



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL VACIADO DE CUERPOS SÓLIDOS CON ROBOT INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**CALERO DURANGO ROMEL FRANKLIN
CUJILEMA CORO PATRICIA LORENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-06-13

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

**CALERO DURANGO ROMEL FRANKLIN
CUJILEMA CORO PATRICIA LORENA**

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL CONTROL DE
CALIDAD DEL VACIADO DE CUERPOS SÓLIDOS CON ROBOT
INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA
FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán Gallegos
DIRECTOR

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CALERO DURANGO ROMEL FRANKLIN

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL VACIADO DE CUERPOS SÓLIDOS CON ROBOT INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2017-01-12

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|----------------|-----------------------|--------------|
| Dr. Marco Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Marco Santillán Gallegos DIRECTOR | | | |
| Ing. Pablo Montalvo Jaramillo ASESOR | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CUJILEMA CORO PATRICIA LORENA

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL VACIADO DE CUERPOS SÓLIDOS CON ROBOT INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2017-01-12

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|----------------|-----------------------|--------------|
| Dr. Marco Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Marco Santillán Gallegos DIRECTOR | | | |
| Ing. Pablo Montalvo Jaramillo ASESOR | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Calero Durango Romel Franklin

Cujilema Coro Patricia Lorena

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Romel Franklin Calero Durango y Patricia Lorena Cujilema Coro, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Calero Durango Romel Franklin
Cédula de Identidad: 210058174-9

Cujilema Coro Patricia Lorena
Cédula de Identidad: 060430724-9

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con mucho amor a mi hijo Jhostin Calero, tú que has sido mi inspiración para seguir siempre de pie frente a las dificultades, tú que eres el motor de mi vida, este y todos mis logros te los dedico. Te amo hijo.

Dedico también a toda mi familia por quererme, apoyarme y estar siempre pendientes del avance de mi carrera universitaria, esto también se los debo a ustedes.

Romel Franklin Calero D.

Con todo mi amor y cariño a mi padre Rosendo Cujilema y a mi madre Romelia Coro; por ser la razón de mi vida y mi orgullo, mi fortaleza y mi alegría. Ustedes han sido el pilar fundamental en mi formación como profesional; con sus grandes valores y principios han hecho de mí una gran persona.

Su hija

Patricia Lorena Cujilema C.

AGRADECIMIENTO

Son los responsables de haber inculcado valores en mi persona parte importante en mi desarrollo, a mis padres Miguel Calero y Elsia Durango así como a mis hermanos Edison Calero y Carmen Calero, por siempre estar pendiente de mi bienestar destinando mucho tiempo para enseñarme nuevas cosas de la vida, por apoyarme a lo largo de la carrera de ingeniería y posteriormente en la tesis, les agradezco infinitamente. Los amo familia.

A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en la formación profesional y personal siempre en busca de la superación, muchas gracias.

Muchas gracias a todos los maestros que aportaron a lo largo de mi carrera universitaria no solo con el desenvolvimiento de las materias sino también con consejos que fueron de mucha ayuda.

Romel Franklin Calero D.

A ti Dios Todopoderoso por permitirme culminar mi carrera universitaria con éxito y a mis padres, por haber hecho de mí una profesional.

A todos los catedráticos de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento que supieron nutrirme con sus conocimientos; al Ing. Marco Santillán y al Ing. Pablo Montalvo, director y asesor respectivamente, quienes con dedicación y paciencia han guiado el desarrollo de este trabajo de titulación. Y de manera especial al Ing. Ángel Silva por su paciencia y ayuda desinteresada.

A mis amigos/as y a todas las personas que de una u otra manera confiaron en mí y me apoyaron. De manera especial agradezco a Marcelo Fernández por el apoyo incondicional hacia mi persona. ¡Mil gracias!

Patricia Lorena Cujilema C.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. INTRODUCCIÓN | |
| 1.1 Antecedentes..... | 1 |
| 1.2 Justificación..... | 1 |
| 1.3 Objetivos..... | 2 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 2 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| 2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | |
| 2.1 Metrología y control de calidad..... | 4 |
| 2.1.1 Metrología..... | 4 |
| 2.1.2 Calidad..... | 4 |
| 2.1.3 Control de calidad..... | 5 |
| 2.2 Robótica..... | 6 |
| 2.2.1 Introducción..... | 6 |
| 2.2.2 Robot industrial..... | 7 |
| 2.2.3 Componentes principales del robot industrial..... | 7 |
| 2.2.4 Configuración morfológica del robo industrial..... | 9 |
| 2.2.5 Aplicaciones..... | 10 |
| 2.2.6 La robótica y el control de calidad..... | 10 |
| 2.2.7 Robot industrial RS 03N..... | 12 |
| 2.3 Sistemas de control a de lazo abierto y cerrado..... | 15 |
| 2.3.1 Sistema de control de lazo abierto..... | 15 |
| 2.4 Controlador lógico programable (PLC)..... | 16 |
| 2.4.1 Estructura del PLC..... | 17 |
| 2.4.1.1 Procesador..... | 17 |
| 2.4.2 Funcionamiento de PLC..... | 20 |
| 2.4.3 Ventajas del PLC..... | 21 |
| 2.5 Programación de robots..... | 21 |
| 2.5.1 Tipos de programación en robótica..... | 21 |
| 2.5.1.1 Programación gestual..... | 22 |
| 2.6 Presentación PLC SIMATIC S7-1500..... | 22 |
| 2.6.1 Configuración de PLC S7 1500..... | 23 |
| 2.7 <i>Software TIA Portal</i> | 23 |
| 2.7.1 Ventajas de la V13..... | 24 |
| 2.7.2 Lenguajes de programación..... | 24 |
| 2.7.3 Herramientas de TIA Portal..... | 25 |
| 2.7.3.1 Temporizadores del TIA Portal..... | 25 |
| 2.8 Componentes electro neumáticos..... | 27 |
| 2.8.1 Introducción..... | 27 |
| 3. DISEÑO Y MONTAJE DE ELEMENTOS | |
| 3.1 Diseño de la estación para el control de calidad..... | 29 |
| 3.1.1 Estructura para la estación..... | 29 |
| 3.1.3 Banda transportadora..... | 30 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.1.4 | Cadena. | 31 |
| 3.1.5 | Eje de motor-reductor | 31 |
| 3.1.6 | Elementos del proceso. | 32 |
| 3.1.6.1 | Pieza de aluminio aceptable..... | 32 |
| 3.1.7 | Placa portadora de piezas..... | 33 |
| 3.1.9 | Tarjetas electrónicas. | 33 |
| 3.2 | Selección de equipos, dispositivos, materiales y otros elementos. | 34 |
| 3.2.1 | Selección de equipos..... | 34 |
| 3.2.3 | Selección de materiales..... | 46 |
| 3.2.4 | Selección de tablero. | 47 |
| 3.2.5 | Selección de elementos neumáticos y electro neumáticos..... | 47 |
| 3.3 | Montaje de la estación | 51 |
| 3.3.1 | Montaje de la estructura..... | 51 |
| 3.3.2 | Montaje de robot industrial..... | 51 |
| 3.3.3 | Montaje de banda transportadora..... | 52 |
| 3.3.4 | Montaje de motor-reductor. | 52 |
| 3.3.5 | Montaje de cilindros compactos. | 53 |
| 3.3.6 | Montaje de cilindros doble efecto..... | 53 |
| 3.3.7 | Montaje de sensor inductivo. | 54 |
| 3.3.8 | Canaletas y riel DIN. | 54 |
| 3.3.9 | Montaje de los elementos del tablero de control. | 55 |
| 3.3.10 | Montaje de palpador en robot industrial. | 57 |
| 3.3.11 | Montaje de cableado del tablero. | 58 |
| 3.3.12 | Montaje final de la estación. | 59 |

4. PROGRAMACIÓN PLC 1500 Y 1200, ROBOT INDUSTRIAL Y PANTALLA TÁCTIL.

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Descripción del proceso de control de calidad | 61 |
| 4.2 | Comunicación vía ETHERNET..... | 62 |
| 4.2.1 | Comunicación en red. | 62 |
| 4.3 | Pasos preliminares para la programación | 63 |
| 4.3.1 | Pasos preliminares. | 63 |
| 4.4 | Programación. | 66 |
| 4.4.1 | Programación PLCs. | 66 |
| 4.4.2 | Programación de interfaz HMI. | 71 |
| 4.4.3 | Programación Robot. | 75 |

5. ELABORACIÓN DE MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y GUÍAS DE LABORATORIO

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1 | Manual de operación de la estación. | 77 |
| 5.2 | Manual de mantenimiento | 78 |
| 5.2.1 | Fichas técnicas. | 78 |
| 5.2.2 | Codificación de equipos..... | 79 |
| 5.2.3 | Banco de tareas. | 79 |
| 5.2.4 | Programa de mantenimiento. | 80 |
| 5.3 | Seguridad de los equipos de la estación..... | 80 |
| 5.4 | Elaboración de guías de prácticas de laboratorio..... | 80 |

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones..... 81
6.2 Recomendaciones 81

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTAS DE TABLAS

| | | Pág. |
|----|--|-------------|
| 1 | Control de inspección vs calidad | 6 |
| 2 | Selección de dispositivos | 35 |
| 3 | Datos de Fuente de alimentación | 35 |
| 4 | Datos CPU | 36 |
| 5 | Características técnicas de PLC 1200 | 37 |
| 6 | Características técnicas de Signal Board | 38 |
| 7 | Características técnicas de variador | 39 |
| 8 | Selección de dispositivos | 44 |
| 9 | Características técnicas Breaker | 44 |
| 10 | Características técnicas | 45 |
| 11 | Datos técnicos de compresor | 50 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|----|---|
| 1 | Similitud del brazo humano vs brazo robótico 7 |
| 2 | Elementos que forman parte del robot..... 8 |
| 3 | Configuraciones más frecuentes de robots 9 |
| 4 | Reloj comparador..... 11 |
| 5 | Reloj palpador..... 12 |
| 6 | Robot industrial Kawasaki..... 13 |
| 7 | Teach Pendant Kawasaki 14 |
| 8 | Diagrama de bloqueo de un sistema de control de lazo abierto..... 15 |
| 9 | Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado 16 |
| 10 | Estructura PLC..... 17 |
| 11 | Señales digitales ON-OFF 18 |
| 12 | Señales analógicas 19 |
| 13 | Proceso de la CPU 20 |
| 14 | Programación robótica..... 21 |
| 15 | Estructura PLC S7 1500 23 |
| 16 | Lenguaje de programación KOP..... 24 |
| 17 | Lenguaje de programación FUP 24 |
| 18 | Lenguaje de programación AWL 25 |
| 19 | Temporizadores 25 |
| 20 | TP..... 25 |
| 21 | TON 26 |
| 22 | TOF..... 26 |
| 23 | Normalizado..... 26 |
| 24 | Escalado..... 27 |
| 25 | Componentes de un sistema electro-neumático..... 28 |
| 26 | Estructura de la estación 29 |
| 27 | Perfil de aluminio..... 30 |
| 28 | Banda transportadora 30 |
| 29 | Banda transportadora con rueda 31 |
| 30 | Cadena 31 |
| 31 | Eje con rueda conductora..... 32 |
| 32 | Pieza aceptable..... 32 |
| 33 | Pieza defectuosa..... 32 |
| 34 | Placa portadora de piezas..... 33 |
| 35 | Rampas..... 33 |
| 36 | Syslink 34 |
| 37 | Syslink para la estación..... 34 |
| 38 | PLC S7-1500..... 36 |
| 39 | PLC 1200 37 |
| 40 | Pantalla HMI..... 38 |
| 41 | CSM 1277 38 |
| 42 | Variador de frecuencia..... 39 |
| 43 | Base robot 39 |
| 44 | Elemento 1 40 |
| 45 | Elemento 2 40 |
| 46 | Elemento 3 40 |

| | | |
|----|--|----|
| 47 | Elemento 4 | 41 |
| 48 | Elemento 5 | 41 |
| 49 | Base para pinza | 41 |
| 50 | Pinza neumática | 42 |
| 51 | Robot industrial..... | 42 |
| 52 | Motor-reductor | 43 |
| 53 | Palpador | 43 |
| 54 | Breaker..... | 44 |
| 55 | Guardamotor | 45 |
| 56 | Paro de emergencia..... | 45 |
| 57 | Riel DIN..... | 46 |
| 58 | Cables de interfaz..... | 47 |
| 59 | Tablero | 47 |
| 60 | Electroválvula | 48 |
| 61 | Selección de electroválvulas | 48 |
| 62 | Cilindro doble efecto | 48 |
| 63 | Selección de cilindros doble efecto | 49 |
| 64 | Cilindro compacto..... | 49 |
| 65 | Selección de cilindros compactos | 49 |
| 66 | Compresor de robot | 50 |
| 67 | Montaje de estructura..... | 51 |
| 68 | Montaje de robot industrial..... | 51 |
| 69 | Montaje de banda transportadora..... | 52 |
| 70 | Montaje de motor-reductor | 52 |
| 71 | Montaje de cilindros compactos | 53 |
| 72 | Montaje de cilindros doble efecto..... | 53 |
| 73 | Montaje de sensor inductivo | 54 |
| 74 | Montaje de canaletas y riel DIN | 54 |
| 75 | Montaje de PLC 1500 | 55 |
| 76 | Montaje de PLC 1200 | 56 |
| 77 | Montaje HMI | 56 |
| 78 | Montaje de dispositivos de seguridad | 57 |
| 79 | Montaje de Syslink | 57 |
| 80 | Montaje de palpador | 58 |
| 81 | Montaje de tablero | 59 |
| 82 | Montaje final de caja de control | 59 |
| 83 | Montaje final de la estación | 60 |
| 84 | Comunicación de red | 63 |
| 85 | TIA PORTAL | 63 |
| 86 | Crear proyecto..... | 64 |
| 87 | Configuración de dispositivo | 64 |
| 88 | Agregar dispositivo | 65 |
| 89 | Determinación de dispositivos | 65 |
| 90 | Agregar HMI..... | 66 |
| 91 | Variables del PLC | 67 |
| 92 | Segmento 1 | 68 |
| 93 | Segmento 2 | 69 |
| 94 | Segmento 3 | 69 |
| 95 | Segmento 4 | 70 |
| 96 | Imagen raíz | 71 |

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| 97 | Selección de modo | 72 |
| 98 | Modo manual | 72 |
| 99 | Proceso manual | 73 |
| 100 | Posiciones manuales | 74 |
| 101 | Modo automático | 74 |
| 102 | Controlador modo manual | 75 |
| 103 | Programa | 76 |
| 104 | Codificación de estación | 79 |

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC Controlador Lógico Programable

IP Protocolo de Internet

HMI Interfaz Hombre Máquina

SB Signal Board

TIA Totally Integrated Automation

LISTA DE ANEXOS

- A** Especificaciones de robot Kawasaki
- B** Especificaciones de controlador
- C** Lenguajes de programación
- D** Gráfica V vs mm
- E** Diagrama unifilar
- F** Asignación de variables
- G** Segmentos de programación
- H** Variables de HMI
- I** Manual de operación y mantenimiento
- J** Guías prácticas de laboratorio

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se enfoca en la implementación de la estación para el control de calidad del vaciado de cuerpos sólidos con robot industrial en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica. El diseño y dimensionamiento de dicha estación se lo realizó con la ayuda del software Solidworks, mismo que permitió seleccionar los elementos necesarios y tener una modelación virtual de la misma. El proceso de control de calidad se centra en la medición del vaciado de probetas de aluminio; consta de cinco etapas; se inicia con el accionamiento de una banda transportadora, un sensor detecta la presencia de la placa portadora de piezas; un sistema neumático detiene el avance de las piezas y expulsa a las mismas. El movimiento de la banda es impulsado por un motor-reductor trifásico y su velocidad es controlada por el variador de frecuencia SINAMICS G110. El robot mide el vaciado de cada pieza a través de un palpador digital-analógico, si está dentro del rango previamente fijado son enviadas por una trayectoria y las que no cumplen por otra y así continúa el proceso. Para el cumplimiento de este proceso se utilizó el software TIA PORTAL V13, un PLC SIMATIC S7 1500 y un PLC SIMATIC S7 1200 una pantalla táctil KTP 600, permite la comunicación o interfaz hombre máquina. La comunicación de todos estos dispositivos se la realiza vía Ethernet. Al robot Kawasaki RS 03N se le colocó el palpador para el control de calidad, dicho brazo robótico consta de seis grados de libertad y es usado para cargas medianas. Se elaboraron las guías de prácticas de laboratorio y el manual de operación y mantenimiento de la misma.

PALABRAS CLAVE: <CONTROL DE CALIDAD>, <VACIADO DE CUERPOS>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA>, <ROBOT INDUSTRIAL>, <SIMATIC S7-1200>, < <VARIADOR>, < SIMATIC S7-1500>, <AUTOMATIZACIÓN TOTAL INTEGRADA>

ABSTRACT

The present thesis work focuses on the implementation of the station for quality control of the emptying of solid bodies with industrial robot in the Automation Laboratory in Faculty of Mechanics. The desing and sizing of this station was done with the help of Solidworks software, which enabled the selection of the necessary elements and a virtual modeling of the same. The quality control process focuses on the measurement of the casting of aluminum specimens; consists of five stages; starts with the operation of a conveyor belt, a sensor detects the presence of the part bearing plate, a pneumatic system stops the progress of the parts and expels them. The movement of the belt is ejected by a three-phase reduction motor and its speed is controlled by the SINAMICS G 110 frequency inverter. The robot measures the emptying of each part through a digital-analog probe if it is within the previously set range are sent by a trajectory and those that do not comply by another and so the process continues. The TIA PORTAL V13 software, a SIMATIC S7-1500 PLC and a SIMATIC S7-1200 PLC a KTP 600 touchpad, with allows the communication or human-machine interface, were used to comply with this process. The communication of all these devices is done via Ethernet. The Kawasaki RS 03N robot was fitted with the probe for quality control, the robotic arm consists of six degrees of freedom and is used for medium loads. The laboratory practice guides and the operation and maintenance manual of the laboratory were developed.

KEYWORDS: <QUALITY CONTROL>, <EMPTYING BODIES> , <HUMAN MACHINE INTERFACE>,< INDUSTRIAL ROBOT> , <SIMATIC S7-1200>, <VARIABLE>, <SIMATIC S7-1500>, <TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El desarrollo tecnológico avanza cada día en el campo de la automatización industrial. Las industrias en su afán de conseguir nuevas ventajas competitivas como una mayor productividad, eficiencia, calidad en sus productos, optimizar el consumo de energía y mejorar la posición en el mercado optan por la adquisición de nuevas tecnologías, que para algunos profesionales es de total desconocimiento quedándose fuera del perfil que requieren las industrias que se manejan con este tipo de tecnología.

Sabiendo que la intervención de la mano del hombre es cada vez menos requerida en el sector industrial al momento de realizar controles de calidad de productos ya fabricados, piezas mecanizadas, piezas de recambios, se ve disminuido, abriendo paso a los sistemas automatizados controlados por robots industriales, que por tener un menor margen de error y manejarse en un proceso productivo continuo de tiempos muy largos los hacen más eficientes al momento de cumplir estándares de calidad previamente establecidos, de ahí la necesidad que los estudiantes adquieran conocimientos y experiencias en este tipo de sistemas robotizados.

Por lo mencionado anteriormente el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH debe irse implementando con nuevas tecnologías, es por eso que se ve la necesidad de implementar una estación para el control de calidad del vaciado de cuerpos sólidos con robot industrial.

1.2 Justificación

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento conjuntamente con la ESPOCH ha ido formando excelentes profesionales en el campo del Mantenimiento Industrial, los mismos que han estado relacionados con el campo de la automatización industrial y hoy en día con la Robótica, es por eso que surge la necesidad de adquirir nuevos conocimientos en estas áreas.

El Laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica debe brindar las facilidades para que los estudiantes mejoren su rendimiento, aseguren su calidad intelectual y de esta forma contribuyan al cambio de la matriz productiva orientando estos conocimientos hacia la innovación con el fin de mejorar la productividad de los sectores productivos del país.

La automatización industrial cada día va teniendo innovaciones tecnológicas y las industrias van implementando las nuevas tecnologías con el fin de mejorar sus líneas de producción. Y hoy en la actualidad la mayoría de procesos de control de calidad son automatizados sin necesidad que esté presente la mano de obra brindando así confiabilidad, eficacia y seguridad en dichos procesos. Para esto, se requiere de personal capacitado en este campo, la demanda de estas competencias requiere contar con estaciones avanzadas para que los estudiantes puedan adquirir conocimientos y experiencia para su vida profesional.

Con la implementación de la estación para el control de calidad del vaciado de cuerpos sólidos con robot industrial, en el Laboratorio de Automatización se contribuye al desarrollo académico de los estudiantes.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar una estación para el control de calidad del vaciado de cuerpos sólidos con robot industrial en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica.

1.3.2 *Objetivos específicos.*

Diseñar y construir la estación del vaciado de cuerpos sólidos mediante el montaje de elementos eléctricos, electrónicos, neumáticos y mecánicos para la fabricación de un módulo automatizado y satisfacer las necesidades del control de calidad.

Programar el robot industrial por medio del control manual del Teach Pendant para el movimiento, direccionamiento de ejes y grabado de posiciones que requiere el brazo robótico en el proceso del control de calidad del vaciado de cuerpos sólidos.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento para el correcto funcionamiento y el eficiente mantenimiento de la estación mediante la descripción de las tareas y actividades operativas.

Elaborar una guía de prácticas para que los estudiantes puedan realizar de una forma correcta los ejemplos de aplicación planteados en el presente proyecto y para un mejor conocimiento de los dispositivos a utilizar en el laboratorio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Metrología y control de calidad

La metrología y el control de calidad juegan un papel muy importante en la actualidad, tanto para empresarios como para consumidores, ya que ofrecen una garantía al cliente, en todo proceso industrial se debe llevar a cabo un adecuado y eficaz control de calidad, para de esta manera brindar productos de calidad, una mejor productividad y disminuir el margen de error.

La competitividad de las empresas en la actualidad depende de la confiabilidad de sus productos y de la productividad de sus procesos. Ambos aspectos están seriamente relacionados con las mediciones, ya que una medición adecuada garantiza el cumplimiento de las especificaciones, evitando así pérdidas económicas por rechazos de productos o procesos. Por tal motivo las empresas deben contar con instrumentos de medición confiables que garanticen óptimos resultados en el proceso de fabricación de un producto. (HUME)

2.1.1 *Metrología.* La metrología es conocida como la: “Ciencia de la medición”. La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones; cualquiera que sea su incertidumbre y en cualquier campo de la ciencia y tecnología que ocurra. (IMPORTANCIA DE LA METROLOGÍA AL INTERIOR DE LAS EMPRESAS PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD, 2008)

2.1.1.1 *Metrología Industrial.* La metrología industrial es una disciplina centrada en las medidas aplicadas al control de calidad y universalidad de la producción, utilizando calibración y gestión de los equipos e instrumentos de medida, con verificación nacional o internacional, según los parámetros de trazabilidad. (Metrología Industrial, 2000)

2.1.2 *Calidad.* Según la norma ISO define a la calidad como “El conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confiere su aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas”.

2.1.3 *Control de calidad.* El Dr. Karou Ishikawa define lo siguiente: “Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor”.

2.1.3.1 *Pasos para el control de calidad.* Los pasos más importantes para el control de calidad son los siguientes:

- Establecimiento de estándares. Para los costos de la calidad, para el funcionamiento y para la confiabilidad en el producto.
- Estimación de conformidad. Comparación de la concordancia entre el producto manufacturado y los estándares.
- Ejercer acción cuando sea necesario. Aplicar la corrección necesaria cuando se rebosan los estándares.
- Hacer planes para mejoramiento. Desarrollar un esfuerzo continuo para mejorar los estándares de los costos, del comportamiento y de la confiabilidad del producto. (VEGA, 2008)

2.1.3.2 *El control de calidad en los procesos industriales.* La clave de la calidad de un producto es mantenerla durante todo el proceso, es esencial contar con los materiales apropiados para el buen funcionamiento de todo proceso industrial. El control de calidad se establece para comprobar que los productos ya fabricados no tengan defectos ni sean rechazados.

Las operaciones de calidad realizadas durante la mecanización de la pieza son más prácticas que las operaciones realizadas después de terminada, pero son más caras puesto que alargan el tiempo de fabricación, pero pueden ser correctivas, se puede introducir ajustes durante el mecanizado y la pieza una vez terminada es válida.

Las operaciones de calidad después del mecanizado de la pieza son más baratas, pudiéndose verificar por lotes, aunque tienen el inconveniente de que en ocasiones los errores localizados son difíciles de corregir. (MILLÁN GOMÉZ, 2012)

La tabla mostrada a continuación nos muestra las diferencias que existen al realizar un control de inspección y un control de calidad en piezas.

