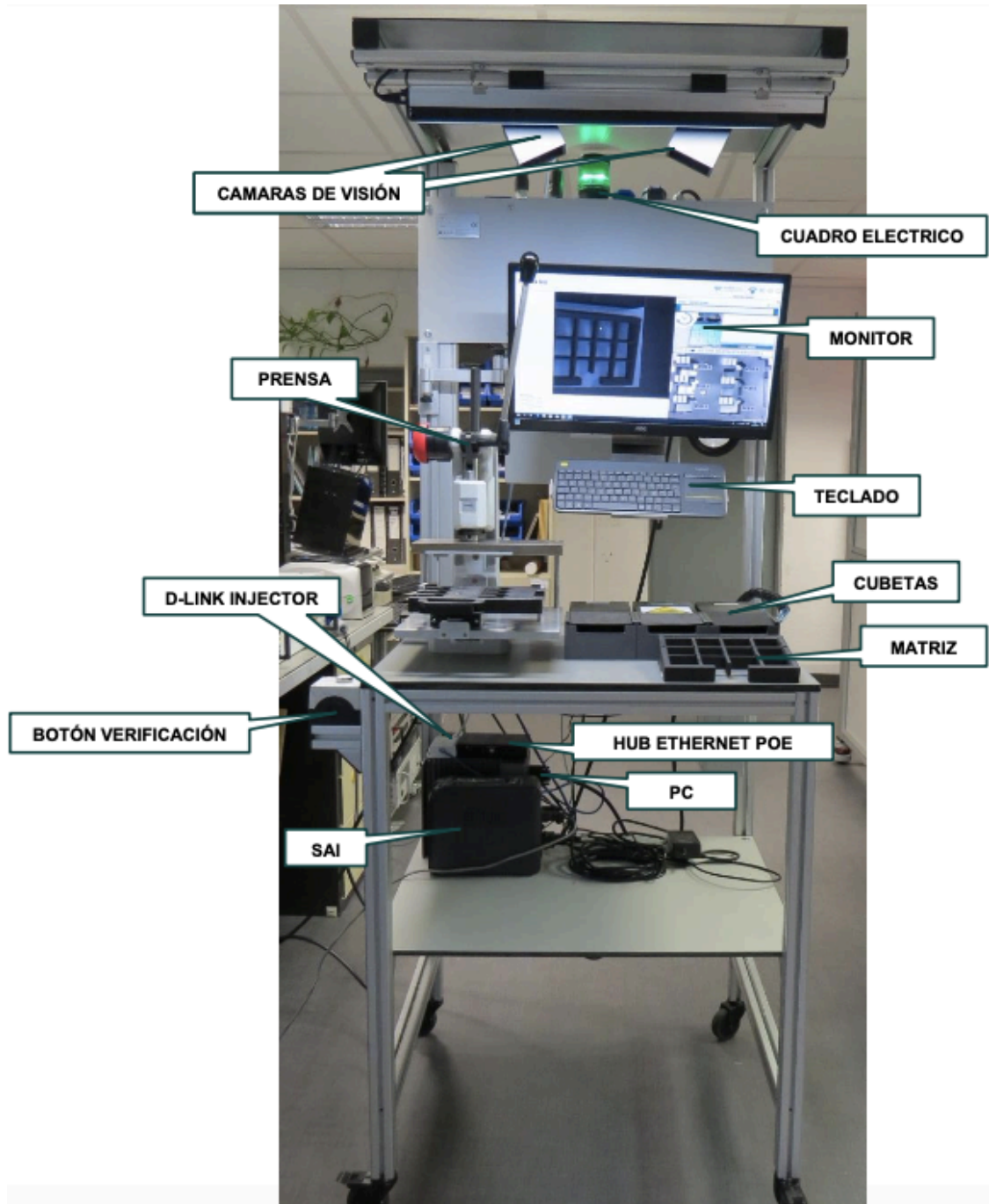


Figura 5.1. Componentes de la máquina de fastons. (Fuente: propia)

5.1.3 Estructura

El equipo consta de una estructura de perfilera de aluminio, unida entre si mediante tornillería, ya que uno de los objetivos del equipo es que sea ligero. Además, incluye cuatro ruedas para poder desplazarlo fácilmente. Por otro lado, incluye tres planchas de fibra, la primera altura desde las ruedas sirve para colocar el PC, SAI y el autómata que controla los accionadores, es ubicado en ese lugar ya que una vez se pone en marcha el equipo no se debe mantener más interacciones. La segunda altura, es donde se encuentra la prensa y todos los accionadores necesarios para realizar el test de verificación e inserción de fastons. Por último, la plancha que se encuentra en posición vertical sirve para soportar el cuadro eléctrico que alimenta la máquina. Se incluye un perfil en horizontal con menor grosor en la parte superior que se utiliza para incluir una lampara led que ilumina (Anexo VI) la zona de trabajo y suministra una iluminación uniforme en la zona de trabajo de las cámaras de visión artificial.



Figura 5.2. Montaje de la máquina. (Fuente: propia)

5.1.4 Cuadro eléctrico

El equipo consta de un cuadro eléctrico desde donde se suministra alimentación y se aísla a tierra todos los dispositivos que componen la máquina. También incluye, alimentación neumática para que los pistones que componen las cubetas puedan realizar su función de apertura y cierre cuando se requiere mediante las señales que le llegan del autómata, que también es alimentado por el cuadro. Para proteger al operario de cualquier derivación eléctrica en la maquina se incluye un interruptor diferencial de 30mA como el que podemos encontrar en cualquier hogar.



Figura 5.3. Cuadro eléctrico (Fuente: propia)

5.1.5 Prensa manual

El equipo lleva montada una prensa manual del modelo SCHMIDT, en especial la N° 11R, se puede observar el presupuesto en los anexos (Anexo V), con está prensa se asegura un montaje de los fastons con un prensado de 12kN que es el calculado por ingeniería de calidad para no afectar a la placa electrónica. Este modelo tiene una altura de trabajo entre 80-210mm, ideal para la aplicación que se realiza.

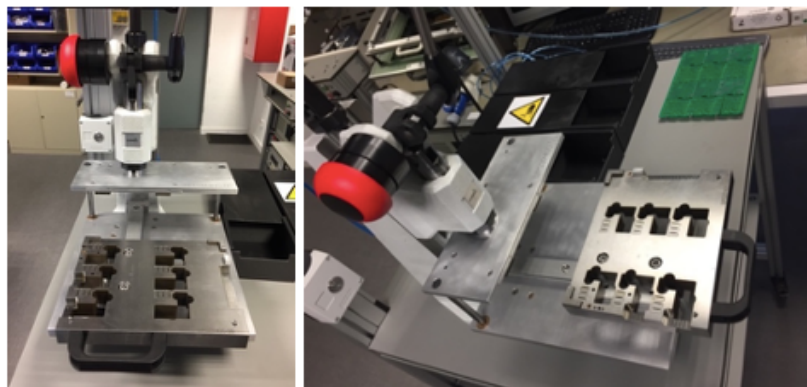


Figura 5.4. Prensa manual. (Fuente: propia)

5.1.6 Cámaras de visión artificial

En esta aplicación han sido necesarias dos cámaras de visión artificial del tipo matricial de alta velocidad, en el anexo se adjunta la oferta del proveedor Infaimon (Anexo IV), se utilizan dos del modelo Genie Nano C4900 con dos ópticas de 16mm 6MP. Se puede ajustar manualmente el enfoque y la apertura de la óptica para dejar entrar más luz o no, esto ha facilitado la implementación en la zona donde están trabajando.



Figura 5.5. Cámaras de visión artificial. (Fuente: propia)

5.1.7 PC industrial y SAI

Para reducir el consumo de la máquina, se ha añadido un ordenador industrial, su diseño sin ventilador hace el equipo más sostenible, además tienen mayor estabilidad y fiabilidad en entornos industriales. Los diseños van desde ultrafinos a grandes, en nuestro caso se ha escogido un pc de medidas reducidas. Además, se añade un teclado inalámbrico y una pantalla de doce pulgadas para la interacción con el operario. Todo este conjunto es alimentado a través de un sistema de alimentación interrumpida (SAI) que protege todos los dispositivos de cortes de electricidad o de las subidas de tensión en la red eléctrica.

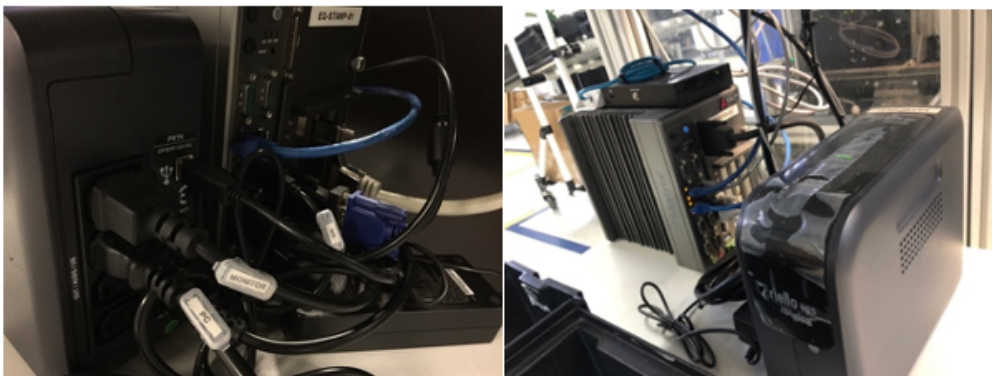


Figura 5.6. PC con SAI. (Fuente: propia)

5.1.8 Cubetas y sensores de posición

El diseño de las cubetas es mediante materiales de impresión 3D que cubren y protegen el pistón neumático que realiza el accionamiento. Para el control de la señal de apertura de la cubeta se ha añadido dos sensores de proximidad inductivos, uno al principio del recorrido del eje y otro al final, ambos realizan la función de final de carrera.

