



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL
Y REDES INDUSTRIALES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE
EVALUACIÓN DE PROFUNDIDAD PARA PIEZAS
CILÍNDRICAS POR MEDIO DE UN PLC”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención de título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

IVAN MAURICIO LEMA YUMI

SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATAN

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

Agradecimiento

A Dios por bendecirnos todos los días, por permitir llegar hasta donde hemos llegado y alcanzar la meta que nos impusimos al inicio de este proyecto.

Agradecemos al Ing. Diego Barba por haber confiado en nosotros, por la paciencia y por la dirección de este trabajo. Al Ing. Marco Viteri por el apoyo incondicional, los consejos y el ánimo que nos brindó.

A la ESPOCH por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

A nuestros maestros que con sabiduría supieron transmitir sus conocimientos y sembrar en nosotros una semilla que a la postre dará sus frutos, para ser unos profesionales íntegros y capaces.

Silvia Tierra

Iván Lema

Dedicatoria

Dedico mi tesis a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mi familia, en especial a mi querida madre Mariana, a mi segunda madre Martha y mi hermano Freddy que con amor y sacrificio supieron motivarme moral y materialmente para culminar mis estudios superiores, obtener un título y así asegurarme una vida digna y clara en el futuro, ¡Gracias! Sin ustedes no hubiese podido hacer realidad este sueño.

A mi padre Gustavo (+), que nunca lo voy a volver a ver pero sé que se sentiría orgulloso de mí.

A mis amigos, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida y hacer de mi vida politécnica una aventura dentro y fuera del salón.

A Cristina Cazco, quien es un ser maravilloso que me brindó su amistad, su cariño incondicional, que me apoyó y me dio ánimos en los momentos más difíciles de mi vida.

Iván Lema

Dedicatoria

*Por su infinito amor dedico este trabajo con mucho cariño y felicidad al TODO PODEROSO que día a día me reconforta en el camino de la vida, pues es un buen Dios que no hace más que llenarme de su fe y alegría, cosas imprescindibles que me han impulsado a salir adelante, su gran demostración ha sido brindarme una familia única y especial, ya que cada uno toma un papel importante para mí, a mi querido y hermoso ser quien con todos mis hermanos lo llamábamos **Papí Lucho** que me supo cultivar lo auténtico de él con cariño y sobretodo su gran entusiasmo con la sonrisa contagiosa que le caracterizaba unido, a mi mamá **Margarita** que ha sabido enseñarme con un abrazo todo su amor y sacrificio y especialmente por compartirme su vida.*

De igual forma a toda mi familia, hermanos, Tío Luis, Tía Elvía, a mis queridísimas primas les agradezco el cariño y su comprensión, a ustedes quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

Infinitas Bendiciones

Silvia

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Diego Barba DIRECTOR DE TESIS
Ing. Marco Viteri MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR DPTO. DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

DERECHOS DE AUTOR

“Nosotros, **Iván Mauricio Lema Yumi** y **Silvia Alexandra Tierra Satán**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **Escuela Superior Politécnica de Chimborazo**”.

Iván Mauricio Lema Yumi

Silvia Alexandra Tierra Satán

AUTORES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

API	Autómata Programable Industrial
BAR	Unidad de Presión
CPU	Unidad Central de Procesamiento
DB	Bloque de Datos
E/S	Entradas y Salidas
HMI	Interfaz Humano- Máquina
IP	Protocolo de Internet
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
OB	Bloque de Organización
MPS	Sistema De Producción Modular
PC	Controlador Programable
PLC	Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller)
RPM	Revoluciones por Minuto
SB	Signal Board
VCD	Voltajes De Corriente Directa
VCA	Voltajes De Corriente Alterna

%I	Variables de Entrada del PLC
%Q	Variables de Salida del PLC
VCA	Voltaje de corriente alterna
VCD	Voltaje de corriente directa

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABLES

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	22
1.1.	ANTECEDENTES.....	22
1.2.	JUSTIFICACIÓN.....	23
1.3.	OBJETIVOS.....	24
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	24
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.4.	MARCO HIPOTÉTICO.....	25
1.4.1.	HIPÓTESIS.....	25

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	26
2.1.	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR MPS.....	26
2.1.1.	HISTORIA.....	26
2.1.2.	DEFINICIÓN.....	27
2.1.3.	VENTAJAS DE UN MPS.....	27
2.1.4.	DATOS TÉCNICOS DE UN MPS.....	28
2.1.5.	ELEMENTOS DE UN MPS.....	28
2.1.6.	DISTRIBUCIÓN O PUESTOS DE TRABAJO DE LOS MPS.....	29
2.2.	SISTEMA NEUMÁTICO.....	30
2.2.1.	DEFINICIÓN.....	30
2.2.2.	SISTEMA NEUMÁTICO BÁSICO.....	31
2.2.3.	SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA NORMAS ISO.....	32

2.2.4.	TRATAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO.....	33
2.2.5.	ASPECTOS PARA SELECCIONAR UN COMPRESOR.....	36
2.3.	ACTUADORES.....	37
2.3.1.	ACTUADORES NEUMÁTICOS	37
2.3.2.	VALVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL.....	41
2.4.	SISTEMA ELÉCTRICO.....	43
2.4.1.	ELEMENTOS ELÉCTRICOS BÁSICOS.....	43
2.4.2.	CORRIENTE CONTINUA	44
2.4.3.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	45
2.4.4.	SENSORES	46
2.5.	ACTUADORES ELÉCTRICOS.....	51
2.5.1.	FORMA DE TRABAJO	51
2.5.2.	TIPOS DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS	52

CAPÍTULO III

3.	PROGRAMACIÓN E INTERFACE	55
3.1.	PLC (Programmable Logic Controller).....	55
3.1.1.	INTRODUCCIÓN PLC.....	55
3.1.2.	PRINCIPIOS BÁSICOS.....	58
3.1.3.	DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PLC.....	59
3.1.4.	CAMPOS DE APLICACIÓN.....	60
3.1.5.	VENTAJAS E DESVENTAJAS	61
3.1.6.	FUNCIONAMIENTO	63
3.1.7.	OTRAS FUNCIONES DEL PLC.....	64
3.1.8.	CLASIFICACION DE LOS PLC.....	65
3.1.9.	PROGRAMACIÓN DE PLC	67
3.1.10.	PLC TELEMECANIQUE MODICON M340.....	71
3.2.	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	80
3.2.1.	INTRODUCCION A UNITY PRO	80
3.2.2.	UNITY PRO SOFTWARE	80
3.2.3.	CARACTERÍSTICAS DE UNITY PRO	81
3.2.4.	INTERFACE GRÁFICA DE UNITY PRO	82
3.2.5.	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	83
3.2.6.	CONEXIONES.....	84
3.2.7.	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	84
3.2.8.	PROGRAMACIÓN EN UNITY PRO	85
3.3.	COMUNICACIÓN.....	87
3.4.	HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE).....	90
3.4.1.	INTRODUCCIÓN.....	90
3.4.2.	GENERALIDADES.....	91
3.4.3.	TIPOS DE HMI	91
3.4.4.	FUNCIONES DE UN HMI	91

CAPÍTULO IV

4.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	93
4.1.	SOLIDWORKS	93
4.1.1.	INTRODUCCIÓN.....	93
4.1.2.	MÓDULOS DE SOLIDWORKS.....	94

4.2.	<i>DISEÑO MECÁNICO</i>	98
4.2.1.	DISEÑO PARA LAS BASES DE LA ESTRUCTURA.....	98
4.2.2.	BANDA TRANSPORTADORA	100
4.3.	<i>MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO</i>	103
4.3.1.	SENSORES	103
4.3.2.	PANEL DE CONTROL	105
4.3.3.	PLACA DE COMUNICACIÓN E/S.....	106
4.4.	<i>DISEÑO NEUMÁTICO</i>	108
4.5.	<i>SISTEMA DE CONTROL</i>	112
4.5.1.	GRAFCET	112
4.5.2.	PROGRAMACIÓN DEL PLC MODICON M340.....	112
4.5.3.	INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI).....	114

CAPÍTULO V

5.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	117
5.1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	117
5.2.	<i>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA</i>	118
5.3.	<i>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</i>	125

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Sistema de Producción Modular	29
Figura II. 2 Distribución Rectangular	29
Figura II. 3 Distribución en T	30
Figura II. 4 Circuitos Básicos de un Sistema Neumático	31
Figura II. 5 Tratamiento de Aire Comprimido	33
Figura II. 6 Tipo de Compresor	34
Figura II. 7 Filtro	35
Figura II. 8 Válvula Reguladora de Presión	35
Figura II. 9 El Lubricador	36
Figura II. 10 Clasificación General de Actuadores	37
Figura II. 11 Cilindro de Simple Efecto	38
Figura II. 12 Cilindro de Doble Efecto	39
Figura II. 13 Cilindro de Doble Vástago	40
Figura II. 14 Nomenclatura de Válvulas	42

Figura II. 15 Electroválvula Biestable	43
Figura II. 16 Señal de Corriente Continua	44
Figura II. 17 Fuente de Corriente Directa de 24 Voltios	45
Figura II. 18 Sensor Inductivo	49
Figura II. 19 Sensor Óptico	50
Figura II. 20 Motor de Corriente Continua	53
Figura II. 21 Escobillas del Motor de Corriente Continua	54
Figura III. 22 Relé de Control Programable	56
Figura III. 23 Controlador Programable MODICOM	57
Figura III. 24 Estructura de un PLC	58
Figura III. 25 Funcionamiento Básico de un PLC	63
Figura III. 26 PLC Nano	65
Figura III. 27 PLC Compacto	66
Figura III. 28 PLC Modular	66
Figura III. 29 Estructura Interna de un PLC	67

Figura III. 30 PLC Telemecanique MODICOM M340	72
Figura III. 31 Sintaxis Utilizado en Módulos de E/S	75
Figura III. 32 Puerto para protocolo MODBUS	76
Figura III. 33 Puerto de Comunicación Ethernet	77
Figura III. 34 Cable TELEFAST de Conexión hacia Módulo de E/S	78
Figura III. 35 Conexión del Cable TELEFAST	79
Figura III. 36 Conexión de TELEFAST para Entradas Discretas	79
Figura III. 37 Aplicaciones con TELEFAST	82
Figura III. 38 Entrono del Programa Unity Pro	86
Figura III. 39 Cambio de Bastidor	86
Figura III. 40 Ventana para elegir un nuevo Módulo	89
Figura III. 41 Protocolo MODBUS	90
Figura III. 42 Estructura de un HMI	92
Figura III. 43 Estructura de un HMI	94
Figura IV. 44 Módulos de SolidWorks	96

Figura IV. 45 Modelo para crear Pieza	96
Figura IV. 46 Módulo para crear el Ensamblaje	97
Figura IV. 47 Módulo para crear el Dibujo	98
Figura IV. 48 Plantilla Utilizada para la Construcción de las Bases	99
Figura IV. 49 Canaleta de Aluminio	100
Figura IV. 50 Estructura de la Banda Transportadora en SW 2013	101
Figura IV. 51 Aluminio Estructural de 40x40 mm	101
Figura IV. 52 Piezas Cilíndricas a Analizar	102
Figura IV. 53 Montaje del Motor	103
Figura IV. 54 Sensor DC 10-30 Voltios	104
Figura IV. 55 Sensor de Profundidad	105
Figura IV. 56 Sensor Inductivo	105
Figura IV. 57 Panel de Control	106
Figura IV. 58 Interface de E/S "Syslink"	106
Figura IV. 59 Conexión del PLC	107

Figura IV. 60 Conexión de las Electroválvulas con los Cilindros	108
Figura IV. 61 Cilindro doble efecto Airtac	109
Figura IV. 62 Electroválvula 5/2	110
Figura IV. 63 Unidad de Mantenimiento del S. Neumático	111
Figura IV. 64 Programación en Ladder	112
Figura IV. 65 Pantalla de Inicio del HMI	115
Figura IV. 66 Pantalla del Proceso	115
Figura V. 67 Conocimiento de los MPS	118
Figura V. 68 Utilización de los MPS	119
Figura V. 69 Conocimiento de la Estación de Evaluación	120
Figura V. 70 Utilización de Laboratorios	121
Figura V. 71 Manipulación de los MPS	122
Figura V. 72 Implementación de la Estación de Evaluación	123
Figura V. 73 Desarrollo del HMI	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. I Simbología Neumática	32
Tabla II. II Válvulas de Distribución	42
Tabla II. III Actuadores	52
Tabla III. IV Elementos de Grafcet	69
Tabla III. V Elementos de Ladder	71
Tabla III. VI Requisitos de Hardware para instalas Unity Pro	83
Tabla III. VII Representación de datos MODBUS	89
Tabla IV. VIII Entradas del PLC declaradas en Unity Pro	113
Tabla IV. IX Salidas del PLC declaradas en Unity Pro	114
Tabla V. X Conocimiento de los MPS	117
Tabla V. XI Utilización de los MPS	118
Tabla V. XII Conocimiento de la Estación de Evaluación	119
Tabla V. XIII Utilización de los Laboratorios	120
Tabla V. XIV Manipulación de los MPS	121

Tabla V. XV Implementación de la Estación de Evaluación	122
Tabla V. XVI Desarrollo del HMI	123
Tabla V. XVII Análisis de Resultados	125

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

Diseño de las bases para la banda y los sensores en SolidWorks.

ANEXO 2

Graficet y declaración de I/O para programar el PLC.

ANEXO 3

Manual de Usuario.

ANEXO 4

Formato de la encuesta empleada.

ANEXO 5

Programación en Ladder.

ANEXO 6

Diseño del tablero de Control

ANEXO 7

Pantallas del HMI.

INTRODUCCIÓN

Como sabemos en el mundo actual las industrias tratan de optimizar procesos que permitan desarrollar productos que brinden calidad confiabilidad y seguridad, con los cuales poderse adentrar en un mercado de que por sí ya es muy competitivo.

El proceso de evaluación nos permite detectar piezas que se encuentren en la posición correcta y hallar otras que se encuentren defectuosas, ya sea porque están en mala ubicación o por tener algún defecto de fábrica, y así poder entregar a procesos futuros piezas en buen estado.

Al utilizar la tecnología actual como sensores, PLC, motores, electroválvulas, cilindros, relés, etc., podemos encontrar fácilmente piezas que estén en óptimas condiciones, es decir a través de este proceso podemos ver algún detalle que no concuerde y poder rechazar piezas antes de continuar con alguna otra operación.

El diseño e implementación de una estación de evaluación de profundidad de piezas cilíndricas servirá para aumentar la producción modular en el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH, el cual permitirá a los estudiantes realizar toda clase de prácticas de control automático aplicando los conocimientos teóricos y plasmarlos en las estaciones de trabajo.

Para podernos involucrar en procedimientos tipo industriales lo que debemos hacer es exigir a las Instituciones Superiores que capaciten y provean

profesionales altamente capacitados tanto en el nivel teórico y práctico. Para estos profesionales sería mucho más sencillo encontrar soluciones de automatización a diferentes procesos industriales, por lo cual se hace necesario que estas instituciones cuenten con laboratorios debidamente equipados para poder simular estos procesos industriales.