Tabla 1. Control de inspección vs calidad

| Control de inspección | Control de calidad |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Operación que consiste en verificar las piezas mecanizadas con el fin de detectar errores. Se realiza a posteriori. 2. El coste del producto no mejora la calidad de la pieza. 3. No corrige el número de piezas rechazadas o no validas puesto que las piezas ya están mecanizadas. 4. En ocasiones eleva el coste de producción por piezas rechazadas o defectuosas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Operación que se realiza durante la fabricación de la pieza, por lo que se permite hacer correcciones durante el proceso. 2. Generalmente eleva el coste del producto pero garantiza la calidad del mismo. 3. Disminuye el número de rechazos ya que son corregidos sobre la fabricación 4. Mejora el coste de producción ya que no tiene piezas rechazadas o defectuosas. |

Fuente: Metrología y ensayos

2.1.3.3 Beneficios del control de calidad. Los beneficios mencionados a continuación son determinantes para que muchas empresas decidan aplicar el control de calidad en sus procesos de producción, el cual ahora es considerado como requisito indispensable de toda organización.

- Satisfacción del consumidor
- Reducción de productos defectuosos.
- Eficiencia en el proceso de producción.
- Ahorro de tiempo.
- Mayor rentabilidad.

2.2 Robótica

2.2.1 Introducción. Durante siglos el ser humano ha ido construyendo máquinas capaces de imitar partes del cuerpo humano. Los griegos tenían una palabra específica para denominar a estas máquinas: automatos. De esta palabra se deriva la actual autómatas: máquina que imita movimientos de un ser animado. (BARRIENTOS, 2007)

La palabra robot se utilizó por primera vez en el año 1921 en la obra titulada “Rossum’s Universal Robot (R.U.R)”, escrita por el checo Karel Capek. De aquí se toma la palabra checa “robota” que significa servidumbre o trabajo forzado y que cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot.

Luego, Isaac Asimov fue el máximo impulsor del término robot. En octubre de 1945 publico en su revista Galaxy Scienc Fiction en la que por primera vez enuncio sus tres leyes de la robótica:

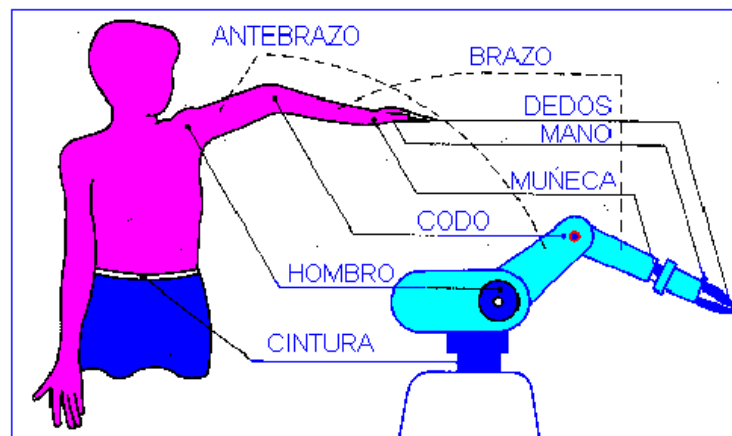
1. Un robot no puede perjudicar a un ser humano, ni con su inacción permitir que un ser humano sufra daño.
2. Un robot ha de obedecer las órdenes recibidas de un ser humano, excepto si tales órdenes entran en conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia mientras tal protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley.

2.2.2 *Robot industrial.* La norma ISO lo define como: "Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas". (BARRIENTOS, 2007)

2.2.3 *Componentes principales del robot industrial.* Un robot está constituido por los siguientes elementos principales: estructura mecánica, transmisiones, sistema de accionamiento, sistema sensorial, sistema de control, elementos terminales.

La mayoría de robots industriales tienen ciertas características antropomórficas que guardan cierta similitud con la anatomía del brazo humano como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Similitud del brazo humano vs brazo robótico



Fuente: <http://hellaryjim.blogspot.com/2013/01/la-robotica.html>

Los elementos que forman parte del robot son:

- Manipulador
- Controlador
- Dispositivos de entrada y salida.

2.2.3.1 Manipulador. Es la base mecánica del robot. Está formado por una serie de elementos o eslabones conectados en si mediante articulaciones, que permiten el movimiento relativo de cada dos eslabones consecutivos. (BARRIENTOS, 2007)

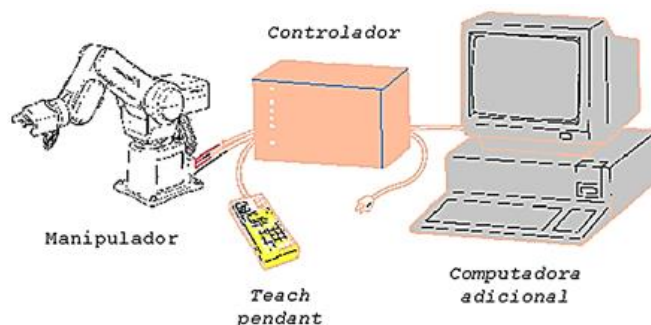
El ensamble de eslabones y articulaciones interconectadas, proporcionan un movimiento de salida controlado en respuesta a un movimiento de entrada, esto es lo que se conoce como una cadena cinemática. (BARRIENTOS, 2007)

Las juntas o articulaciones pueden ser giratorias (o de revolución), cuando el movimiento permitido es de rotación; en este caso sus desplazamientos son llamados ángulos de junta, o juntas deslizantes(o prismáticas), en las cuales el desplazamiento relativo entre los eslabones es una traslación, a veces llamada compensación de junta. (Universidad Santiago de Chile, 2000)

2.2.3.2 Controlador. Encargado de regular el movimiento de todos de los elementos del manipulador, y de realizar los cálculos y procesado de la información.

2.2.3.3 Dispositivos de entrada y salida. Como su nombre lo indica permite la entrada y salida de datos del controlador, los más comunes son: teclado, monitor, teach pendant.

Figura 2. Elementos que forman parte del robot

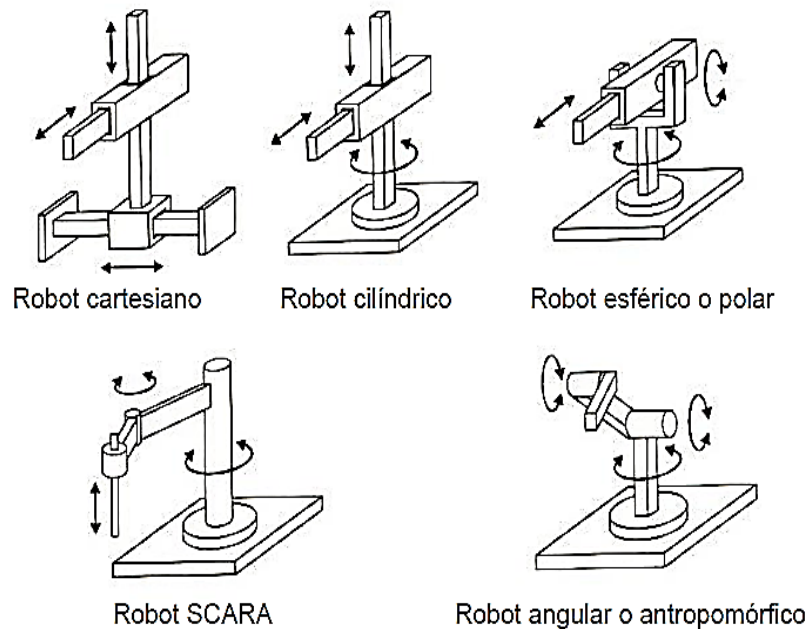


Fuente:

http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/morfologia.htm

2.2.4 Configuración morfológica del robo industrial. Se trata de la forma física que se le ha dado al brazo del robot. Las combinaciones más frecuente son las representadas en la figura donde se atiende únicamente a las tres primeras articulaciones del robot, las mismas que son importantes al momento de posicionar su extremo en el espacio en un punto del espacio. (BARRIENTOS, 2007)

Figura 3. Configuraciones más frecuentes de robots



Fuente: Introducción a la robótica

2.2.4.1 Configuración cartesiana. Posee tres movimientos lineales los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y, y Z, es decir tiene 3GDL. Los movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales. Dentro de esta configuración están los robots: ABB 840, AMERICA ROBOT, MOTOMAN TSG, SANKYO CCR.

2.2.4.2 Configuración cilíndrica. Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, presenta 3GDL. Este robot está diseñado para ejecutar los movimientos de interpolación lineal e interpolación por articulación. Se ajusta bien a los espacios de trabajo redondos.

2.2.4.3 Configuración polar o esférica. Posee movimientos lineal, rotacional y angular. Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos

primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción. A este grupo pertenecen Los robots: UNIMATE 1000 Y 2000 COAMU 6000 FANUC M1

2.2.4.4 *Configuración scara.* Es similar a la cilíndrica pero el radio pero el radio y la rotación se obtienen por uno o dos eslabones. Puede hacer un movimiento lineal (mediante su tercera articulación). A este grupo pertenecen los ADEPT A3, SANKYO SR 8437, SEYKO TT 8550, YAMAKA K-II Z-II, YK 740.

2.2.4.5 *Configuración angular antropomórfica.* Este tipo de robots posee 3 juntas de rotación, se parecen al brazo humano. Su volumen de trabajo es esférico. Movimiento de interpolación lineal y movimiento natural de interpolación por articulación tanto rotacional como angular. Dentro de estos robots están los: ABB 1400, 6400; FANUC M6, CR-100; KAWASAKI FS02, UD; MITSUBISHI RV-E4; MOTOMAN SK-45; STAÜBLI RX-170.

2.2.5 *Aplicaciones.* En la actualidad los robots son muy utilizados en la industria, siendo un elemento indispensable en la mayoría de los procesos de manufactura. Se los puede utilizar en:

- Trabajos en fundición
- Soldadura
- Aplicación de materiales
- Aplicación de sellantes y adhesivos
- Alimentación de máquinas
- Procesado
- Corte
- Montaje
- Paletización
- Control de calidad

2.2.6 *La robótica y el control de calidad.* La completa automatización de un proceso productivo incluye al control de calidad, por tal motivo las empresas deben aplicar sistemas de control de calidad con robot industrial, para de esta manera ser más rentables, brindar mayor seguridad y satisfacer las necesidades del consumidor

2.2.6.1 *Aplicación de control de calidad con robot industrial.* El robot industrial puede participar en esta tarea usando su capacidad de posicionamiento y manipulación. Así, transportando en su extremo un palpador, puede realizar el control dimensional de piezas ya fabricadas. Para ello el robot toca con el palpador varios puntos claves de la pieza. (BARRIENTOS, 2007)

2.2.6.2 *Reloj comparador.* Instrumento que se utiliza como medición indirecta para determinar la medida de una longitud, mediante la comparación de ésta con una medida conocida muy próxima a la que tratamos de medir. Tiene una precisión que va desde 0,01 mm a 0,001 mm. (GARCÍA CASTRO, y otros, 2010)

El funcionamiento de éste se basa en un mecanismo de engranajes y palancas que van metidos dentro de una caja metálica de forma circular. Dentro de esta caja se desliza un eje, que tiene una punta esférica que hace contacto con la superficie. Este eje al desplazarse se mueve la aguja del reloj, haciendo posible la lectura directa y fácil de las diferencias de medida. (ÁGUEDA CASADO, y otros, 2008)

La figura de abajo muestra los principales componentes del reloj.

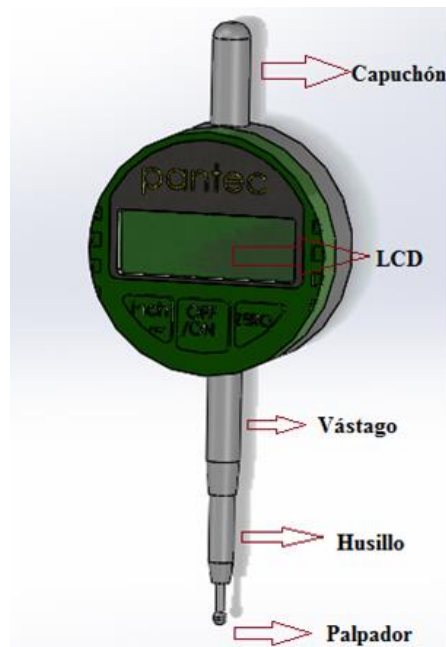
Figura 4. Reloj comparador



Fuente:

2.2.6.3 *Reloj comparador digital.* Conocido también como reloj palpador, el mismo que es utilizado en metrología para el control dimensional de piezas mecanizadas, posee un vástago que por medio del contacto con una pieza permite tomar mediciones. Su forma es similar a los comunes, pero éste consta de una pantalla en lugar de las manecillas del reloj permitiendo una visualización digital de los valores.

Figura 5. Reloj palpador



Fuente: Autores

2.2.6.4 Ventajas. La aplicación de la robótica en el control de calidad es muy importante puesto que nos puede traer múltiples ventajas entre ellas tenemos

- Reducción de costos
- Mayor productividad
- Sustitución de mano de obra en tareas repetitivas y peligrosas
- Calidad en los procesos
- Rapidez
- Ahorro de materia prima
- Ahorro de energía
- Los robots pueden trabajar todo el tiempo sin cansarse
- Disminución de riesgos laborales
- Seguridad al personal de operación.

2.2.7 Robot industrial RS 03N. Los Robots de Kawasaki de la Serie R de 6 ejes establecen un punto de referencia en robots industriales para cargas pequeñas y medianas. El diseño compacto, junto con su velocidad líder en industria, alto alcance y rango de trabajo hacen del robot de la Serie R una solución ideal para una amplia gama de aplicaciones de diversas industrias.

Figura 6. Robot industrial Kawasaki



Fuente: Manual Kawasaki

Los motores de alto rendimiento, combinado con una construcción de brazo rígido, permiten la fuerza con la muñeca superior y capacidad de carga. El diseño del brazo delgado requiere muy poco espacio en el suelo. Múltiples robots pueden ser instalados en aplicaciones de "alta densidad", sin obstaculizar el rendimiento.

Los robots de la serie R se pueden programar de dos maneras, a través de la botonera de robot de enseñar o un ordenador, y el uso de una de las dos metodologías de programación de Kawasaki, Bloques Funcionales o Lenguaje AS. El método de programación de Bloques funcionales elimina el tiempo que consume la enseñanza del programa con el software de la generación de auto-ruta. El lenguaje AS proporciona la máxima flexibilidad a través de cualquier archivo de texto, procesador de textos.

Los controladores de robot de Kawasaki Robotics combinan unas altas prestaciones con la fiabilidad sin precedentes, gran cantidad de funciones integradas y simplicidad de operación, todo ello en un diseño sumamente compacto. La capacidad de CPU mejorada permite una mayor exactitud en el control de la trayectoria de movimiento a la vez que más rapidez en la ejecución del programa de aplicación. Las especificaciones de este robot se encuentran en el ANEXO A (kawasaki robotics)

2.2.7.1 Controlador. Todos los controladores de Kawasaki Robotics (excepto los D60/D61 para robots de sala blanca) contemplan un sistema de servos completamente

digital y una consola de programación (teach pendant). La programación se puede llevar a cabo tanto por bloques como en lenguaje AS sobre una capacidad de memoria de 8Mb. Los controladores de Kawasaki incluyen de serie 32 canales de entrada y 32 canales de salida, expandibles hasta 96 entradas y 96 salidas.

La consola de programación para los controladores de Kawasaki Robotics incorporan un bastidor con cuerpo significativamente más ligero que las teach pendant convencionales. El operario puede desde habilitar la potencia de los motores del robot hasta activar el ciclo de marcha desde la consola con la pantalla de fácil navegación. Se puede mostrar hasta dos pantallas de forma simultánea en el monitor de la consola, lo que provee acceso a la vez a diferentes tipos de información, por ejemplo posición y señales.

Los controladores E7x son extremadamente compactos y especialmente diseñados para los robots de pequeño brazo (RS03N, 05N, 05L, 06L y 10N). A la vez que reducidos en tamaño, estos controladores ofrecen altas prestaciones y capacidad de expansión. Para más detalles ver ANEXO B (kawasaki robotics)

2.2.7.2 Teach pendant. El teach pendant en robótica industrial es un tipo de interfaz HMI diseñada para la programación y verificación de los programas a ejecutar por parte del robot industrial.

Figura 7. Teach Pendant Kawasaki



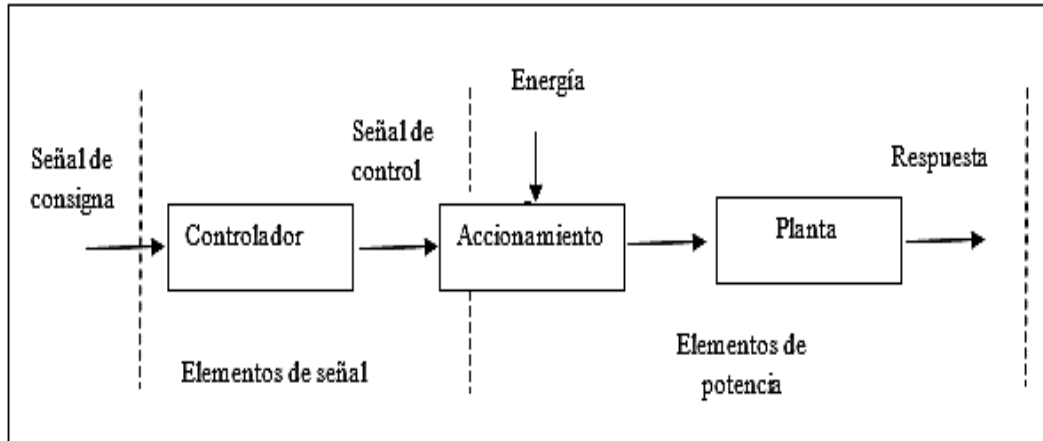
Fuente: Manual Kawasaki

2.3 Sistemas de control a de lazo abierto y cerrado

Un sistema de control es un arreglo de componentes cuyo objetivo es comandar o regular la respuesta de una parte del proceso, conocida como planta, sin que el operador intervenga en forma directa sobre sus elementos de salida. El operador manipula únicamente magnitudes de baja potencia denominadas de consigna, mientras que el sistema de control, a través de los accionamientos conectados en sus salidas, se encarga de producir los cambios energéticos en la planta.

2.3.1 *Sistema de control de lazo abierto.* Se puede definir un sistema de lazo abierto como aquél en el cual la acción del control es independiente de la/las señales de salida, es el hecho que el sistema de control no recibe ningún tipo de información del comportamiento de la planta por lo que no realizará acción alguna para compensar variaciones de parámetros establecidos en una calibración inicial, como temperatura, presión, densidad, entre otros en caso de perturbaciones externas.

Figura 8. Diagrama de bloque de un sistema de control de lazo abierto



Fuente: PLC Automatización y Control Industrial

2.3.2 *Sistema de control de lazo cerrado.* Este sistema se encarga de la toma de ciertas decisiones ante comportamientos de la planta, hablándose entonces de sistemas de control automáticos.

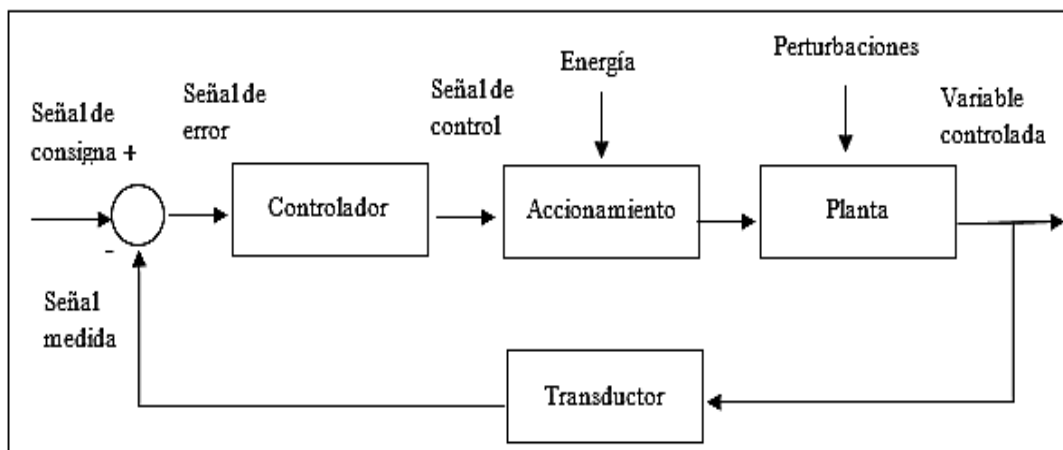
Para ello se requiere la existencia de sensores que detectan el comportamiento de dicha planta y brinden, mediante interfaces de adaptación, estas señales a las entradas del sistema de control quien se encargará de ejecutar acciones correctivas.

La estructura denota una cadena directa y un retorno o realimentación, formando lo que se denomina lazo de control. Podemos considerar entonces un sistema de control a lazo cerrado como aquel en el cual la acción de controles, en cierto modo, depende de la/las señales de salida.

El bloque controlador compara el valor efectivo de la salida de la planta con el valor deseado o de referencia, generando así la señal de error y la señal de control. La forma o tipo de respuesta con el sistema de control produce la señal de control recibe el nombre de acción de control. Las acciones más comunes son las siguientes:

- Control de dos posiciones: ON – OFF.
- Control Proporcional + Integral: PI
- Control Proporcional + Derivativo: PD
- Control Proporcional + Integral + Derivativo: PID. (DANERI, 2008)

Figura 9. Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado

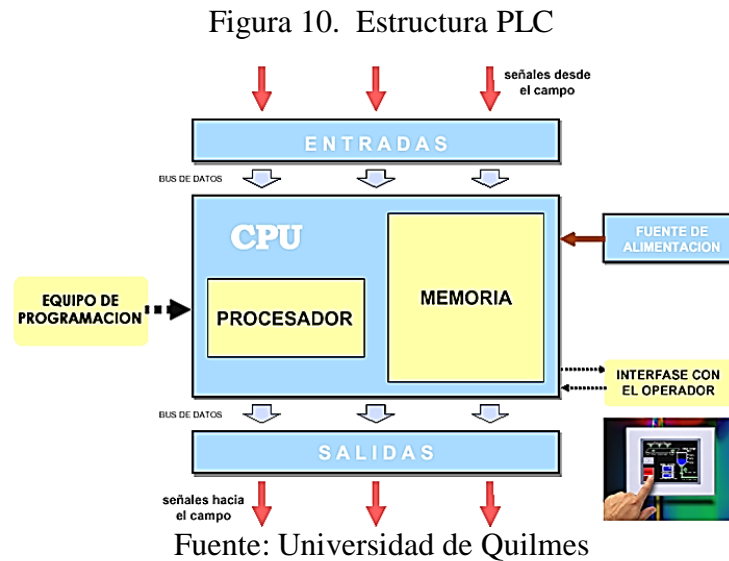


Fuente: PLC Automatización y Control Industrial

2.4 Controlador lógico programable (PLC)

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos lo define al PLC como: “Un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos”.

2.4.1 Estructura del PLC. Las partes fundamentales son la unidad central de proceso o CPU y las interfaces de entrada y salida. La CPU es el cerebro del PLC, está formada por el procesador y la memoria.



2.4.1.1 Procesador. Es el “cerebro” del PLC, el responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario.

Tareas Principales:

- Ejecutar el programa realizado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, y entre el microprocesador y los bornes de entrada/ salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

2.4.1.2 Memoria. Los PLC tienen que ser capaces de almacenar y retirar información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas. En las memorias el PLC debe ser capaz de almacenar:

Datos del Proceso

- Señales de entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de Control

- Instrucciones de usuario, programa.
- Configuración del autómata.

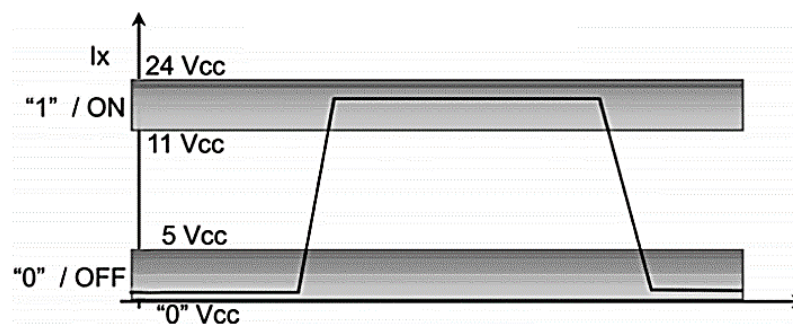
2.4.1.3 Entradas y salidas. Los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC.

Generalmente los dispositivos de entrada, los de salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente. En este caso las señales que entran y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Ésta es la tarea de las interfaces o módulos de entrada o salida.