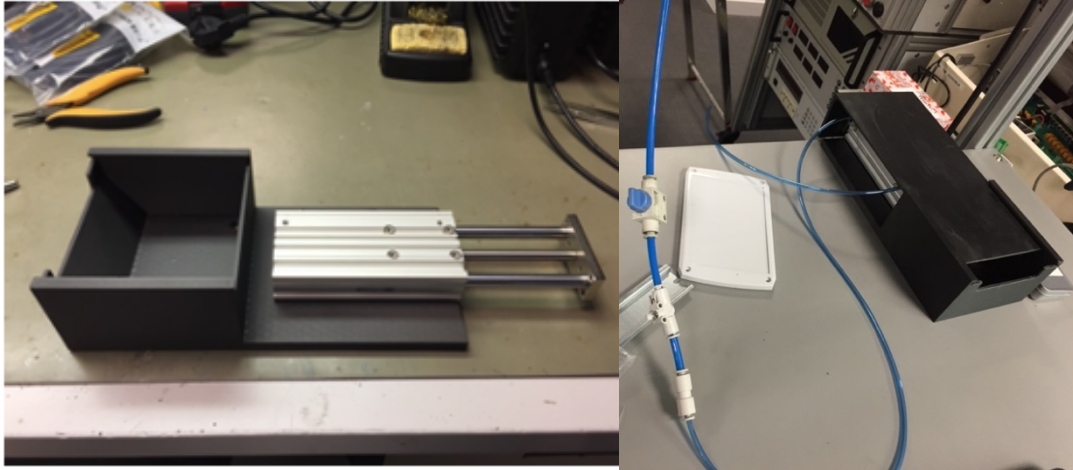


Figura 5.7. Cubetas y sensores de posición. (Fuente: propia)

5.1.9 Módulo de entradas y salidas

Para el control de todos los dispositivos y sensores de la máquina, se ha añadido un módulo de interfaz con entradas y salidas. Este dispositivo mediante comunicación serie envía el estado de las entradas y dependiendo las condiciones o el estado del proceso de montaje del test, realiza el accionamiento de las salidas. El modelo utilizado es un DIN-68S-01 y su cable correspondiente de 68 pines.

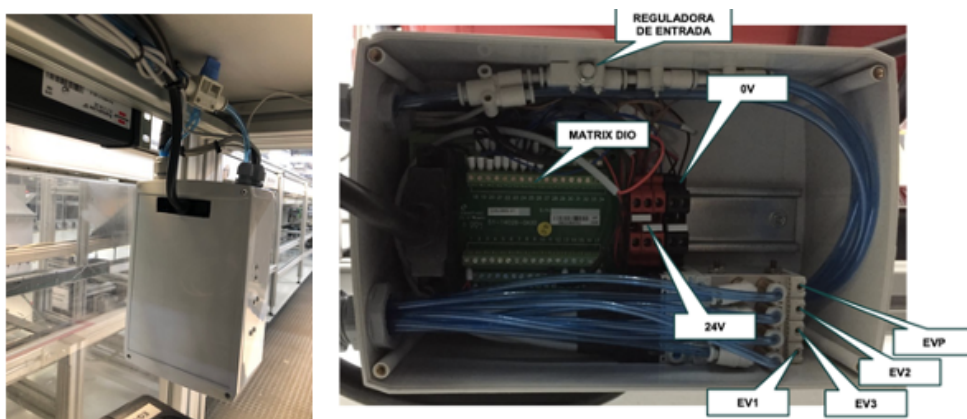


Figura 5.8. Módulo de entradas y salidas. (Fuente: propia)

5.1.10 Pistón de seguridad y sensor inductivo

Como medio para asegurar que la prensa está en la posición correcta de prensado, se ha añadido un sensor inductivo que verifica que el útil de la matriz está al final del recorrido de la prensa y desbloquea un pistón que permite a la operaria bajar el accionamiento manual para realizar el prensado.

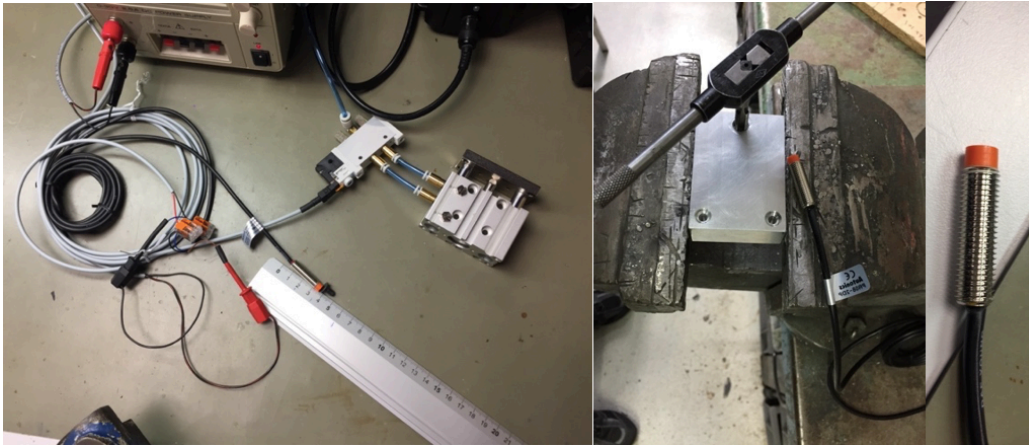


Figura 5.9. Pistón de seguridad y sensor inductivo. (Fuente: propia)

5.1.11 Etiquetas de advertencia

Para la protección del personal que realice trabajos en la maquina o cerca se han colocado unas etiquetas que advierten de posibles peligros si no se manipula correctamente. En el cuadro eléctrico se ha puesto la etiqueta de riesgo eléctrico, mientras que en las cubetas se ha puesto la etiqueta de peligro de atrapamiento ambas pertenecen a la ISO 7010.



Figura 5.10. Etiquetas de advertencia. (Fuente: propia)

5.2. Descripción operación

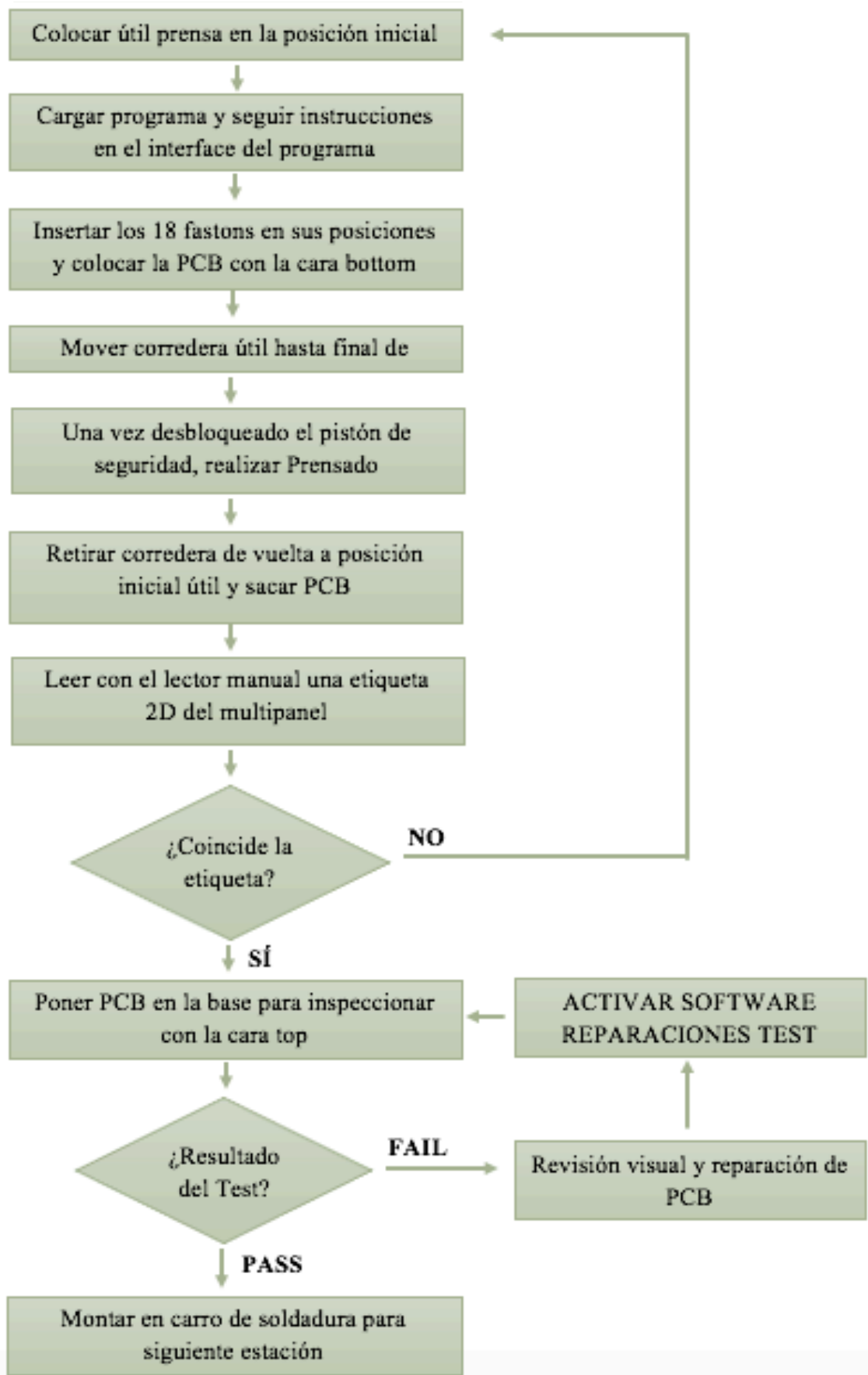


Figura 5.11. Diagrama de bloques de la descripción de la operación. (Fuente: propia)

5.3. Fases de test

Las fases del test están formadas por dos partes;

- **Estación 1 – Montaje fastons:** en esta parte del test, se acciona una salida que ejecuta el pistón que abre la cubeta donde se encuentran los fastons que deben ir montados en la prensa, antes de ser insertados en la PCB. Mientras la operaria monta los fastons de diferentes medidas se verifica in real time que se coloquen en la posición correcta.