Por todo esto es necesario que los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales obtengan más conocimiento acerca de este tipo de Sistemas de Producción Modular y utilicen todas las herramientas necesarias para involucrarse dentro de esta competencia tecnológica.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad existen muchas herramientas para analizar y ejecutar diversas tareas en el área de automatización y control, la misma que, en los últimos años ha experimentado mejoras para la realización de procesos haciendo que sean rápidos, seguros y precisos. La construcción de estaciones de trabajo debe

basarse en nuevas herramientas que junto a controladores programables lógicos presentan una alternativa de mucha productividad para el área de automatismos.

Los procesos industriales utilizan con mayor frecuencia, equipos complejos compuestos por sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos, los que interactúan entre sí para lograr que los sistemas trabajen con mayor flexibilidad, versatilidad, seguridad y confiabilidad, así como un bajo consumo de energía; estos equipos también deben darnos una gran facilidad al mantenimiento de los mismos.

En la técnica de automatización existen variables importantes que se manejan en el mundo real, las mismas que nos servirán para el diseño de un programa de control con el uso del software adecuado, que se complementará a los sistemas mecánicos.

En el campo industrial las empresas necesitan optimizar sus recursos en tiempos de respuesta al momento de ejecutar un proceso, haciendo necesario la utilización de estaciones de trabajo que faciliten la manipulación de la materia prima, asegurando un alto grado de competitividad y reduciendo costos de producción

1.2. JUSTIFICACIÓN

En el sector industrial los sistemas de automatización y control han ocupado un espacio importante, generando el desarrollo y mejorando la productividad de una empresa, mediante el diseño e implementación de una estación de evaluación nos permitirá la obtención de información real y nos ayudara con la comparación y detección de las características específicas de una pieza utilizada en un proceso.

La implementación de una estación de evaluación, para la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales será importante para los estudiantes el cual les ayudará a consolidar los conocimientos de tecnologías de automatización adquiridos en clase y además servirá como una herramienta de laboratorio para proyectos de investigación, innovación y desarrollo en el área de automatización y control.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una estación de evaluación de profundidad para piezas cilíndricas por medio de un PLC, para integrar el sistema de producción modular.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar y seleccionar dispositivos neumáticos, eléctricos y sensores necesarios para la implementación de la estación de evaluación.
- Diseñar el proceso del sistema de control para la estación de evaluación de profundidad de piezas cilíndricas.
- Implementar la estación de evaluación en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales para el Sistema de Producción Modular.
- Desarrollar un HMI para la Estación de Evaluación.

1.4. MARCO HIPOTÉTICO

1.4.1. HIPÓTESIS

El diseño e implementación de una estación de evaluación permite la determinación de la profundidad de piezas cilíndricas que contribuye en el sistema de producción modular del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR MPS

2.1.1. HISTORIA

Los Sistema de Producción Modular (MPS) son integrados desde 1991 han sido utilizados para competencias internacionales para técnicos de Mecatrónica. MPS

es la integración de Mecánica, Neumática, Electrónica, Automatización Industrial y Tecnología de información.

Están orientadas a la formación académica como una estrategia para el aprendizaje de técnicas ya sean basadas en la mecatrónica y automatización, controles neumáticos, señales eléctricas ya que todo esto complementa un campo industrial.

2.1.2. DEFINICIÓN

La célula llamados MPS son subprocesos estructurados, diseñados, desarrollados y producidos con fines de formación profesional inclinados a la aplicación de automatización y control industrial. Los MPS de tipo industrial para procesos secuenciales, que se asemeja a los procesos industriales.

2.1.3. VENTAJAS DE UN MPS

- Condiciones de trabajo de iguales para todos
- Menos cambio de operación
- Reducción de los costos del producto.
- Incremento en la calidad del producto.
- Aprovechamiento de los espacios de la planta.
- Menos rutina en el trabajo, ya debe haber versatilidad en el conocimiento de varias operaciones
- Eficiencia laboral
- Mejoramiento en el control del operario hacia la producción modular

- Solución de problemas
- Mínimo de gente requerida

2.1.4. DATOS TÉCNICOS DE UN MPS

- Presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar)
- Alimentación de tensión 24 V DC
- 8 entradas digitales
- 8 salidas digitales

2.1.5. ELEMENTOS DE UN MPS

- **Mecánico:** Ajuste mecánico de una estación.
- **Tecnología de Sensores:** Modo de funcionamiento y aplicaciones de sensores analógicos o digitales.
- **Neumático:** Instalación de cilindros, válvulas neumáticos y la unidad de mantenimiento.
- **Electrónico:** Conexión de motores de 24V DC, relé, tablero de control.
- **Electricidad:** Correcto cableado de componentes eléctricos.
- **PLC:** Programación y aplicación de un PLC para el control de dispositivos manipulables.
- **Tecnología de accionamiento:** Activación por E/S de controladores de accionamiento



Figura II.1 Sistema de Producción Modular¹

2.1.6. DISTRIBUCIÓN O PUESTOS DE TRABAJO DE LOS MPS

El objetivo primordial es reducir el desplazamiento del operario en su lugar de trabajo, a continuación los modelos de Distribución de los módulos de trabajo.

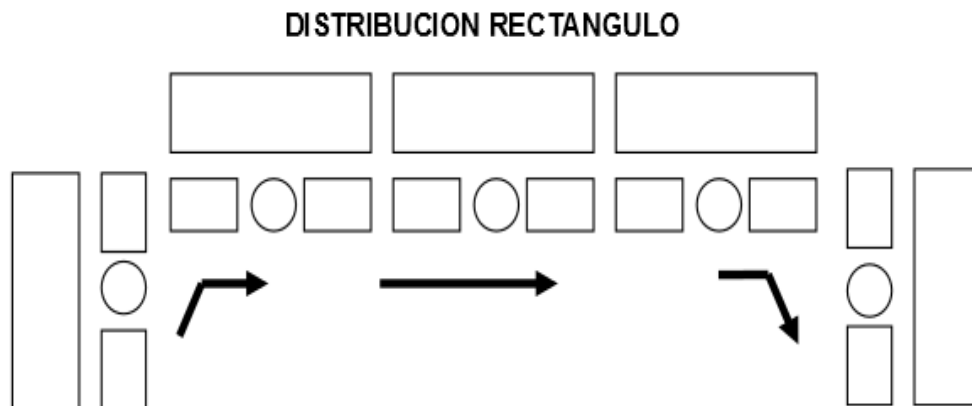


Figura II.2 Distribución Rectangular²

¹ <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/mps-sistema-de-produccion-modular/>

² http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/663/Informe_Final.pdf?sequence=1

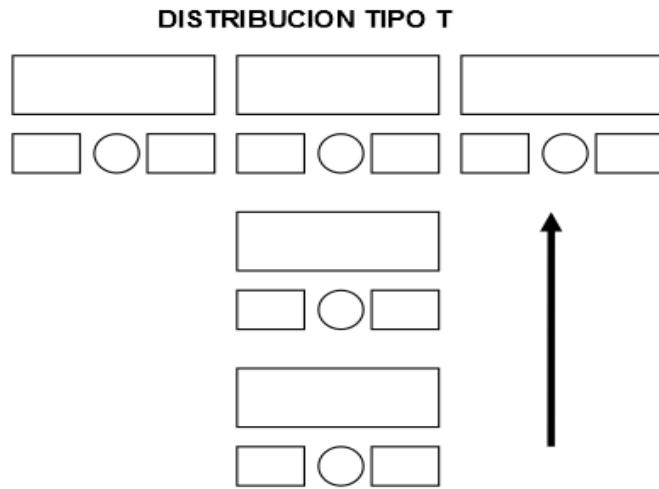


Figura II.3 distribución en T³

2.2. SISTEMA NEUMÁTICO

2.2.1. DEFINICIÓN

Neumática es la parte de la mecánica que estudia y aplica la fuerza obtenida por el aire a presión. Un sistema neumático convierte la energía del aire comprimido en energía mecánica, aprovecha la presión y volumen del aire comprimido por un compresor de aire y lo transforma por medio de actuadores (cilindros y motores) en movimientos rectilíneos y de giro, que se usan para automatizar maquinaria en casi todas las industrias. Los actuadores se controlan por una serie de válvulas de dirección, control de presión y control de flujo. La sincronía de los actuadores se logra controlando las válvulas por medio de controladores electrónicos, eléctricos y neumáticos incluso actúan más rápido que los mecanismos hidráulicos.

³http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/663/Informe_Final.pdf?sequence=1

2.2.2. SISTEMA NEUMÁTICO BÁSICO

- Fuente de aire (ej. compresor, bomba): suministra aire a presión.
- Filtro.
- Válvula de retención.
- Válvula de alivio o desahogo
- Medidor de presión.
- Botellas de almacenamiento (este elemento aparece dependiendo que tipo de sistema se quiere actuar).
- Válvula de control.
- Tuberías.
- Restrictores.

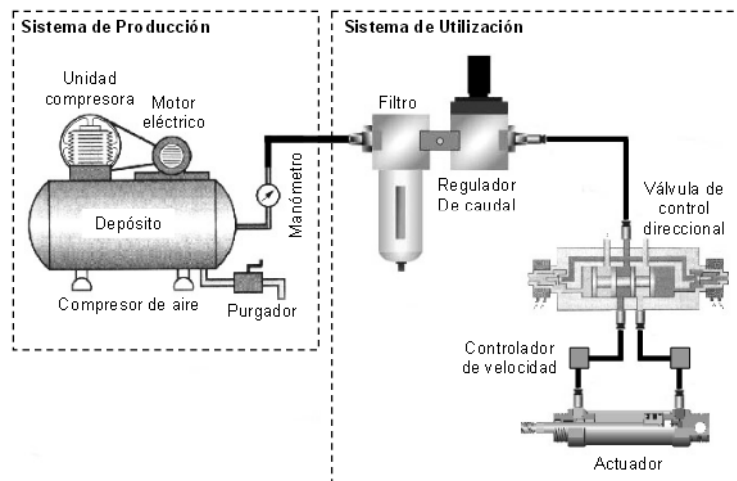


Figura II.4 Circuito Básico de un Sistema Neumático⁴

⁴ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_s_f/capitulo5.pdf

2.2.3. SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA NORMAS ISO.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Manual general		Pulsador
	Palanca		Pedal
	Muelle normalmente con retorno		Rodillo
	Rodillo escamoteable		Presión
	Válvula antirretorno		Regulador unidireccional con antirretorno
	Unidad de acondicionamiento		Regulador de presión
	Cilindro de simple efecto recorrido de salida		Cilindro de simple efecto recorrido de salida, magnético
	Cilindro de doble efecto		Cilindro de doble efecto, velocidad ajustable
	Cilindro de doble efecto, velocidad ajustable, magnético		Válvula de 2/2 accionada por pulsador y retorno por muelle
	Válvula de 3/2 accionada por palanca con enclavamiento mecánico		Válvula de 5/2 accionada por pulsador y retorno por muelle

Tabla II.I Simbología de la Neumática⁵

⁵ http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/cuatrim2/Temas/simbolosneumaticos.pdf

2.2.4. TRATAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO

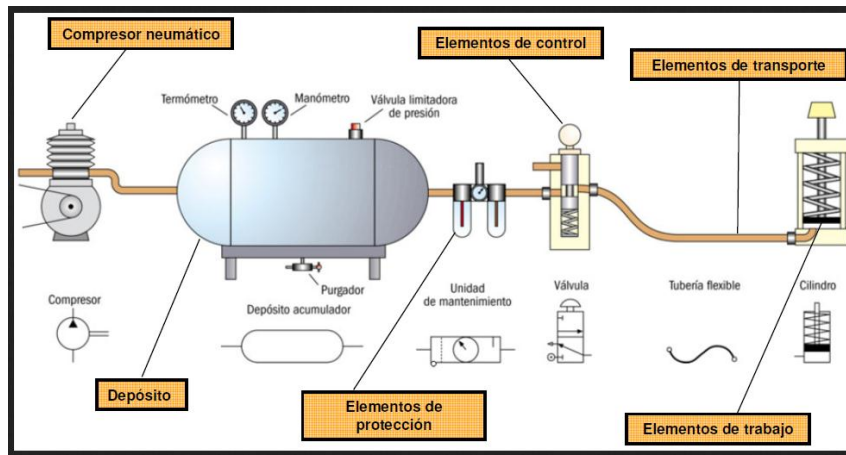


Figura II.5 tratamiento del aire comprimido⁶

El aire comprimido contiene impurezas (agua, polvo, oxido y aceite) producidas por la lubricación del compresor estas producen perturbaciones la cual deteriora el sistema neumático.

El aire atmosférico entra por un filtro conectado a un compresor, luego a un refrigerador con un depósito y, al final, una unidad de mantenimiento.

- **COMPRESOR:** Encargado de coger el aire que se encuentra en la atmósfera ($P = 1 \text{ bar}$) para elevar la presión y alimentar al circuito neumático. La presión de salida suele estar entre los 6 y 7 bares.

⁶ <http://joseamateo.files.wordpress.com/2012/09/circuito-neumatico.png>

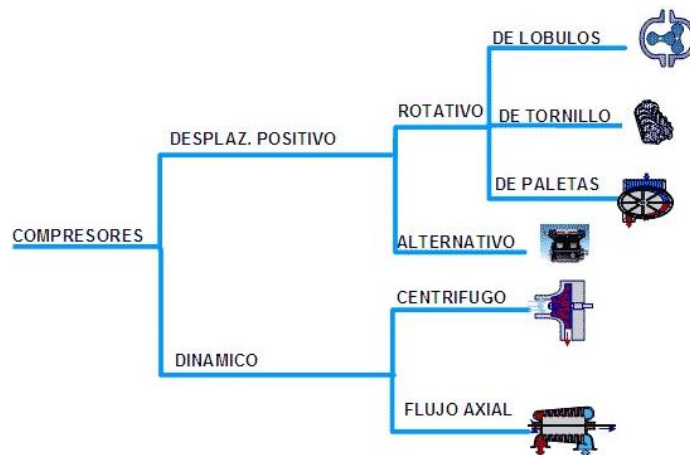


Figura II.6 Tipos de Compresores⁷

- **REFRIGERADOR:** En la salida del compresor, condensan gran parte del vapor de agua aspirado, el aire puede llegar a una temperatura de 150°C. La misión del refrigerador es bajar la temperatura a 25°C y eliminar la humedad que contiene el aire.
- **DEPÓSITO O ACUMULADOR:** Es eficaz colaborador de limpieza se encuentra conectado a un tubo de la salida del refrigerador, su misión es comprimir el aire y almacenarlo para más tarde poder hacer trabajo con él. Tiene un sensor de presión que enciende o apaga el compresor cuando la presión baja o sube, por encima o por debajo del intervalo determinado.
- **UNIDAD DE MANTENIMIENTO:** La unidad de mantenimiento se utiliza para filtrar, regular y lubricar el aire que sale del compresor. Tiene tres componentes:

⁷ <http://widman.biz/boletines/boletines/56.html>

- **Filtro:** Elimina del aire de todas las impurezas tanto solidas como liquidas estas chocan contra la pared, caen al fondo y son elevadas y evacuadas al exterior median te una purga para tener un buen funcionamiento.