Existen dos tipos de entradas las digitales y las analógicas:

- Entradas Digitales. También llamadas binarias u “on-off”, son las que pueden tomar sólo dos estados: encendido o apagado, estado lógico 1 o 0. Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión. Cuando por un borne de entrada llega tensión, se interpreta como “1” y cuando llega cero tensiones se interpreta como “0”. Existen módulos o interfaces de entradas de corriente continua para tensiones de 5, 12, 24 o 48 Vcc y otros para tensión de 110 o 220 Vca.

Figura 11. Señales digitales ON-OFF



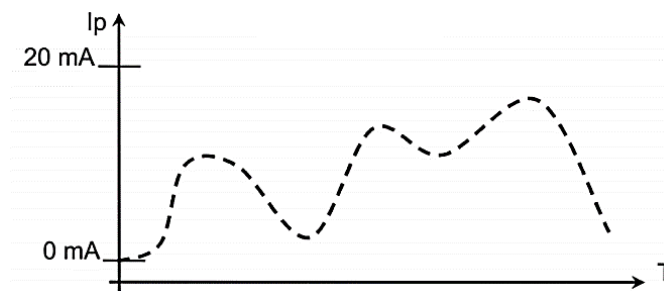
Fuente: Automación Micromecánica s.a.i.c

- Entradas Analógicas. Estos módulos o interfaces admiten como señal de entrada valores de tensión o corriente intermedios dentro de un rango, que puede ser de 4-20 mA, 0-5 VDC o 0-10 VDC, convirtiéndola en un número. Este número es

guardado en una posición de la memoria del PLC. Los módulos de entradas analógicas son los encargados de traducir una señal de tensión o corriente proveniente de un sensor de temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición, o cualquier otra magnitud física que se quiera medir en un número para que el PLC la pueda interpretar. En particular es el conversor analógico digital (A/D) el encargado de realizar esta tarea. Una entrada analógica con un conversor A/D de 8 bits podrá dividir el rango de la señal de entrada en 256 valores (28).

En la medida que el conversor A/D tenga mayor número de bits será capaz de ver o reconocer variaciones más pequeñas de la magnitud física que estamos observando.

Figura 12. Señales analógicas



Fuente: Automación Micromecánica s.a.i.c

- Salidas digitales. Un módulo de salida digital permite al autómatas programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada.
- Salidas analógicas. Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómatas se convierta en tensión o intensidad.

2.4.1.4 Fuente de alimentación. Aquella que proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

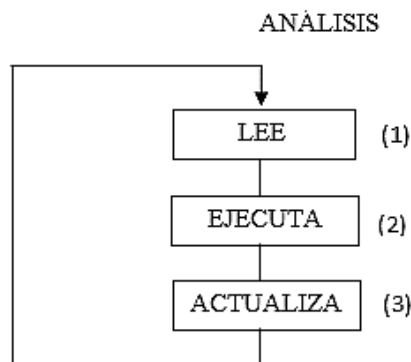
La alimentación a la CPU frecuentemente es de 24 Vcc, o de 110/220 Vca. En cualquier caso, es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc.

2.4.2 *Funcionamiento de PLC.* El funcionamiento de un controlador programable es relativamente simple. La entrada/salida (I/O) del sistema está conectada físicamente a los dispositivos de campo que son encontrados en la máquina o que se utilizan en el control de un proceso. Estos dispositivos de campo pueden ser dispositivos de entrada/salida discretos o analógicos, tales como interruptores, transductores de presión, botones pulsadores, arrancadores de motor, solenoides, etc. Las interfaces de I/O proporcionan la conexión entre la CPU, la información de los proveedores (entradas) y los dispositivos controlables (salidas).

Durante su funcionamiento, la CPU completa tres procesos: (1) se lee, o acepta, los datos de entrada de los dispositivos de campo a través de las interfaces de entrada, (2) se ejecuta o lleva a cabo, el programa de control almacenado en el sistema de memoria, y (3) se actualiza, los dispositivos de salida a través de las interfaces de salida. Este proceso de leer secuencialmente las entradas, la ejecución del programa en la memoria, y la actualización de las salidas es conocida como exploración.

Figura 13. Proceso de la CPU



Fuente: Programmable Controllers Theory and implementation

El sistema de entrada/salida forma la interfaz por la cual los dispositivos de campo son conectados al controlador. El propósito principal de la interfaz es acondicionar las diversas señales recibidas o enviadas desde el campo externo de los dispositivos. Las señales entrantes procedentes de los sensores (por ejemplo, pulsadores, interruptores de límite, sensores analógicos, selectores y conmutadores de ruedecilla) están conectados a terminales de los interfaces de entrada. Los dispositivos que se van a controlar, motores, válvulas solenoides, luces piloto, y válvulas de posición, están conectados a los terminales de las interfaces de salida. El sistema de suministro de energía ofrece todos los voltajes

necesarios para el funcionamiento adecuado de las diversas secciones de la unidad de procesamiento.

2.4.3 *Ventajas del PLC.* Las más importantes son las siguientes:

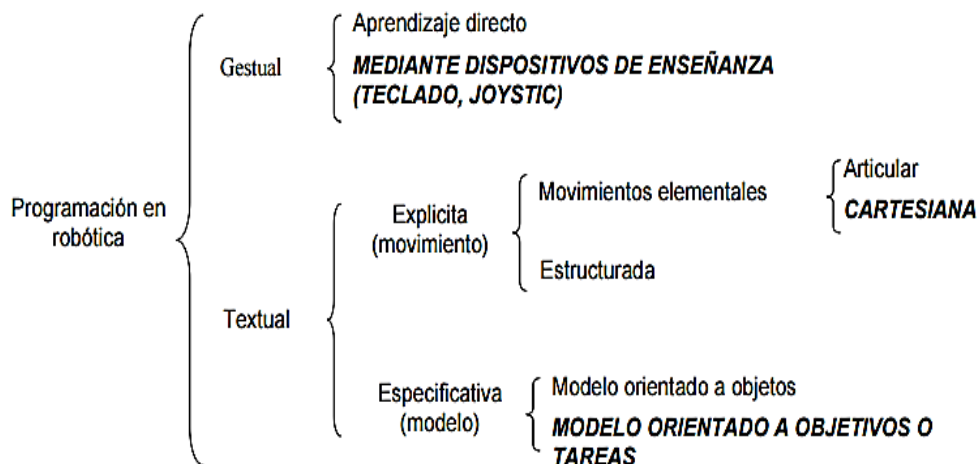
- Control más preciso
- Seguridad en el proceso
- Posibilidad de controlar varias máquinas con el mismo PLC
- Reducción de costos
- Mayor rapidez de respuesta
- Menor costo de instalación, operación y mantenimiento
- Mejor monitoreo de funcionamiento, etc.

2.5 Programación de robots

Programar un robot consiste en indicar paso a paso las diferentes acciones que éste deberá realizar durante su funcionamiento automático. En la actualidad no existe normalización alguna en cuanto a los procedimientos de programación de robots. Por el contrario cada fabricante ha desarrollado su particular, método, valido únicamente para sus propios robots. (LÓPEZ GARCÍA, y otros, 2000)

2.5.1 *Tipos de programación en robótica.* En la figura siguiente se muestra los tipos de programación existentes.

Figura 14. Programación robótica



Fuente: Revista Innovación y Experiencias Educativas

La programación explícita es la más utilizada en las aplicaciones industriales y consta de dos técnicas fundamentales:

- Programación gestual
- Programación textual

2.5.1.1 *Programación gestual.* Se la realiza on-line y no requiere la escritura de un programa, sino que se basa en la enseñanza directa de la máquina por el usuario.

La programación gestual se subdivide en dos clases:

- a) Programación por aprendizaje directo

El punto final del brazo es trasladado con ayuda de un dispositivo especial puesto en su muñeca, o usando un brazo maestro o maniquí, en el cual se efectúan los desplazamientos que, luego ser memorizados, serán repetidos por el manipulador.

- b) Programación mediante un dispositivo de enseñanza.

Consiste en especificar las acciones y movimientos del brazo manipulador, mediante un elemento especial para este cometido. (ROBÓTICA Y PROGRAMACIÓN, 2010)

2.5.1.2 *Programación textual.* Queda constituido por un texto de instrucciones o sentencias, cuya confección no requiere dar la intervención del robot es decir se efectúan off-line.

2.6 Presentación PLC SIMATIC S7-1500

El nuevo controlador SIMATIC S7-1500 marca nuevos hitos para una máxima productividad con sus múltiples innovaciones. De esto se benefician tanto las pequeñas máquinas de serie como las instalaciones más complejas con altas demandas en cuanto a determinística y velocidad. Para una máxima eficiencia de ingeniería el SIMATIC S7-1500 está integrado en el Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal). Está compuesto por módulos y se puede regular en su funcionalidad. (SIEMENS)

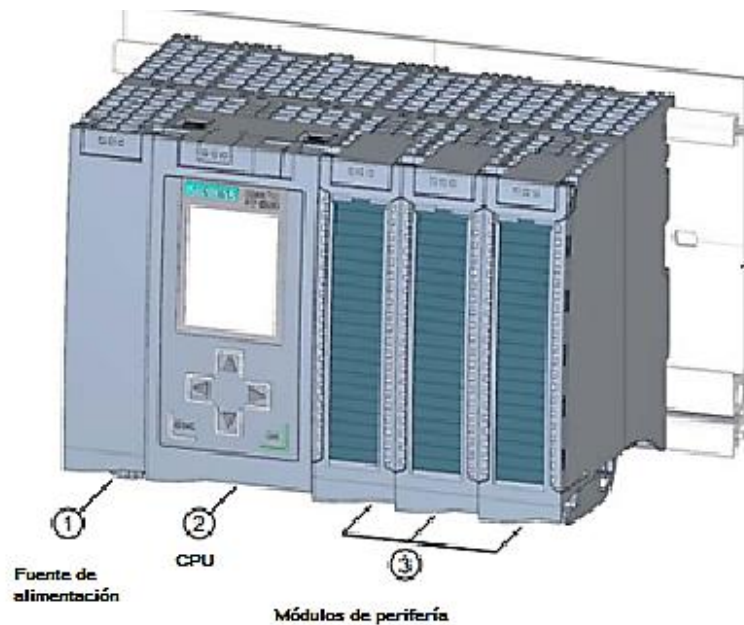
Las nuevas características de rendimiento son:

- Mayor rendimiento del sistema
- Funcionalidad Motion Control integrada
- PROFINET IO IRT
- Pantalla integrada para el manejo y diagnóstico a pie de máquina
- Innovaciones de lenguaje STEP 7 manteniendo las funciones probadas.

2.6.1 *Configuración de PLC S7 1500.* Cuenta con los siguientes elementos:

- CPU
- Fuente de alimentación
- Módulos de periferia.

Figura 15. Estructura PLC S7 1500



Fuente: Siemens

2.7 *Software TIA Portal.*

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento. (SIEMENS)

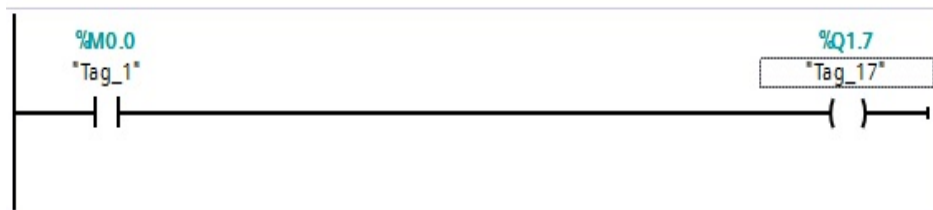
2.7.1 Ventajas de la V13. Las ventajas son:

- Team Engineering. Varias personas pueden trabajar simultáneamente sobre una misma tarea.
- Búsqueda automática de actualización de software.
- Consistente desarrollo de lenguajes de programación (LAD, FBD, STL, SCL y Graph).
- Carga de la configuración hardware y el programa de usuario incluyendo valores para servicios.
- PLCSim para S7-300 / S7-400 y ahora S7-1500.

2.7.2 *Lenguajes de programación.* Hoy en día cada fabricante de los equipos elabora su respectivo software de programación. Es por ese que TIA PORTAL realiza su programación mediante los tres lenguajes conocidos a nivel mundial.

2.7.2.1 *Lenguaje de programación KOP.* Más conocido como lenguaje Ladder o contactos, es muy utilizado por la facilidad de comprensión.

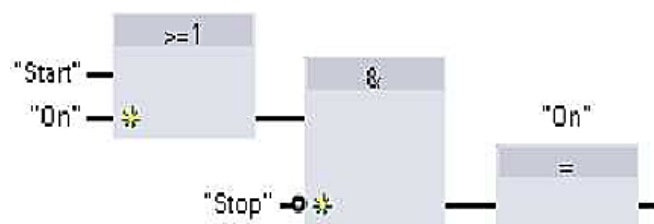
Figura 16. Lenguaje de programación KOP



Fuente: Autores

2.7.2.2 *Lenguaje de programación FUP.* Más conocido como diagrama de funciones, utiliza para su programación el Álgebra Booleana.

Figura 17. Lenguaje de programación FUP



Fuente: Siemens

2.7.2.3 Lenguaje de programación AWL. Conocido como lenguaje de instrucciones, el mismo que consiste en una lista de códigos, donde cada uno de ellos corresponde a una instrucción.

Figura 18. Lenguaje de programación AWL

```

Segm. 1: Marcha temporizador
U   E   0.0
L   SST#5S
SE  T   0
U   A   2.0
R   T   0
NOP 0
NOP 0
NOP 0
  
```

Fuente:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/Step7/paginas/contenido/step7/7/2.9.1.1.htm>

Para un mayor detalle de los lenguajes de programación ver el ANEXO C

2.7.3 Herramientas de TIA Portal. Cuenta con una variedad de herramientas para la programación como operaciones lógicas, contadores, temporizadores, etc., dentro de estos tenemos los siguientes:

2.7.3.1 Temporizadores del TIA Portal. El software TIA PORTAL cuenta con los siguientes temporizadores. Los mismos que están basados según la norma IEC 1131-3.

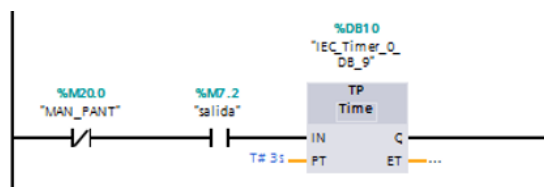
Figura 19. Temporizadores

| Temporizadores | |
|----------------|------------------------|
| TP | Impulso |
| TON | Retardo al conectar |
| TOF | Retardo al desconectar |

Fuente: Autores

TP. Este temporizador empieza a contar con el primer impulso de activación de un proceso.

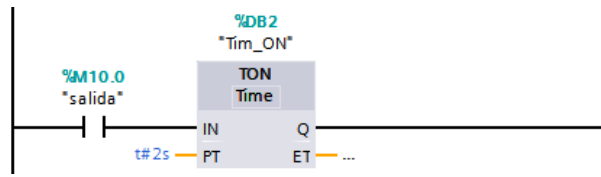
Figura 20. TP



Fuente: Autores

TON: se activa después de un tiempo en que el proceso está en marcha.

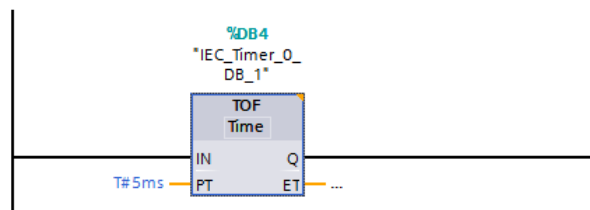
Figura 21. TON



Fuente: Autores

TOF: este temporizador se activa después que el proceso finalice.

Figura 22. TOF

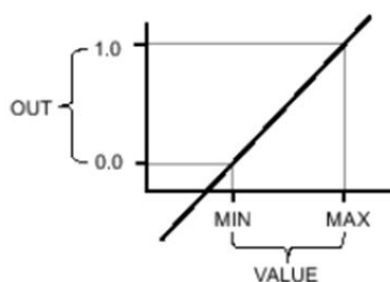


Fuente: Autores

2.7.3.2 Conversión. En este ítem tenemos la herramienta de normalizado y escalado.

Normalizado. La instrucción "Normalizar" normaliza el valor de la variable de la entrada VALUE representándolo en una escala lineal. Los parámetros MIN y MAX sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, se calcula el resultado y se deposita como número en coma flotante en la salida OUT. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada MIN, la salida OUT devuelve el valor "0.0". Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada MAX, la salida OUT devuelve el valor "1.0".

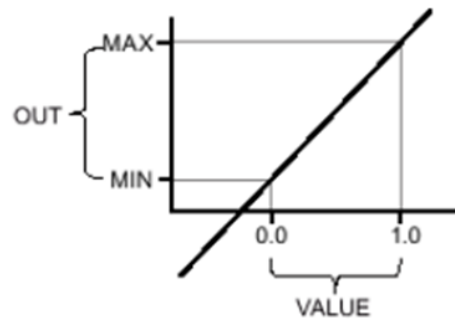
Figura 23. Normalizado



Fuente: TIA Portal

Escalado. La instrucción “Escalar” escala el valor de la entrada VALUE mapeándolo en un determinado rango de valores. Al ejecutar la instrucción “Escalar”, el número en coma flotante de la entrada VALUE se escala al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida OUT. (TIA PORTAL, 2008)

Figura 24. Escalado



Fuente: TIA Portal

2.8 Componentes electro neumáticos

2.8.1 Introducción. La electro-neumática es una de las técnicas de automatización que en la actualidad viene cobrando vital importancia en la optimización de los procesos a nivel industrial. Su evolución fue a partir de la neumática, Con el avance de las técnicas de electricidad y la electrónica se produjo la fusión de métodos y dando así el inicio de los sistemas electro-neumáticos en la industria, los cuales resultaban más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos.

Entre los elementos electro- neumáticos tenemos:

- *Electroválvulas.* Son elementos auxiliares de mando que liberan, bloquean o desvían el paso de un fluido en función del cierre o apertura de su circuito eléctrico. Se utilizan para controlar automática el caudal de los fluidos. (LLADONOSA, 1997)
- *Pulsador.* Genera la señal de inicio del sistema, permite el paso de la corriente cuando es normalmente cerrado.
- *Contactor y relé.* La diferencia radica en que el relé es usado para conmutación de pequeñas potencias y el contactor es usado para potencias elevadas.

- *Sensores.* Empleados para detectar la presencia o ausencia de algún elemento

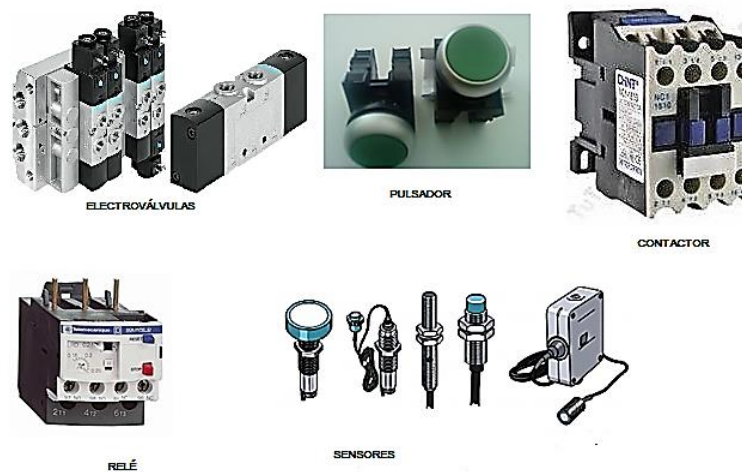
Tipos de sensores.

Sensores inductivos de corriente continua. Aptos para tensiones de 5 a 30 V y su frecuencia de conmutación puede llegar hasta 2000 Hz. Construidos con circuitos de salida a un transistor NPN o PNP, lo que les permite comandar directamente relés o cargas resistivas.

Sensores inductivos de corriente alterna. El circuito de salida dispara un dispositivo semiconductor de tres terminales, conmutando directamente la carga.

Sensor opto electrónico. Dispositivo eléctrico que responde a los cambios de intensidad de la luz (visible o no visible) que incide sobre el mismo.

Figura 25. Componentes de un sistema electro-neumático



Fuente: Autores

CAPÍTULO III

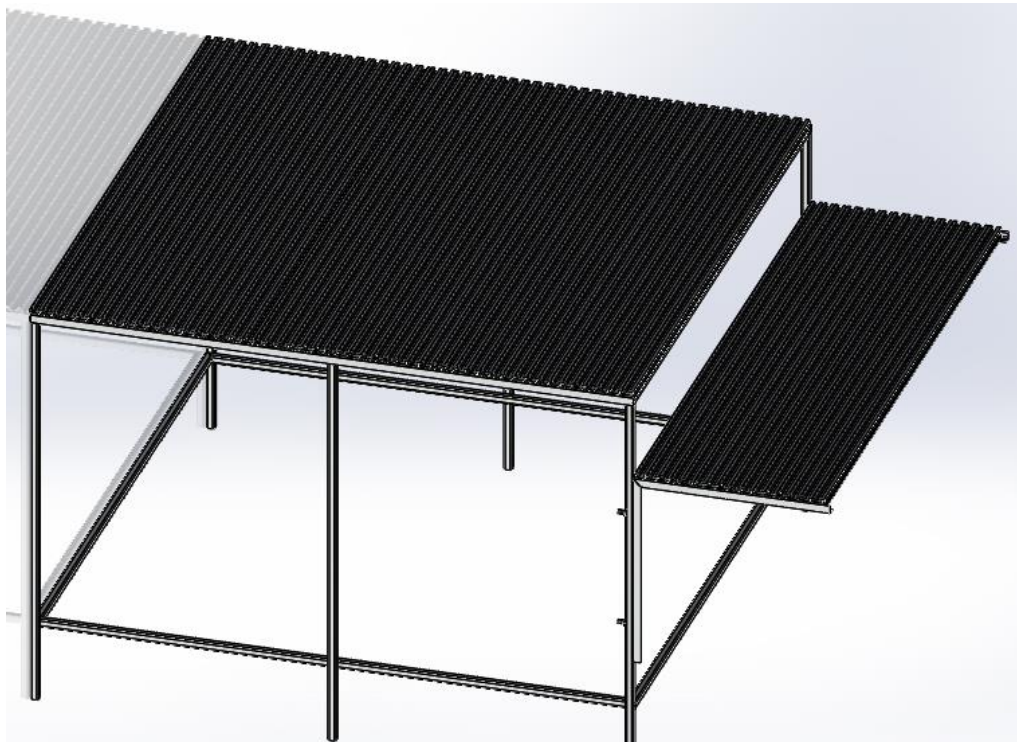
3. DISEÑO Y MONTAJE DE ELEMENTOS

El presente capítulo muestra el diseño, selección y montaje de elementos eléctricos, electrónicos, neumáticos y mecánicos; para el desarrollo de esto se toma en cuenta las dimensiones estándares de los elementos, los cuales serán montados sobre la estructura. Para dimensionar la estación se lo realiza en Solidworks, el mismo que permite obtener una modelación virtual.

3.1 Diseño de la estación para el control de calidad

3.1.1 Estructura para la estación. Para diseñar y dimensionar la estructura se debe tomar en cuenta las dimensiones estándares de los equipos y dispositivos a utilizarse. Y para una mejor distribución física se lo realiza en el software CAD Solidworks, el cual nos permite una modelación virtual de la estación. Esta estructura viene a ser la mesa de trabajo donde se ubicarán todos los equipos y dispositivos que conforman la estación.

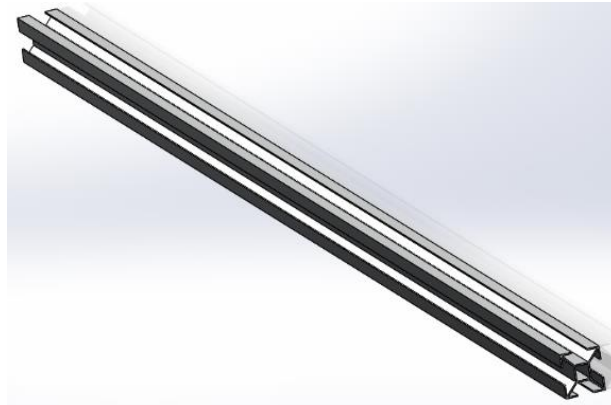
Figura 26. Estructura de la estación



Fuente: Autores

En esta estructura se va utilizar perfiles de aluminio de la serie FISA por poseer mejores propiedades mecánicas. En este caso elegir el perfil de tubo cuadrado debido a que su configuración permite el montaje de otros equipos, dispositivos y materiales. El tubo cuadrado de aluminio es de 1500mm*30mm*30mm.