Figura 5.12. Montaje de fastons. (Fuente: propia)

- **Estación 2 – Verificación fastons:** en esta parte del test, se realiza una inspección verificando que todos los fastons se encuentran en la posición correcta, son de la medida especificada y cumplen con la orientación que especifica el hardware de la placa electrónica. Esta parte del test realiza una lectura de las etiquetas y genera la trazabilidad de la estación y del circuito en BBDD.



Figura 5.13. Verificación de fastons. (Fuente: propia)

5.4. Icono del programa

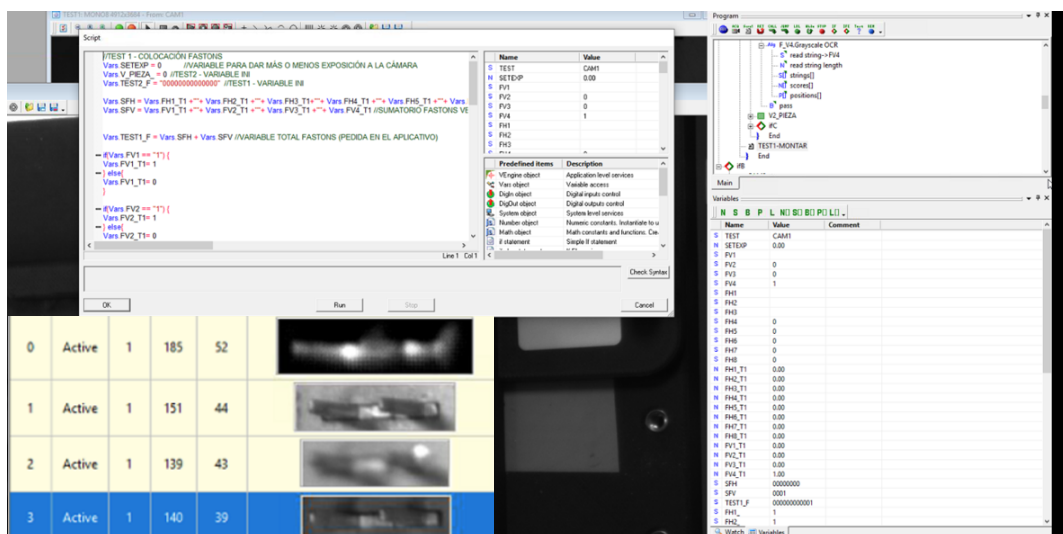
En la Figura 5.14 se muestra el diseño que se ha realizado para el icono del programa.



Figura 5.14. Icono del programa. (Fuente: propia)

5.5. Programa de visión – Sherlock

En este apartado se muestra aspectos generales del software Sherlock, muy utilizada en programas de visión en la industria por su fácil programación y su amplia librería de algoritmos. Se observa en múltiples aplicaciones como, por ejemplo: verificado de color de diodos led, montaje de componentes THT o en este proyecto verificando la posición de conectores fastons. En la figura 5.15 podemos observar el script desarrollado con lenguaje “java”. Los scripts se utilizan para iniciar variables o cambio de estado dependiendo alguna condición específica. El algoritmo utilizado es “Grayscale OCR”, basado en algoritmos RP, recoge la imagen en tiempo real y relaciona con un grado de aceptación entre 0-100% la similitud con los patrones aprendidos. También podemos observar como en el algoritmo se han aprendido varios patrones, ya que el enfoque y la luz son dos de los problemas más frecuentes en las cámaras de visión y también los más fácilmente manipulables erróneamente por personal que desconoce la importancia de una iluminación estable y un enfoque definido.



5.6. Interface de test

Para una implementación rápida del software de visión en la planta productiva se han utilizado herramientas de comunicación ya existentes.

El aplicativo “*SherlockTestNet.exe*” sirve de intermediario para transmitir los valores de las variables utilizadas en el programa de visión artificial y el programa secuencial de test. En la figura 5.16 que se muestra a continuación, se han referenciado las partes que componen el aplicativo para una mejor comprensión de su funcionamiento.

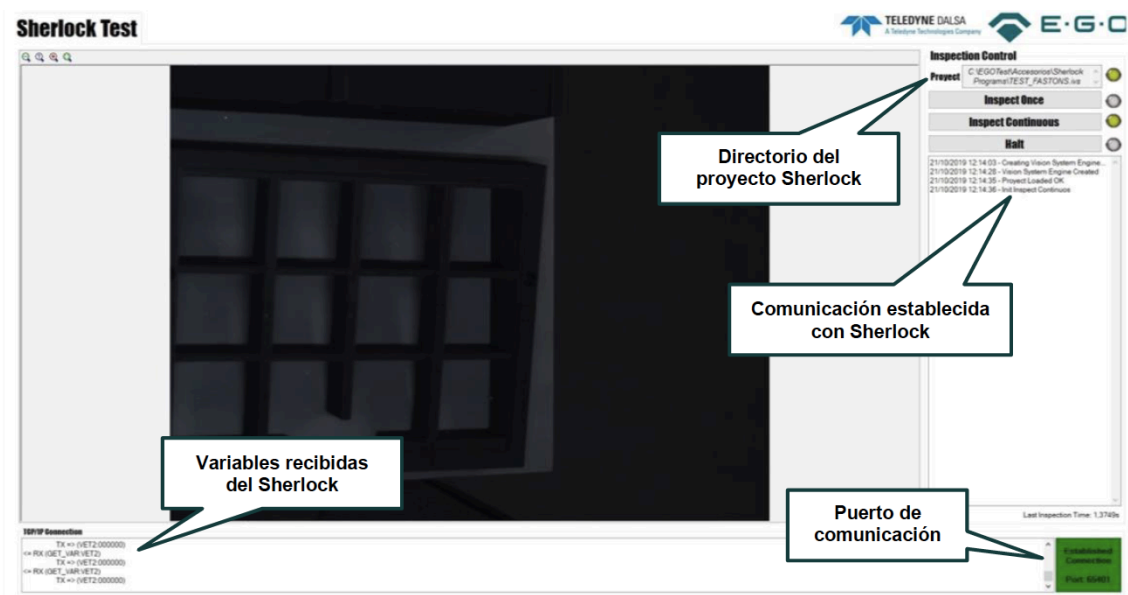


Figura 5.16. Interface de comunicación SherlockTestNet. (Fuente: propia)

En la siguiente figura 5.17 se muestra el diagrama de bloques que compone la comunicación que establece el interfaz (SherlockTestNet.exe), entre el software realizado con Sherlock (TEST_FASTONS.ivs) y el programa secuencial de montaje y verificación de fastons (SW_Test_Fastons.exe).

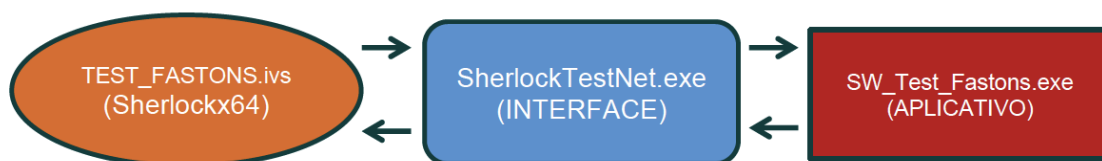


Figura 5.17. Diagrama de bloques de comunicación con el programa secuencial. (Fuente: propia)

5.7. Proceso del test secuencial

- **STEP 1:** sacar corredera del útil hacia adelante para efectuar el montaje.

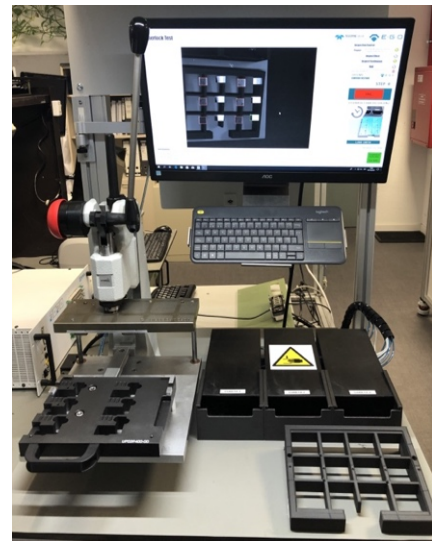


Figura 5.18. Primer paso del test.
(Fuente: propia)

- **STEP 2:** colocar el multi panel en la zona de verificación, la cámara almacena la lectura de las etiquetas de los circuitos con el fin de comparar en el último paso del test que se ha realizado la inserción y verificación de los fastons en la misma PCB del inicio del test.

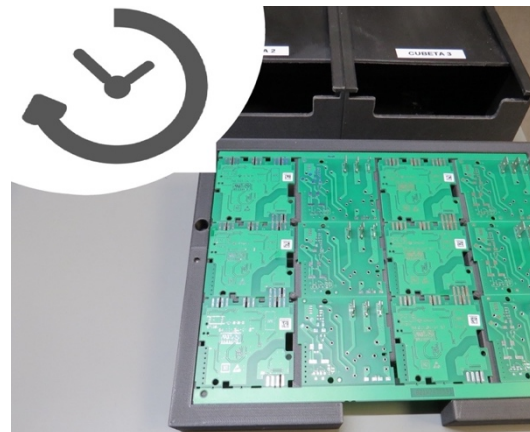


Figura 5.19. Segundo paso del test. (Fuente propia)

- **STEP 3:** automáticamente se abre la cubeta de los Fastons 6.3mm y se muestran los huecos que se deben rellenar en la interface del programa.