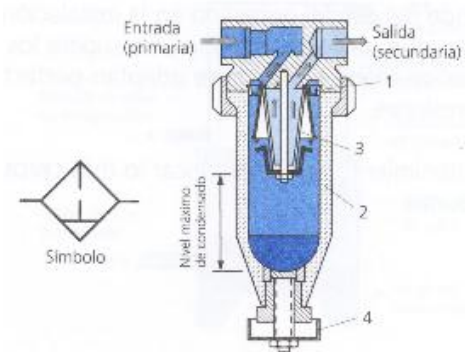


Figura II.7 Filtro⁸

- **Regulador:** Mantiene la presión del aire en el circuito aunque haya variaciones. La presión se indica en el manómetro.

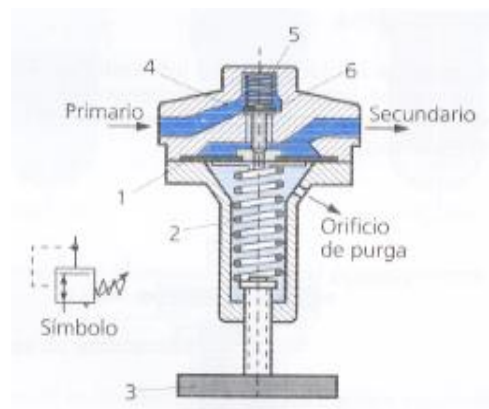


Figura II.8 Válvula Reguladora de Presión⁹

⁸ <http://www.etitudela.com/profesores/ats/downloads/microsoftwordtema3.pdf>

⁹ <http://www.etitudela.com/profesores/ats/downloads/microsoftwordtema3.pdf>

- **Lubricante:** Evitando que se oxiden los componentes del circuito y mejora el movimiento de las partes que se pueden menear. Las unidades de mantenimiento tienen una salida de aire auxiliar antes del lubricador para las partes de la instalación que precisen aire sin lubricar.

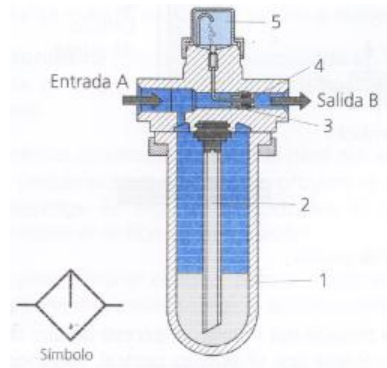


Figura II.9 El lubricador¹⁰

2.2.5. ASPECTOS PARA SELECCIONAR UN COMPRESOR

- Caudal de desplazamiento dado generalmente en m³/min.
- Temperatura de descarga del aire comprimido.
- Nivel de presión de funcionamiento del compresor.
- Rango de admisión de temperatura / humedad.
- Tipo de impulsión (eléctrica, turbina, motores)
- Condiciones de descargas (sin aceite, refrigerada, seca)
- Accesorios controles de arranques y capacidad, filtros.

¹⁰ <http://www.etitudela.com/profesores/ats/downloads/microsoftwordtema3.pdf>

2.3. ACTUADORES

Los actuadores son muy importantes dentro de un sistema industrial, con el tiempo se hizo conveniente automatizar a los actuadores existen tres tipos de actuadores:

- Neumáticos
- Eléctricos
- Hidráulicos

2.3.1. ACTUADORES NEUMÁTICOS

2.3.1.1. DEFINICIÓN DE ACTUADOR NEUMÁTICO

El Actuador Neumático es un dispositivo cuya función es proporcionar fuerza o movimiento, producido mediante presión neumática y existen dos tipos de actuadores neumáticos Lineal, Rotativo y Especiales.

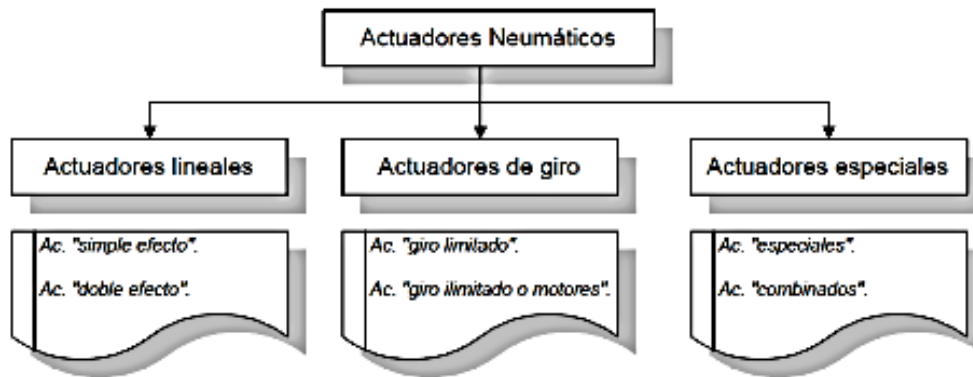


Figura II.10 Clasificación Genérica de Actuadores¹¹

¹¹ <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

2.3.1.2. CLASIFICACION DE ACTUADORES NEUMATICOS

2.3.1.2.1. ACTUADORES LINEALES

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos.

Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales

➤ CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

Trabaja en un solo sentido, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo y su retorno es por medio de un resorte o por medios externos como cargas, movimientos mecánicos, etc. Estos cilindros pueden ser de tipo normalmente dentro o normalmente fuera.

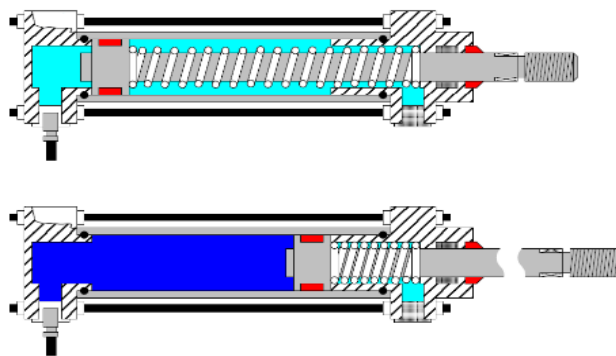


Figura II.11 Cilindro de Simple Efecto¹²

¹² <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

Este tipo de cilindros son utilizados para sujetar, marcar, expulsar, etc. El consumo de aire es inferior a la de los de doble efecto del mismo tamaño.

➤ CILINDRO DE DOBLE EFECTO

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan la acción de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción.

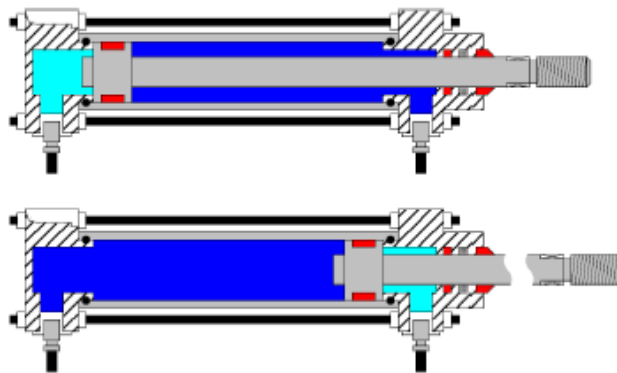


Figura II.12 Cilindro de Doble Efecto¹³

➤ CILINDRO DE DOBLE VÁSTAGO

Es un tipo de cilindro de doble efecto, tiene dos salidas para el vástago. La fuerza es igual tanto para un lado como para el otro. El funcionamiento es idéntico al de

¹³ <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

doble efecto. Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado y es importante recordar el equilibrio entre fuerzas y velocidad.

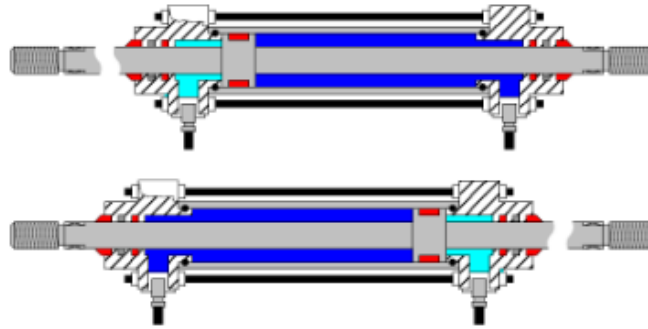


Figura II.13 Cilindros de Doble Vástago¹⁴

2.3.1.2.2. ACTUADORES DE GIRO

Los actuadores rotativos son los encargados de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. Dependiendo de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, se forman los dos grandes grupos a analizar:

➤ ACTUADORES DE GIRO LIMITADO

Son aquellos que proporcionan movimiento de giro pero no llegan a producir una revolución. Existen disposiciones de simple y doble efecto para ángulos de giro de 90°, 180°..., hasta un valor máximo de unos 300° (aproximadamente).

¹⁴ <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

➤ MOTORES NEUMÁTICOS

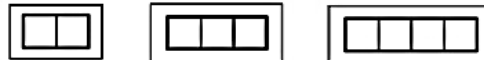
Son aquellos que proporcionan un movimiento rotatorio constante. Se caracterizan por proporcionar un elevado número de revoluciones por minuto.

2.3.2. VALVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL

Existen muchos tipos de válvulas neumáticas pero todas tienen como función controlar el paso de aire entre sus vías abriendo, cerrando o cambiando sus conexiones internas dependiendo del tipo de actuador que se desee controlar. Pueden ser activadas de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos.

2.3.2.1. NOMENCLATURA DE LAS VÁLVULAS

- Se representan mediante cuadrados (nº posiciones)



- En cada cuadrado, vendrán representados los conductos mediante unas líneas (nº vías)



NOMENCLATURA

- Nos indica el número de vías y las posiciones que puede adoptar

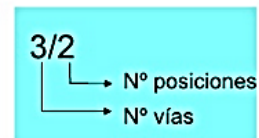


Figura II.14 Momenclatura de Valvulas¹⁵

¹⁵ <http://www.slideshare.net/lourdesdi/elementos-de-distribucion-y-regulacion-4182207>

2.3.2.2. TIPO DE VALVULAS

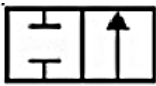
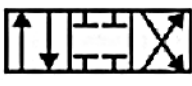




SÍMBOLO	GRÁFICO	SÍMBOLO	GRÁFICO
	VÁLVULA 2/2		VÁLVULA 4/3
	VÁLVULA 3/2		VÁLVULA 4/4
	VÁLVULA 4/2		VÁLVULA 6/3

Tabla II.II Válvulas de Distribución¹⁶

- **Válvulas de control:** La presión y el caudal del aire comprimido son controladas mediante válvulas estas se utilizan para el movimiento de todas las partes operativas del sistema neumático.
- **Válvulas de dirección del flujo:** Seleccionan hacia donde se dirige el flujo.
- **Válvulas antirretorno:** permiten la circulación del aire en un sentido único, quedando bloqueado su paso en sentido contrario.
- **Válvulas de regulación de presión y caudal:** regulan y estabilizan la presión y caudal del flujo.
- **Válvulas de estrangulación:** Produce un estrechamiento en la conducción, de forma que origina una disminución del caudal que la atraviesa.
- **Válvulas reguladoras de caudal unidireccional:** Su función es la misma que la de las válvulas de estrangulación con la única diferencia que el flujo

¹⁶ <http://www.slideshare.net/lourdesdi/elementos-de-distribucion-y-regulacion-4182207>

de aire solo puede ir en una dirección y no puede regresar gracias a un elemento antirretorno.

- **Válvulas de escape rápido:** Es una válvula bidireccional, pero al aumentar la presión hacia una dirección el aire escapa rápidamente.

2.3.2.3. FORMA DE ACCIONAMIENTO

- **Monoestable:** Tiene una única posición estable. Significa que puede tomar varias posiciones pero al ser desactivada siempre regresa a la misma posición estable mediante un resorte.
- **Biestable:** Tiene dos posiciones estables, cada vez que se activa conmuta entre estos dos estados sin regresar al anterior.

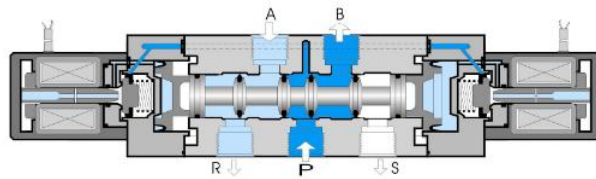


Figura II.15 Electroválvula Biestable¹⁷

2.4. SISTEMA ELÉCTRICO

2.4.1. ELEMENTOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

- **La corriente:** es el flujo dirigido de electrones por el circuito que éste atraviesa una superficie por unidad de tiempo.

¹⁷ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/herandez_s_f/capitulo5.pdf

- **El voltaje:** Es la presión eléctrica que hace fluir los electrones, las cargas se desplazan desde un punto con potencial A hasta en punto B.
- **Resistencia:** Es la oposición al paso del flujo de los electrones, debe operar sin alterarse por la intensidad de campo, la humedad, radiación u otros.
- **Potencia:** Es la energía usada o la cantidad de trabajo realizada en una unidad de tiempo.

2.4.2. CORRIENTE CONTINUA

También llamada corriente directa (DC), es aquella que siempre presenta un valor constante es decir no varía durante todo el intervalo de tiempo, esta generada de un flujo continuo de electrones siempre en el mismo sentido.

Por tanto el sentido de la corriente es del polo positivo de la fuente al polo negativo y contrario al flujo de electrones y siempre tiene el mismo signo.



Figura II.16 Señal de Corriente Continua ¹⁸

¹⁸ <http://www.si3ea.gov.co/Eure/2/inicio.html>

2.4.3. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Es un componente eléctrico que sirve para abastecer dispositivos que requieren energía, en nuestro proyecto consideramos una fuentes DC.

2.4.3.1. FUENTES DE ALIMENTACIÓN DC

Existen tipos de fuentes de alimentación y se podría clasificar en:

- **Fuentes de tensión:** mantiene el valor determinado teniendo como variable la intensidad de salida dentro de ciertos límites.
- **Fuentes de Intensidad:** proporcionan una intensidad de salida determinada, siendo posible la variación de la tensión de salida dentro de ciertos límites.



Figura II.17 Fuente DC de 24 voltios ¹⁹

¹⁹<http://www.gama-me.com/materiales-electricos/fuentes-de-alimentacion/fuente-weidmueller-pro-m-120w-24v-5a-monofasica>

2.4.4. SENSORES

2.4.4.1. DEFINICIÓN

Dispositivo capaz de medir magnitudes ya sean físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y a la vez transformarlas en variables eléctricas estas pueden ser temperatura, aceleración, fuerza, humedad, presión etc.

2.4.4.2. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS SENSORES

- Industria automotriz
- Industria aeroespacial
- Medicina
- Industria de manufactura
- Robótica

2.4.4.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN SENSOR

- **Precisión:** Responde a un principio físico, químico o biológico que permite su funcionamiento, la precisión significa la medida de la variable, la cual regula el margen de error de imprecisión.
- **Calibración:** Debe de ser fácil de calibrar y no debe ser recalibrado frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su re calibración.