Figura 27. Perfil de aluminio

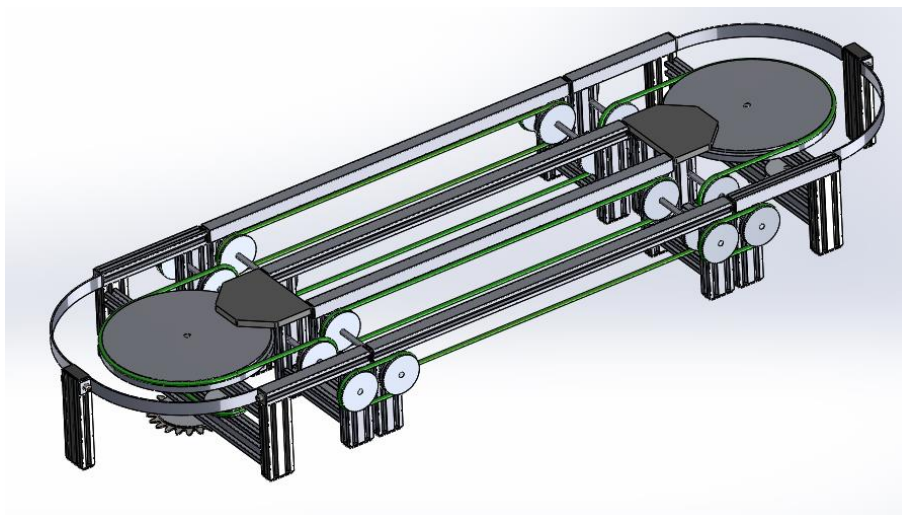


Fuente: Autores

3.1.2 *Placa para robot.* Se diseña una placa base para la fijación del robot con las siguientes dimensiones.

3.1.3 *Banda transportadora.* El sistema consta de 4 segmentos acoplados mediante poleas las mismas que generan el movimiento. Esta banda es de aluminio, y transporta la placa portadora de piezas o palets.

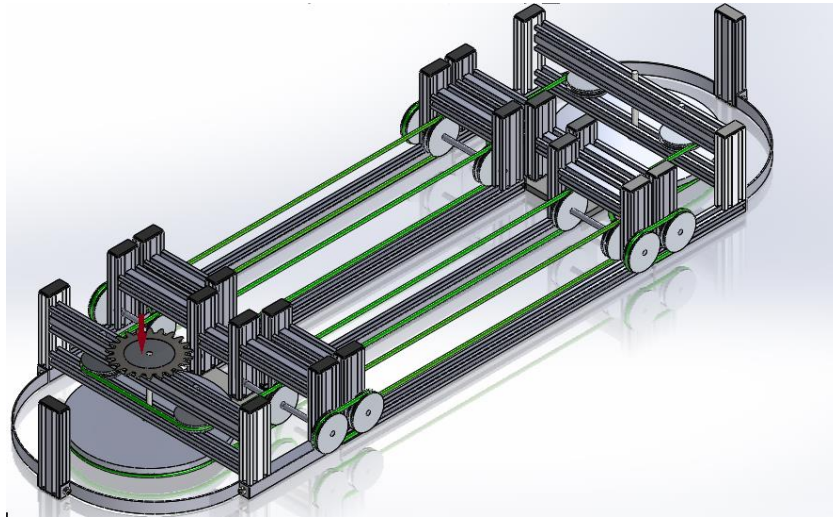
Figura 28. Banda transportadora



Fuente: Autores

La siguiente figura muestra la banda transportadora con una rueda catalina, la cual posteriormente será acoplada al sistema de transmisión. En este caso esta rueda viene a ser la conducida por tratarse de un sistema reductor de velocidad.

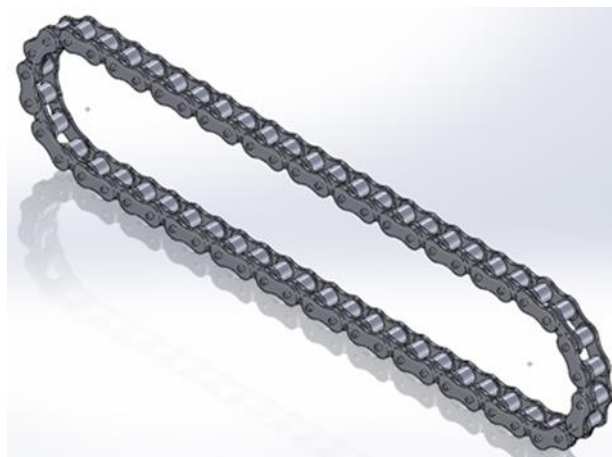
Figura 29. Banda transportadora con rueda



Fuente: Autores

3.1.4 *Cadena.* Sirve para transmitir movimiento entre dos ruedas dentadas. Consta de eslabones unidos por pasadores.

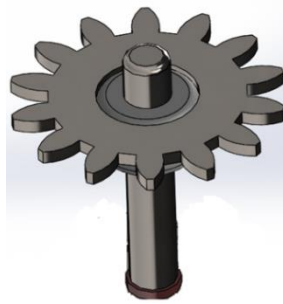
Figura 30. Cadena



Fuente: Autores

3.1.5 *Eje de motor-reductor.* Se diseña un eje de acero, el mismo que va acoplado al reductor y contiene una rueda catalina, la misma que viene a ser la rueda conductora del sistema de transmisión.

Figura 31. Eje con rueda conductora



Fuente: Autores

3.1.6 *Elementos del proceso.* Para el proceso de control de calidad se diseñó dos probetas de aluminio con diferente vaciado.

3.1.6.1 *Pieza de aluminio aceptable.* La medida de esta pieza es de 40mm de diámetro, 20mm de altura y 13mm de vaciado.

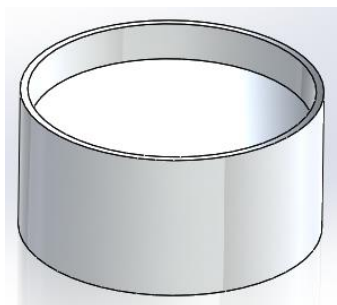
Figura 32. Pieza aceptable



Fuente: Autores

3.1.6.2 *Pieza de aluminio defectuosa.* La medida de esta pieza es de 40mm de diámetro, 20mm de altura y 7mm de vaciado.

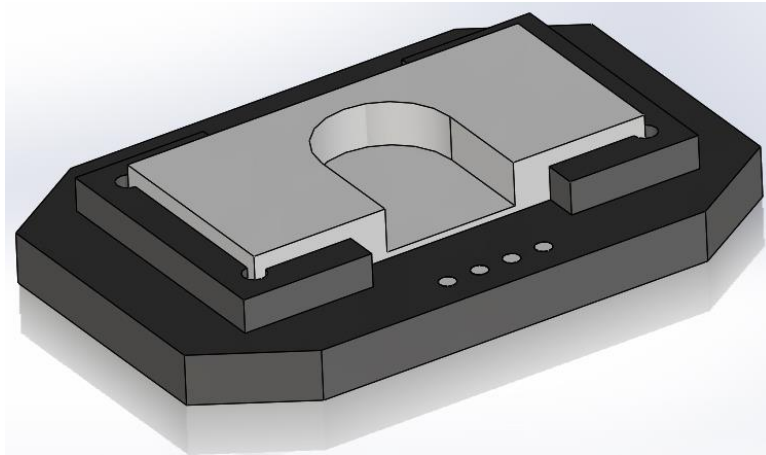
Figura 33. Pieza defectuosa



Fuente: Autores

3.1.7 *Placa portadora de piezas.* Sirve para el transporte de piezas de trabajo sobre cintas transportadoras. Adicionalmente se ha diseñado una base de nylon para el alojamiento de las probetas de aluminio. Las dimensiones son 180 mm*119 mm*15 mm.

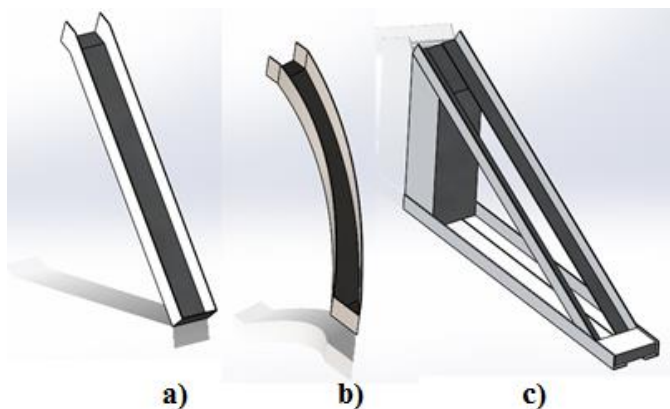
Figura 34. Placa portadora de piezas



Fuente: Autores

3.1.8 *Rampas.* La rampa a) es la encargada de recibir las piezas aceptables. La rampa b) recibe las piezas defectuosas, la rampa c) es de alimentación en esta se encuentran las piezas de aluminio para el control de calidad.

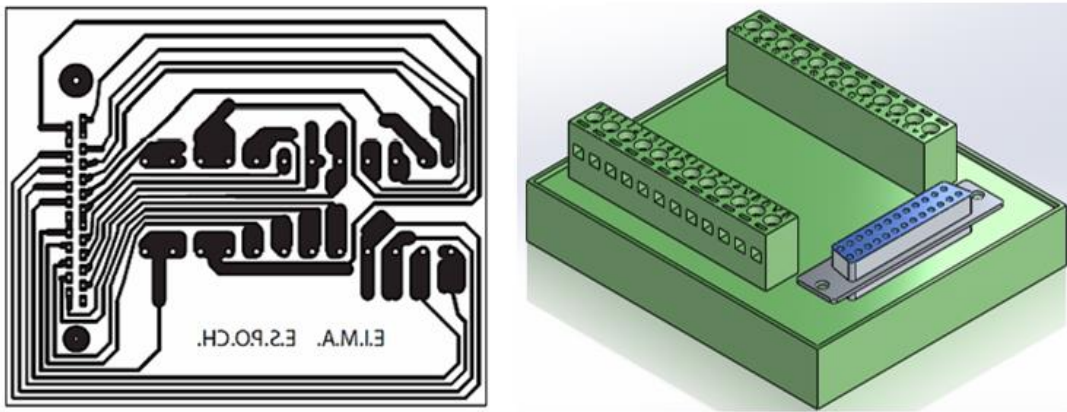
Figura 35. Rampas



Fuente: Autores

3.1.9 *Tarjetas electrónicas.* Las tarjetas Syslink sirven para la comunicación y alimentación entre la caja de equipos y la estación. Para la elaboración de éstas se diseñó en el programa Proteus 8. La figura muestra el diseño de la tarjeta emisora de alimentación y receptora de señal. Ésta será colocada en la caja de equipos.

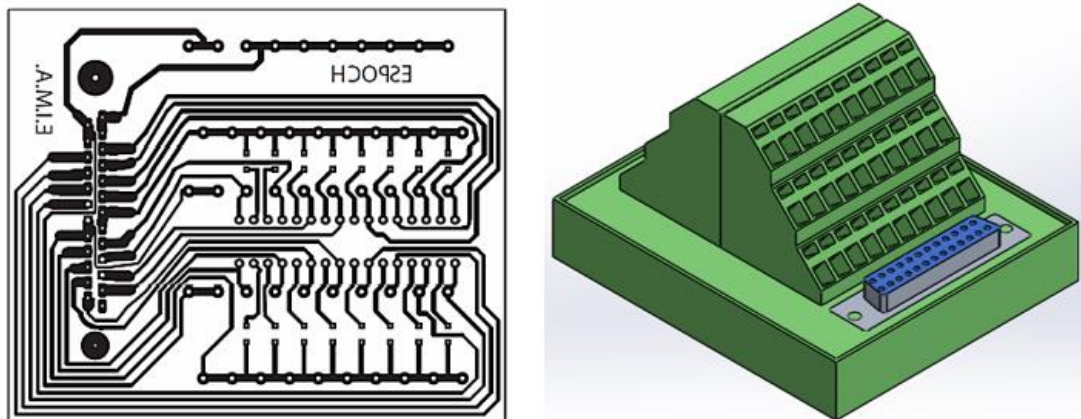
Figura 36. Syslink



Fuente: Autores

La figura 36 muestra el diseño de la tarjeta emisora de señal y receptora de alimentación. La misma que posee LEDs, los cuales facilitan el reconocimiento de las comunicaciones existentes. Ésta será colocada en la estación.

Figura 37. Syslink para la estación



Fuente: Autores

3.2 Selección de equipos, dispositivos, materiales y otros elementos.

Para la implementación de la estación se utilizan ciertos equipos, dispositivos y materiales especificados a continuación.

3.2.1 Selección de equipos. Los equipos utilizados para la implementación de la estación para el control de calidad son los siguientes:

Tabla 2. Selección de dispositivos

| Equipo | Modelo |
|---------------------------|------------------------------------|
| PLC SIEMENS | SIMATIC S7-1500 CPU 1511-1PN |
| PLC SIEMENS | SIMATIC S7-1200 CPU 1214 4C/DC/RLY |
| PANTALLA HMI | SIMATIC KTP 600 COLOR BASIC PN |
| SIGNAL BOARD | SIEMENS SB 1232 |
| Módulo de switch compacto | CSM 1277 |
| Variador de frecuencia | SINAMICS G110 |
| Robot industrial | Kawasaki |
| Motor reductor | |
| Palpador | Pantec |

Fuente: Autores

En lo relacionado a PLCs, pantallas KTP, variadores de frecuencia, se selecciona la marca SIEMENS, puesto que hoy en día la mayoría de industrias cuentan con éstos equipos para sus procesos productivos.

- Al momento de seleccionar un PLC se debe considerar los siguientes aspectos:
- Número de entradas y salidas, ya sean analógicas o digitales.
- Capacidad de programa, mientras mayor número de E/S mayor capacidad.
- Todo PLC debe tener una comunicación.
- Software para programación
- Precio.

3.2.1.1 PLC 1500. Este controlador es lo último en tecnología en el portal TIA. Consta de: una fuente de alimentación, una CPU y módulos E/S.

Fuente de alimentación. La fuente de alimentación se encarga de la alimentación del sistema, por medio de un conector frontal de la CPU. Posee una memoria adicional.

Tabla 3. Datos de Fuente de alimentación

| PLC 1500 CPU 1511-1PN | |
|------------------------------|--------------|
| Tensión nominal | 120/230 V AC |
| Entradas | 16 |
| Intensidad | 3 A |
| Consumo eléctrico | 84 W |

Fuente: Autores

CPU. Es el “cerebro” del controlador, sirve para ejecutar el programa del usuario. Posee una comunicación vía Ethernet y HMI

Tabla 4. Datos CPU

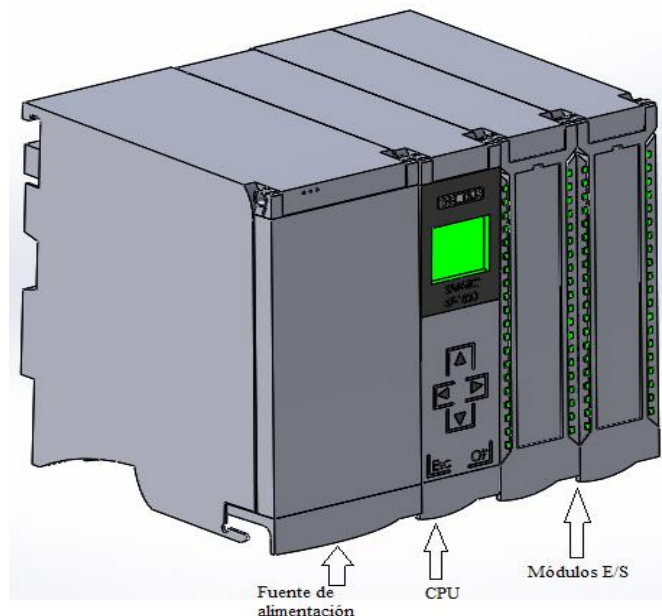
| PLC 1500 CPU 1511-1PN | |
|--------------------------|--|
| Tensión | 24 VDC |
| Entradas | 16 |
| Interfaces | 1*Profinet |
| Memoria interna | 1 Mb |
| Memoria de trabajo | 150 Kb |
| Lenguaje de programación | FBD, Ladder Logic, control del sistema |

Fuente: Autores

Módulos de periferia. Constituyen la interfaz entre el controlador y el proceso. Consta de 16 entradas digitales DI y 16 salidas digitales DQ.

Riel. El PLC 1500 viene con una riel DIN para facilitar el montaje de los elementos.

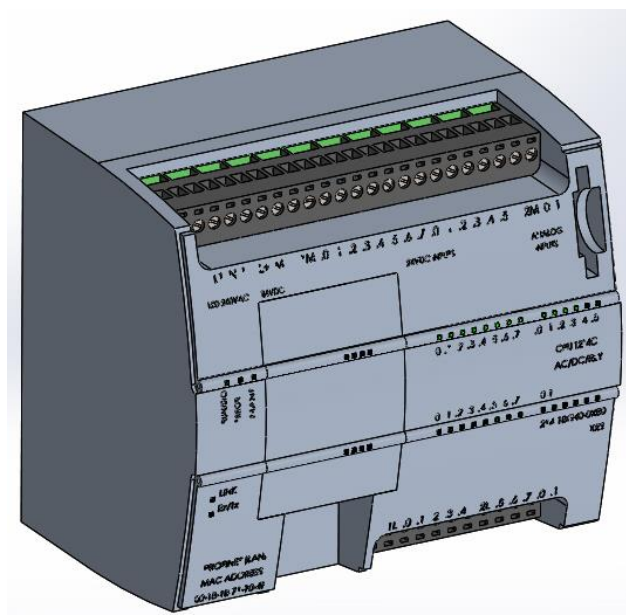
Figura 38. PLC S7-1500



Fuente: Autores

3.2.1.2 PLC 1200. Se elige el PLC 1200 de la serie 1214, la CPU cuenta con un microprocesador, una fuente de alimentación, con 26 entradas y salidas y comunicación PROFINET, todo ello en una carcasa compacta.

Figura 39. PLC 1200



Fuente: Autores

A continuación se describen las características técnicas.

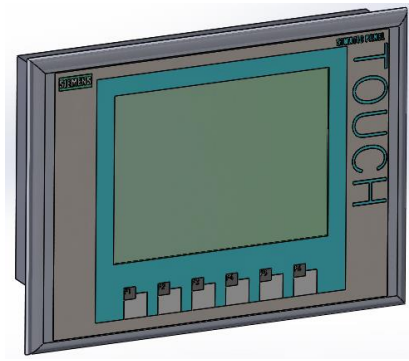
Tabla 5. Características técnicas de PLC 1200

| PLC 1200 CPU 1214 AC/DC/RYL | |
|---------------------------------------|--|
| Tensión | 20,4-28,8 VDC |
| Corriente de salida | 1600Ma |
| Entradas | 16 |
| Salidas | 10(digitales) |
| T. escaneo | 0,1(operationes de bits) 12(operationes de texto) 18(punto flotante) μ s |
| Puerto de comunicación | Ethernet |
| Lenguaje de programación | FBD, Ladder Logic, control del sistema |
| Tipo de montaje | Riel Din |
| Dimensiones (Ancho* alto*Profundidad) | 110*100*75mm |

Fuente: Autores

3.2.1.3 Pantalla HMI. Para un mejor monitoreo y configuración de un proceso se va utilizar una pantalla la cual mediante botones podremos controlar el proceso. Se escoge la KTP6000 Basic Color PN de 5.7 pulgadas de 256 colores, cuenta con una resolución de 320*240 pixeles y con comunicación PROFINET.

Figura 40. Pantalla HMI



Fuente: Autores

3.2.1.4 *Signal board.* Este equipo funciona en conjunto con el PLC, el cual no cuenta con salidas analógicas, por lo que este Signal Board nos da una salida analógica para el variador de frecuencia. A continuación los datos técnicos:

Tabla 6. Características técnicas de Signal Board

| SIGNAL BOARD SB1223 AQ | |
|------------------------|------------|
| Tensión | ± 10 V |
| Corriente de salida | 0-20mA |
| Salidas analógica | 1 |
| Puerto de comunicación | Ethernet |
| Tipo de montaje | PLC 1200 |

Fuente: Autores

3.2.1.5 *Módulo de switch compacto CSM 1277.* Este equipo permite construir a bajo costo redes Industrial Ethernet con topología en línea y estrella con funcionalidad de conmutación (Switching).

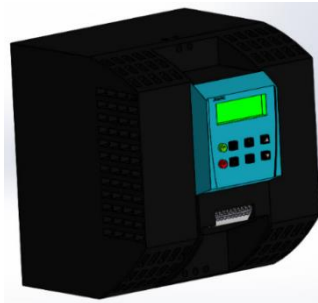
Figura 41. CSM 1277



Fuente: Autores

3.2.1.6 Se selecciona un variador de frecuencia de la serie SINAMICS G110, el cual es necesario para regular la velocidad en motores trifásicos.

Figura 42. Variador de frecuencia



Fuente: Autores

A continuación se muestran sus características técnicas.

Tabla 7. Características técnicas de variador

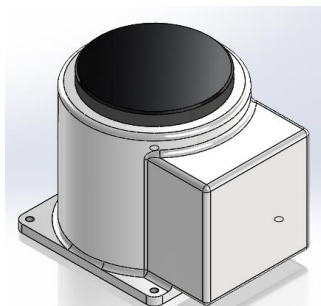
| SINAMICS G 110 | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Rango de tensión | 1AC 200-240V, $\pm 10\%$ |
| Rango de potencia | 0.12 kW-3kW |
| Frecuencia de red | 47 a 64Hz |
| Entradas analógicas | 1 |
| Dimensiones (Ancho*alto Prof) | 181*184*152mmm |

Fuente: Autores

3.2.1.7 *Robot industrial.* Se elige el robot industrial Kawasaki de la serie RS 03n con 6 ejes. Son útiles para cargas pequeñas y medianas.

Base. La base del robot va sujeta a la placa y anclada a la estructura de aluminio. Esta base es fija y soporta el peso de los demás componentes en ella se encuentra el eje JT1.

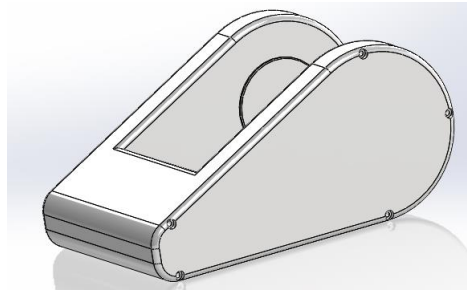
Figura 43. Base robot



Fuente: Autores

Elemento 1. Este cuerpo va sobre la base y aquí se encuentra el eje JT2. Éste posee movimientos, en conjunto con la base forman la articulación 1 del robot

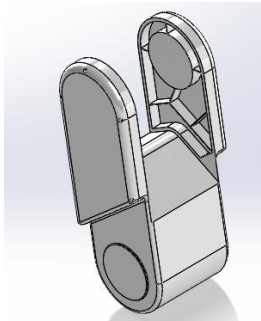
Figura 44. Elemento 1



Fuente: Autores

Elemento 2. Este elemento se une con el elemento 1 y forman la articulación 2 aquí se encuentra el eje JT3.

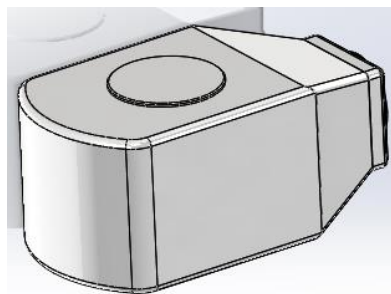
Figura 45. Elemento 2



Fuente: Autores

Elemento 3. Se une con el elemento 2 para formar una articulación 3, aquí se encuentra el eje JT4.

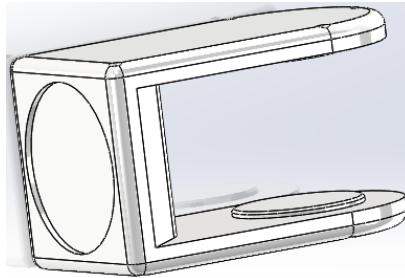
Figura 46. Elemento 3



Fuente: Autores

Elemento 4. Se une con el elemento 3 para formar una articulación 4, aquí se encuentra el JT5.

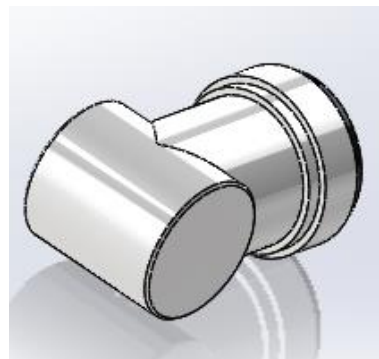
Figura 47. Elemento 4



Fuente: Autores

Elemento 5. Se forma la articulación 5, aquí se encuentra el eje JT6

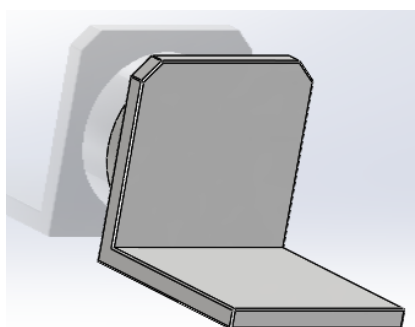
Figura 48. Elemento 5



Fuente: Autores

Base Pinza. Esta base sirve para el montaje de la pinza la cual lleva un par de tornillos para su acople.