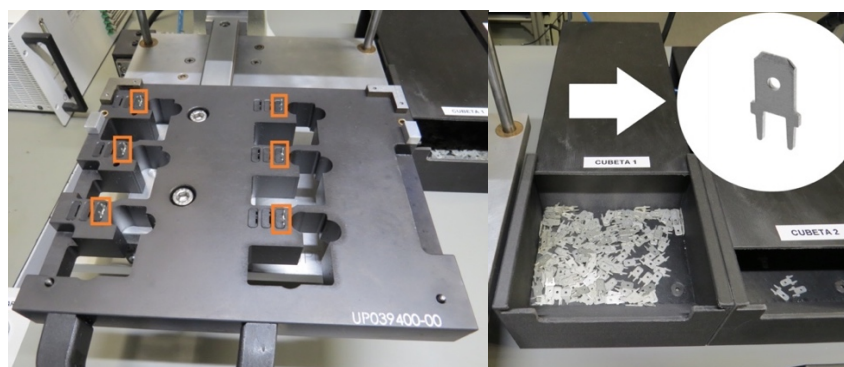


Figura 5.20. Tercer paso del test. (Fuente propia)

- **STEP 4:** una vez se han insertado correctamente los Fastons de la primera cubeta, se cierra y es entonces cuando se abre la cubeta de los Fastons de 4.8mm.

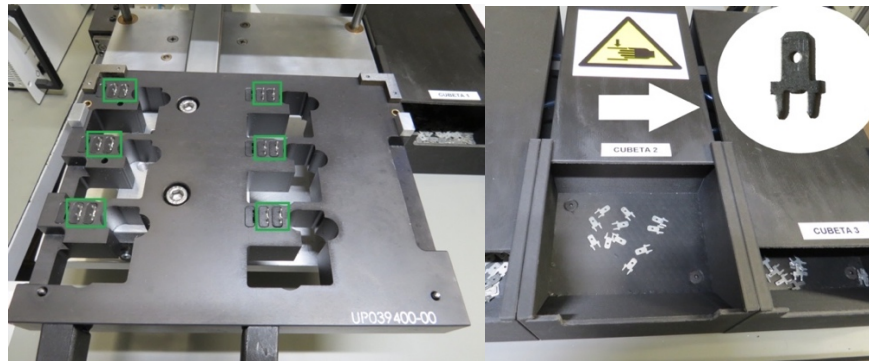


Figura 5.21. Cuarto paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 5:** una vez finaliza la colocación de los Fastons de la segunda cubeta, se cierra y es entonces cuando se abre la cubeta de los Fastons de 2.8mm.

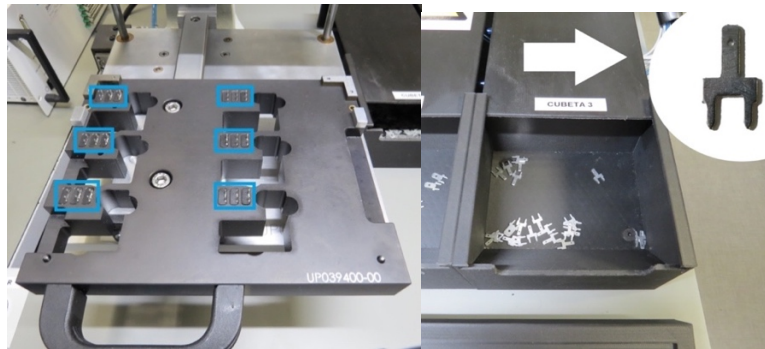


Figura 5.22. Quinto paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 6:** una vez se han insertado todos los Fastons en sus respectivos huecos, se debe pulsar el botón con la etiqueta "Verificar". Este pulsador lanza un trigger sobre la cámara de la etapa de inserción y realiza una doble verificación, esta vez de todo el conjunto de los fastons insertados.



Figura 5.23. Sexto paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 7:** seguidamente se ha de colocar la pcb con la cara hacia arriba (bottom) en el útil de prensado.

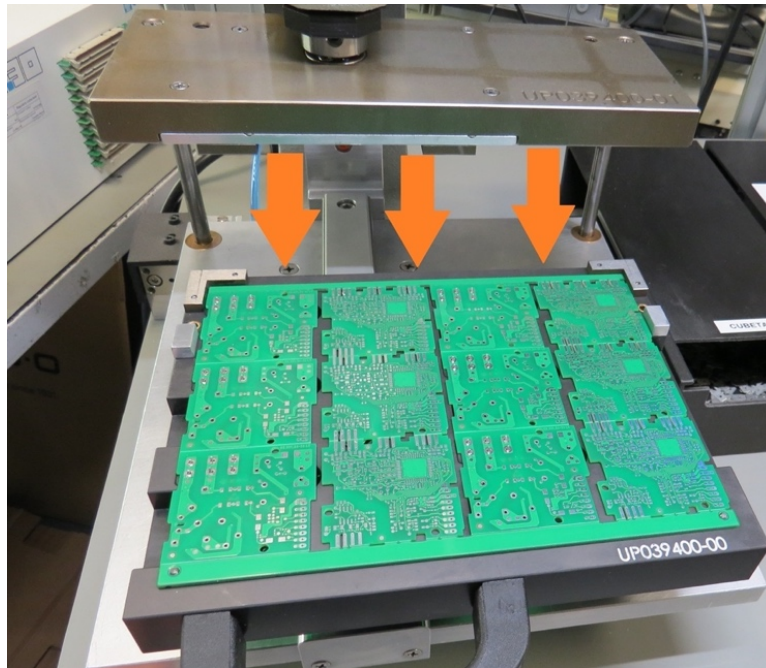


Figura 5.24. Séptimo paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 8:** desplazar el útil de prensado hasta el sensor inductivo y esperar el desbloqueo del pistón de seguridad de la prensa.

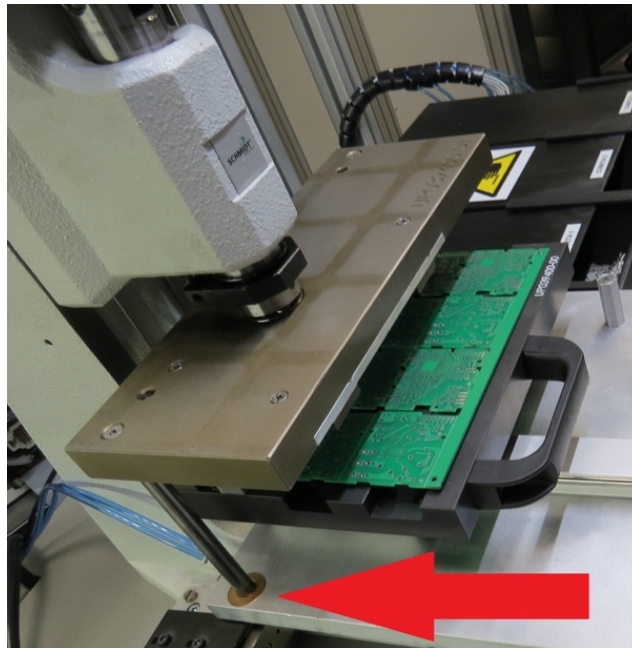


Figura 5.25. Octavo paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 9:** se realiza la acción de presar la placa electrónica con un movimiento hacia abajo del mango de la prensa manual.

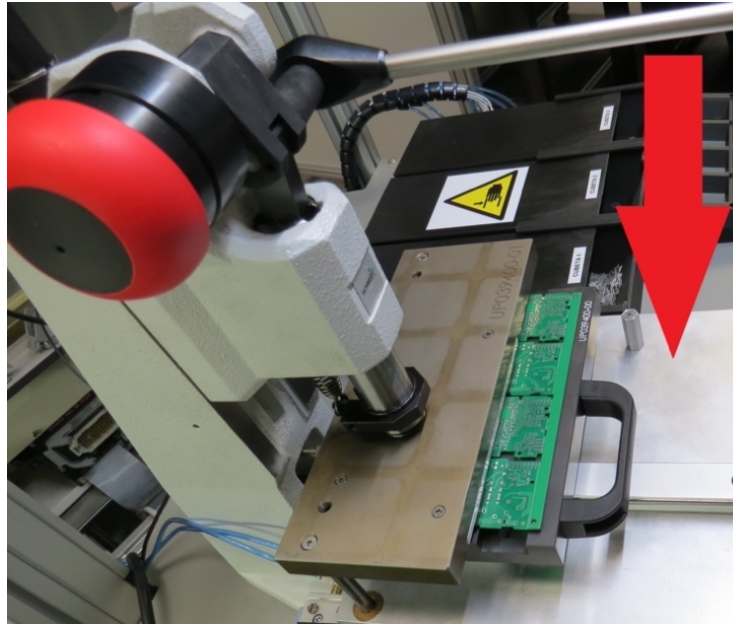


Figura 5.26. Noveno paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 10:** se debe retornar el útil a su posición de inicio y retirar la placa electrónica. Seguidamente se ha de colocar en la estación de verificación