- **Rango De Funcionamiento:** El sensor debe tener un rango de funcionamiento amplio, preciso y exacto en todo este rango, el rango expresa los límites inferior y superior del instrumento. El rango de trabajo mejora resolución pero no necesariamente la sensibilidad.
- **Confiabilidad:** Debe tener una alta confiabilidad, es decir, no debe estar sujeto a fallos frecuentes durante su funcionamiento.
- **Rango de medida:** Dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- **Sensibilidad de un sensor:** Relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Rapidez de respuesta:** Puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir.
- **Derivas:** Son magnitudes influyen en la variable de salida. Por ejemplo, las condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.).
- **Repetitividad:** Es el error esperado al repetir varias veces la misma medida.

2.4.4.4. CLASIFICACIÓN DE SENSORES

- **Sensores mecánicos:** Mide cantidades como posición, forma, velocidad, fuerza, torque, presión, vibración, deformación y masa.
- **Sensores eléctricos:** Mide voltaje, corriente, carga y conductividad.
- **Sensores magnéticos:** Mide campo, flujo y permeabilidad magnética.

- **Sensores térmicos:** Mide temperatura, flujo, conductividad y calor.

Otros tipos como acústicos, ultrasónicos, químicos, ópticos, de radiación, láser y de fibra óptica.

2.4.4.4.1. SENSORES ELÉCTRICOS

SENSORES DE PROXIMIDAD

Son dispositivos que detectan señales para actuar en un determinado proceso u operación. Estas pueden ser capacitivas, inductivas y ultrasónicas.

Características Generales:

- Actúan por inducción al acercarse a un objeto
- No requieren contacto directo con el material a sensar
- Más comunes en la industria
- Tienen un encapsulado de plástico para fácil manejo y protección

Aplicaciones:

- Control de cintas transportadoras
- Control de alta velocidad
- Detección al movimiento
- Conteo de piezas
- Sensado de aberturas de seguridad y alarma

SENSOR INDUCTIVO

Trabajan generando un campo magnético y detecta las pérdidas de corriente de dicho campo generado al introducirse en los objetos de detección ya sean férricos o no férricos. Este sensor tiene una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto metálico o no metálico se inducen corrientes de histéresis en el objeto por lo que genera una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación y dependiendo es este efecto se conmuta la salida de estado sólido o la posición ON y OFF.

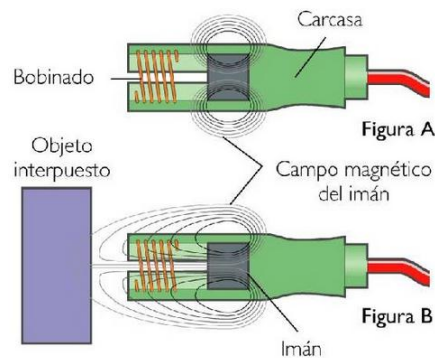


Figura II.18 Sensor Inductivo²⁰

Detectan objetos de metal sin que haya contacto físico, son granizadas por su larga vida útil y extrema resistencia en condiciones de trabajo difícil.

Características:

²⁰ <http://www.slideshare.net/boone8/sensores-de-proximidad>

- Amplia gama para aplicaciones industriales
- Modelo de acero inoxidable apropiado para la industria
- Alta capacidad de repetición para una lectura y detección precisa
- Conexión de 2,3 o 4 hilos flexible para conexión cómoda.

SENSORES ÓPTICOS



Figura II.19 Sensor Óptico²¹

Estos sensores se basan en la emisión de un haz de luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar.

CARACTERÍSTICAS

- **Exactitud:** Se debe poder detectar el valor verdadero de la variable sin errores sistemáticos. La media de los errores cometidos debe tender a cero.
- **Precisión:** Una medida será más precisa que otra si los posibles errores aleatorios en la medición son menores.

²¹ <http://sensoresopticos.blogspot.com/2012/03/los-sensores-se-les-debe-exigir-la.html>

- **Rango de Funcionamiento:** El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento, es decir, debe ser capaz de medir de manera exacta y precisa un amplio abanico de valores de la magnitud correspondiente.

DIFUSO O PROXIMIDAD

Esta configuración se parece a la reflexiva solo que esta no utiliza el espejo sino que el objeto a detectar es el que sirve como reflector.

2.5. ACTUADORES ELÉCTRICOS

Se considera, en general, que es todo “dispositivo que convierte una magnitud eléctrica en una salida, generalmente mecánica, que puede provocar un efecto sobre el proceso automatizado”.

Los actuadores son elementos o dispositivos encargados de efectuar fuerza o movimiento mecánico a partir de una alimentación eléctrica.

2.5.1. FORMA DE TRABAJO

Los sistemas de acondicionamiento eléctrico han llegado a ser los que más predominan en los ambientes robóticos industriales, aunque no proporcionan la velocidad o la potencia de los hidráulicos, los dispositivos eléctricos ofrecen mayor exactitud y son adecuados para el trabajo como el ensamblaje.

En la siguiente tabla II.6 indicamos las principales características de los actuadores tanto neumáticos, hidráulicos y eléctricos.

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Aire a presión (5 a 10 bar) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite mineral (50 a 100 bar) 	<ul style="list-style-type: none"> • Corriente eléctrica
Opciones	<ul style="list-style-type: none"> • Cilindros • Motor de paletas • Motor de pistón 	<ul style="list-style-type: none"> • Cilindros • Motor de paletas • Motor de pistones axiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Corriente continua • Corriente alterna • Motor paso a paso
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Baratos • Rápidos • Sencillos • Robustos 	<ul style="list-style-type: none"> • Rápidos • Alta relación potencia-peso • Autolubricación • Alta capacidad de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Preciso • Fiables • Fácil control • Sencilla instalación • Silenciosos
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de control continuo • Instalación espacial (compresor, filtros) • Ruidosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de mantenimiento • Instalación especial (filtros, eliminación de aire) • Frecuentes fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia ilimitada

Tabla II.III Actuadores²²

2.5.2. TIPOS DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS

➤ Motor de corriente continúa

Bobinados en derivación

Bobinados en serie

Excitación independiente

➤ Motor de corriente alterna

Monofásicos

Trifásicos

➤ Motores paso a paso

➤ Servomotores

➤ Motor universal

²²<http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Apuntes%20Tema%206%20nuevo%20formato.pdf>

2.5.2.1. MOTOR DE CORRIENTE CONTINÚA

Los motores DC son los más usados en la actualidad debido a su facilidad de control. Los motores de DC están constituidos por dos devanados internos, inductor e inducido, que se alimentan con corriente continua:

El inductor, también denominado devanado de excitación, está situado en el estator y crea un campo magnético de dirección fija, denominado excitación.

El inducido, situado en el rotor, hace girar al mismo debido a la fuerza de Lorentz que aparece como combinación de la corriente circulante por él y del campo magnético de excitación. Recibe la corriente del exterior a través del colector de delgas, en el que se apoyan unas escobillas de grafito.

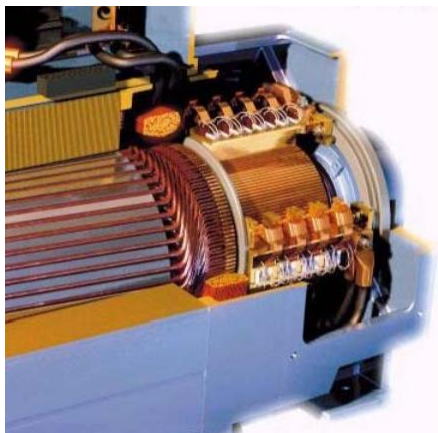


Figura II.20 Motor de Corrientes Continua²³

Características:

²³ http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1709/ISAD_Tema7_2.pdf

- Potencias fraccionarias hasta el millar de KW
- Regulación de velocidad nominal y una buena precisión
- Regulación de par

Este tipo de motores presentan la excitación bobinada en paralelo, por lo que la caída de tensión de la excitación es la misma que la del motor. Pueden ser de dos tipos: con escobillas, y sin escobillas o brushless.

- **Con escobillas:** Presentan inconvenientes en cuanto al mantenimiento, ya que las bobinas chisporrotean continuamente y se desgastan.



Figura II.21 Escobillas del Motor DC²⁴

- **Sin Escobillas o Brushless:** Presentan un menor coste de mantenimiento al funcionar sin escobillas.

²⁴<http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Apuntes%20Tema%206%20nuevo%20formato.pdf>

CAPÍTULO III

3. PROGRAMACIÓN E INTERFACE

3.1. PLC (Programmable Logic Controller

3.1.1. INTRODUCCIÓN PLC

Hablar de un PLC es retroceder hasta sus inicios, su historia se remonta a finales de la década de 1960. Los PLC fueron inventados en respuesta a las necesidades

de la industria automotriz norteamericana por el Ingeniero Estadounidense Dick Morley.

En 1968 GM Hydramatic (La división de transmisiones automáticas de General Motors) ofertó un concurso para una propuesta del reemplazo electrónico de los sistemas cableados.

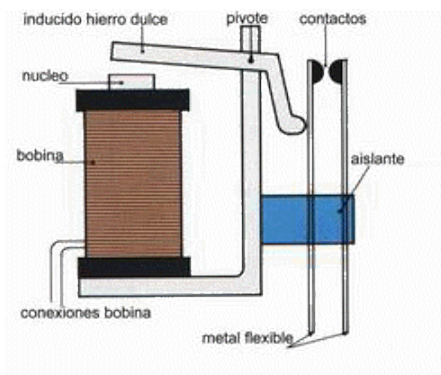


Figura III.22 Relé de control Programable²⁵

Cuando se empezaron a usar los relés en el control de procesos productivos, se comenzó a añadir lógica a la operación de las máquinas y así se redujo e incluso se eliminó la carga de trabajo del operador humano.

Los relés permitieron establecer automáticamente una secuencia de operaciones, programar tiempos de retardo, contar las veces que se producía un suceso o realizar una tare en dependencia de que ocurrieran otras.

²⁵ <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>

Los relés sin embargo, tienen sus limitaciones: Tiene un tiempo limitado de vida, debido a que sus partes mecánicas están sometidas a desgaste, los conductores de corriente pueden quemarse o fundirse, y con ello puede provocarse una avería o tendrán que ser reemplazados.

Desde el punto de vista de la programación, su inconveniente mayor era que la estructura de programación era fija.

Una aplicación típica de estos sistemas utilizaba un panel de 300 a 500 relés y miles de conexiones por cable, lo que suponía un costo muy elevado en instalación y mantenimiento del sistema.

Los primeros controladores completamente programables fueron desarrollados en 1968 por una empresa de consultores en ingeniería (Bedford y asociados), que luego se llamó MODICOM.



Figura III.23 Controlador Programable MODICOM²⁶

- Cambiar la lógica de control sin tener que cambiar la conexión de los cables.

²⁶ <http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>

- Diagnosticar y reparar fácilmente los problemas detectados.

Los primeros PLC incorporaban sólo un procesador para programas sencillos y algunos dispositivos de entrada / salida. Posteriormente han ido desarrollándose hasta actuales, que ya integran.

3.1.2. PRINCIPIOS BÁSICOS

Con la llegada de los PLC, la industria sufrió un impulso importante, que ha facilitado de forma notable que los procesos de producción o control se hayan flexibilizado mucho. Al inicio se llamaron PC (Controlador Programable), pero con la llegada de los ordenadores IBM, cambió su nombre a PLC, sin embargo la definición más apropiada sería: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

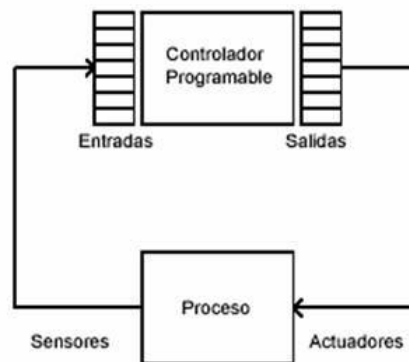


Figura III.24 Estructura de un PLC²⁷

²⁷ <http://recursostic.educacion.es/observatorio/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

3.1.3. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PLC

Un Controlador Lógico Programable, o PLC (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller), es un dispositivo electrónico que se ha diseñado para controlar procesos secuenciales en tiempo real. En la mayoría de los casos son utilizados en procesos industriales, dado a la posibilidad de manejar entradas digitales y análogas simultáneamente.

A diferencia de un computador tradicional, un PLC no tiene teclado, pantalla ni ratón, tampoco tienen disco duro ni Windows. Pero internamente si es un computador, con su hardware: procesadores, memoria, puertos de comunicación, etc. y con su software un sistema operativo que le llaman (Firmware), y una programación, específica para la aplicación o el caso particular en que se está usando.

Los PLC cuentan con características específicas que los diferencian de las computadoras y microcontroladores:

- Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperaturas, humedad y ruido.
- La interfaz para las entradas y las salidas está dentro del controlador.
- Es muy sencilla tanto la programación como el entendimiento del lenguaje de programación que implementan, el cual se basa en operaciones de lógica y conmutación.

3.1.4. CAMPOS DE APLICACIÓN

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc. Hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

Todo esto se puede resumir de la siguiente manera:

- Espacio reducido
- Proceso de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizadas de las partes del proceso

Existen muchas aplicaciones para los PLC's en el campo industrial:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
 - Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etc.
 - Instalaciones de seguridad.
- Señalización y control
 - Chequeo de programas
 - Señalización del estado de procesos

3.1.5. VENTAJAS E DESVENTAJAS

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones me obligan a referirme las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

3.1.5.1. VENTAJAS:

Menor tiempo empleado a la elaboración de proyectos debido a que:

- No es necesario dibujar el esquema de contactos.

- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficiente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

3.1.5.2. DESVENTAJAS

- Como desventajas podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido,

pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

- El costo de nuestro PLC puede también ser un inconveniente.

3.1.6. FUNCIONAMIENTO

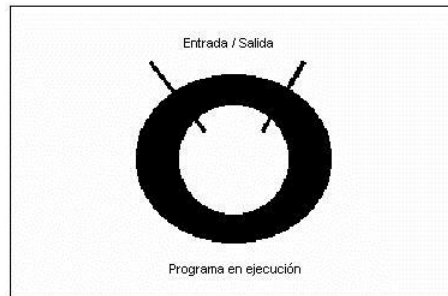


Figura III.25 Funcionamiento Básico de un PLC²⁸

Una vez que se pone una marcha, el procesador realiza una serie de tareas según el siguiente orden:

- Al encender el procesador ejecuta un auto-chequeo de encendido y bloquea las salidas. A continuación, si el chequeo ha resultado correcto, el PLC entra en el modo de operación normal.
- El siguiente paso lee el estado de las entradas y las almacena en una zona de la memoria que se llama tabla de imagen de entradas.
- En base a su programa de control, el PLC actualiza una zona de la memoria llamada tabla de imagen de salida.

²⁸ <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

- Vuelve a ejecutar el segundo paso.

Cada ciclo de ejecución se llama ciclo de barrido (scan), el cual normalmente se divide en:

- Verificación de entradas y salidas
- Ejecución del programa.