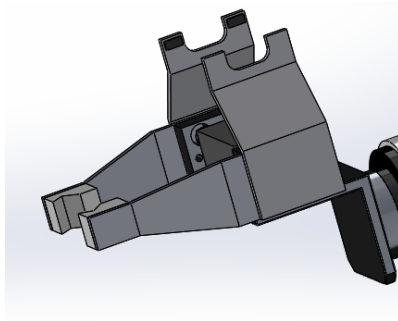
Figura 49. Base para pinza



Fuente: Autores

Pinza neumática. Esta pinza trabaja con aire comprimido. Y tiene gran similitud a la mano humana, permitiendo coger, sostener, ensamblar, almacenar piezas, objetos.

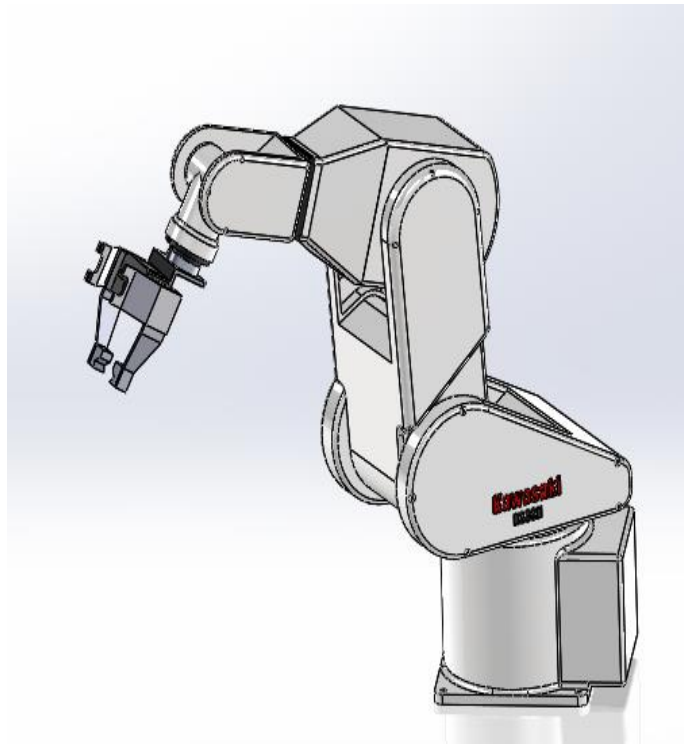
Figura 50. Pinza neumática



Fuente: Autores

La siguiente figura muestra el robot industrial Kawasaki.

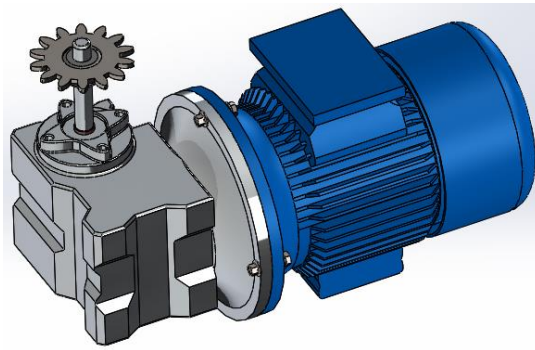
Figura 51. Robot industrial



Fuente: Autores

3.2.1.8 Motor-reductor. Para el movimiento de la banda se necesita de un reductor de velocidad, por lo que se selecciona un motor reductor trifásico de $\frac{1}{2}$ HP, el cual será controlado por un variador de frecuencia.

Figura 52. Motor-reductor

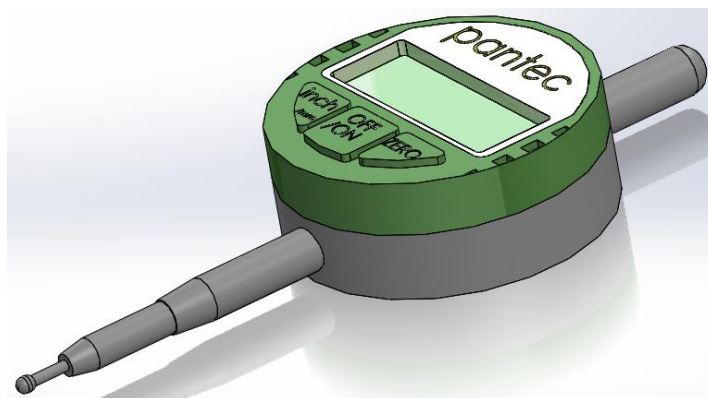


Fuente: Autores

3.2.1.9 *Palpador.* Para el control de calidad se necesita un palpador digital- analógico que permita medir el vaciado de los cuerpos. Para esto se elige un palpador de la marca PANTEC, al cual se le acopla un sistema electrónico para la comunicación con el PLC. Este sistema cuenta con un sensor analógico, en este caso viene a ser un potenciómetro.

Consta de tres cables Los cables rojo y negro se alimentan a +10V y 0V respectivamente, los mismos que son tomados desde el variador de frecuencia. El cable blanco viene a ser la señal y se conecta a la entrada analógica del PLC 1200. Este palpador nos muestra la siguiente grafica en relación al voltaje de la señal analógica. Para más detalles ver el ANEXO D.

Figura 53. Palpador



Fuente: Autores

3.2.2 *Selección de dispositivos.* Se requiere de dispositivos de protección para la estación por lo que se selecciona los siguientes dispositivos utilizados en esta estación mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 8. Selección de dispositivos

| Dispositivo | Modelo |
|--------------------|-------------------|
| BREAKER | CAMSCO C-60K-6.3 |
| GUARDAMOTOR | SIEMENS SIRIUS 3R |
| Paro de emergencia | |

Fuente: Autores

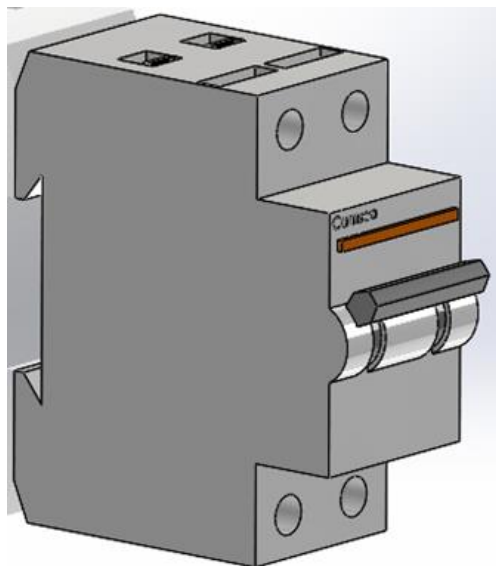
3.2.2.1 Breaker. Se necesita dos breakers para 110 V y 220 V, los mismos que sirven para evitar los sobrevoltajes en los equipos. A continuación se muestra las características técnicas

Tabla 9. Características técnicas Breaker

| Datos técnicos | |
|--------------------|-----------|
| Marca | Camsco |
| Serie | C 60 K-63 |
| Voltaje | 415 V |
| Número de polos | 2 |
| Memoria de trabajo | 150 Kb |
| Montaje | Riel |

Fuente: Autores

Figura 54. Breaker



Fuente: Autores

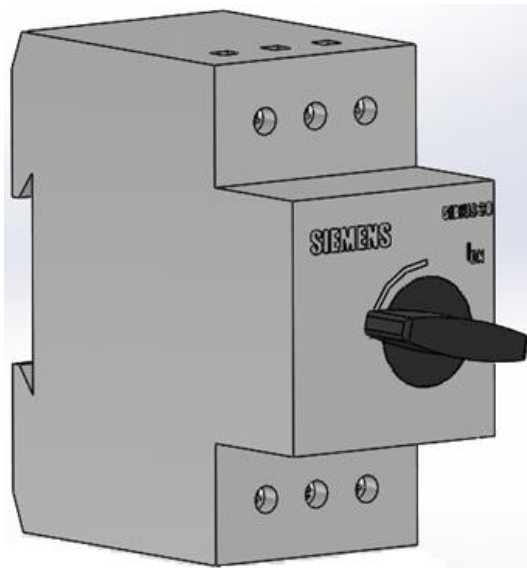
3.2.2.2 Guardamotor. Se debe utilizar un guardamotor para la protección eléctrica del motor-reductor.

Tabla 10. Características técnicas

| Datos técnicos | |
|----------------|-----------|
| Marca | Siemens |
| Modelo | Sirius 3R |
| Clase | 10 |
| Intensidad | 130 A |
| Modelo | Riel |

Fuente: Autores

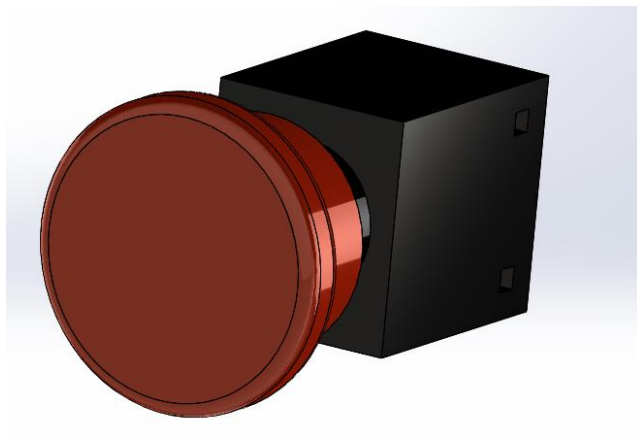
Figura 55. Guardamotor



Fuente: Autores

3.2.2.3 *Paro de emergencia.* La estación requiere de un paro de emergencia, el cual interrumpirá el suministro de las fuentes de alimentación.

Figura 56. Paro de emergencia



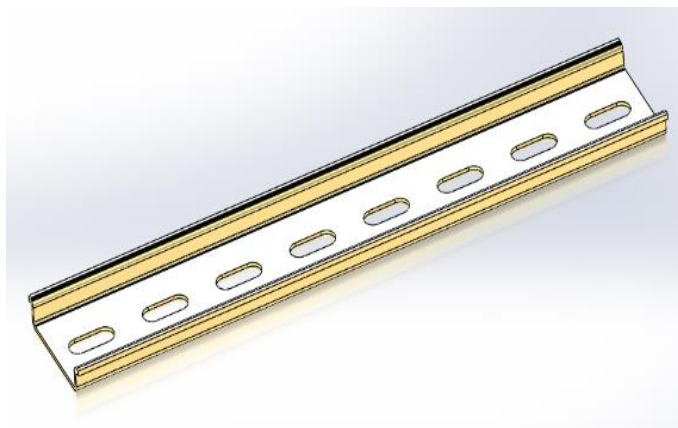
Fuente: Autores

3.2.3 Selección de materiales. Para el montaje de los equipos y dispositivos se requiere de materiales eléctricos, neumáticos. A continuación se detalla los materiales requeridos para las conexiones:

- Riel DIN de 35 mm
- Canaletas
- Cable concéntrico de 3*18
- Cable concéntrico de 2*16
- Terminales en u
- Cable multifilar
- Terminales en forma de U y en punta
- Cables de red
- Conectores
- Cable de interfaz DB 25

3.2.3.1 Riel DIN y canaletas. Se selecciona una riel de 35 mm color dorado para el montaje de los equipos y dispositivos. Se necesita canaletas para el cableado.

Figura 57. Riel DIN



Fuente: Autores

3.2.3.2 Cables de interfaz DB 25. Sirven para realizar las respectivas comunicaciones desde la caja hacia la estación y desde la caja hacia el robot industrial.

Nota: las soldaduras de conexión de los cables DB 25 se realizaron 1 a1, por lo que se recomienda utilizar los cables que fueron asignados para la estación, caso contrario verificar la conexión.

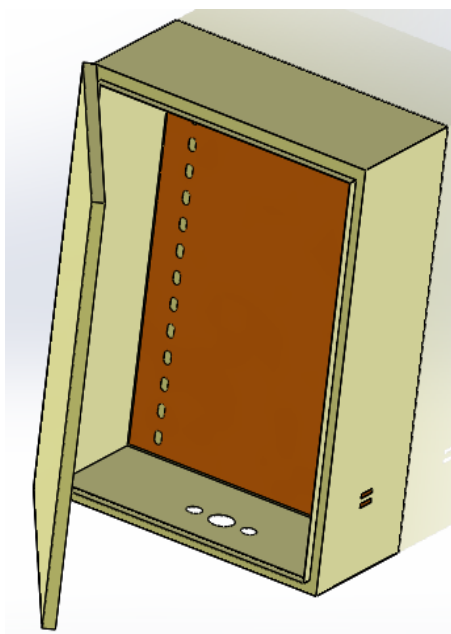
Figura 58. Cables de interfaz



Fuente: Autores

3.2.4 *Selección de tablero.* Debido a la cantidad de equipos como PLCs, dispositivos de seguridad, variador de frecuencia, interruptor y pantalla HMI se opta por un tablero que abarque todos estos componentes. Esta tiene las siguientes dimensiones 60*80*20cm.

Figura 59. Tablero

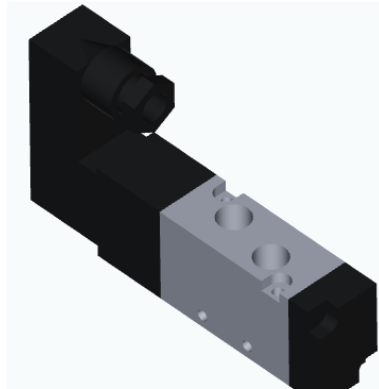


Fuente: Autores

3.2.5 *Selección de elementos neumáticos y electro neumáticos.* Se selecciona los elementos neumáticos y electro neumáticos de acuerdo a las necesidades del proceso.

3.2.5.1 *Electroválvulas.* Se seleccionó una válvula solenoide la cual es operada eléctricamente, trabaja con un voltaje de 24 VDC, posee un retorno por muelle y un accionamiento manual.

Figura 60. Electroválvula



Fuente: Autores

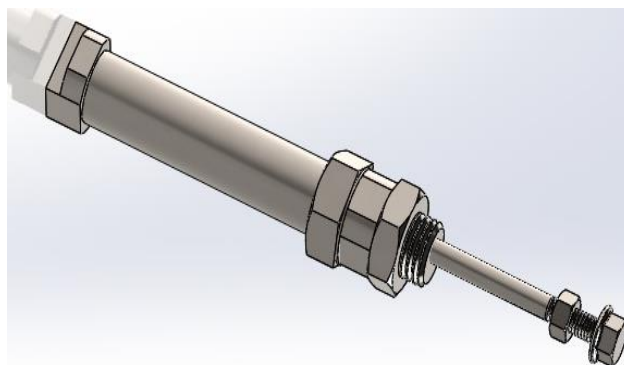
Figura 61. Selección de electroválvulas

| Código | Vías | Conexión | Operador | Referencia | Voltaje | CV |
|--------|------|----------|---------------------|-----------------|---------|------|
| A14005 | 5/2 | 1/4 | Solenoide - resorte | 4V210-08-DC12V | 12 DC | 0,89 |
| A14010 | 5/2 | 1/4 | Solenoide - resorte | 4V210-08-DC24V | 24 DC | 0,89 |
| A14015 | 5/2 | 1/4 | Solenoide - resorte | 4V210-08-AC110V | 110 AC | 0,89 |
| A14020 | 5/2 | 1/4 | Solenoide - resorte | 4V210-08-AC220V | 220 AC | 0,89 |

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.2.5.2 *Cilindro doble efecto.* Cilindro resistente a la oxidación por ser de acero inoxidable, tiene un anillo magnético para el control de la posición, su función es expulsar las probetas.

Figura 62. Cilindro doble efecto



Fuente: Autores

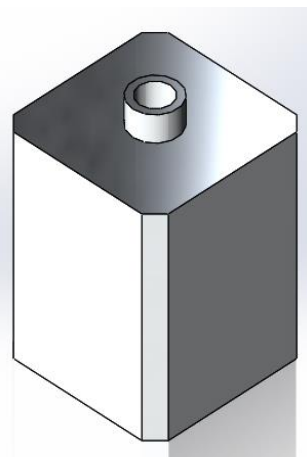
Figura 63. Selección de cilindros doble efecto

| Carrera mm (Pulg) | Diametro del Cilindro en milímetros | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------|----------|
| | 16 | 20 | 25 |
| 25 (1") | AMI16025 | AMI20025 | AMI25025 |
| 50 (2") | AMI16050 | AMI20050 | AMI25050 |
| 75 (3") | AMI16075 | AMI20075 | AMI25075 |
| 80 (3,15") | AMI16080 | AMI20080 | AMI25080 |

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.2.5.3 Cilindro compacto. Estos cilindros se usan para espacios reducidos. Se requieren para frenar la placa portadora de piezas que es transportada por la banda, tienen ranuras para sensores de detección magnéticos

Figura 64. Cilindro compacto



Fuente: Autores

Para la selección de los cilindros se lo hace mediante el catalogo.

Figura 65. Selección de cilindros compactos

| Carrera mm | Diametro del Cilindro en milímetros | | | | |
|---------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 |
| 5 | ASDAS1205 | | | | |
| 10 | ASDAS1210 | ASDAS1610 | ASDAS2010 | ASDAS2510 | ASDAS3210 |
| 15 | ASDAS1215 | ASDAS1615 | ASDAS2015 | ASDAS2515 | ASDAS3215 |
| 20 | ASDAS1220 | ASDAS1620 | ASDAS2020 | ASDAS2520 | ASDAS3220 |
| 25 | ASDAS1225 | ASDAS1625 | ASDAS2025 | ASDAS2525 | ASDAS3225 |

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.2.5.4 *Unidad de mantenimiento.* Puesto que se trabajará con aire comprimido se requiere de dos unidades de mantenimiento, la una que utiliza el robot industrial y la otra para el sistema neumático.

3.2.5.5 *Racores.* Aquellos elementos que proporciona seguridad a los conductos neumáticos en este caso a los pistones. Se seleccionaron NPT de ¼ y 1/8 dependiendo de las características del elemento.

3.2.5.6 *Controladores de flujo.* Se requiere de controladores para regular las velocidades de los diferentes cilindros.

3.2.5.7 *Compresor.* Se requiere de dos compresores el uno para el accionamiento de la pinza neumática. Y el otro para el accionamiento de los cilindros.

Tabla 11. Datos técnicos de compresor

| Datos técnicos compresor robot |
|------------------------------------|
| Potencia del motor: 0,34kW |
| Capacidad de absorción: 50ltr./min |
| Tensión de servicio: 230V AC |
| Peso: 19kg |

Fuente: Autores

Figura 66. Compresor de robot

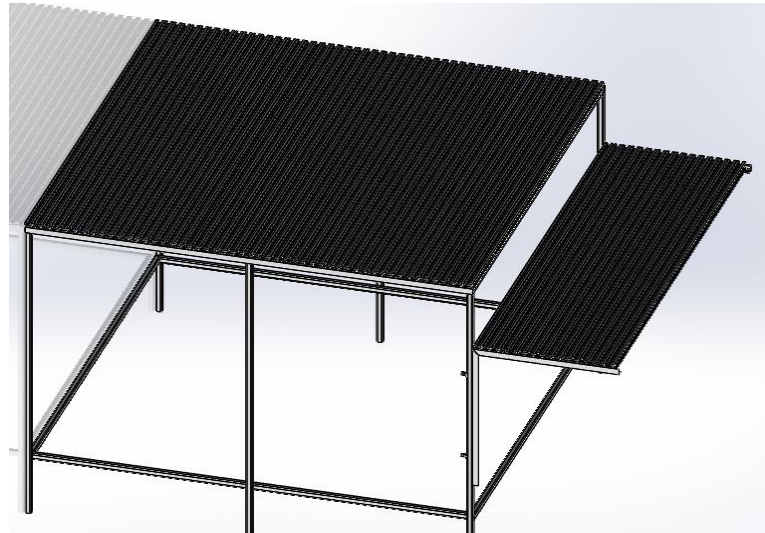


Fuente: Manual Kawasaki

3.3 Montaje de la estación

3.3.1 *Montaje de la estructura.* Para el montaje de la estructura primeramente se debe colocar la base y luego acoplar los tubos cuadrados de aluminio, unidos por medio de arandelas de nylon.

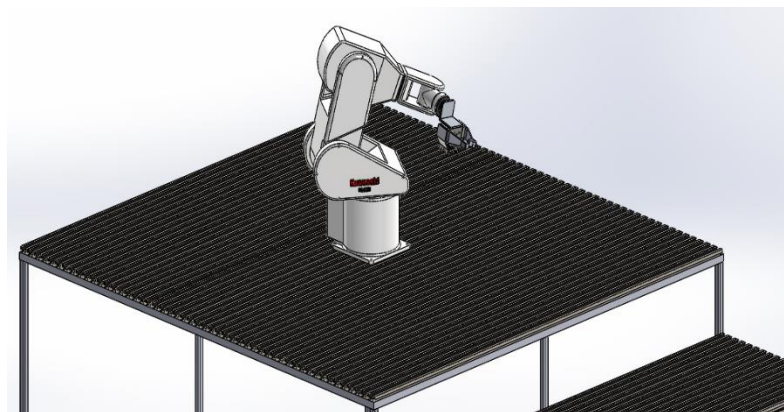
Figura 67. Montaje de estructura



Fuente: Autores

3.3.2 *Montaje de robot industrial.* A un lado de la estructura colocar una placa para fijación del robot, luego sujetar bien la base, seguidamente de los demás cuerpos que componen el robot los mismos que se encuentran detallados en la selección de equipos una vez ya colocados todos los componentes. Colocar la base de la pinza en conjunto con la pinza y sujetar con tornillos micrométricos

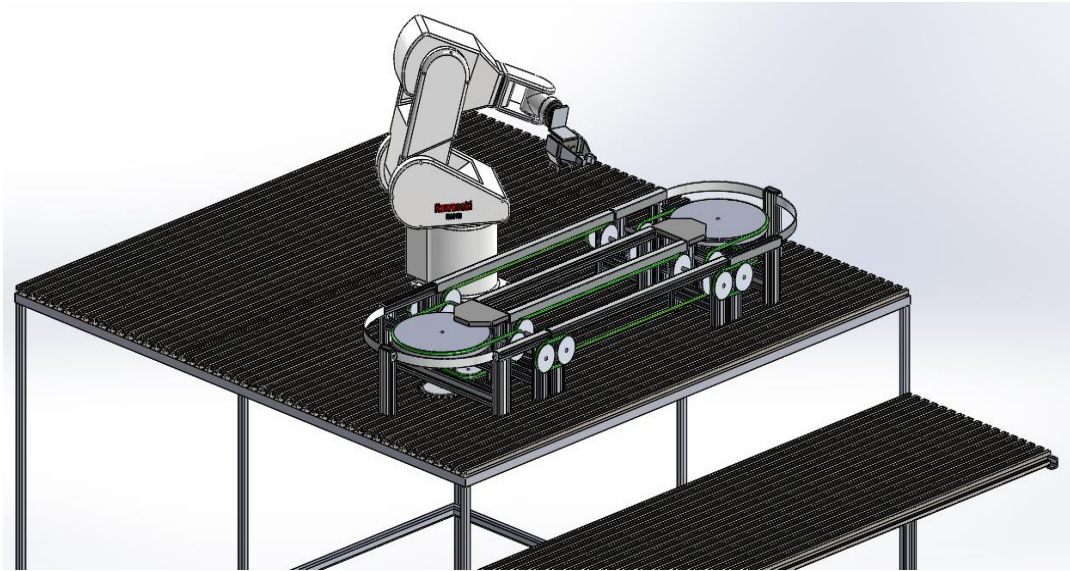
Figura 68. Montaje de robot industrial



Fuente: Autores

3.3.3 Montaje de banda transportadora. Frente al robot montar la banda transportadora con todos sus segmentos y unirlos mediante las poleas de la misma. Sujetar bien la banda para evitar movimientos al momento de trabajar en el proceso.