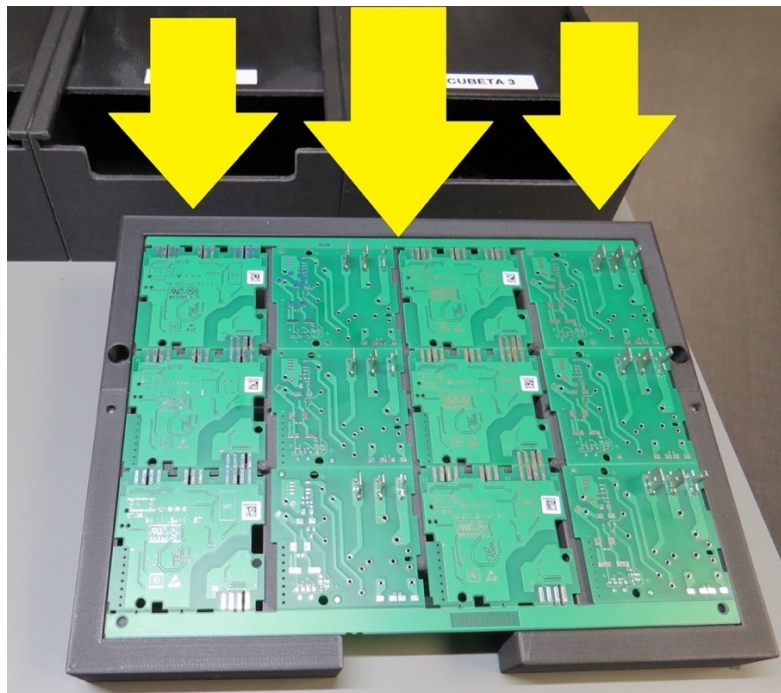


Figura 5.27. Décimo paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 11:** se realiza la verificación y retorna el resultado “PASS”, mostrando todos los fastons en verde por lo que el circuito está correctamente montado. En caso de que haya sido “FAIL”, el interface del aplicativo nos muestra en rojo que faston no ha sido insertado en la posición correcta.

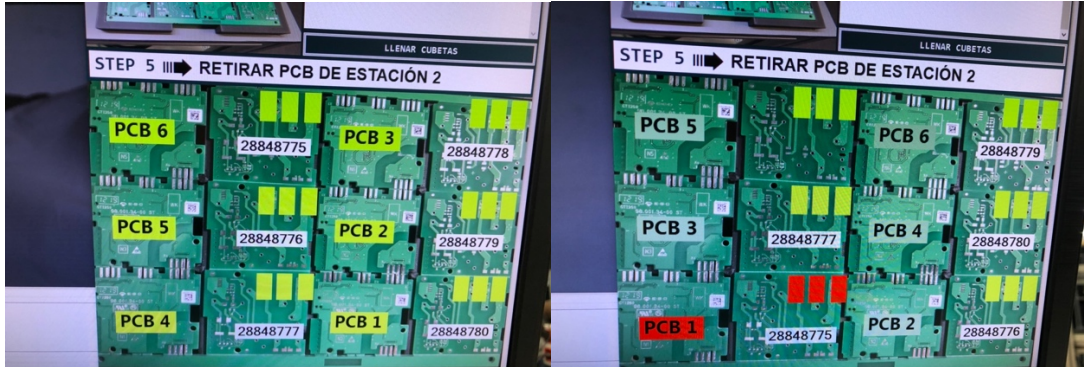


Figura 5.28. Decimoprimer paso del test. (Fuente: propia)

- **STEP 12:** por último, se debe retirar la placa electrónica de la estación de verificación. Si ha sido correcta se dirige a la siguiente estación del proceso productivo de la planta, en el caso de que haya sido incorrecta se almacena para la verificación manual del personal que lo requiera.

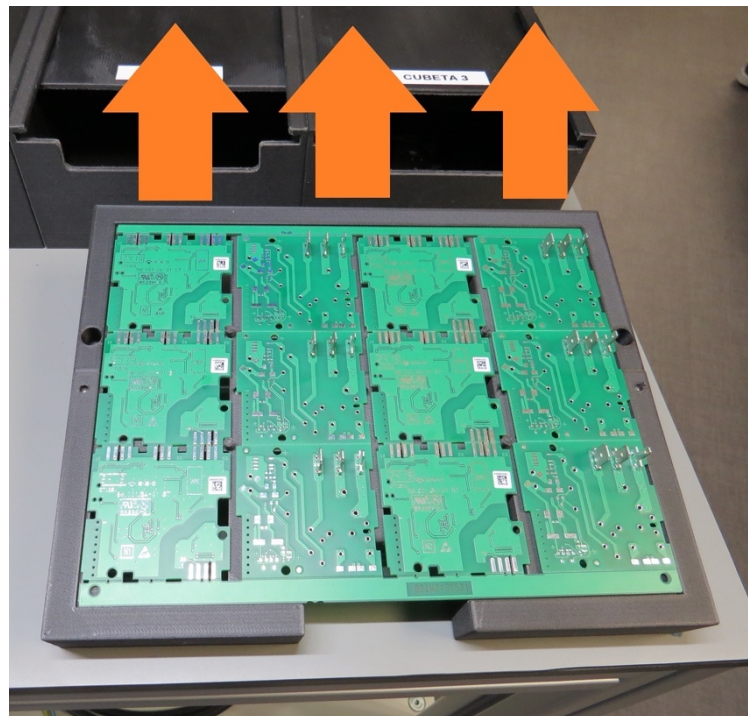


Figura 5.29. Decimosegundo paso del test. (Fuente: propia)

5.8. Medidas de seguridad

En este apartado se exponen las medidas de seguridad que se han aplicado para evitar que la manipulación en la máquina pueda suponer un peligro al trabajador que este interactuando en el proceso del test. Estas medidas se han clasificado en dos bloques, medidas estructurales y dispositivos de seguridad implementados en la máquina.

5.8.1 Medidas estructurales

- Se ha realizado el montaje de la estructura y todos los actuadores sin cantos vivos que puedan dañar por roce o golpe al operario trabajando en el equipo.
- La prensa manual incluye un botón de seguridad mecánico que en caso de atrapamiento puede ser desbloqueada al instante por el usuario.
- Los pistones de accionamiento de cubetas incluyen tapas anti-atrapamiento desde diferentes ángulos realizadas con impresora 3D y su respectiva señalización mediante una etiqueta de advertencia.
- El pistón de bloqueo mecánico de la prensa también incluye una tapa anti-atrapamiento realizada con impresora 3D.

5.8.2 Dispositivos de seguridad

- El equipo incluye un cuadro eléctrico con un interruptor diferencial (ID) para proteger en caso de electrocución o fallo de aislamiento.
- La estructura al igual que el cuadro están aislados a tierra.
- El tapete de la máquina que cubre la zona de interacción entre el operario y el producto está formado por un material de protección de descargas electrostáticas.

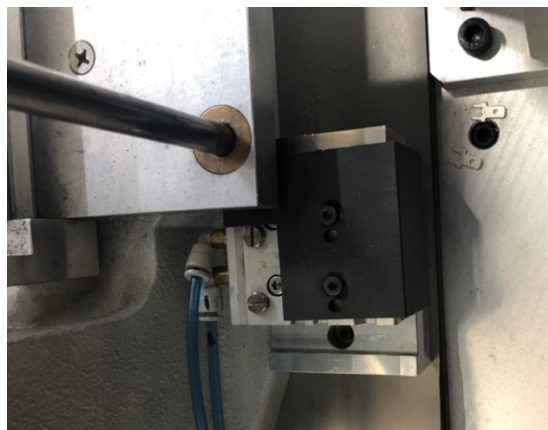


Figura 5.30. Pieza de seguridad del pistón impresa en 3D. (Fuente: propia)

6. Eficiencia y resultados

La eficiencia es un aspecto clave en cualquier proceso productivo y en el caso de la máquina de inserción y verificación de fastons, no podía ser diferente. En este apartado se presentan los resultados de la eficiencia de la máquina desde enero de 2022 hasta abril de 2023, analizando el First Pass Yield (FPY) recogido durante este período.

Los valores recogidos muestran una variación significativa en el rendimiento de la máquina a lo largo del tiempo. En enero de 2022, al principio del funcionamiento de la máquina en producción, el FPY más bajo fue de 89,18%. Sin embargo, la eficiencia de la máquina ha mejorado considerablemente a lo largo del año, y en diciembre de 2022 se ha alcanzado un FPY del 98,46%. Estos resultados muestran una tendencia positiva y constante en la mejora de la eficiencia de la máquina. En la producción más reciente, realizada en abril de 2023, se ha obtenido un FPY del 93,24%. La media del FPY desde enero de 2022 hasta la última producción en abril de 2023 es de 94,79%, lo que indica que la máquina de inserción y verificación de fastons está funcionando de manera eficiente y constante.

En este capítulo se ha detallado los resultados de eficiencia de la máquina, y se han analizado las posibles causas de las variaciones observadas en los valores del FPY a lo largo del tiempo. Además, se han presentado las estrategias utilizadas para mejorar la eficiencia de la máquina, así como las lecciones aprendidas durante el proceso.

A continuación, se muestran los datos recogidos en la tabla 6.1 que indica los valores de FPY reportados por la máquina a la BBDD y tratados por la interface de producción.