3.1.7. OTRAS FUNCIONES DEL PLC

- **En cada ciclo del programa**, el PLC efectúa un chequeo del funcionamiento del sistema reportando el resultado en la memoria, que puede ser comprobada por el programa del usuario.
- **El PLC puede controlar el estado de las Inicializaciones** de los elementos del sistema: cada inicio de un microprocesador también se comunica a la memoria del PLC.
- **Guarda los estados de las entradas y salidas en memoria:** Le puedes indicar al PLC el estado que deseas que presenten las salidas o las variables internas, en el caso de que se produzca un fallo o una falta de energía en el equipo. Esta funcionalidad es esencial cuando se quieren proteger los datos de salida del proceso.
- **Capacidad modular:** Gracias a la utilización de microprocesadores, puedes expandir los sistemas PLC usando módulos de expansión, en función de lo que requiera tu sistema al crecer. Puede expandirse a través

de entradas y salidas digitales, analógicas, etc, así como también con unidades remotas y de comunicación.

3.1.8. CLASIFICACION DE LOS PLC

Según sus características se pueden clasificar en:

➤ PLC NANO



Figura III.26 PLC Nano²⁹

Generalmente es un PLC de tipo compacto (es decir que integra la fuente de alimentación, la CPU, las entradas y salidas) que puede manejar un conjunto reducido de entradas y salidas, generalmente en un número inferior a 100. Este PLC permite manejar entradas y salidas digitales, y algunos módulos especiales.

➤ PLC COMPACTO

Estos PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos (alrededor de 500 entradas y salidas), su

²⁹ <http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>

tamaño es superior a los PLC tipo Nano y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:



Figura III.27 PLC Compacto³⁰

- Entradas y salidas análogas
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de entrada y salida
- **PLC MODULAR**

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman final:



Figura III.28 PLC Modular³¹

- El Rack

³⁰ <http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>

³¹ <http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>

- La fuente de alimentación
- La CPU
- Los módulos de entradas y salida

De estos tipos de PLC existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salidas, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.

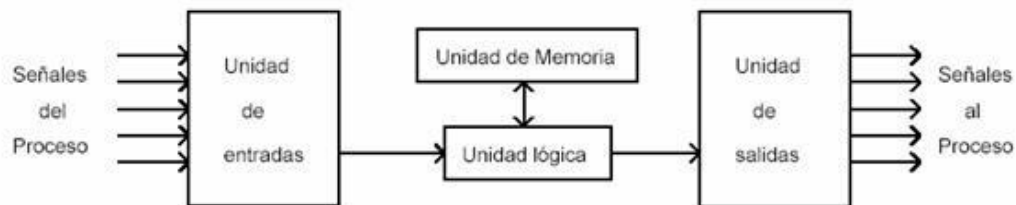


Figura III.29 Estructura Interna de un PLC³²

3.1.9. PROGRAMACIÓN DE PLC

Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de Programación, en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

³² <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>

3.1.9.1. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial:

- Lenguaje de Contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de Funciones

Al haber una gran variedad de lenguajes de programación hace que cada fabricante tenga su propia presentación, originando cierta incomodidad al usuario cuando programa más de un PLC.

3.1.9.2. GRAFCET

El **GRAFCET** (**GRA**phe **F**untionel de **C**ommande **E**tape **T**ransition) es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

3.1.9.3. ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN

Para programar un PLC en GRAFCET es necesario conocer cada uno de los elementos con los que consta. Como lo siguientes elementos:







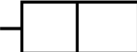
SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Etapa Inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el PLC. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa. Se indica con un trazo perpendicular a una unión.
	Direccionamiento	Indica la activación de una y/u otra etapa en función de la condición que se cumpla. Es importante ver que la diferencia entre la “o” y la “y” en el grafcet es lo que pasa cuando se cierran
	Proceso Simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez
	Acciones Asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

Tabla III.IV Elementos del Grafcet³³

³³ http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/Prog2.htm





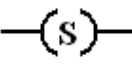
3.1.9.4. LENGUAJE LADDER

También denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

3.1.9.5. ELEMENTOS PARA PROGRAMAR CON LADDER

Para programar un PLC con Ladder, además de estar familiarizando con las reglas de los circuitos de comunicación, es necesario conocer cada uno de los elementos de los que consta este lenguaje. Tales como:

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET.


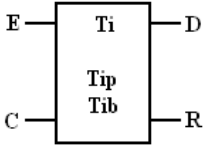
	Bobina RESET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.
	Temporizador	Permite poner cuentas de tiempo con el fin de activar bobinas pasado un cierto tiempo desde la activación. Tiene una entrada Enable que debe estar activa a 1 lógico en todo momento durante el intervalo de tiempo

Tabla III.V Elementos de Ladder³⁴

3.1.10. PLC TELEMECANIQUE MODICON M340

3.1.10.1. INTRODUCCIÓN AL PLC TELEMECANIQUE MODICON M340

Módicon M340 surge del ingenio de las soluciones Telemecanique. Nace del profundo conocimiento de Módicon, desde los orígenes de los controladores programables.

Cien por ciento compacto: Módicon M340 representa una síntesis de potencia e innovación, y ofrece magníficas respuestas a las necesidades de los fabricantes de máquinas.

Cero por ciento de preocupaciones: Es el compañero ideal de Módicon Premium y Módicon Quantum, y responde a las necesidades de automatización de infraestructuras y procesos. Asociado a la potencia y flexibilidad del software Unity Pro, le ofrece grandes ventajas durante todo el ciclo de vida de las aplicaciones.

Telemecanique adopta los estándares del mercado, como: IEC, Ethernet TCP / IP, Modbus IDA, XML, OPC, estándares de IT.

³⁴ http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/Prog2.htm

3.1.10.2. PLC TELEMECANIQUE MODICON M340



Figura III.29 PLC Telemecanique MODICON M340³⁵

1. Tamaño:

- Altura: 100 mm
- Profundidad: 93 mm para su integración en armarios de 150 mm

2. Bastidor Adaptable

- 4, 6, 8 o 12 módulos
- Función de intercambio en funcionamiento “Hot Swap” para un mantenimiento sencillo.

3. Módulos de Alta Densidad

- 64 canales en tan sólo 32 mm

4. Varias Opciones de Alimentación

- Corriente Alterna o Corriente Continua
- Salidas de alimentación de sensores de 24 V / 0,9 A

³⁵ http://www.schneider-electric.com.co/documents/local/Modicon_M340.pdf

5. Puerto USB Integrado

6. Puerto de Comunicación

- Elija Modbus, Ethernet o CANopen

3.1.10.3. CARACTERÍSTICAS

Procesador de Alto Rendimiento: 7 K instrucciones/ms, 4 MB de memoria de programa, 70K instrucciones.

Memoria Flexible: Incluye una tarjeta de memoria Flash SD ya formateada para la copia de seguridad de aplicaciones (programa ejecutable, código fuente y comentarios)

Único Paquete de Software: Una solución única, sencilla y fácil de utilizar, Unity Pro es común a las gamas Módicon M340, Módicon Premium y Módicon Quantum y a la oferta Módicon Atrium.

Conexión de Alta Velocidad: Desde el puerto USB de todos los procesadores Módicon M340, podrá establecer una conexión sencilla y de alto rendimiento con su PC de programación. También podrá conectarse usando el puerto Ethernet, mediante una conexión punto a punto o a través de una red local.

Especialización: Módulos de contacto con funciones listas para su utilización, además biblioteca de bloques de funciones dedicada con control de movimiento. MFB (Motion Function Blocks) en el estándar PLCopen y biblioteca de bloques de regulación avanzada orientada al control de máquinas.

3.1.11. MÓDULO DE E/S DIGITALES

Los módulos de I/O discretas del MODICON M340 son de formato estándar (ocupando un slot), equipado con conector de 40 pines, o un bloque terminal con 20 pines. Para todos los módulos, los **TELESFAT** están disponibles y permiten conectar rápidamente a las partes operacionales.

Un amplio rango de entradas salidas discretas hace posible tener los siguientes requerimientos:

- Funcional: I/os en continua o alterna, lógica positiva o negativa.
- Modularidad: 8, 16, 32 o 64 vías/modulo.

3.1.11.1. ENTRADAS.

Recibe señales de entrada desde los sensores y dispone de las siguientes funciones:

- Adquisición, adaptación, aislamiento galvánico, filtraje.
- Protección contra sobrecargas.

3.1.11.2. SALIDAS

Almacena las salidas de las órdenes dadas por el procesador, mandar el control de pre-actuadores.

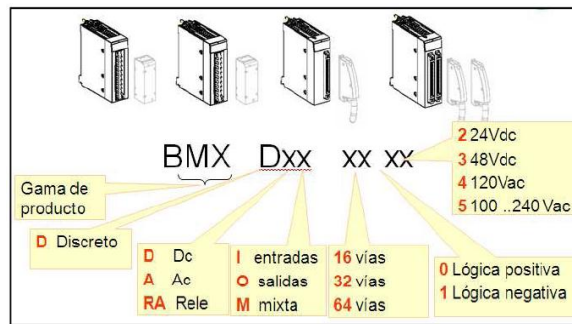


Figura III.31 Sintaxis utilizada en módulos de E/S.³⁶

3.1.11.3. ESPECIFICACIONES DE SISTEMA.

➤ Restricciones mecánicas.

Choques: 50g.

Vibraciones: 5g.

➤ Temperatura.

Ambiente: 0 a 60° C (sobre 2000 M limite 55° C)

➤ Altitud.

Restricciones de seguridad para 4000 metros.

³⁶http://www.mecatronicatip.com/e107_files/downloads/cursobasmtiptoshi.pdf

3.1.12. PROTOCOLOS SOPORTADOS.

3.1.12.1. PROTOCOLO MODBUS

MODBUS es un protocolo de comunicaciones en serie basado en una arquitectura maestro / esclavo que fue desarrollado por MODICON.

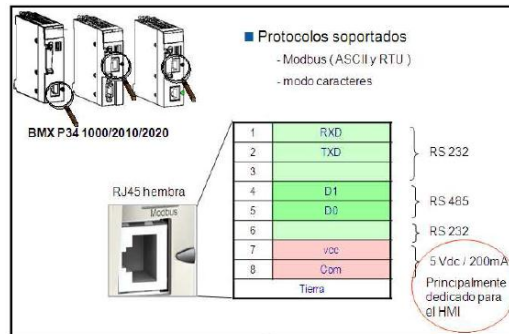


Figura III.32 Puerto para el protocolo MODBUS³⁷

3.1.12.2. PROTOCOLO ETHERNET

Aunque los buses de campo continuarán dominando las redes industriales, las soluciones basadas en Ethernet se están utilizando cada vez más en el sector de las tecnologías de automatización, donde las secuencias de proceso y producción son controladas por un modelo cliente/servidor con controladores, PLC y sistemas ERP (Planificación de los recursos de la empresa), teniendo acceso a cada sensor que se conecta a la red.

³⁷http://www.infopl.net/files/descargas/omron/infoPLC_net_Ethernet_Comunicacion_entre_PLCs_via_Ethernet_.pdf

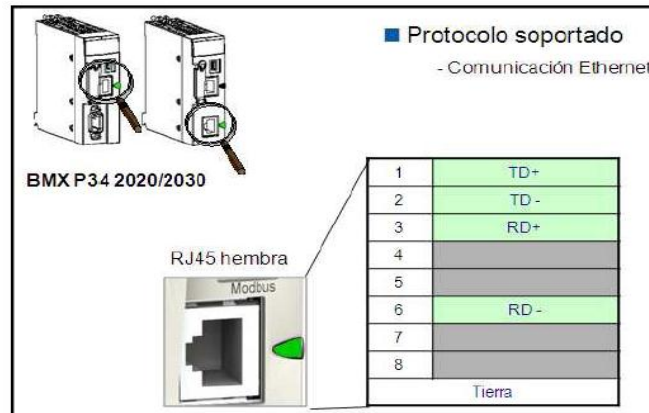


Figura III.33 Puerto de comunicación Ethernet.³⁸

3.1.13. CABLE TELEFAST.

El Telefast básicamente es un conector universal para el PLC M340 ya que su fabricante es Schneider Electric compatible con los módulos de I/O de esta marca facilitando así el conexionado con el PLC.

Estos módulos se utilizan para conectar I/O, en este caso entradas discretas es decir cerrado o abierto provenientes desde el campo en la subestación (seccionadores y disyuntores) hacia el PLC M340 a través de un cable telefast.

El potencial (0 V o 24 V), distribuidos sobre la fila de los terminales del tornillo que permiten que los campos comunes sean conectados que son seleccionados por un puente.

³⁸http://www.infopl.net/files/descargas/omron/infoPLC_net_Ethernet_Comunicacion_entre_PLCs_via_Ethernet_.pdf



Figura III.34 Cable TELEFAST de conexión hacia modulo E/S³⁹

3.1.13.1. ESPECIFICACIONES

- Control de voltaje: 24 V dc
- Salida de voltaje: 24 Vdc
- Salida de corriente por canal: 0,5 A
- Número de canales: 16

3.1.13.2. CONEXIÓN DEL CABLE.

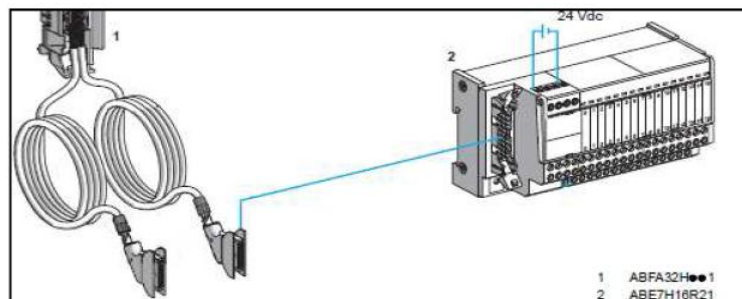


Figura III.35 Conexión del cable TELEFAST.⁴⁰

³⁹http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo07_1907.pdf

⁴⁰http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo07_1907.pdf

3.1.13.3. CONEXIÓN INTERNA Y EXTERNA DEL CABLE TELEFAST.

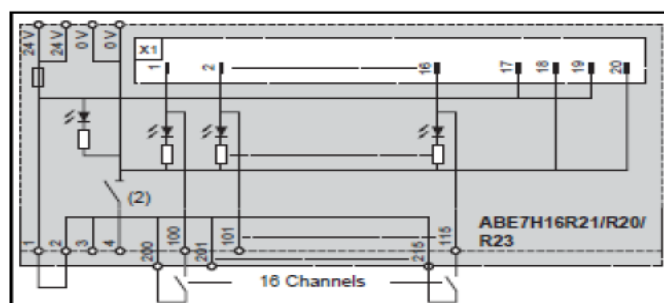


Figura III.36 Conexión del TELEFAST para entradas discretas.⁴¹

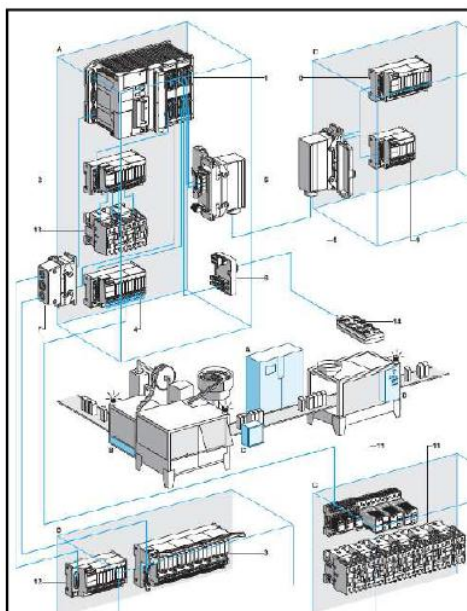


Figura III.37 Aplicaciones con TELEFAST.⁴²

⁴¹<http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/ci/cap6.pdf>

⁴²<http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/ci/cap6.pdf>

3.2. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

3.2.1. INTRODUCCION A UNITY PRO

Unity Pro es un software de programación, depuración y operación todo en uno, este programa es utilizado en varias plataformas como: Quantum, Atrium y Modicon M340. Unity Pro posee cinco lenguajes IEC61131-3, todas las herramientas de depuración y diagnóstica, este software está hecho para aumentar su productividad de desarrollo y la facilidad de mantenimiento. Con Unity Pro, su inversión de software se optimiza, los costos de capacitación se reducen y aprovecha un potencial de desarrollo inigualable.