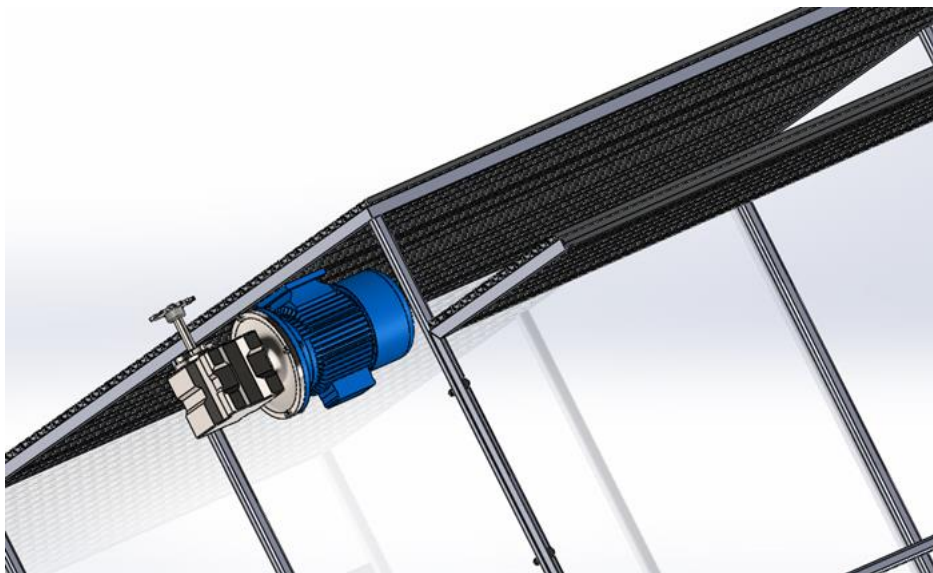
Figura 69. Montaje de banda transportadora



Fuente: Autores

3.3.4 Montaje de motor-reductor. El motor se lo colocará en un extremo de la mesa debajo de la banda, anclado con pernos de sujeción y realizar el tensado de la cadena entre la rueda del eje del motor y la rueda de la banda transportadora.

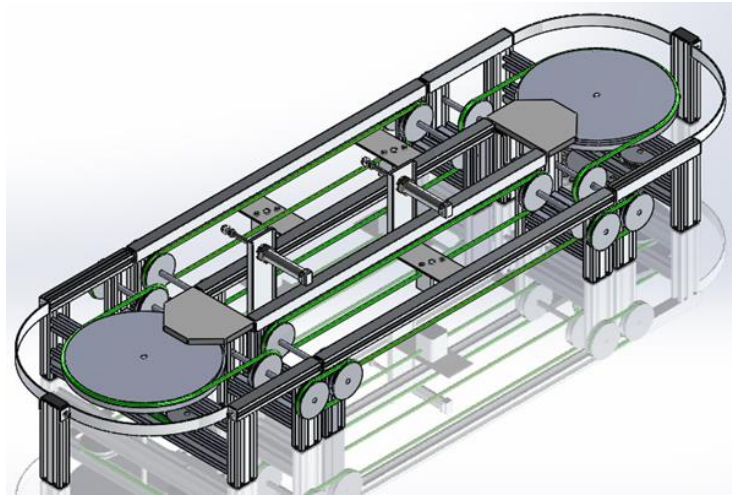
Figura 70. Montaje de motor-reductor



Fuente: Autores

3.3.5 *Montaje de cilindros compactos.* Para montar estos cilindros se divide en tres secciones la banda y se coloca unas placas de aluminio en la banda transportadora en cada una de estas placas se coloca un cilindro.

Figura 71. Montaje de cilindros compactos

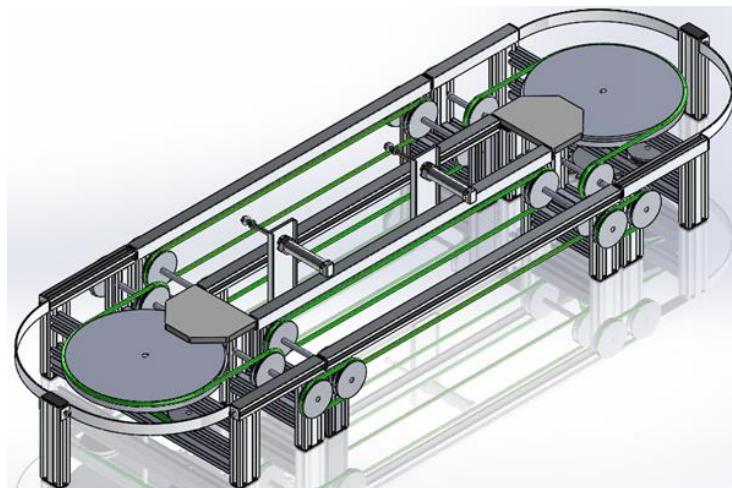


Fuente: Autores

Estos cilindros detendrán a la placa portadora de piezas.

3.3.6 *Montaje de cilindros doble efecto.* Par el montaje de éstos se diseña una base de aluminio, la cual se coloca en la banda trasportadora para montar los cilindros. Fijar bien los pernos para que los cilindros no se muevan al momento de utilizar aire comprimido.

Figura 72. Montaje de cilindros doble efecto



Fuente: Autores

3.3.7 *Montaje de sensor inductivo.* Este sensor va sobre la banda transportadora, el cual sirve para la detección de la placa portadora de piezas.

Figura 73. Montaje de sensor inductivo

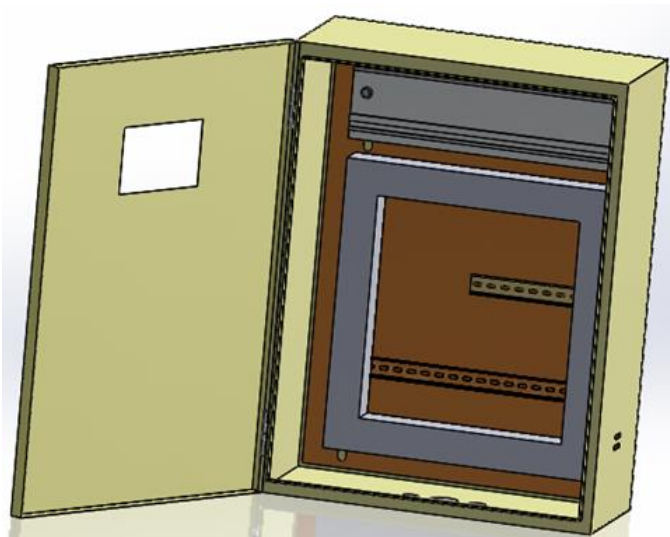


Fuente: Autores

3.3.8 *Canaletas y riel DIN.* Estos materiales deben colocarse en la estación y en el tablero. Primeramente colocar estos elementos sobre la mesa de trabajo utilizando tornillos para su ajuste.

Luego colocar en el tablero de control la canaleta en forma de cuadro en la parte interior, también colocar en la tapa en la parte de atrás. En la riel DIN debe ir montados los equipos y dispositivos.

Figura 74. Montaje de canaletas y riel DIN



Fuente: Autores

3.3.9 *Montaje de los elementos del tablero de control.* Sobre la caja de control se ubica primero la riel DIN, las canaletas y luego los demás equipos y dispositivos.

El PLC por ser el elemento principal se ubicará en la parte superior del módulo, esto facilitará una visualización clara del funcionamiento del autómata cuando esté en modo RUN o cuando el programa está funcionando.

3.3.9.1 Montaje de riel para PLC 1500. Primeramente Colocar el perfil de soporte y taladrar los orificios de montaje atornillar los pernos de sujeción.

3.3.9.2 Montaje de PLC 1500. El PLC 1500 se colocará en la parte superior del tablero, por ser el elemento principal para ellos seguir los siguientes pasos:

- Enganche la fuente de alimentación en el perfil de soporte y atornille.
- Enganche la CPU en el perfil de soporte, colocarse a lado de la fuente de alimentación y atornille.
- Enganche los módulos de entradas y salidas y atornille.

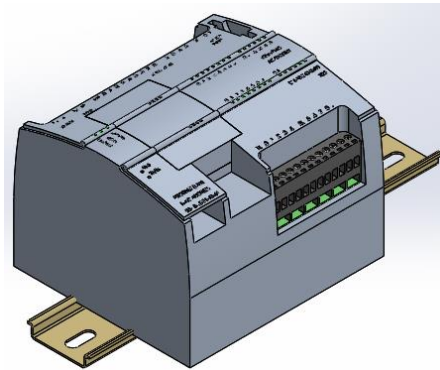
Figura 75. Montaje de PLC 1500



Fuente: Autores

3.3.9.3 *Montaje de PLC 1200.* Anterior a esta acción se debe colocar la riel DIN normalizada en la caja mediante pernos de sujeción, para el montaje del equipo enganchar en la parte superior de la ranura del PLC, extraer el clip de fijación de la parte inferior y oprimir hasta que encaje en la riel.

Figura 76. Montaje de PLC 1200



Fuente: Autores

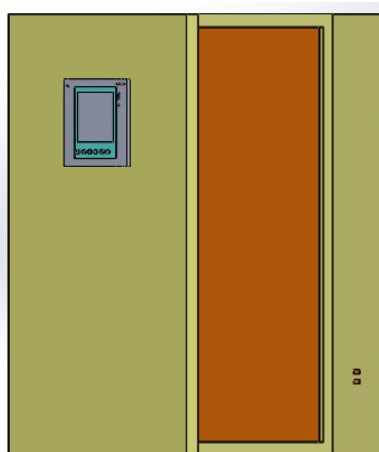
3.3.9.4 *Montaje de Signal Board.* Para el montaje seguir los siguientes pasos:

- Con un destornillador levantar la tapa de la parte posterior de arriba de la CPU y retírela.
- Colocar la SB y oprimir hasta que encaje correctamente.

3.3.9.5 *Montaje de switch CSM 1277.* La forma de montaje es similar a la CPU del PLC 1200. Se engancha por la parte superior sobre el perfil DIN, extraer el clip de fijación presionar el clip de fijación de la parte inferior y oprimir hasta que encaje en la riel.

3.3.9.6 *Montaje de HMI.* Primeramente recorta el tablero de acuerdo a las dimensiones de la pantalla y colocarla por delante. Luego insertar los espárragos y colocar las mordazas y ajustar con un destornillador. El par de apriete admisible es de 0,2Nm

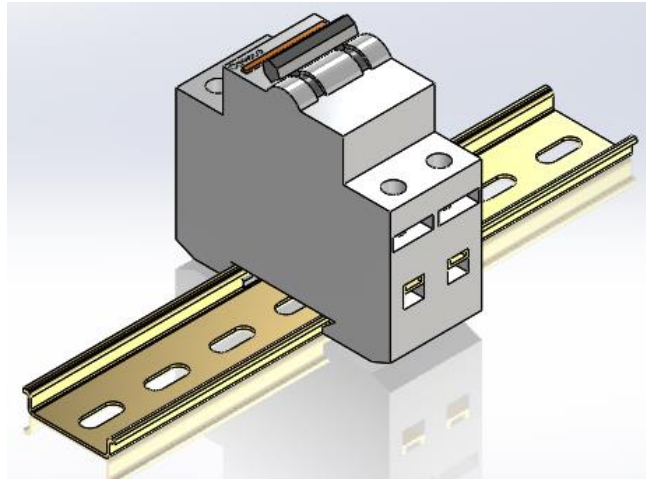
Figura 77. Montaje HMI



Fuente: Autores

3.3.9.7 *Colocación de dispositivos de seguridad.* Enganchar los dos breakers y guardamotor en la parte superior.

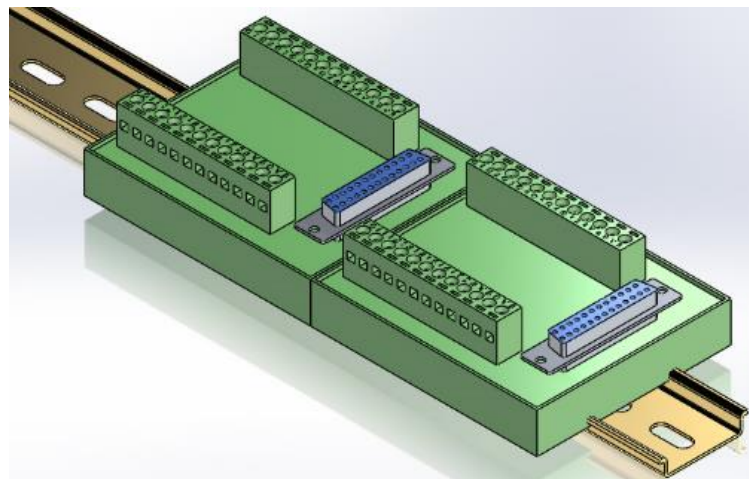
Figura 78. Montaje de dispositivos de seguridad



Fuente: Autores

3.3.9.8 *Montaje de tarjetas Syslink.* En la riel DIN enganchar las tarjetas por la superior y presionar en la parte inferior hasta que encaje en la riel.

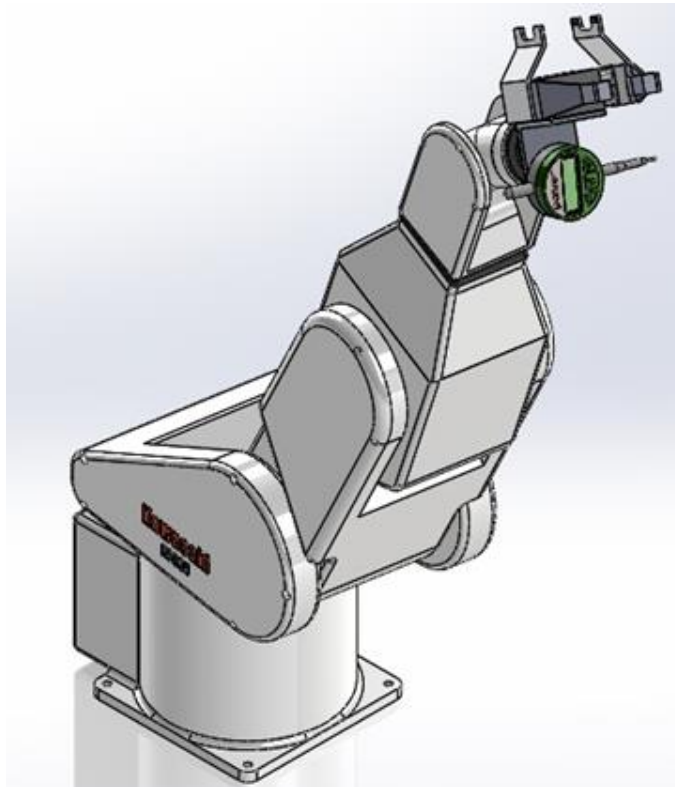
Figura 79. Montaje de Syslink



Fuente: Autores

3.3.10 *Montaje de palpador en robot industrial.* Para montar el palpador se coloca un ángulo de acero inoxidable junto a la base de la pinza neumática y ajustar los tornillos milimétricos y ajustar el tonillo del palpador para que quede fijo.

Figura 80. Montaje de palpador



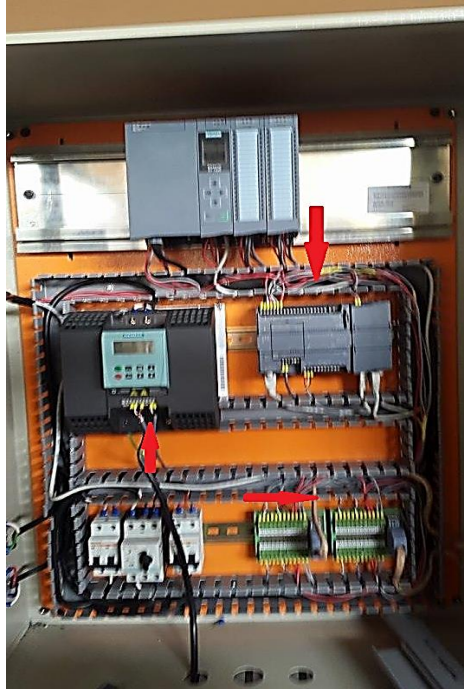
Fuente: Autores

3.3.11 *Montaje de cableado del tablero.* Se realiza las respectivas conexiones de los equipos y dispositivos de la siguiente forma:

- Conectar los conectores frontales de las entradas y salidas del PLC 1500 a las dos tarjetas Syslink respectivamente.
- El variador de frecuencia se debe conectar al PLC 1200 y al motor-reductor
- El guardamotor debe estar conectado al motor-reductor
- Los breakers deben conectarse a las fuentes de 220V y 110V respectivamente.
- La pantalla KTP debe conectarse a los dos PLCs
- La pantalla KTP, El PLC 1500 y PLC 1200 deben conectarse al puerto RJ45 del switch mediante Ethernet.
- Conectar los cables de masa respectivamente.
- El palpador debe conectarse a 0 V y 10 V del variador de frecuencia, a la entrada analógica del PLC 1200.
- Realizar las respectivas conexiones de los cables de masa.

Para una mejor comprensión ver el diagrama unifilar del ANEXO E.

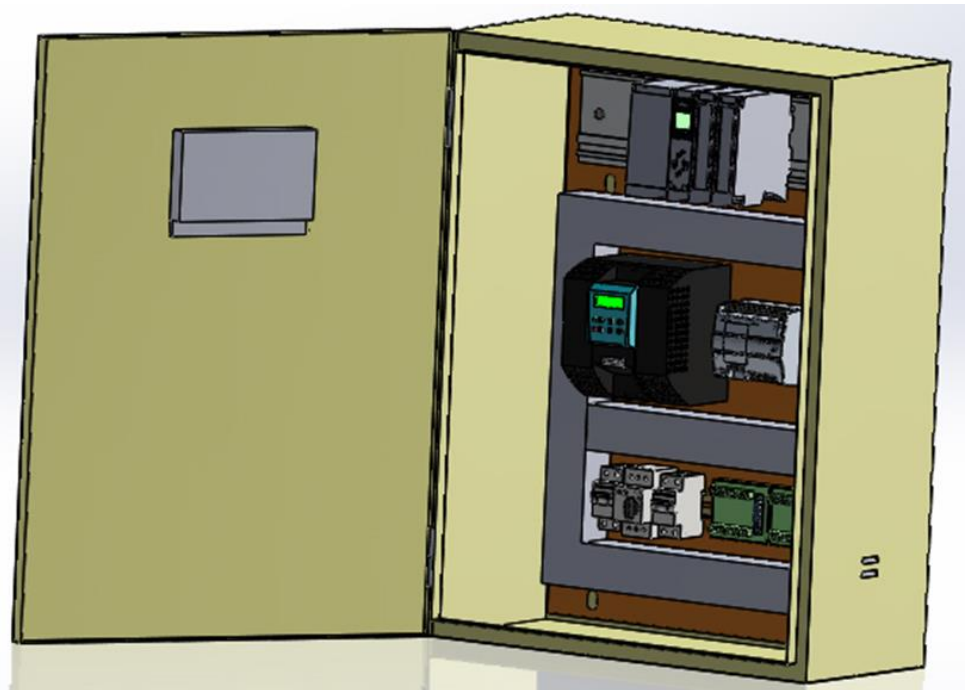
Figura 81. Montaje de tablero



Fuente: Autores

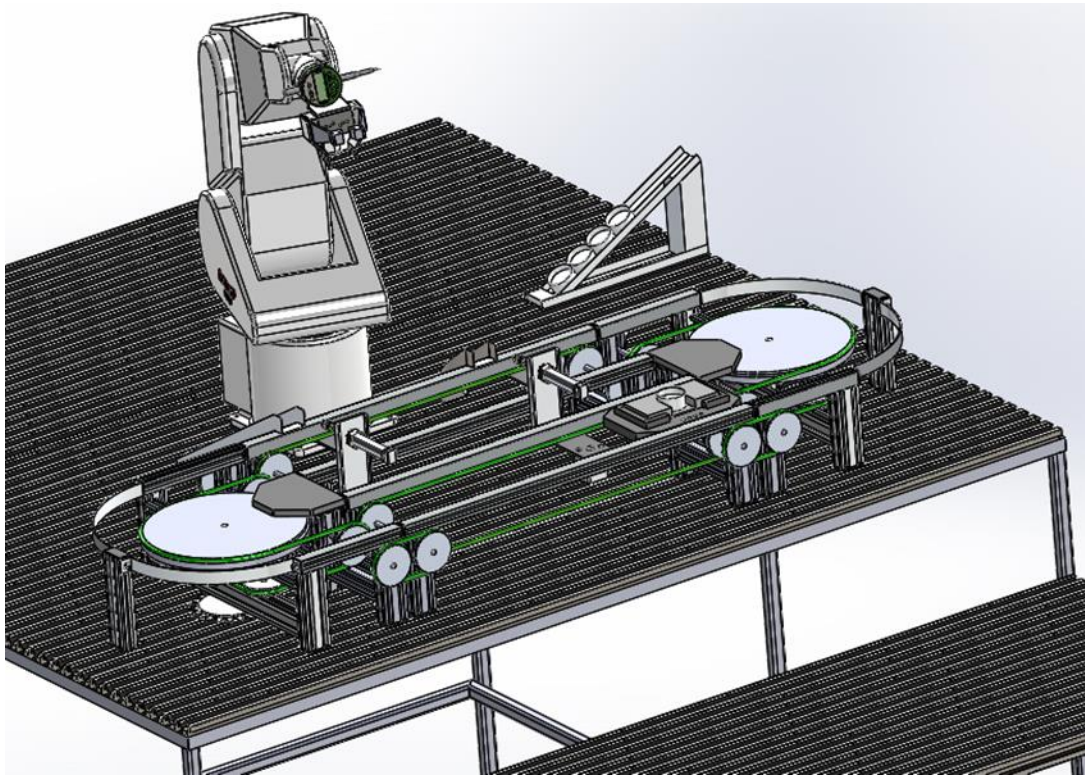
3.3.12 *Montaje final de la estación.* La figura 83 y 84 muestra el montaje final de la estación.

Figura 82. Montaje final de caja de control



Fuente: Autores

Figura 83. Montaje final de la estación



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. PROGRAMACIÓN PLC 1500 Y 1200, ROBOT INDUSTRIAL Y PANTALLA TÁCTIL.

4.1 Descripción del proceso de control de calidad

El proceso de la estación para el control de calidad se da mediante 5 etapas detalladas a continuación. Antes de empezar el proceso colocar manualmente las probetas en la rampa de alimentación.

Las etapas del proceso son las siguientes:

Etapa 0.

Inicio de proceso. Esta etapa empieza al presionar el botón “INICIO” dando lugar a la activación de la banda, la misma que es accionada por un motor-reductor trifásico, girando en sentido horario. La placa portadora de piezas es transportada y detectada por un sensor inductivo, en este instante el robot empieza a trabajar. La placa es transportada hacia la siguiente etapa.

Etapa 1.

Colocación de probeta. La placa portadora de piezas es detenida por el pistón del cilindro 1. En esta etapa el robot toma la probeta de la rampa de alimentación y la lleva hasta la placa portadora de piezas. Luego es transportada hacia la siguiente etapa.

Etapa 2.

Medición de vaciado. La placa portadora de piezas en conjunto con la probeta es detenida por el pistón del cilindro 2. En esta etapa el robot realiza el control de calidad de piezas ya fabricadas mediante un palpador; si la probeta cumple con las medidas de vaciado se acepta y el pistón del cilindro 5 expulsa hacia la rampa de piezas aceptables, luego la placa portadora es transportada hacia la Etapa 0 e inicia nuevamente el proceso. En caso

de que las probetas no cumplan con las medidas de vaciado son transportadas hacia la etapa.

Etapa 3.

Expulsión de probetas. Al llegar a esta etapa la probeta es expulsada por el pistón del cilindro 4 hacia la rampa de piezas defectuosas. Después es transportada a la Etapa 0 e inicia nuevamente el proceso.

Etapa 4.

Fin de proceso. Al presionar el botón “Finalizar” el proceso termina.

Nota: también se puede desactivar la estación presionando el botón “PARO” de la pantalla o el paro de emergencia manual.

4.2 Comunicación vía ETHERNET

La red Ethernet es muy conocida en el campo industrial y utilizado en los diferentes componentes de la tecnología de automatización. El objetivo común entre el fabricante y los usuarios es realizar una comunicación más efectiva entre los diferentes dispositivos de los sistemas automatizados

Para una mejor visualización de un proceso controlado por PLCs se requiere la comunicación en línea de un panel de operador que le permita al usuario controlar, supervisar y adquirir datos de un proceso industrial.

4.2.1 *Comunicación en red.* LA CPU S7-1500 puede comunicarse con otras CPUs, HMI, otros dispositivos que utilicen protocolo de comunicación.

Para este proceso se utiliza una comunicación en red, puesto que se cuenta con los siguientes dispositivos interconectados: PLC 1500, PLC 1200 Y HMI, utilizando un Switch Ethernet CSM 1277.