EQ – FASTON – 01 (2022)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Buenos	2.849	10.496	7.971	3.707	4.506	3.168	4.942	4.032	6.492	8.514	9.852	2.694
Defectos	331	330	243	114	138	132	392	162	312	468	306	42
FPY (%)	89.18	96.9	97.04	96.86	97.03	95.82	92.65	96.14	95.24	94.52	96.99	98.46

Tabla 6.1. Valores de FPY reportados a la BBDD 2022. (Fuente: propia)

Visor de producción

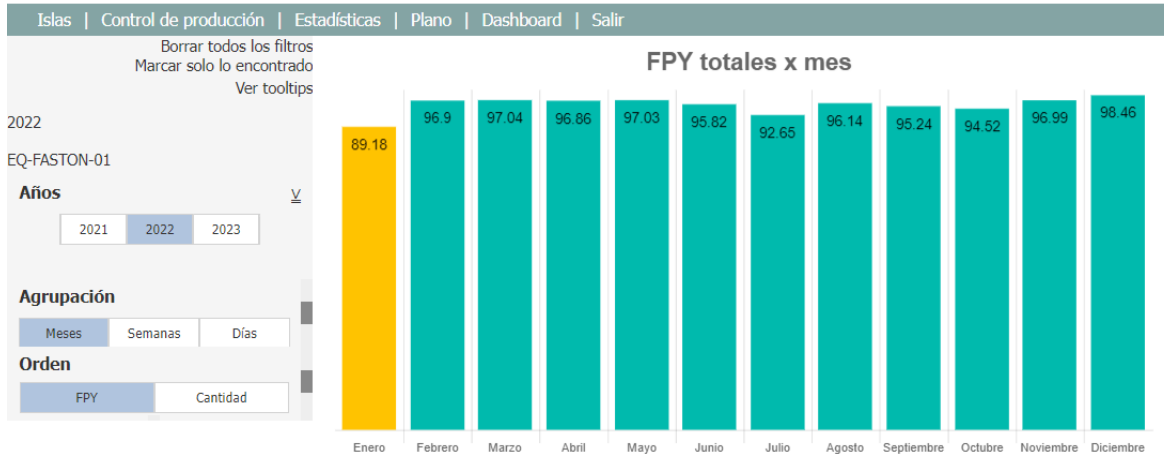


Figura 6.1. FPY totales por mes 2022. (Fuente: visor de producción)

EQ – FASTON – 01 (2023)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Buenos	1.952	1.780	7.577	2.400								
Defectos	94	177	798	174								
FPY (%)	95.11	90.96	90.47	93.24								

Tabla 6.2. Valores de FPY reportados a la BBDD 2023. (Fuente: propia)

Visor de producción

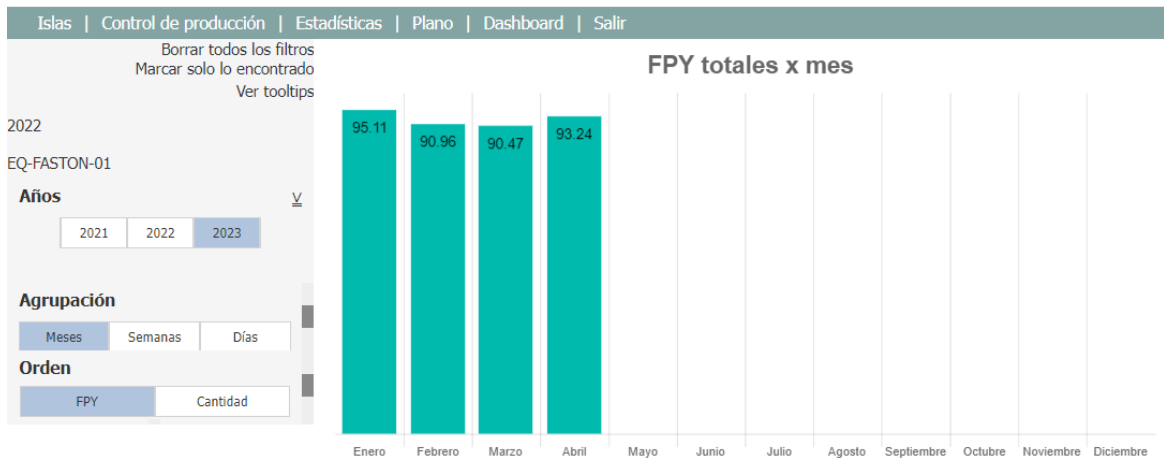


Figura 6.2. FPY totales por mes 2023. (Fuente: visor de producción)

6.1 Base de datos

En la siguiente figura 6.3 se muestra la ubicación donde se almacenan los resultados del test de fastons, así como el proceso de reporte de datos por parte del equipo. El programa secuencial "SW_Test_Fastons.exe" se comunica en tiempo real con la base de datos SAP, lo que proporciona una trazabilidad interna detallada de los circuitos que pasan por el test, incluyendo su fecha y hora, resultado del test, código de producción y etiqueta 2D leída de cada uno de los circuitos impresos del multi panel. De esta manera, se evita perder la trazabilidad de las placas electrónicas en las estaciones de producción anteriores.

The screenshot shows the SAP GUI interface with a table titled 'sap.Historic:46.699.572 Filas en total (aproximadamente), limitado a 1.000'. The table contains the following columns: Fecha, Codigo, SerialNumber, Resultado, Comentario, Estacion, Estacion_Descripcion, Operario, Nom_PC, Programa_Ejecutado, OptNumber, and Estado. The data rows show test results for various PCBs, all with a 'PASS' status, recorded on 2023-04-05 at 09:52:23. The 'Operario' is consistently '8544' and the 'Programa_Ejecutado' is 'EQ-FASTON-01'. The 'SerialNumber' column contains values ranging from 34127338 to 34127399.

Fecha	Codigo	SerialNumber	Resultado	Comentario	Estacion	Estacion_Descripcion	Operario	Nom_PC	Programa_Ejecutado	OptNumber	Estado
2023-04-05 09:52:23	7501012001	34127338	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:52:23	7501012001	34127340	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:52:23	7501012001	34127342	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:52:23	7501012001	34127337	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:52:23	7501012001	34127339	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:52:23	7501012001	34127341	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:50:52	7501012001	34127380	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:50:52	7501012001	34127382	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:50:52	7501012001	34127384	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:50:52	7501012001	34127379	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:50:52	7501012001	34127381	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:50:52	7501012001	34127383	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:48:58	7501012001	34127386	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:48:58	7501012001	34127388	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:48:58	7501012001	34127390	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:48:58	7501012001	34127385	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:48:58	7501012001	34127387	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:48:58	7501012001	34127389	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:47:21	7501012001	34127392	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:47:21	7501012001	34127394	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:47:21	7501012001	34127396	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:47:21	7501012001	34127391	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:47:21	7501012001	34127393	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:47:21	7501012001	34127395	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:22:50	7501012001	34127388	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:22:50	7501012001	34127400	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:22:50	7501012001	34127402	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C
2023-04-05 09:22:50	7501012001	34127397	PASS		0	Insertion de FASTONS	8544	EQ-FASTON-01	7501012001	(NULL)	C

Figura 6.3. Almacenado de los resultados. (Fuente: propia)

El proceso de tratamiento de datos empleado en el proyecto resulta muy útil en caso de una reclamación por parte de algún cliente, ya que permite identificar fácilmente por qué estaciones de producción ha pasado cada PCB, incluyendo el test de fastons. Además, el sistema también almacena información sobre el operario que está trabajando en la máquina, lo que permite identificar rápidamente su número en caso de que surja una incidencia o problema. La capacidad de consultar y analizar los datos de producción en tiempo real resulta esencial para garantizar la eficiencia y confiabilidad del proceso de producción.



Figura 6.4. Etiqueta trazabilidad 2D. (Fuente: propia)

7. Impacto medioambiental

Con el tiempo, se ha vuelto cada vez más fundamental desarrollar soluciones en la industria que tengan un impacto ambiental nulo, y la fabricación de equipos de test no es una excepción. Por ello en este apartado se ha analizado el impacto que tiene sobre el medio ambiente: la fabricación de la máquina de inserción de fastons, su consumo eléctrico y neumático generado, y su final de ciclo de vida.

En el caso del equipo, podemos afirmar que su implementación tiene un impacto positivo en el medio ambiente. En comparación con otros equipos similares que ofrece el mercado, esta máquina tiene un consumo energético menor. Esto es debido a que los componentes eléctricos y neumáticos que la componen son muy básicos y no requieren consumos elevados. Además, gracias a su conexión rápida neumática y a su diseño de fácil desplazamiento, una vez que deja de ser necesario su uso en producción, se desconecta y se devuelve a la zona de “parking” de maquinaria que no está siendo utilizada en la planta, lo que reduce el consumo energético en gran medida. En comparación con los equipos que ofrece el mercado esta acción puede reducir hasta un 40% de energía en algunos casos.

Por otro lado, cabe destacar que se ha tenido en cuenta el ciclo de vida completo del equipo. Una vez que se finalice el proyecto o se acabe su ciclo de vida, se reutilizarán sus componentes en otros equipos de la empresa, en cumplimiento de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular y la Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Por ejemplo, las cámaras podrán reutilizarse para otros equipos de test funcionales, mientras que la estructura podrá servir para desarrollar una nueva máquina de test. Del mismo modo, el resto de los componentes (PC, teclado, SAI, etc.) también podrán tener otras aplicaciones, y todos los accionadores mecánicos/neumáticos al igual que el autómatas podrán ser reutilizados de alguna manera.

Además de lo mencionado anteriormente, otro aspecto que se debe destacar es el uso de piezas de impresión 3D en la fabricación del equipo. La impresión 3D permite la creación de piezas personalizadas y de alta calidad, lo que puede reducir significativamente los residuos y el consumo de energía en comparación con los métodos de fabricación

tradicionales.

En el caso de la máquina de inserción y verificación de fastons, se han utilizado piezas de impresión 3D para crear algunos de los componentes del equipo, cubetas, soportes de las cámaras, protecciones para el operario como en el pistón de seguridad, etc.

Por último, cabe destacar que este proyecto está comprometido con la mejora continua y la implementación de prácticas sostenibles de cara a las nuevas fabricaciones de equipos de test. Se seguirá evaluando constantemente el impacto ambiental y buscando maneras de reducirlo aún más en un futuro.