3.2.2. UNITY PRO SOFTWARE

Un entorno común para las plataformas Modicon, Unity Pro es un software común de programación, puesta a punto y explotación de los autómatas Modicon, M340, Premium, Quantum y procesadores Atrium.

Unity Pro aprovecha al máximo las ventajas de las interfaces gráficas y contextuales de Windows.

- Acceso directo a las herramientas y a los datos.
- Configuración 100 % gráfica.
- Barra de herramientas e íconos personalizados-
- Funciones avanzadas de “arrastrar y soltar” y zoom
- Ventana de diagnóstico integrado.

3.2.3. CARACTERÍSTICAS DE UNITY PRO

Unity Pro es multitarea software que ofrece las siguientes características:

➤ **AHORRO DE TIEMPO POR REUTILIZACIÓN**

Sus estándares, probados y cualificados, reducen el tiempo de desarrollo y de puesta en marcha en el centro. Así se optimiza la calidad y los plazos

➤ **GARANTÍA DE LA MEJOR CALIDAD**

El simulador del autómatas integrado reproduce fielmente el comportamiento del programa en el PC, todas las herramientas de puesta a punto se pueden utilizar en simulación, para aumentar la calidad antes de la instalación.

➤ **TIEMPOS DE PARADA REDUCIDOS**

Unity Pro ofrece una biblioteca DFB de diagnóstico de aplicaciones. Se encuentran integrados en el programa y según su función, permiten vigilar las condiciones permanentes de seguridad y la evolución del proceso en el tiempo.

➤ Soporta Cinco IEC 61131-3 lenguajes de programación.

➤ Editor de programación.

➤ Editor de datos con la búsqueda, selección y filtrado de capacidad.

➤ Biblioteca integrada y personalizable DFB.

➤ Amplia gama de servicios en línea.

➤ La integración de las arquitecturas de bus de campo utilizando tecnología FDT/DTM.

- Un editor de documentación permite la creación de archivos específicos del usuario.
- Un soporte de diagnósticos del sistema de monitoreo de bits/palabras de sistema, módulos E/S y los tiempos de actividad de los pasos SFC.

3.2.4. INTERFACE GRÁFICA DE UNITY PRO

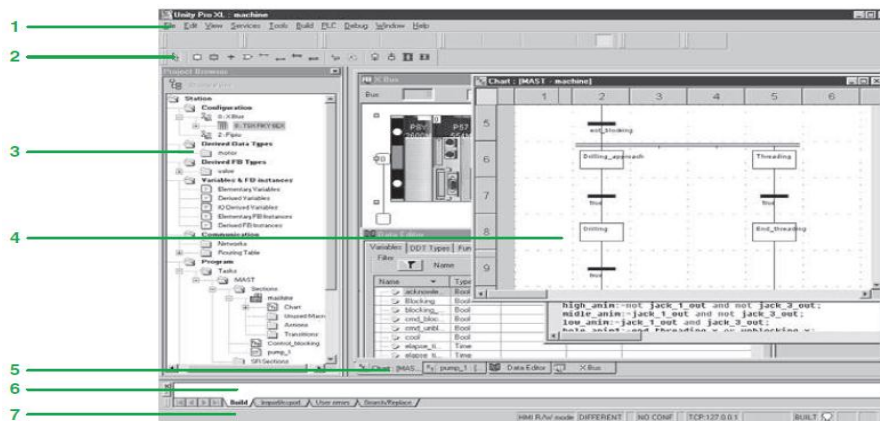


Figura III.38 Entorno del programa Unity Pro.⁴³

La pantalla de inicio presenta una perspectiva general compuesta de varias ventanas y de barras de herramientas de las que se puede disponer libremente en la pantalla:

1. Barra de menú, que permite acceder a todas las funciones.
2. Barra de herramientas compuesta de iconos y destinada a acceder a las funciones más utilizadas.
3. Navegador de aplicaciones, que permite recorrer la aplicación a partir de una vista tradicional o de una vista funcional.

⁴³<http://www.esi2.us.es/~fercas/documentos/TutorialM340.pdf>

4. Zona de ventanas del editor, que permite ver simultáneamente varios editores (editor de configuración, editores de lenguajes de contactos, literal,..., editor de datos).
5. Pestañas de acceso directo a las ventanas del editor.
6. Ventana de información relativa a las pestañas (errores de usuario, importación /exportación, búsqueda / sustitución...).
7. Línea de estado.

3.2.5. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

En Este cuadro se presentan los requisitos mínimos y recomendados de instalación a nivel de hardware, sistema operativo y conectividad a Internet.

	MÍNIMO	RECOMENDADO
SISTEMA	Pentium 800 MHz o más	1,2 GHZ
MEMORIA RAM	256 MB	
DISCO DURO	2 GB	
SISTEMA OPERATIVO	Windows 2000 o Windows XP edición profesional	
LECTOR	Lector CD-ROM	Reproductor CD-ROM
PANTALLA	SVGA o una pantalla de mayor resolución	
PERIFÉRICOS	Ratón, teclado o un sistema de puntería	
ACCESO A INTERNET	La solución recomendada para registrarse es internet	

Tabla III.VI Requisitos de Hardware para instalar Unity Pro.⁴⁴

Al instalar el software Unity Pro, herramienta de configuración programación, depuración de autómatas de gama Modicon, se instalarán también herramientas que permitirán cambiar el sistema operativo de los procesadores, cambiar el

⁴⁴<http://www.esi2.us.es/~fercas/documentos/TutorialM340.pdf>

idioma principal del interface de Unity Pro, registrar su licencia de software, herramienta de exportación de proyectos realizados con herramientas anteriores (PL7, Concept) y un gestor de librerías de función.

3.2.6. CONEXIONES

Los cables disponibles para conectar una estación de trabajo a un PLC Modicon M340 son los siguientes cables:

- Cable Modbus, referencia del producto TCS MCN 3M4F3C2.
- Cable Ethernet cruzado, referencia del producto 490 NTC 000 05 (1).
- Cable USB, referencia del producto BMX XCA USBH 018.
- Cable USB, referencia del producto BMX XCA USBH 045.

3.2.7. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Unity Pro proporciona los lenguajes de programación siguientes para crear el programa de usuario:

- Lenguaje de contactos (LD)
- Lenguaje de bloques funcionales (FBD)
- Lista de instrucciones (IL)
- Literal estructurado (ST)
- Diagrama funcional en secuencia (SFC)

Todos estos lenguajes de programación pueden utilizarse juntos en el mismo proyecto. Todos ellos cumplen la norma IEC 61131-3.

3.2.8. PROGRAMACIÓN EN UNITY PRO

3.2.8.1. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA

Para describir rápidamente la manera de programación y configuración de la plataforma de automatización del PLC Modicon M340 se da una descripción clara y precisa.

Lo primero que debemos hacer es iniciar el programa de programación y configuración del UNITY PRO en versión XL, su principal diferencia radica en la gama de equipos que se puede programar.

El entorno para la programación y la configuración, es un entorno amigable al usuario y fácil de adaptarse al entorno de programación.

3.2.8.2. CONFIGURACIÓN DEL BASTIDOR

Para configurar un PLC se ha de ir al editor de configuración haciendo un doble clic en Configuración en el Explorador de proyectos.

Se tienen que abrir 2 ventanas:

- Un catálogo de hardware que contiene todos los módulos organizados en familias que pueden insertarse en el bastidor. Si desaparece la ventana de catálogo puede encontrarse en el menú Herramientas / Catálogo de Hardware.
- Una ventana que contiene la configuración gráfica del bastidor en la que se han de seleccionar los módulos que componen el bastidor.

Para modificar el tamaño del bastidor basta con hacer un doble clic en el bastidor donde está marcado el [0] (parte izquierda del bastidor). Se abre una ventana en la que puede seleccionarse otro bastidor o cancelar el cambio.

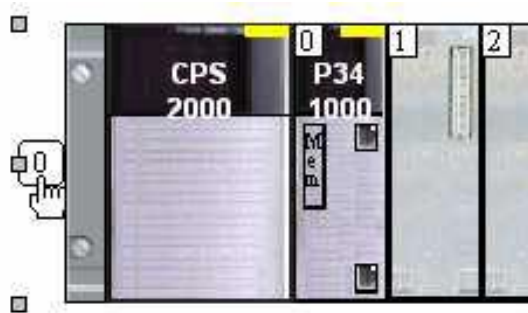


Figura III.39 Cambio de Bastidor.⁴⁵

Luego para configurar el PLC basta con hacer un doble clic en una posición libre, se abre una ventana en la que se puede seleccionar el módulo que desea añadir o utilizando el arrastrar/soltar desde la librería de hardware.

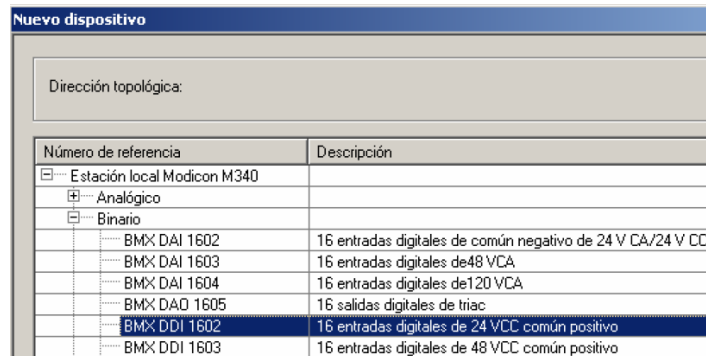


Figura III.40 Ventana para elegir un nuevo módulo.⁴⁶

⁴⁵http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Unity.pdf

⁴⁶http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Unity.pdf

Después de terminar con la elección de los módulos es posible que no sea la configuración ideal o que omitimos algún módulo en ese caso es posible eliminar un módulo seleccionándolo, haciendo un clic derecho y eligiendo Eliminar o pulsando en la tecla suprimir del teclado.

También es posible desplazar un módulo de posición seleccionándolo y arrastrándolo hasta su nueva posición.

3.3. COMUNICACIÓN

Lo referente a la comunicación podemos decir que es una serie de normas que usan los dispositivos para intercambiar información. Dos equipos de diferentes marcas se pueden comunicar sin problemas en el caso que utilicen el mismo protocolo de comunicación.

A lo largo del tiempo se ha podido usar protocolos más útiles para el intercambio de información, con los cuales muchos productos de cada fabricante se han ido adaptando para asegurarse la compatibilidad con el resto de marcas.

3.3.1. MODBUS

3.3.1.1. INTRODUCCIÓN

El protocolo de comunicaciones industriales MODBUS fue desarrollado en 1979 por la empresa norteamericana MODICON, es público, relativamente sencillo de implementar y flexible es por eso que se ha convertido en uno de los protocolos más populares en los sistemas de automatización y control.

MODBUS especifica el procedimiento que el controlador y el esclavo utilizan para intercambiar datos, el formato de dichos datos y como se tratan los errores. MODBUS puede implementar sobre redes basadas en Ethernet, RS-485, RS232, etc.

3.3.1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

MODBUS funciona siempre en modo maestro-esclavo (cliente-servidor), el maestro es el que controla en todo momento las comunicaciones con los esclavos. Los esclavos se limitan a retornar los datos solicitados o la ejecución solicitada por el maestro. La comunicación entre maestro-esclavo puede ser de dos maneras:

- **PEER TO PEER:** En el que se establece comunicación maestro-esclavo, el maestro solicita información y el esclavo responde.
- **BROADCAST:** Se establece comunicación maestro-todos los esclavos, el maestro envía un comando a todos los esclavos de la red sin esperar respuesta.

Además las comunicaciones MODBUS se pueden realizar en modo ASCII o en modo RTU. En modo ASCII por cada byte a transmitir se envían dos caracteres ASCII (2 bytes) con su representación hexadecimal, las tramas se leen con un editor de texto. En modo RTU se envían en binario.

3.3.1.3. CARACTERÍSTICAS

- Cada esclavo tiene su propia dirección, que puede ir desde 1 hasta 247.

- El maestro siempre inicia la comunicación enviando un paquete de información bien estructurado a todos los esclavos entre otras muchas cosas en la información se incluye el número del esclavo.
- El esclavo elegido responde, enviando lo que se le pide por medio también de un paquete de información bien estructurado.

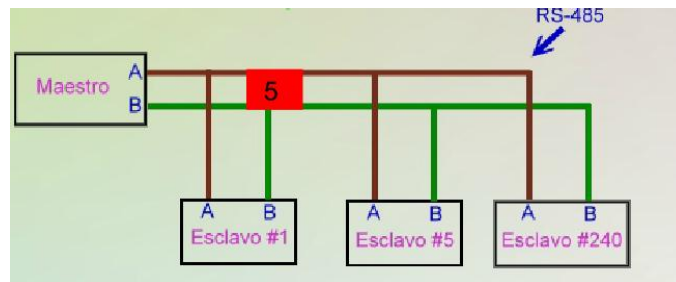


Figura III.40 Protocolo MODBUS⁴⁷

3.3.1.4. REPRESENTACIÓN DE DATOS EN MODBUS

El protocolo MODBUS usa el concepto de una tabla de datos para almacenar la información en un esclavo, una tabla de datos no es más que un bloque de memoria usado para almacenar datos en el esclavo, las tablas de datos que se usa en MODBUS son:

Dirección MODBUS	Dirección usada Protocolo	Nombre de la Tabla
1-9999	0000-9998	Output Colis (Lectu/Escri)
10001-19999	0000-9998	Inputs Contact (Lectura)
30000-39999	0000-9998	Inputs Registers (Lectura)
40001-49999	0000-9998	Holding Registers (Lec/Esc)

Tabla III.VII Representación de datos MODBUS⁴⁸

⁴⁷http://lra.unileon.es/sites/lra.unileon.es/files/Documents/plc/Unity_Pro/Manuales_Unity/Manual_Unity.pdf

En MODBUS un coli representa un valor booleano típicamente usado para representar una salida y solo existe dos estados para coli on y off.