Figura 84. Comunicación de red

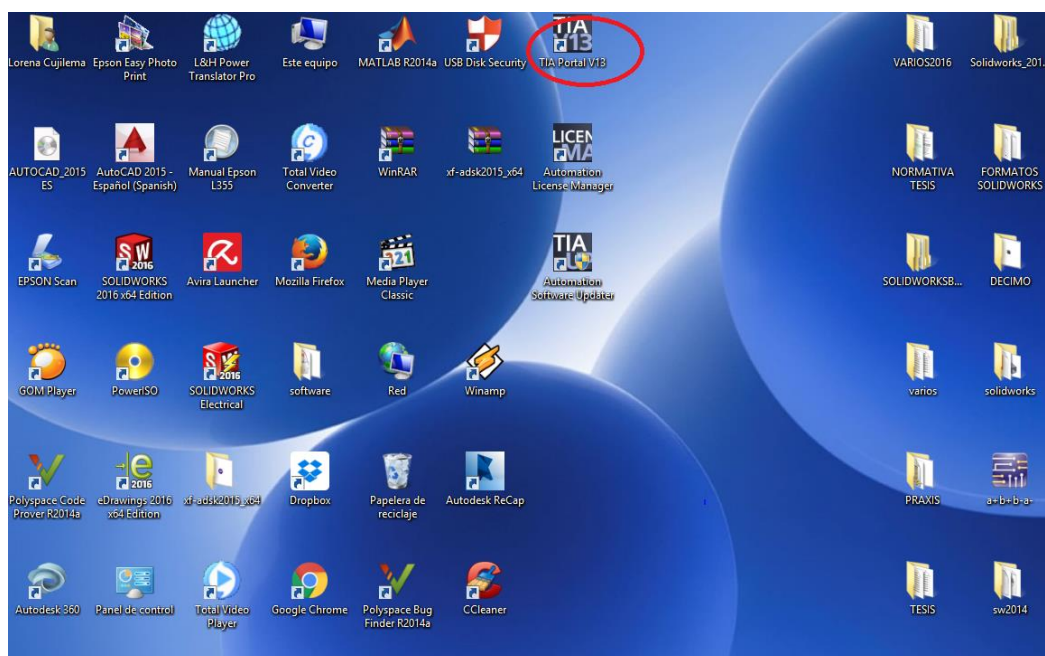


Fuente: Autores

4.3 Pasos preliminares para la programación

Para empezar con la programación, primeramente se debe tener instalado en el computador el Software Step 7 Professional V13 (TIA PORTAL) con su respectiva licencia.

Figura 85. TIA PORTAL

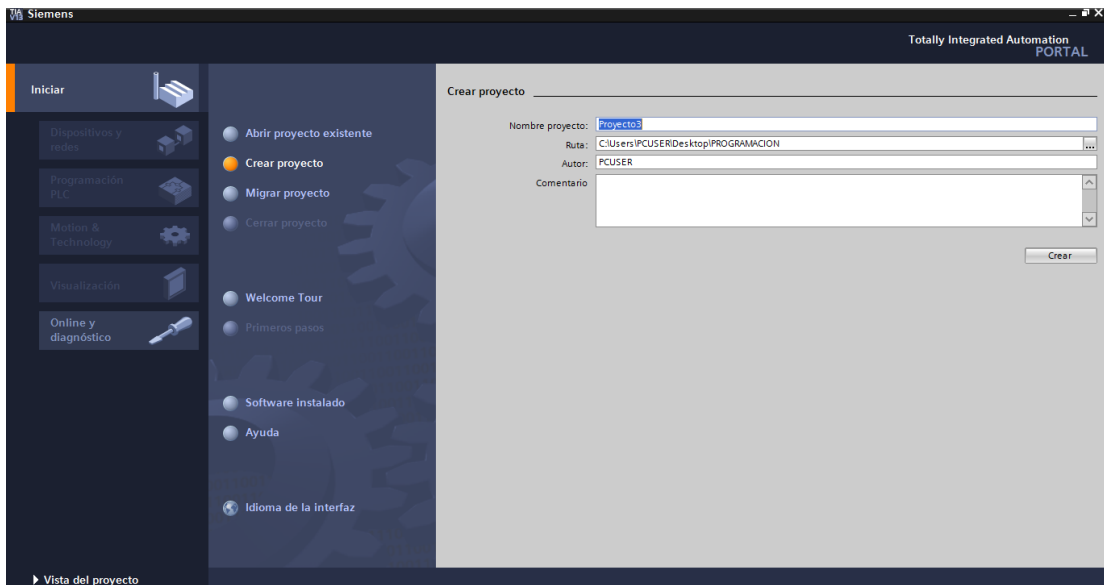


Fuente: Autores

4.3.1 Pasos preliminares. Antes de programar los dispositivos se debe realizar los siguientes pasos.

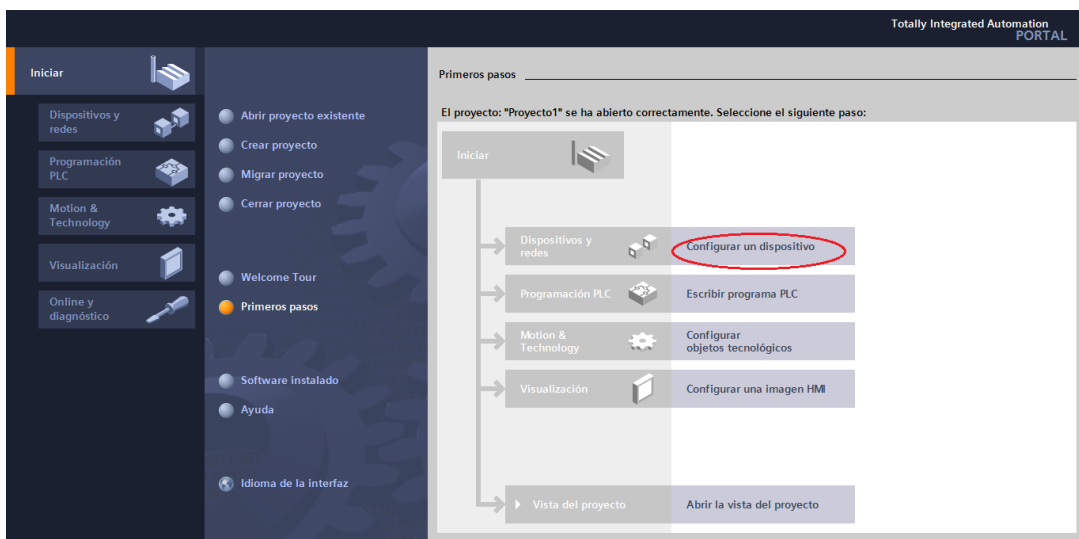
Para empezar con la programación se crea un nuevo proyecto en el software TIA PORTAL y se configura los dispositivos como se muestra en la siguiente figura:

Figura 86. Crear proyecto



Fuente: Autores

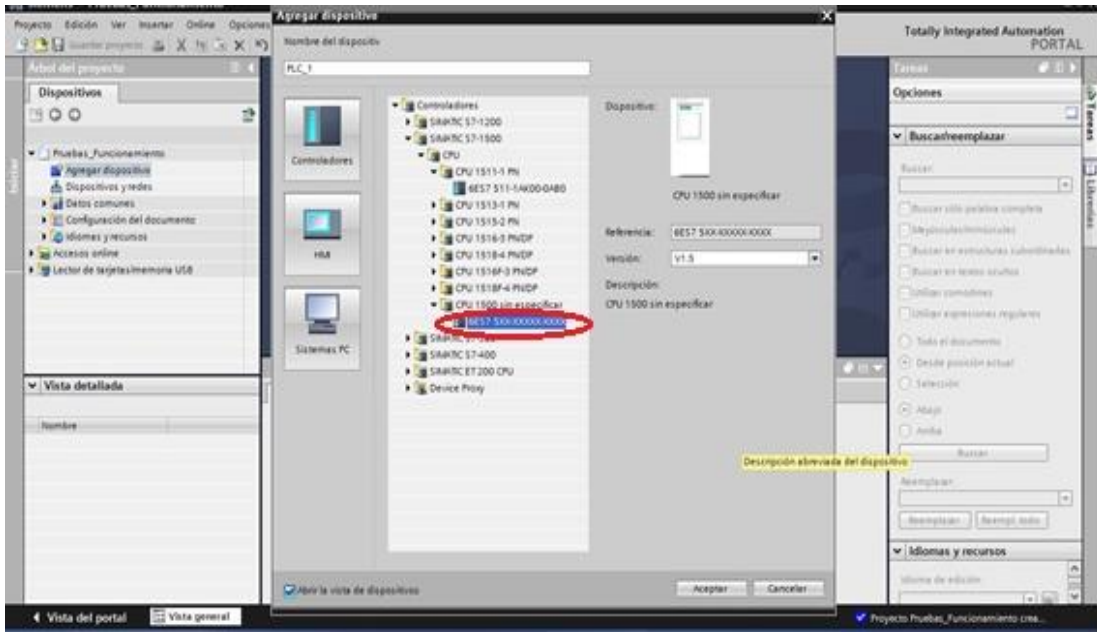
Figura 87. Configuración de dispositivo



Fuente: Autores

A Continuación nos muestra una pantalla donde se debe seleccionar agregar dispositivo, luego nos muestra los diferentes dispositivos. Primeramente se agrega el PLC 1500 en este caso la CPU 1511 –PN sin especificar, y se determina. Lo mismo se realizará con el PLC 1200 CPU 1214-AC/DC/RLY y agregar LA KTP 600 Basic Panel PN.

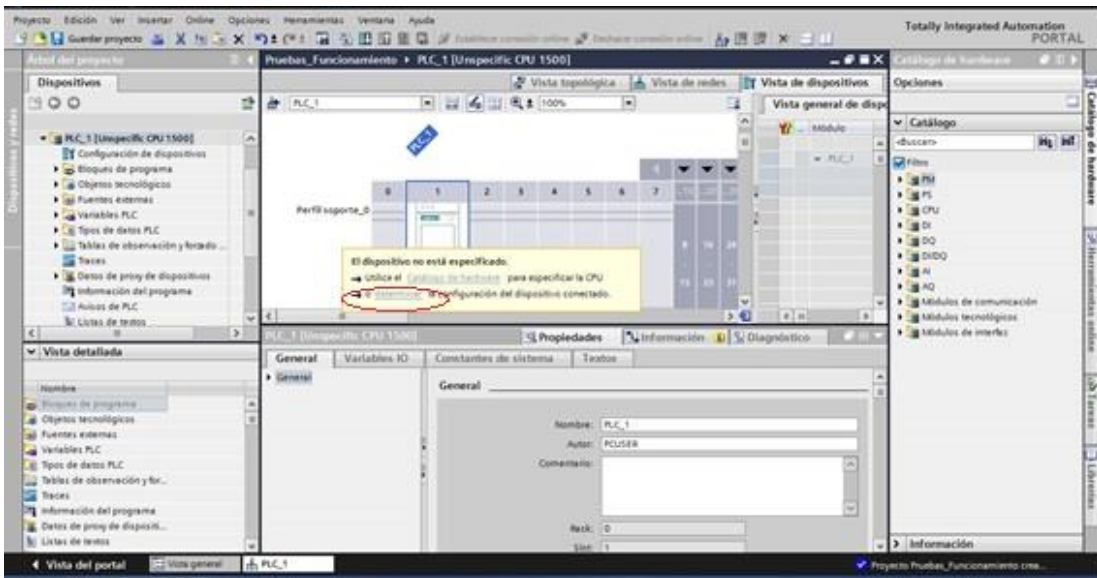
Figura 88. Agregar dispositivo



Fuente: Autores

La siguiente figura muestra la ventana de determinación de dispositivos

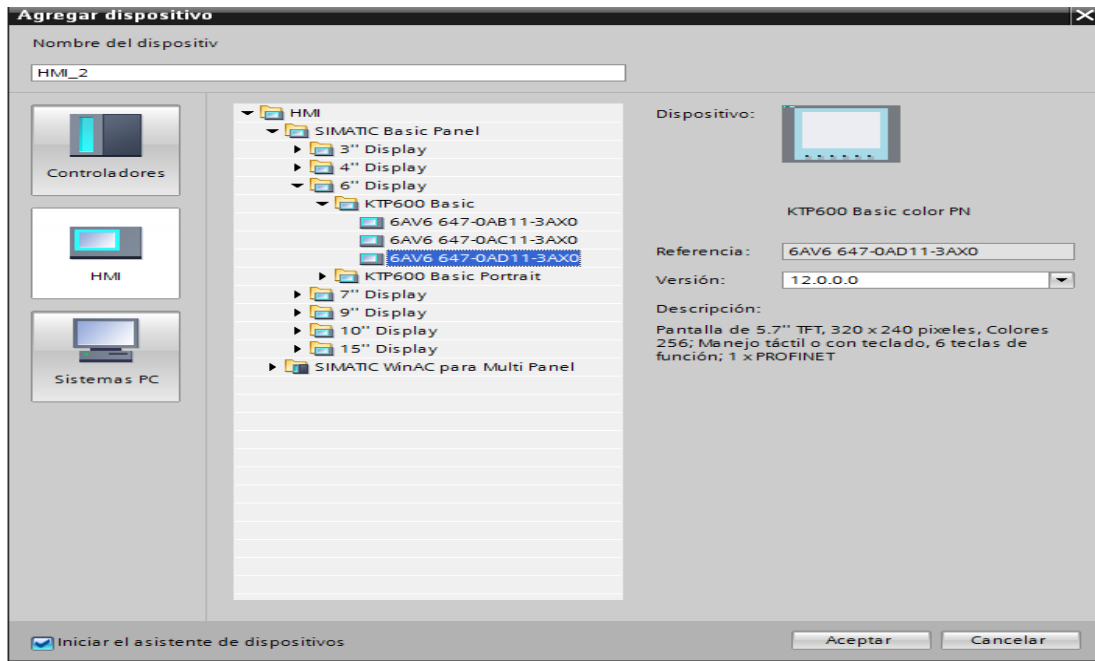
Figura 89. Determinación de dispositivos



Fuente: Autores

La figura 90 nos muestra la ventana de agregar dispositivo en este caso se agrega la pantalla HMI, KTP 600 Basic de 6 pulgadas de display.

Figura 90. Agregar HMI



Fuente: Autores

A todos estos dispositivos se deben configurar las direcciones IP de cada uno.

4.4 Programación.

4.4.1 Programación PLCs. Para la programación de los PLCs se debe realizar la programación en cada uno de ellos. La programación para el PLC 1500 tiene que realizarse en conjunto con la programación del robot se van utilizar las entradas y salidas del robot en el PLC y también vincular las variables del PLC con los botones de la pantalla. Y la programación del PLC 1200 tiene que ver con el variador de frecuencia y palpador en nuestro caso.

4.4.1.1 Asignación de variables PLC 1500. Una vez configurada la dirección IP y seleccionado el PLC nos dirigimos a la parte de árbol del proyecto de la pantalla y escogemos el ítem de variables de PLC y declaramos las variables que utilizaremos en esta programación. Los detalles de la asignación de variables se encuentran en el ANEXO F.

En la siguiente imagen se observa las variables del PLC 1500 para esto se selecciona el PLC y escogemos Variables de PLC y mostrar tabla de variables

Figura 91. Variables del PLC

| | Nombre | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Visibl... | Acces... | Comentario |
|----|------------------|---------------|-----------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| 1 | sensor_inductivo | Bool | %I0.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 2 | i1R | Bool | %I1.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 3 | i2R | Bool | %I1.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 4 | i3R | Bool | %I1.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 5 | i4R | Bool | %I1.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 6 | banda | Bool | %Q1.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7 | cil1 | Bool | %Q0.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 8 | cil2 | Bool | %Q0.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 9 | cil3 | Bool | %Q0.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 10 | cil4 | Bool | %Q0.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 11 | cil5 | Bool | %Q0.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 12 | o1r | Bool | %Q1.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 13 | o2r | Bool | %Q1.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 14 | o3r | Bool | %Q1.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 15 | o4r | Bool | %Q1.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 16 | camino_cil2 | Bool | %M7.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 17 | camino_cil3 | Bool | %M7.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 18 | salida | Bool | %M7.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 19 | mt6s | Bool | %M7.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 20 | mcil2 | Bool | %M7.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 25 | msubida2 | Bool | %M8.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 26 | msal3r | Bool | %M8.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 27 | mem or4 | Bool | %M8.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 28 | i5r | Bool | %I1.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 29 | Tag_2 | Bool | %M9.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 30 | MANUAL | Bool | %M20.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 31 | AUTO | Bool | %M20.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 32 | MAN_PANT | Bool | %M20.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 33 | PUL1_PANT | Bool | %M20.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 34 | PUL2_PANT | Bool | %M20.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 35 | PUL3_PANT | Bool | %M20.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 36 | PUL4_PANT | Bool | %M20.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 37 | INI_PANT | Bool | %M20.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 38 | PARO_PANT | Bool | %M21.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 39 | MEM_INI | Bool | %M21.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 40 | Tag_3 | Bool | %M25.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 41 | INI_BANDA_PANT | Bool | %M21.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 42 | PARO_BANDA_PANT | Bool | %M21.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 43 | BANDA_PANT | Bool | %M21.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 44 | ICIL3 | Bool | %M21.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 45 | PCIL3 | Bool | %M21.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 46 | MCIL3 | Bool | %M21.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 47 | ICIL1 | Bool | %M22.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 48 | PCIL1 | Bool | %M22.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |

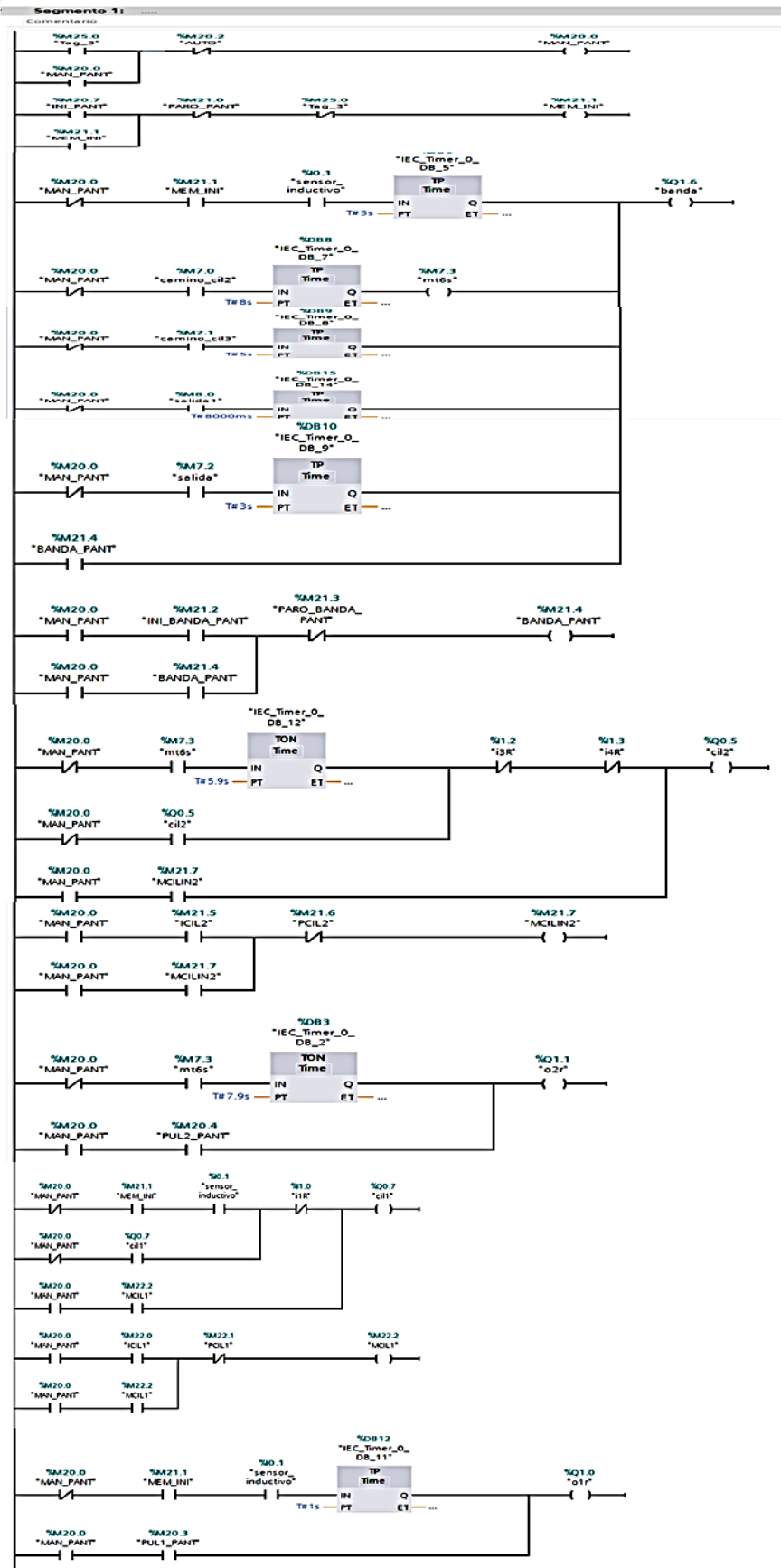
Fuente: Autores

Al momento de realizar la programación debe estar definir la secuencia que vamos a realizar, en este caso son 3 procedimientos principales que deben ejecutar tanto la banda como el robot, el transporte de una pieza de aluminio de un diámetro de 40mm y de altura 20 mm, la medición del vaciado de la misma y la expulsión de cada una de las piezas pieza.

- *Segmentos de programación.* La programación se realiza mediante segmentos

Segmento 1. Este segmento está programado para la activación de la banda, el sensor inductivo detecta la presencia del palet o placa portadora de piezas, activa el final de carrera del cilindro 1 y 2, para el avance del palet hacia el cilindro 2. De igual forma está programado para que el robot coja la pieza, coloque en el palet y realice la medición de vaciado. Para estas condiciones se lo hace mediante temporizadores.

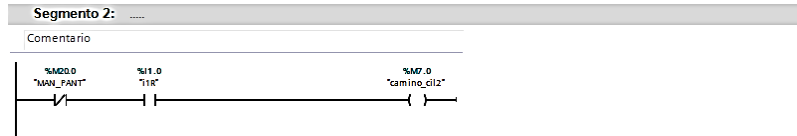
Figura 92. Segmento 1



Fuente: Autores

Segmento 2. Colocada la pieza en el palet, el robot se dirige a la posición 2 para realizar la respectiva tarea y al mismo tiempo el palet es transportado hacia el cilindro 2.

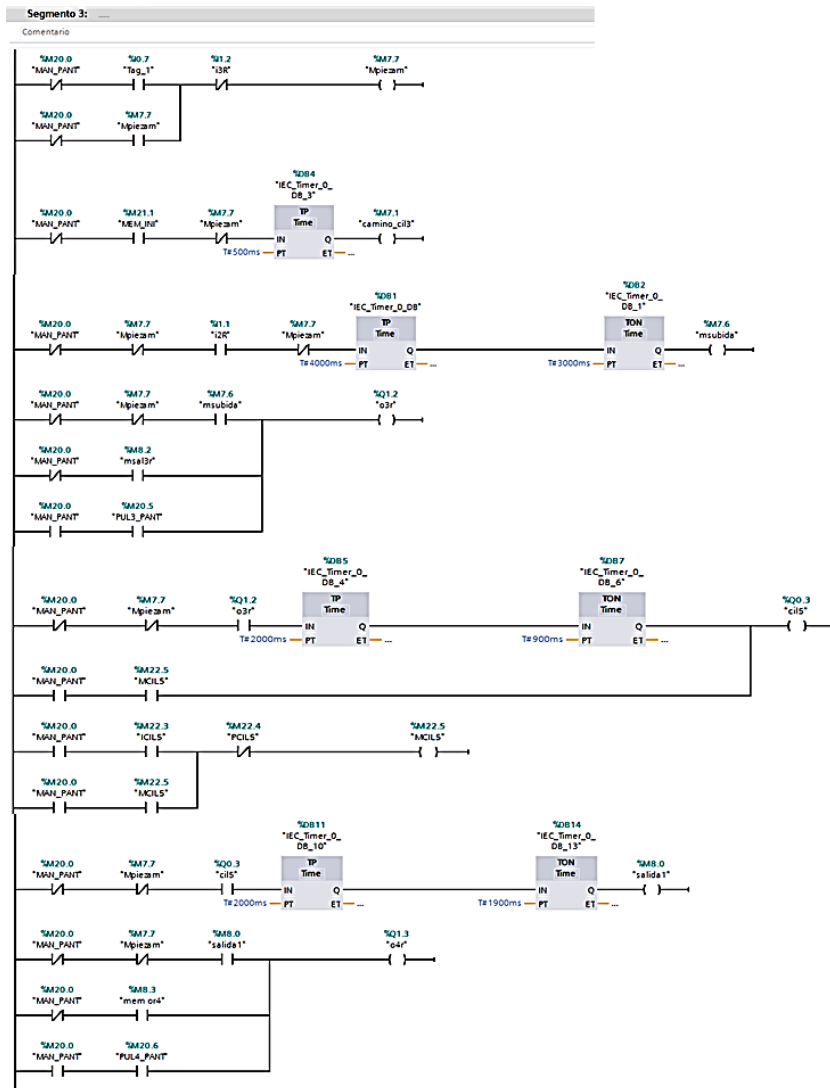
Figura 93. Segmento 2



Fuente: Autores

Segmento 3. El robot baja el palpador para medir el vaciado de la probeta, si cumple con las dimensiones requeridas el cilindro 5 expulsa la pieza, caso contrario el palet se transporta hacia el cilindro 3.