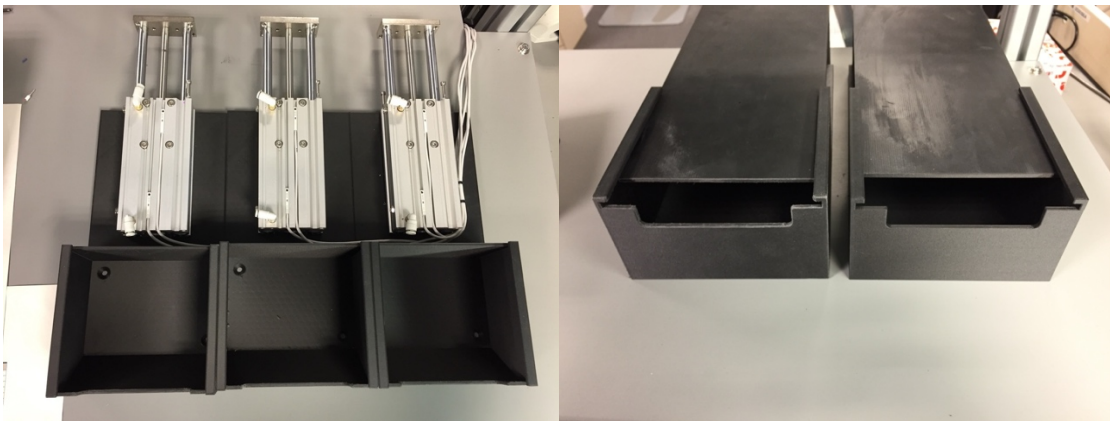


Figura 7.1. Piezas impresas en 3D para las cubetas. (Fuente: propia)

8. Perspectiva de género

En este capítulo se aborda la perspectiva de género en el diseño y desarrollo de la máquina de montaje y verificación de fastons mediante visión artificial. Se ha tenido en cuenta la importancia de considerar las diferencias entre hombres y mujeres en cuanto a la estatura y la ergonomía en el lugar de trabajo. Como se ha mencionado al principio de este proyecto, el objetivo principal es diseñar e implementar una máquina de inserción y verificación de fastons. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el diseño de la máquina no puede ser de un enfoque neutral en cuanto al género, sino que debe ser inclusivo y tener en cuenta las necesidades de todos los trabajadores.

En relación con las fases de diseño y desarrollo de la máquina, se ha prestado especial atención a la perspectiva de género, lo que ha llevado a considerar la ergonomía de la máquina y adaptarla a las necesidades de los trabajadores. En el apartado de especificaciones técnicas, se destaca que se han modificado las ruedas y la altura de la máquina para que sea más ergonómica y esté a la altura de las operarias, que suelen ser de estatura más baja que los hombres que trabajan en la máquina. Además de la modificación en la estructura de la máquina, también se ha llevado a cabo una adaptación en la posición del mango de la prensa manual. Esta modificación se ha realizado con el objetivo de que el mango sea más fácilmente accesible para las operarias al movimiento de prensado de los fastons, permitiendo así un trabajo más cómodo y ergonómico.



Figura 8.1. Altura y mango adaptados a la operaria. (Fuente: propia)

De esta manera, se han logrado condiciones de trabajo equitativas para todos los trabajadores, independientemente de su género, mejorando la experiencia utilizando el equipo y fomentando un ambiente de trabajo más seguro y saludable, lo que puede resultar en una mejora de la eficiencia y la productividad.



Figura 8.2. Modificación de las ruedas. (Fuente: propia)

9. Planificación

9.1 Actividades y planificación del proyecto

En este capítulo se ha realizado la planificación del proyecto, incluyendo las tareas y su duración. En la siguiente tabla 9.1 se han listado las tareas y actividades del proyecto, incorporando la duración y los recursos asignados para cada una, así como las relaciones de precedencia entre ellas.

Actividad	Descripción	Duración [h]	Recursos asignados	Relaciones de precedencia
A	Revisión del proyecto.	24	E1	-
B	Diseño de la máquina.	40	E1, C1	A
C	Contactar con proveedores para los materiales.	16	E1	B
D	Montaje de todos los componentes del equipo: eléctrico, neumáticos, etc.	130	E1	B
E	Programación del aplicativo de visión artificial.	30	E1	B
F	Programación del aplicativo secuencial de test.	80	E1	C, D
G	Puesta en marcha y seguimiento del equipo en la planta productiva.	50	E1	E
H	Formación al equipo de técnicos de producción.	6	E1	F
I	Edición global de la documentación y entrega de validación de la máquina.	24	E1	A, B, C, D, E, F, G, H, I

Tabla 9.1. Pasos del proyecto. (Fuente: propia)

La duración total del proyecto es cuatrocientas horas, es decir, cincuenta días. A continuación, en la tabla 9.2, se menciona el equipo de trabajo.

Equipo de trabajo	Coste HN [€]	Asignación
Ingeniero (E1)	57	100 %
Diseñador de CAD (C1)	40	10%

Tabla 9.2. Equipo de trabajo. (Fuente: propia)

En la siguiente figura 9.1 se muestra el diagrama de Gantt, elaborado mediante la herramienta de MS Project.

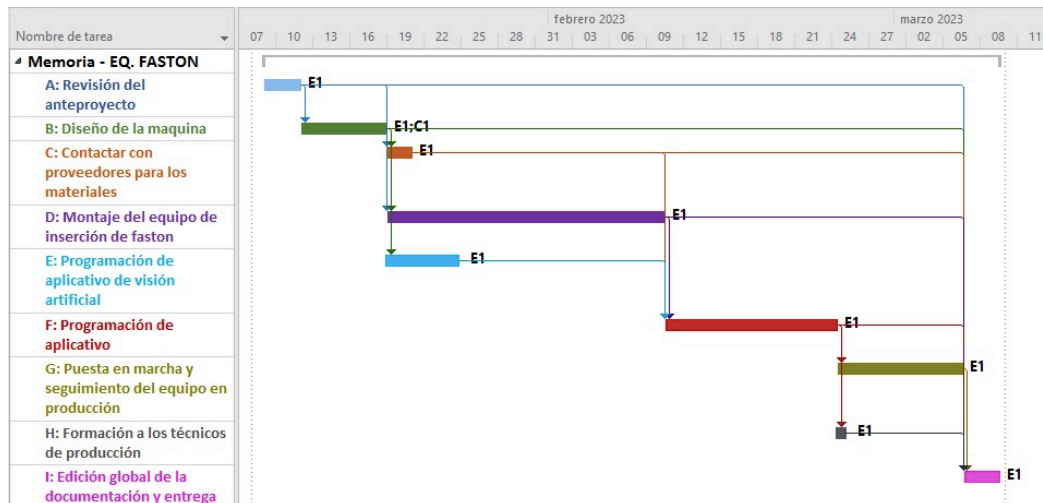


Figura 9.1. Diagrama de Gantt. (Fuente: MS project 2016)

A continuación, se muestra el camino crítico. Como se puede ver prácticamente todas las actividades tiene una holgura mínima ya que al solo solicitar el soporte de un recurso añadido no hay margen de maniobrar con otros recursos en caso de que exista un retraso en alguna de las tareas.

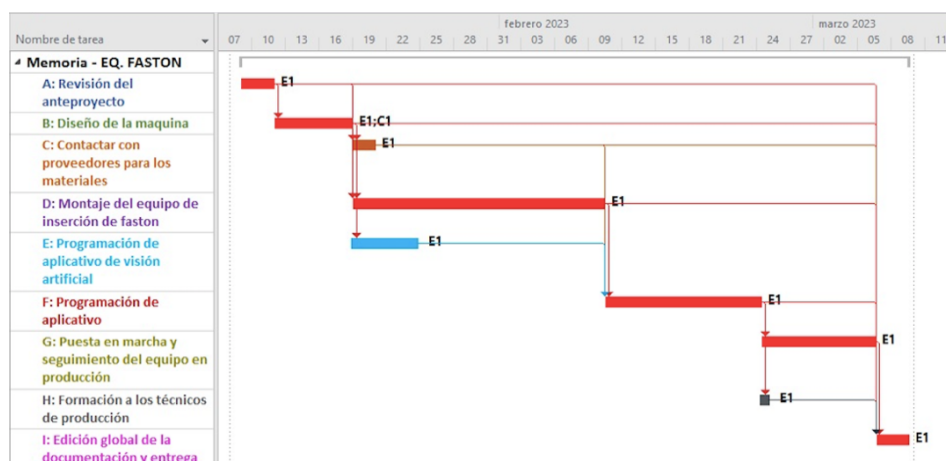


Figura 9.2. Camino crítico. (Fuente: MS project 2016)

En la Tabla 9.3 se incluyen los costes directos del proyecto.

Actividad	Coste [€]
A	1.368
B	3.880
C	912
D	7.410
E	1.710
F	4.560
G	2.850
H	342
I	1.368
TOTAL	24.400,00

Tabla 9.3. Costes directos del proyecto. (Fuente: propia)

9.2 Desviación

En este apartado se ha analizado el número de desviaciones ocurridas durante el desarrollo del proyecto. Aunque solo se ha requerido un recurso adicional y las actividades han tenido poca holgura, la experiencia en el desarrollo de equipos y el conocimiento de los componentes que se han utilizado en la máquina, que son comunes en otras aplicaciones, han reducido el porcentaje de errores en muchas de las actividades.

Sin embargo, ha habido algunas pequeñas desviaciones que, aunque no han afectado al curso del proyecto ni a las entregas correspondientes de cada actividad, deben mencionarse.

Una vez realizado el diseño de la máquina, ha sido necesario hacer modificaciones puntuales para facilitar el desarrollo de la aplicación de visión artificial. La plantilla de la estación de verificación diseñada con impresión 3D ha tenido que ser impresa varias veces, ya que la PCB necesita un ángulo de inclinación (de aproximadamente 30°) para permitir la verificación de los fastons a través de la cámara y diferenciarlos. Esto es debido a que las placas electrónicas contienen componentes through-hole que vienen de fases anteriores a la inserción de fastons, como condensadores electrolíticos, que dificultan la parte del test de verificación. Esta incidencia se ha resuelto en un breve período de tiempo, ya que las piezas se han podido imprimir en pocas horas utilizando la impresora 3D del departamento de la empresa.