3.4. HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE)

3.4.1. INTRODUCCIÓN

La sigla HMI es la abreviatura en inglés Interfaz Hombre Máquina. Son ventanas que pueden estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI o de monitoreo y control de supervisión funcionan a través de señales del proceso conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's, RTU (Unidades Remotas de I/O), o DRIVER's (Variador de Velocidad de Motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

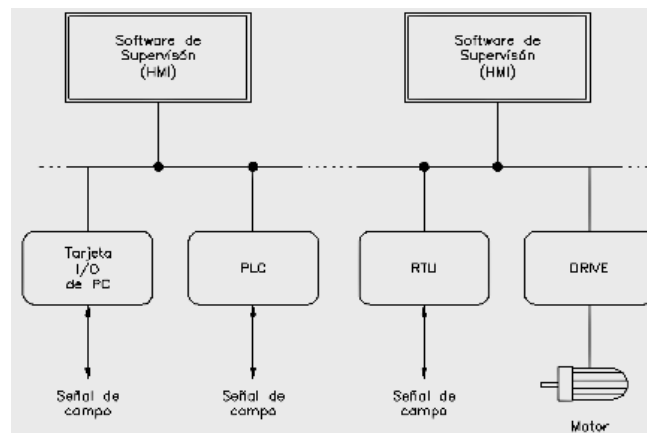


Figura III.42 Estructura de un HMI⁴⁹

⁴⁸http://lra.unileon.es/sites/lra.unileon.es/files/Documents/plc/Unity_Pro/Manuales_Unity/Manual_Unity.pdf

⁴⁹ <http://www.geocities.ws/imenator/td/ScadaHMI.htm>

3.4.2. GENERALIDADES

El HMI es el lugar donde se encuentran las personas y la tecnología, este encuentro puede ser en algo tan simple como un horno a microondas o tan complejo como un comando de un jet. Aplicado a las computadoras, en el ámbito industrial, es el sistema que vuelve evidentes las diferentes funcionalidades disponibles en un sistema de automatización y control.

3.4.3. TIPOS DE HMI

- **Desarrollos a medida:** Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC ++, Visual Basic, Delphi, etc.
- **Paquetes enlatados HMI:** Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA.

3.4.4. FUNCIONES DE UN HMI

- **MONITOREO:** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- **SUPERVISIÓN:** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

- **ALARMA:** Es la capacidad de reconocer los eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **CONTROL:** La capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. El control va más allá del control de supervisión quitando la necesidad de la interacción humana.
- **HISTÓRICOS:** Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

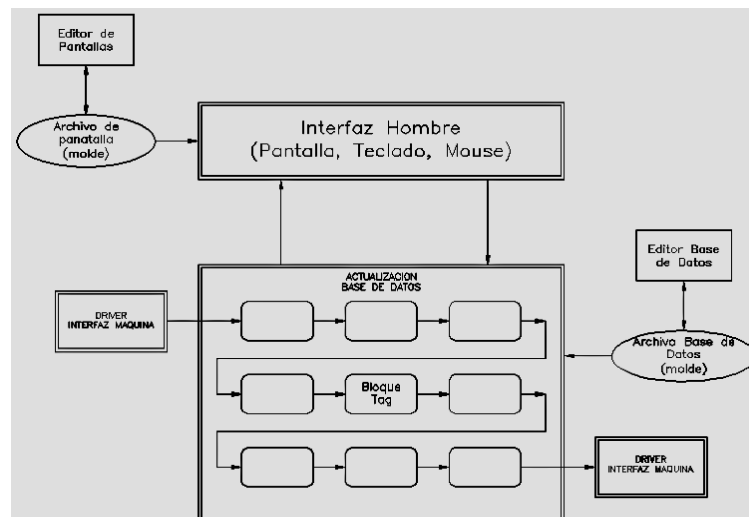


Figura III.43 Estructura de un HMI⁵⁰

⁵⁰ <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

4.1. SOLIDWORKS

4.1.1. INTRODUCCIÓN

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar.

Además SolidWorks es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.

Las principales características es disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar.

4.1.2. MÓDULOS DE SOLIDWORKS

Una de las características más importantes de SolidWorks es que al momento de crear uno de los tres módulos ya sea **Pieza**, **Ensamblaje** o **Dibujo**, estos están vinculados y al modificar un fichero de pieza se modifica el ensamblaje y los planos asociados de forma automática sin la intervención del usuario.

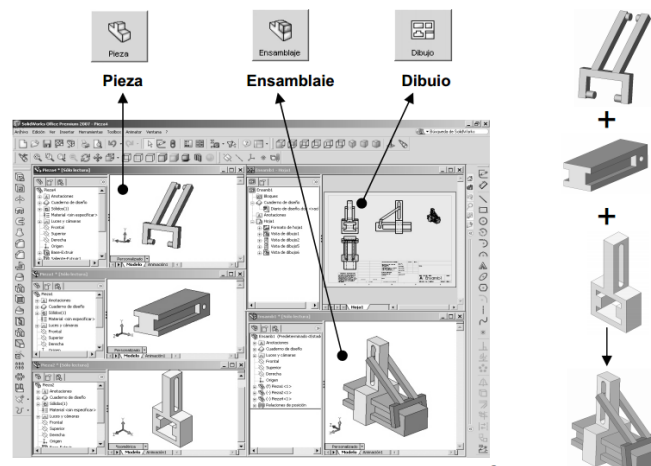


Figura IV.44 Módulos de SolidWorks⁵¹

⁵¹http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714589-SolidWorks/descarga_primer_capitulo_libro_solidworks.pdf

Para realizar un conjunto o ensamblaje debe diseñar cada una de las piezas que lo conforman y guardar como ficheros de pieza distintos asignando un nombre diferente para cada uno. El módulo de ensamblaje permite insertar cada una de las piezas y asignar relaciones geométricas de posición para definir tridimensionalmente el ensamblaje. Finalmente, puede obtener los planos las piezas o del propio ensamblaje de forma automática.

4.1.2.1. PIEZA

El Módulo de Pieza constituye un entorno de trabajo dónde se puede diseñar modelos empleando herramientas de diseño de operaciones ágiles e intuitivas. Su facilidad de uso se debe al entorno basado en Windows y en el uso de funciones clásicas como arrastrar y colocar, cortar y pegar o marcar y hacer clic con el ratón.

El conjunto de funciones e iconos permiten crear modelos tridimensionales (3D) en base a geometrías de croquis (2D) y obtener sólidos, superficies, estructuras metálicas, piezas de chapa, piezas multicuerpo, etc.

Los modelos creados se gestionan mediante el Gestor de Diseño dónde se incluyen todas las operaciones 3D y 2D utilizadas en la obtención de la pieza. Puede modificar operaciones sin necesidad de eliminar y volverlas a crear.

El Módulo de Pieza está totalmente integrado con el resto de módulos y funcionalidades de forma que cualquier cambio en su modelo 3D se actualiza en el resto de ficheros asociados (Ensamblajes, Dibujo, etc.) de forma bidireccional.

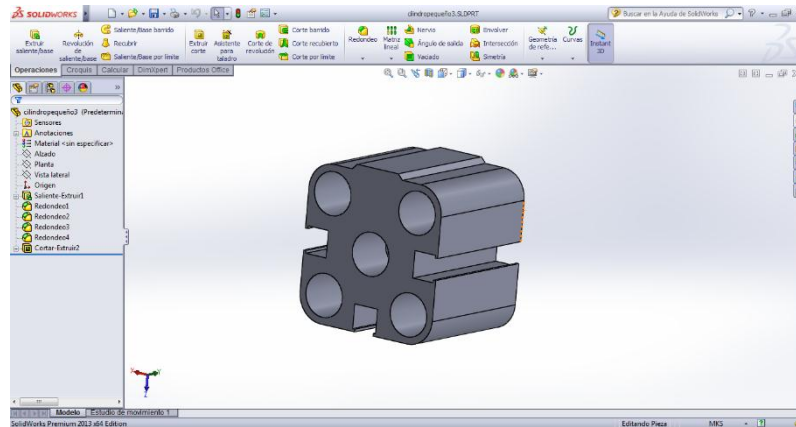


Figura IV.45 Módulo para crear una Pieza.⁵²

4.1.2.2. ENSAMBLAJE

El Módulo de Ensamblaje está formado por un entorno de trabajo preparado para crear conjuntos o ensamblajes mediante la inserción de los modelos 3D creados en el Módulo de Pieza. Los ensamblajes se definen por el establecimiento de Relaciones Geométricas entre las piezas integrantes.

La creación de ensamblajes permite analizar las posibles interferencias o choques entre los componentes móviles insertados así como simular el conjunto mediante motores lineales, rotativos, resortes y gravedad y evaluar la correcta cinemática del conjunto.

⁵²Fuente: Lema Iván y Silvia Tierra (Autores)

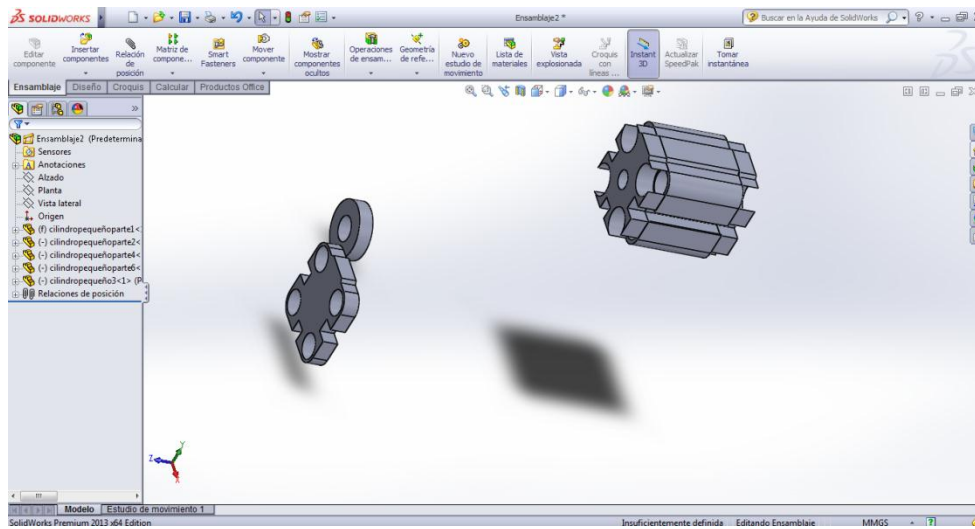


Figura IV.46 Módulo para el Ensamblaje⁵³

4.1.2.3. PLANO O DIBUJO

Este módulo nos permite crear planos con las vistas de los modelos o ensamblajes de forma automática y en muy poco tiempo. La obtención de las vistas, alzado, planta y perfil requiere únicamente pulsar sobre un icono o arrastrar la pieza 3D desde su ventana hasta la ventana del dibujo.

El Módulo de Dibujo permite obtener proyecciones ortogonales (Vistas Estándar), Secciones y Cortes, Perspectivas, Acotación, Lista de materiales, Vistas Explosionadas, entre otras muchas funciones. Los documentos de dibujo están totalmente asociados a las piezas y ensamblajes de forma que cualquier cambio en ellas se actualizan en tiempo real en sus planos, sin tener que modificarlos de forma manual.

⁵³Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

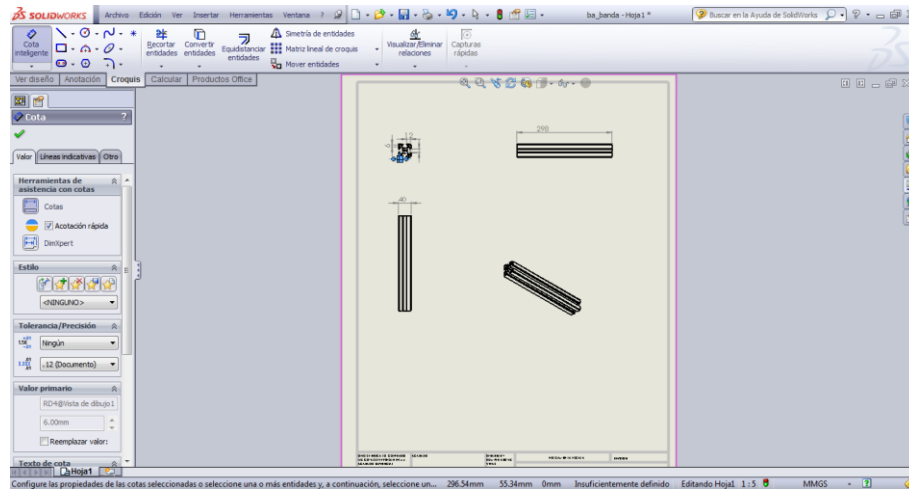


Figura IV.47 Módulo para el Dibujo.⁵⁴

4.2. DISEÑO MECÁNICO

4.2.1. DISEÑO PARA LAS BASES DE LA ESTRUCTURA

El diseño para la construcción de la estructura de un proyecto es la parte más esencial al momento de encontrar una solución a nuestro problema. Existen varias formas y técnicas para encontrar dicha solución, la técnica de ingeniería es la más utilizada porque nos permite aplicar todas las ciencias aprendidas como son Geometría, Matemática y Física, a través de estas ciencias podemos diseñar piezas calcular distancias y pesos. Para eso existen varios programas o software que permiten hacer esta clase de diseños uno de estos y el más utilizado es **SolidWorks**, este programa permite diseñar piezas en 2D o 3D y obtener bosquejos de la estación de evaluación y la ubicación de cada pieza diseñada.

⁵⁴Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

En nuestro proyecto constábamos de sensores que van apoyados en bases, dichas bases se las realizó en platina de 1" ½ pulgadas por 4 mm de espesor, la cual fue cortada en varias de acuerdo al diseño realizado en SolidWorks y dobladas con un ángulo de 90°.



Figura IV.48 Platina utilizada para la construcción de las bases.⁵⁵

Las piezas que son desechadas son enviadas por un cilindro neumático hacia unas rampas. Para el diseño de las rampas se empleó una canaleta de aluminio de 4,2 cm de ancho, 1,7 de altura y de 25 cm de largo.



Figura IV.49 Canaleta de Aluminio⁵⁶

⁵⁵http://www.cintac.cl/novedades/wp-content/uploads/2010/03/Metalcon_Manual_de_Construccion.pdf

⁵⁶http://www.cintac.cl/novedades/wp-content/uploads/2010/03/Metalcon_Manual_de_Construccion.pdf

4.2.2. BANDA TRANSPORTADORA

La Banda Transportadora fue diseñada en SolidWorks 2013, su construcción fue necesaria ya que a través de la misma los cilindros se transportan de un punto a otro. Para la construcción es utilizado un aluminio estructurado y sobre este un plástico adecuado que servirá como nuestra cinta transportadora.