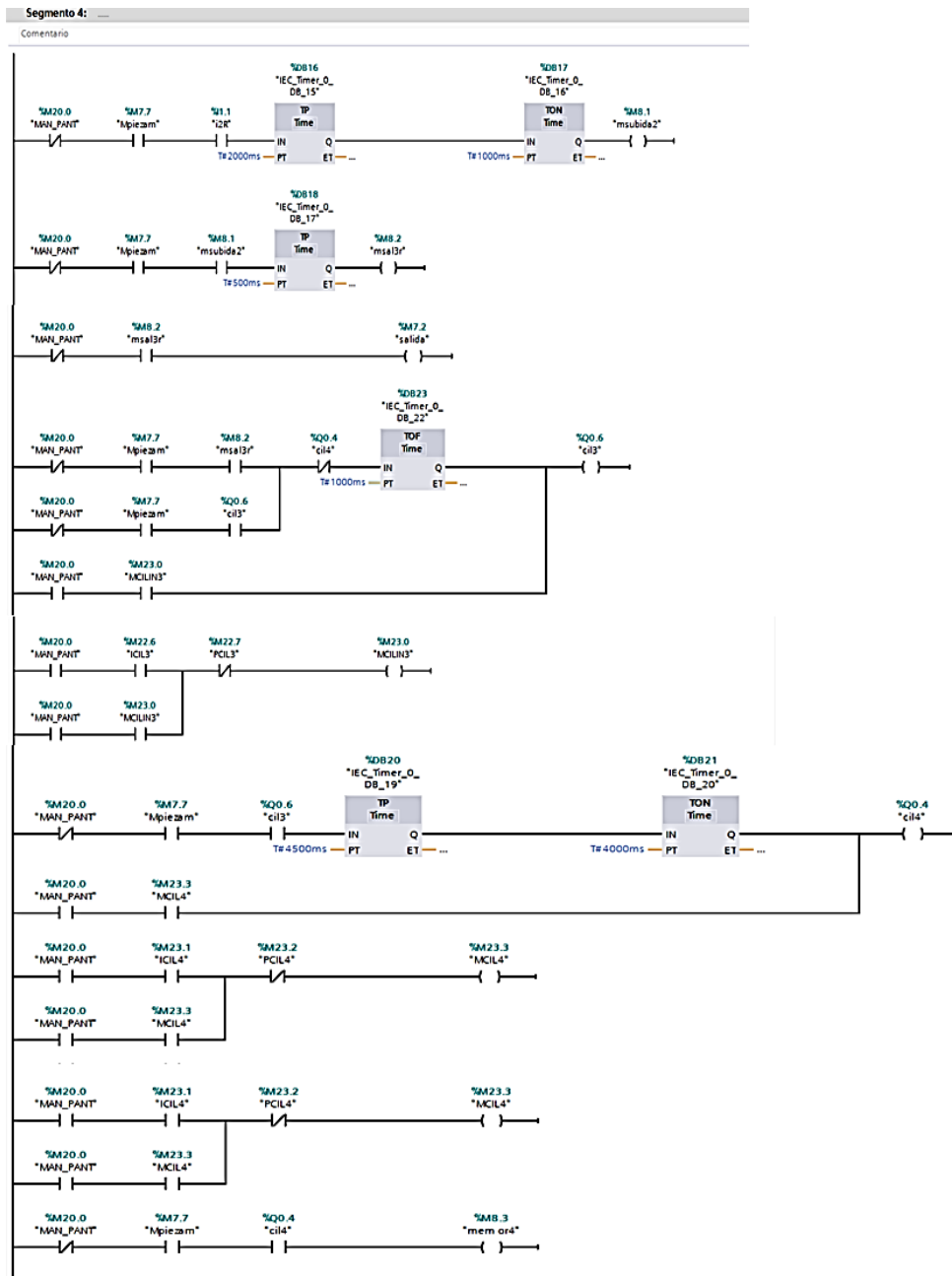
Figura 94. Segmento 3



Fuente: Autores

Segmento 4. Si el palpador indica que la pieza tiene otras dimensiones, el palet con la pieza avanza al cilindro 3 para ser expulsado por el cilindro 4. El robot ejecuta la posición 4

Figura 95. Segmento 4



Fuente: Autores

4.4.1.2 Programación PLC 1200. La programación del PLC 1200 se realiza para controlar la velocidad del motor-reductor mediante el variador de frecuencia y el palpador mediante las herramientas de normalizado y escalado. Ver ANEXO G.

4.4.2 Programación de interfaz HMI. Para elaborar la pantalla primeramente se comunica la pantalla con el PLC 1500, luego programamos la HMI, para esto vamos a crear las imágenes necesarias para nuestro proceso y en cada una de ellas colocamos botones, los cuales son vinculados con la programación DEL PLC y de esta manera controlar la estación.

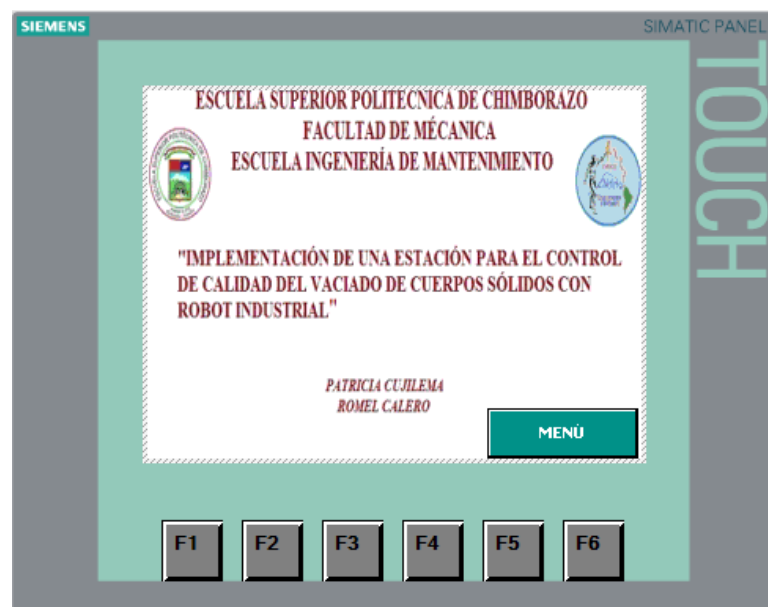
Una vez creadas las imágenes se crea los botones en cada imagen para vincular con las variables del PLC, antes se debe asignar variables a la HMI para más detalles ver ANEXO H.

En este caso hemos creado 5 imágenes distribuidas de la siguiente manera:

- CARÁTULA
- MA
- MA_AU
- AUTO
- PROCESO
- ROBOT

La imagen raíz en nuestro trabajo viene a ser la CARÁTULA, al pulsar “MENÚ” nos lleva a la siguiente imagen.

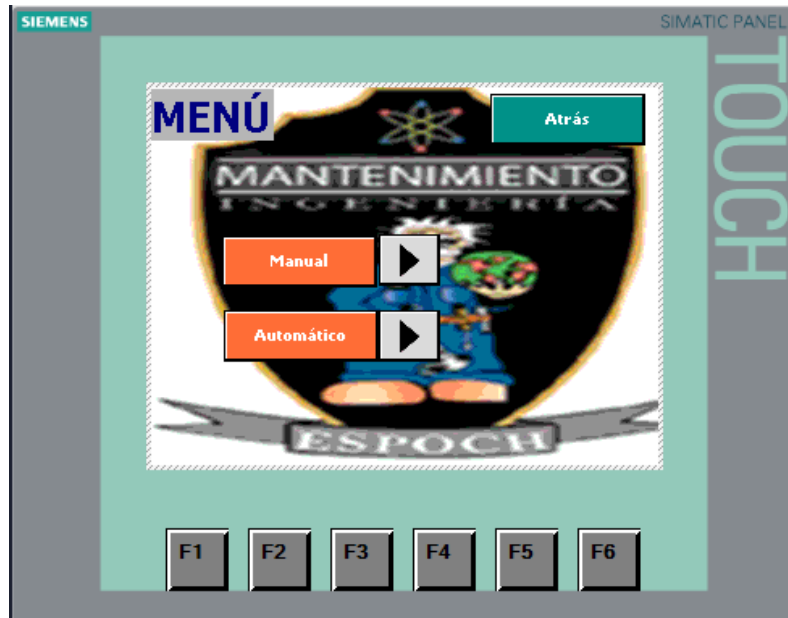
Figura 96. Imagen raíz



Fuente: Autores

En esta imagen podemos escoger que nuestro proceso sea Manual o Automático. Si pulsamos el botón “Manual” se abre la siguiente imagen mostrándonos el control manual para el robot y el proceso. Si se pulsa el botón “Automático” se abre la imagen de modo continuo.

Figura 97. Selección de modo



Fuente: Autores

Figura 98. Modo manual



Fuente: Autores

Una vez pulsado el botón “PROCESO” se abre la imagen de la figura 1, y nos muestra todos los procedimientos a seguir para ejecutar de forma manual, cabe recalcar que para este modo se debe trabajar en conjunto con los dos botones de “PROCESO” y “ROBOT”. Al presionar “banda_inicio” la banda se activa y transporta el palet hacia el cilindro 1. Luego se debe pulsar “cil_1” para que este cilindro frene al palet. En este instante se debe pulsar el botón “Posición_1” para que el robot coja la pieza y la coloque en el palet. El palet avanza hacia el cilindro 2 y es frenado, en este instante pulsar “Posición_2” para que el robot mida el vaciado con el palpador.

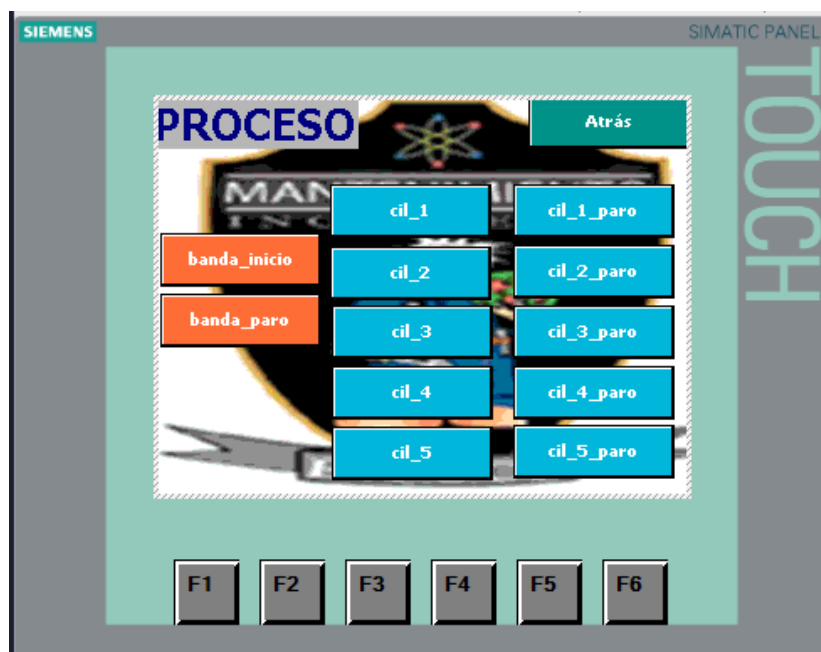
Pulsar “Posición_3” para que robot suba el palpador.

Una vez medido el vaciado se deberá verificar la medición en caso de ser buena la pieza pulsar “cil_5” para expulsar la probeta. Caso contrario el palet con la probeta avanzan hacia el cilindro 3 y se debe pulsar “cil_4” para expulsar la probeta.

Pulsar “Posición_4” para que el robot regrese a su posición inicial-

Se deben pulsar todos los botones de “cil_1_paro” de cada uno de los cilindros para que los pistones vuelvan a su posición inicial.

Figura 99. Proceso manual



Fuente: Autores

Esta imagen contiene las posiciones del robot al presionar cada una de ellas el robot ira realizando sus respectivas posiciones, como coger la pieza y colocarla, bajar el palpador para medir el vaciado, subir el palpador, y regresar a su posición cero.

Figura 100. Posiciones manuales



Fuente: Autores

Al pulsar el botón “Automático” se abre la imagen de la siguiente figura donde se debe pulsar “INICIO” para que el proceso se ejecute de modo continuo, si se pulsa el botón “PARO” el robot se detiene al finalizar la última actividad del proceso

Figura 101. Modo automático



Fuente: Autores

4.4.3 Programación Robot. La programación del robot se lo realiza en el Teach Pendant, una vez encendido el robot industrial, se procede a realizar los movimientos que requiere el proceso de control de calidad mediante los ejes. El Teach Pendant graba las posiciones del robot. Después se realiza la programación del PLC donde se debe introducir las entradas y salidas del robot que ocupamos en la programación del robot.

Para trabajar con el robot se debe poner en modo continuo, para esto se debe abrir el programa poner en automático, pulsar “CYCLE” y girar la llave del controlador ¼ a la derecha.

Para encender el robot primeramente se prende el controlador y se coloca la llave, después se procede a realizar las respectivas configuraciones para las tareas que debe hacer el robot.

Figura 102. Controlador modo manual



Fuente: Autores

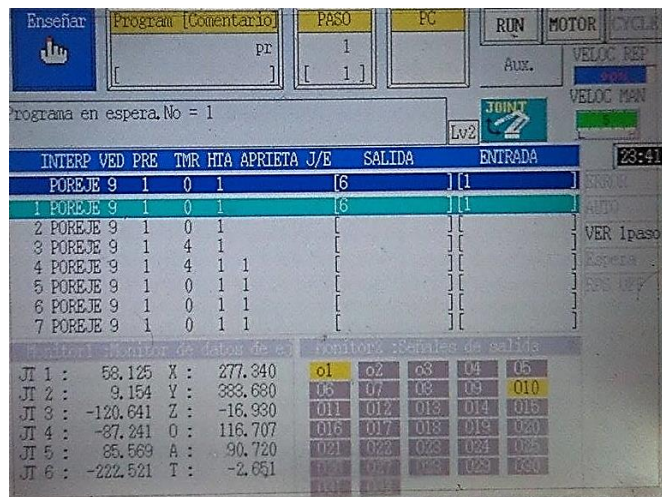
El robot graba las posiciones que requiere el proceso, en nuestro caso realiza las siguientes posiciones:

- Posición inicial
- Coge la pieza
- Baja palpador
- Sube palpador
- Regresa a su posición inicial

Para que el robot trabaje en modo continuo se debe poner el selector en automático y pulsar “CYCLE” y se pondrá en color verde, debe estar prendido el botón “MOTOR” y girar la llave ¼

Cuando el robo está en modo continuo el botón de la izquierda parte superior se pone de azul.

Figura 103. Programa



Fuente: Autores

La programación del robot trabaja en conjunto con la programación del PLC para el control total de la estación.

CAPÍTULO V

5. ELABORACIÓN DE MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y GUÍAS DE LABORATORIO

En este capítulo se tratará acerca del manual de operación, mantenimiento y seguridad de los equipos y de los elementos utilizados en ésta estación para el control de calidad, los mismos que son importantes para preservar las funciones de los activos físicos.

Este manual se elabora con el objetivo de que los docentes y estudiantes puedan tener una guía de consulta de la estación para el control de calidad y no tenga inconvenientes al momento de trabajar en el laboratorio.

Antes de operar la estación el usuario deberá realizar una lectura minuciosa de todos los pasos a seguir para el correcto funcionamiento de la estación, si se lleva a cabo todas las instrucciones detalladas en el presente manual no presentará problemas de ningún tipo.

En lo que se refiere al mantenimiento de la estación para el control de calidad se realizará un programa de mantenimiento preventivo para los equipos y elementos que conforman dicha estación.

En el respectivo manual se indicará la forma y el uso correcto de manipular la estación y sus componentes.

5.1 Manual de operación de la estación.

El manual de operación servirá al usuario como medio de información para saber cómo funciona la estación para el control de calidad. Es muy conocido y es dado por el propio fabricante para que de esta forma no se cause daño alguno al equipo y contribuir a la conservación del activo.

Con este manual el usuario, podrá familiarizarse con el correcto funcionamiento de la estación, conocer sus componentes y las funciones que desempeñan cada uno de ellos.

Para el uso de la estación primeramente deberá solicitar al encargado del laboratorio la utilización de la estación. Para operar la estación es necesario energizarlo conectando a una fuente de alimentación de 110/220V. Para más detalles ver el ANEXO I.

5.2 Manual de mantenimiento

La estación automatizada con robot industrial requiere de mantenimiento con el fin de prevenir las consecuencias de las fallas de todos sus componentes, para esto se elabora un plan de mantenimiento preventivo puesto que la mayoría de elementos son nuevos y no requieren de otro tipo de mantenimiento. Con este plan se pretende aumentar la eficiencia del módulo, contribuir al buen estado de los elementos, los mismos que servirán para el laboratorio.

Para la elaboración de esta plan de mantenimiento se ha tomado como referencia la norma NTE- INEN-EN-13460:2010 Documentos para el Mantenimiento; la misma que nos da directrices para la documentación técnica, en este caso servirá para la estación. Esta norma no nos da los formatos físicos de cómo hacerlo es por eso que se lo hará de acuerdo al criterio de los autores.

Los pasos bajo los cuales se desarrolla dicho plan, son:

- Fichas técnicas
- Codificación
- Banco de tareas
- Hoja de procedimientos de tareas
- Programa de mantenimiento.

5.2.1 Fichas técnicas. Es necesario contar con documentos que faciliten la información de los equipos para un adecuado mantenimiento, para esto se diseña una hoja de ficha técnica que recopila información técnica y características generales de todos los componentes de la estación. Las fichas técnicas consta de:

- Nombre del equipo
- Características técnicas

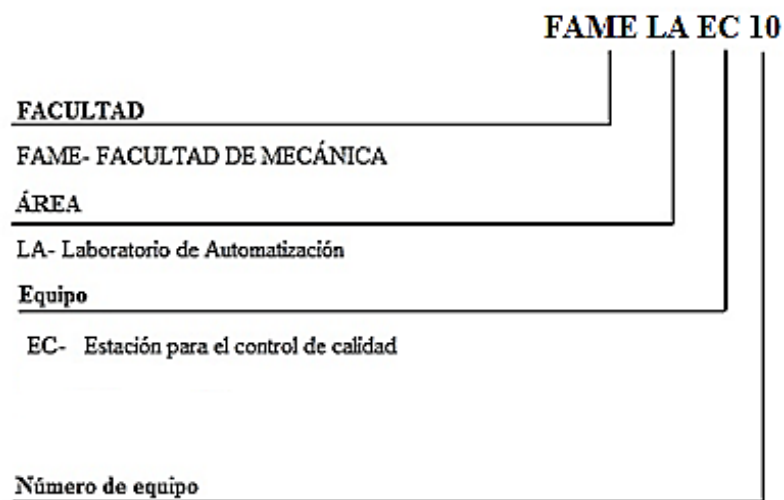
- Imágenes del equipo
- Fabricante

Para un mejor detalle ver ANEXO I.

5.2.2 Codificación de equipos. La codificación de equipos es el punto de partida para realizar cualquier plan de mantenimiento preventivo y llevar un control de los equipos, componentes o accesorios de la estación. Para codificar dicha estación se lo hará mediante ciertas normas estándares que ya han sido utilizadas en los laboratorios de la Facultad de Mecánica.

La norma estándar es la siguiente FAME NA-XX00, se ha basado en tres niveles jerárquicos, a continuación se detalla el significado de cada una de las siglas:

Figura 104. Codificación de estación



Fuente: Autores

5.2.3 Banco de tareas. Al tener un banco de tareas de cada uno de los equipos o elementos de la estación se puede realizar los respectivos trabajos de mantenimiento para mantenerlos en buen estado. Se determina la frecuencia de cada actividad.

5.2.3.1 Hoja de procedimiento de tareas. Se diseña una hoja de procedimientos, la misma que contendrá un conjunto de actividades que se realizará a cada uno de los trabajos de mantenimiento determinados en el banco de tareas.

5.2.4 *Programa de mantenimiento.* Mediante un calendario, por código de colores se muestra la frecuencia con la que se debe realizar mantenimiento, pueden ser semanal, mensual, trimestral, semestral o anual. La frecuencia con la que se debe realizar mantenimiento.

Para ver más detalles ver ANEXO I.

5.3 Seguridad de los equipos de la estación

La seguridad de los equipos es un aspecto importante que se debe tomar en cuenta antes de operar la estación, en este caso antes de realizar las prácticas de laboratorio con la estación el encargado del laboratorio y los estudiantes debe saber las recomendaciones y las normas de seguridad a seguir para poder manipular correctamente.

Por tal motivo se ha tratado de realizar un documento detallado de seguridad para evitar posibles daños y accidentes. Para más detalle ver ANEXO I.

5.4 Elaboración de guías de prácticas de laboratorio

Las guías de laboratorio fueron elaboradas con el fin de que sirva a los alumnos para familiarizarse con los equipos, dispositivos y materiales que componen la estación y puedan hacer uso de ella en el Laboratorio de Automatización.

Ver más detalles en el ANEXO J.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se implementó la estación para el control de calidad del vaciado de cuerpos sólidos con robot industrial en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, con el fin de contribuir a la formación académica de los futuros profesionales.

Se diseñó la estación en el software Solidworks, el mismo que permitió dimensionar, seleccionar los elementos necesarios y tener una modelación virtual de la misma. En base al diseño y al dimensionamiento se realizó el montaje de los elementos eléctricos, electrónicos, neumáticos y mecánicos para la construcción de la estación con robot industrial.

Se elaboró el manual de operación y mantenimiento para el correcto funcionamiento de la estación y para preservar la función del activo.

El robot industrial juega un rol importante al momento de realizar el control de calidad de piezas ya fabricadas o mecanizadas puesto que nos brinda mayor confiabilidad y exactitud en las medidas.

La utilización de robots en la industria es importante, puesto que nos otorgan grandes ventajas como mayor productividad, reducción de costos y sobre todo seguridad al operario en tareas peligrosas.

6.2 Recomendaciones

El docente debe impartir los conocimientos básicos para que el usuario pueda utilizar ésta estación.

Realizar las prácticas de laboratorio y el uso de la estación, bajo la supervisión de un técnico especializado.

Seguir las instrucciones de operación y mantenimiento otorgadas en el presente manual, con el fin de mantener la vida útil del activo.

BIBLIOGRAFÍA

ÁGUEDA CASADO, Eduardo; & otros. *Mecanizado básico*. Madrid: Paraninfo,S.A, 2008. pp. 119-120.

BARRIENTOS, Antonio. *Fundamentos de robótica*. 2ª ed. España : McGraw-Hill, 2007.

BOLTON, William. *Programmable Logic Controllers*. 2ª ed. New York : Newnes, 2006.

CARVAJAL MAYORGA, Lizandro Paúl y RICAURTE MANRIQUE, Danny Javier. 2012. *Diseño y montaje de un módulo cpn plc y pantalla táctil, para el control de nivel de fluidos para el laboratorio de control industrial de la facultad de mecánica*. Riobamba [En línea](tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2012. [Consulta: 20 de junio del 2016]. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3070/1/25T00204.pdf>

DANERI, Pablo. *PLC Automatización y control industrial*. Buenos Aires : Hispano América S.A., 2008.

GARCÍA CASTRO, José María; & FERNÁNDEZ BRAVO, Pedro Urda. *Mecanizado básico*. Madrid : Paraninfo, S.A, 2010. pp. 60.

HUME, J. *Metrología Industrial*.

OSPINA GUTIÉRREZ, Luz Maria; & otros. *Importancia de la metrología al interior de las empresas para el aseguramiento de la calidad*. PEREIRA : Scientia et Technica, 2008.

kawasaki robotics. Product catalog. [En línea] <http://www.robotics.org/product-catalog-detail.cfm/Kawasaki-Robotics-USA-Inc/Kawasaki-RS03N-Robot-high-speed-3-kg-payload/productid/3647>.

LLADONOSA, Vicent. *Circuitos básicos de electroneumática*. Barcelona : MARCOMBO, 1997.

LÓPEZ GARCÍA, Hilario; & GONZÁLEZ LIBRÁN, Rafael. *Programación de robots industriales.* 2000.

Parra, Manuel; & Santana, Leonardo. *Metrología Industrial.* Bogotá : s.n., 2000.

MILLÁN GOMÉZ, Simón. 2012. *Metrología y Ensayos.* España : Paraninfo, 2012.

VALERA ARCAS, Juan. *ROBÓTICA Y PROGRAMACIÓN.* Granada : s.n., 2010.

SIEMENS. [En línea]

<http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/pages/tiaportal.aspx>.

TIA PORTAL. 2008. 2008.

Universidad Santiago de Chile. 2000. [En línea] 2000. [Citado el: 10 de Junio de 2016.]

<http://www.udesantiagovirtual.cl/moodle2/mod/book/view.php?id=24908>.

VEGA, José. 2008. [En línea] 18 de Marzo de 2008.

wikispaces. 2013. wikispaces. [En línea] 2013.

<https://fundamentacionneumatica.wikispaces.com/Electroneumatica>.