Otra pequeña incidencia que pudo ocasionar una desviación fue el plazo de entrega de las cámaras de visión y las ópticas. El proveedor ha tenido problemas de aprovisionamiento y ha informado a pocos días antes del plazo de entrega que se retrasaría una semana. No obstante, se ha aprovechado dos conjuntos de los mismos modelos que había disponibles en ese momento en la empresa, para continuar desarrollando la aplicación de visión artificial. Así que cuando se ha recibido todo el material se ha seguido trabajando en el desarrollo, pero ahora ya con el material propio de la máquina.

Otra desviación se ha producido durante el montaje del equipo cuando, por motivos mencionados en el capítulo de perspectiva de género, ha sido necesario reducir la altura de la mesa y reemplazar las ruedas. Aunque ha sido una incidencia de importancia baja, se ha tenido que realizar una nueva solicitud al proveedor para obtener un par de ruedas nuevas, lo cual ha ocasionado una espera de más de un día. Aunque esto tiene cierto interés para ser mencionado en este apartado, no ha producido ningún retraso ni solapamiento de actividades.

Por último, una desviación mínima que se ha resuelto en el mismo día. Por razones de seguridad contra atrapamientos, se ha colocado una tapa de protección en el pistón de bloqueo mecánico de la prensa. Se ha informado al diseñador de CAD (C1) para que realice el diseño de la pieza y la imprima en paralelo a la actividad de montaje de la máquina, por ello al implementar la pieza no ocasionó ninguna desviación de tiempo en ninguna de las tareas.

10. Conclusiones

Después de haber completado las fases que se muestran en los distintos apartados del proyecto, se puede concluir que se ha llevado correctamente todo el proceso de desarrollo de la máquina. El enfoque principal del trabajo era desarrollar un sistema mecánico y electrónico que pudiera insertar fastons de diferentes tamaños y garantizar su correcta colocación en multi paneles de placas electrónicas, y se ha logrado con éxito. Además, se ha investigado y diseñado un sistema de verificación mediante métodos de visión artificial para garantizar que se hayan insertado correctamente. También los resultados en la inspección y detección son satisfactorios.

La máquina cumple con los objetivos exigidos al principio de este proyecto. La alternativa ha demostrado ser económica respecto a lo que nos ofrece el mercado, robusta mostrando la eficiencia a lo largo del año y funcional creando un reclamo para futuras ofertas relacionadas con aplicaciones similares. En conjunto, demuestra ser una solución innovadora que en forma de conocimiento ha beneficiado y desarrollado mi perfil profesional.

No obstante, cabe destacar que durante el transcurso del análisis de las producciones que se han ido realizando, sobre la máquina han surgido posibles líneas futuras de mejora. Se ha visto que el movimiento de la máquina de un puesto a otro afecta a los programas de visión que deben ser calibrados antes de ponerlos de nuevo en marcha. Pese a que no es crítico el tiempo que se debe invertir en el ajuste, se ha analizado la posible causa y solución de este hecho. Esto es debido a que las cámaras están fijadas a la estructura de la máquina, lo que provoca que al movimiento tengan pequeñas desviaciones que afectan después al programa de visión. La posible solución sería reforzar la perfilería de la máquina con doble perfil y aislar las cámaras de la estructura fijándolas directamente al sobre de la mesa. Así se evitaría que en el desplazamiento del equipo por la planta cualquier vibración afectara directamente a la posición de visión de las cámaras.

11. Referencias

- [1] Campana N. What does a Test Engineer do? [Internet]. Freelancer Blog. freelancemap.com; 2022 [citado el 27 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.freelancemap.com/blog/what-does-test-engineer-do/>
- [2] Lecklider T. Getting on-board ATE test fixtures: loaded board testing pays for itself by reducing field returns and bone-pile scrap. EE, evaluation engineering [Internet]. marzo de 2004 [citado el 27 de enero de 2023]. Disponible en: <https://go.gale.com/>
- [3] Edu.ec. [citado el 30 de enero de 2023]. Disponible en: https://upec.edu.ec/subsitios/citt/images/Proyectos%20Investigaci3n/2015/3_vision_artif/10_a_rt_ci.pdf
- [4] Nature.com. [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41566-018-0300-7>
- [5] Blinn JF. What is a pixel? IEEE Comput Graph Appl [Internet]. 2005;25(5):82–7. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1510545>
- [6] Artigao MM, Rubio E, Díez S, Caselles V. Técnicas de correlación cruzada en el registrado de imágenes de diferente resolución espacial [Internet]. Org.es. [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <http://aet.org.es/congresos/xi/ten124.pdf>
- [7] Nagasaki Y, Suzuki M, Takahara J. All-dielectric dual-color pixel with subwavelength resolution. Nano Lett [Internet]. 2017;17(12):7500–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.nanolett.7b03421>
- [8] Por A. Resolución temporal. HFR [Internet]. Vectorscopio. 2017 [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://vectorscopio.wordpress.com/2017/08/28/resolucion-temporal-hfr/>
- [9] IT Digital Media Group. Resolución de la impresión, por qué es tan importante | Noticias y Actualidad | Impresión Digital. 2018 [citado el 14 de junio de 2023]; Disponible en: <https://impresiondigital.ituser.es/noticias-y-actualidad/2018/10/resolucion-de-la-impresion-por-que-es-tan-importante>
- [10] Sergio Theodoridis Konstantinos (2009). Pattern Recognition, Reino Unido: Elsevier.
- [11] Lior Shamir et. al «NCBI», [Pattern Recognition Software and Techniques for Biological Image Analysis](#), 04 enero 2018. [citado el 27 de enero de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/32Pbz5f>.

- [12] Sayantini Deb «Medium», Pattern Recognition: How is it different from Machine Learning, 26 agosto 2019. [citado el 27 de enero de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3hzcniD>.
- [13] Robert Duin et al «Researchgate», Pattern recognition and classification, 01 febrero 2012. [citado el 27 de enero de 2023]. Disponible en: <https://bit.ly/3hyHvPl>.
- [14] Caselles V, Frangi A. LA SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES. EL MÉTODO DE LOS CONTORNOS ACTIVOS GEOMÉTRICOS [Internet]. Cistib.org. [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <http://www.cistib.org/gestpub/attachments/LA%20SEGMENTACION%20DE%20IMAGENES.pdf-b8940733b3d4bef07e63534280643ac1.pdf>
- [15] Cattaneo CA, Larcher LI, Ruggeri AI, Herrera AC, BIASONI EM. Métodos de Umbralización de Imágenes Digitales Basados en Entropía de Shannon y Otros. Mecánica Computacional [Internet]. 2011 [citado el 14 de junio de 2023];30(36):2785–805. Disponible en: <http://venus.ceride.gov.ar/ojs/index.php/mc/article/view/3951>
- [16] Othman Z, Haron H, Rafiq M, Kadir A. Comparison of canny and Sobel edge detection in MRI images [Internet]. Utm.my. [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://comp.utm.my/wp-content/uploads/2013/04/Comparison-of-Canny-and-Sobel-Edge-Detection-in-MRI-Images.pdf>
- [17] Revista INGENIERÍA UC [Internet]. Redalyc.org. [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/707/70712315009.pdf>
- [18] El flujo óptico permite la percepción a pesar de la imagen borrosa [Internet]. Asociación Mácula Retina. 2014 [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.macula-retina.es/el-flujo-optico-permite-la-percepcion-a-pesar-de-la-imagen-borrosa/>
- [19] Lin C-E. Introduction to motion estimation with Optical Flow [Internet]. Nanonets AI & Machine Learning Blog. 2019 [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://nanonets.com/blog/optical-flow/>
- [20] Ipn.mx. [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21131>
- [21] Cifuentes A, Mendoza E, Lizcano M, Santrich A, Moreno-Trillos S, Profundo A. Development of a convolutional neural network to recognize patterns in images [Internet]. Edu.co. [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/article/download/4007/4359>

- [22] What is pooling in a convolutional neural network (CNN): Pooling layers explained [Internet]. Programmatically - A Blog on Building Machine Learning Solutions. Programmatically; 2021 [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://programmatically.com/what-is-pooling-in-a-convolutional-neural-network-cnn-pooling-layers-explained/>
- [23] ¿Cómo funcionan las Convolutional Neural Networks? Visión por Ordenador [Internet]. Aprende Machine Learning. 2018 [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.aprendemachinelearning.com/como-funcionan-las-convolutional-neural-networks-vision-por-ordenador/>
- [24] Deep learning series, P2: Understanding convolutional Neural Networks [Internet]. Towards Machine Learning. 2018 [citado el 14 de junio de 2023]. Disponible en: <https://towardsml.com/2018/10/16/deep-learning-series-p2-understanding-convolutional-neural-networks/>
- [25] The historical underpinnings in the development of electronic circuit board assembly [Internet]. Permatechelectronics.com. [citado el 28 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.permatechelectronics.com/the-historical-underpinnings-in-the-development-of-electronic-circuit-board-assembly/blog.html>
- [26] Isaac. Faston: todo lo que necesitas saber sobre estos elementos [Internet]. Hardware libre. 2020 [citado el 28 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.hwlibre.com/faston/>
- [27] De carrera MF al F, Necesitamos JD. Prensas de Rodillera SCHMIDT ® [Internet]. Schmidttechnology.com. [citado el 30 de enero de 2023]. Disponible en: https://www.schmidttechnology.com/es/maschinen/download/seiten/s10-13_prensas-de-rodillera_es.pdf
- [28] www.te.com. [citado el 27 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.te.com/usa-en/product-CAT-P100.html>