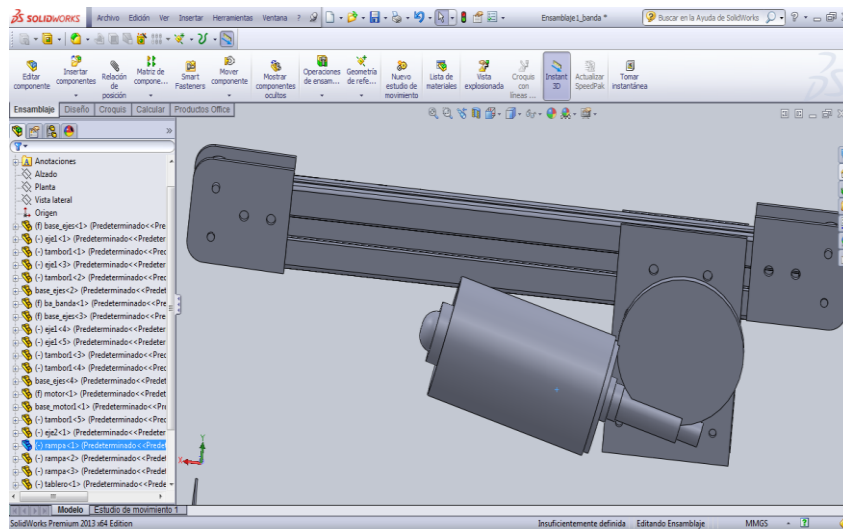


Figura IV.50 Estructura de la Banda Transportadora en SolidWorks 2013.⁵⁷

Para el diseño de la Cinta transportadora, se utilizó el aluminio estructural de 40x40 mm como soporte, además de la creación de unos tambores los cuales fueron colocados al final del aluminio, dos en cada extremo. Los tambores cuentan con un rodamiento de 12 mm de diámetro a cada lado del tambor, y con un tornillo de 4 mm de diámetro por 40 mm de largo como eje. Los tambores están contruidos en nylon, el cual es un polímero artificial, que sus principales

⁵⁷ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

características son que cuenta con una moderada resistencia al calor, no se estira y es liviano.

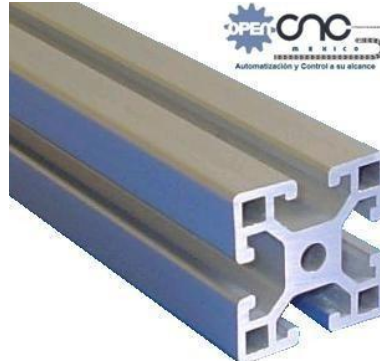


Figura IV.51 Aluminio estructural de 40x40 mm.⁵⁸

El diseño de la banda transportadora es muy importante y debe ser exacta puesto que a través de ella cruzan piezas cilíndricas de diámetro exterior de 40 mm y tienen un alto de 22,5 mm y 25 mm. Estas son las piezas a analizar en el proceso de evaluación de profundidad.



Figura IV.52 Piezas Cilíndricas a Analizar⁵⁹

⁵⁸http://www.cintac.cl/novedades/wp-content/uploads/2010/03/Metalcon_Manual_de_Construccion.pdf

⁵⁹ <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/mps-sistema-de-produccion-modular>

Para las bases de los tambores también se utilizó el nylon pero esta vez en planchas. El motor de la banda, es un motor de plumas de camiones de 24 VCD, el cual consta de dos velocidades y está montado sobre unas bases de nylon, por debajo del aluminio estructural, tal y como podemos apreciar en la figura IV.51.

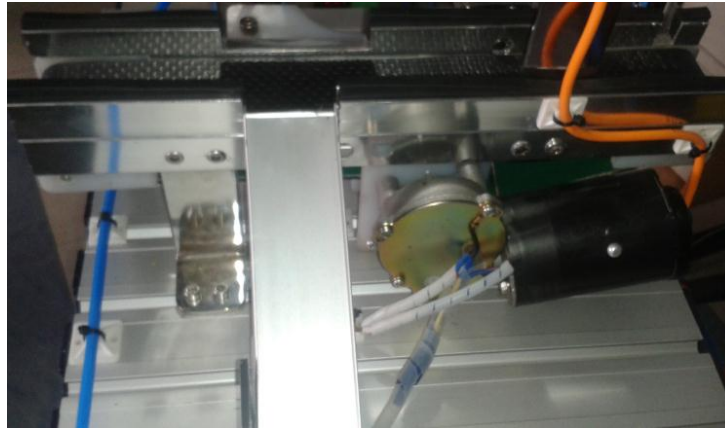


Figura IV.53 Montaje del Motor.⁶⁰

Para sostener la banda se diseñaron unos soportes en platina de 10 cm de alto y 4 cm de base, con un doblado de 90 grados, y atornillados al aluminio estructural, con tornillos de 4mm de diámetro y 1,4 cm de largo de cabeza hexagonal, además se utilizaron las tuercas deslizantes cabeza de martillo.

⁶⁰Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

4.3. MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.3.1. SENSORES

4.3.1.1. SENSOR DE PRESENCIA

El sensor de presencia, que es un sensor fotoeléctrico de proximidad, cuenta con un potenciómetro para poder calibrar su sensibilidad.



Figura IV.54 Sensor DC 10-30 V⁶¹

Es un sensor PNP de tres hilos, el hilo de color café va conectado al positivo de la fuente, el hilo de color azul que va conectada al negativo y el hilo de color negro se conecta a una entrada del PLC, y es el cable que me dará la señal cuando detecte la presencia de un cilindro para poder arrancar el funcionamiento de nuestra banda transportadora.

⁶¹<http://siglus.lt/pdfs/60260751320918261.pdf>

4.3.1.2. SENSOR DE PROFUNDIDAD

El sensor de profundidad posee un punto de luz intensivo para la detección en un alto nivel de precisión, puede detectar toda clase de piezas sin ningún problema ya que posee un poder de escaneo de 4 a 150 mm.

Calibramos la sensibilidad y el alcance del sensor a través del potenciómetro que posee para detectar que la pieza este en posición correcta cuando este detenida por el cilindro pequeño. La conexión de sensor es muy sencilla ya que posee un zócalo 3M donde el cable café se conecta a positivo, el azul a negativo y el negro es la señal.



Figura IV.55 Sensor de Profundidad⁶²

⁶²<http://vision-supplies.com/p/48900/sick-wtb4-3p2162>

4.3.1.3. SENSOR INDUCTIVO

EL sensor inductivo como sabemos nos sirve para detectar materiales de metal ferroso, en nuestro caso está ubicado a 3mm de la parte superior del cilindro giratorio y su función es detectar cuando el vástago del cilindro sale y mandar la señal indicando que el vástago del cilindro está afuera.

Este sensor posee tres cables y al igual que los otros sensores la conexión es igual el cable de color café se conecta a positivo, el azul a negativo y el negro es la señal.



Figura IV.56 Sensor Inductivo.⁶³

4.3.2. PANEL DE CONTROL

El panel de control consta de tres pulsadores y una llave de dos posiciones, debidamente cableadas a las entradas del PLC.

⁶³Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)



Figura IV.57 Panel de Control⁶⁴

- **START (VERDE):** A través de este pulsador damos inicio a nuestro proceso de evaluación de profundidad de piezas cilíndricas.
- **STOP (ROJO):** Por medio de este pulsador detenemos en su totalidad el proceso de evaluación de profundidad.
- **RESET (AMARILLO):** Con este pulsador reiniciamos todo el proceso es decir volvemos al estado inicial la secuencia.
- **LLAVE DE DOS POSICIONES (AZUL):** Lo que indica esta llave es que el proceso puede funcionar tanto en modo automático como en modo manual.
- **Los focos de 24 vcd,** los cuales son indicadores el verde para indicar que se encuentra en funcionamiento el proceso y el rojo indica que el proceso se encuentra detenido.

4.3.3. PLACA DE COMUNICACIÓN E/S

4.3.3.1. SYSLINK

⁶⁴ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)



Figura IV.58 Interface de E/S “Syslink”

Esta placa nos sirve para la conexión de entradas y salidas digitales desde la estación de evaluación al PLC, posee 8 entradas, 8 salidas, conexiones tanto a positivo como a negativo, indicadores leds tanto para las entradas como para las salidas, un switch que nos indica la conexión NPN o PNP.

Esta interface se conecta al PLC a través de un puerto DB25 que nos ayudará a obtener una conexión correcta y segura.

4.3.3.2. CONEXIÓN AL PLC



Figura IV.59 Conexión del PLC⁶⁵

⁶⁵ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

La conexión al PLC Telemecanique MODICOM M340 viene a partir de las interfaces de entradas y salidas que se encuentran centralizadas en el módulo, la conexión es mediante un sistema estandarizado de cableado (cables de conexión del tipo Syslink, de Festo), evitando así la utilización de herramientas para conectar o desconectar los diferentes módulos que componen una estación.

Al igual que el interface de las entradas y salidas digitales la conexión es a través de una borneras hacia el PLC por medio de un cable TELEFAST, el PLC está conectado a la fuente de alimentación que es la encargada de proporcionar la energía al PLC

4.4. DISEÑO NEUMÁTICO

Para el diseño del sistema neumático primero debemos estar conscientes que el aire comprimido esté disponible en una presión y un caudal acorde a las necesidades de la estación, para nuestra estación necesitamos una presión aproximada de 8 bares, de nuestro compresor a la unidad de mantenimiento alimentamos aire por medio de manguera de 6 mm y para las conexiones de los cilindros a las electroválvulas por medio de manguera de 4 mm y así todos nuestros actuadores neumáticos actuarán sin ningún problema.

Una vez seleccionados nuestros cilindros, válvulas y unidad de mantenimiento procedemos a realizar la conexión de todos los actuadores neumáticos, previo a una simulación realizada en Fluidsim.

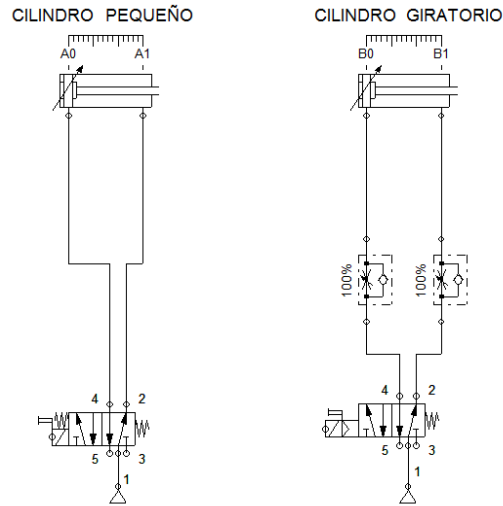


Figura IV.60 Conexión de las Electroválvulas con los Cilindros “Fluidsim”.⁶⁶

En el diseño neumático para el cilindro giratorio se utiliza válvulas antirretorno estranguladora para cada entrada, este cilindro a su vez nos permite enviar las piezas rechazadas por el sistema hacia las rampas. Las válvulas antirretorno estranguladoras nos permitirán variar la velocidad de entrada y salida del vástago.

En cilindro compacto solo se utilizaran racores en las entradas de aire ya que no es necesario variar la velocidad del vástago.



⁶⁶Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

Figura IV.61 Cilindro de Doble Efecto Airtac.⁶⁷

El cilindro que gira tiene una particularidad, cuenta con un sistema mecánico, que le permite salir en forma perpendicular por unos 2 cm y empezar a girar 90 grados los otros 2 cm restantes.

El sistema neumático puede ser alimentado con una presión de hasta 10 Bares, sin embargo para la protección de los componentes del sistema, se trabajará con una presión de servicio de 8 bares.



Figura IV.62 Electroválvulas 5/2⁶⁸

Las electroválvulas utilizadas son 5/2 servo pilotadas y retorno por muelle, las electroválvulas se accionan a través de unas solenoides, y se encuentran conectadas a las salidas de la Interface de salidas del PLC Telemecanique Modicon M340.

Además el sistema cuenta con una unidad de mantenimiento, que tiene la función de limpiar el aire comprimido de impurezas, de regular la presión, y de llevar el

⁶⁷ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁶⁸ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

aire comprimido mezclado con una pequeña cantidad de aceite las cuales ayudarán a cuidar las partes móviles de un Sistema Neumático.

La unidad de mantenimiento es muy necesaria en nuestro proceso de evaluación de profundidad la cual cuenta con un manómetro, que me permitirá regular la presión a la que necesitaremos para realizar todo el proceso y para cuidar todos los actuadores neumáticos y no proporcionar ningún daño.



Figura IV.63 Unidad de Mantenimiento del Sistema Neumático.⁶⁹

⁶⁹Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

4.5. SISTEMA DE CONTROL

4.5.1. GRAFCET

Es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

4.5.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC MODICON M340

4.5.2.1. LADDER

El lenguaje utilizado para la programación del PLC Telemecanique Modicon M340, es ladder o lenguaje de escalera, el cual se basa en una programación gráfica a base de contactos, bobinas, temporizadores, etc.

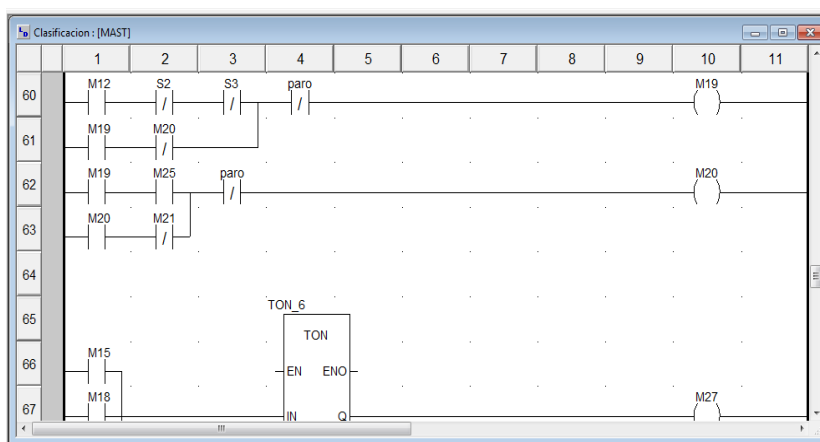


Figura IV.64 Programación en Ladder.⁷⁰

⁷⁰ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

4.5.2.2. UNITY PRO

El software utilizado para la programación del PLC Telemecanique Modicon M340, es el Unity pro, desarrollado por Telemecanique para la familia de PLC's Modicon.

Unity Pro soporta cinco lenguajes de programación como:

- Lenguaje de contacto (LD)
- Lenguaje de Bloques Funcionales (FBD)
- Lista de Instrucciones (IL)
- Literal Estructurado (ST)
- Diagrama funcional en secuencia (SFC)

El PLC puede comunicarse a través del puerto USB, utilizando un cable USB-mini USB, el mismo que utilizamos para cargar el programa realizado en Unity Pro al PLC.

4.5.2.2.1. DECLARACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

El módulo de entradas digitales utilizado es el DDI 3202k, que cuenta con 32 entradas digitales de la cuales se ocuparon:

ENTRADAS

Número	Nombre	Ubicación
%I0.1.1	Reset	Pulsador amarillo del tablero de control
%I0.1.2	Llave	Llave del tablero de control
%I0.1.3	Stop	Pulsador rojo del tablero de control
%I0.1.4	Inicio	Pulsador verde del tablero de control
%I0.1.5	S1	Sensor de presencia al inicio de la banda

%I0.1.6	S2	Sensor de profundidad
%I0.1.7	S3	Sensor inductivo del cilindro B
%I0.1.8	S4	Sensor transmisor

Tabla IV.VIII Entradas del PLC declaradas en el Unity Pro⁷¹

Se utilizó el módulo de salidas digitales DDO 3202K, que cuenta con 32 salidas digitales de las cuales se ocuparon:

SALIDAS

Número	Nombre	Ubicación
%Q0.2.3	Verde	Luz piloto verde del tablero de control
%Q0.2.4	Rojo	Luz piloto roja del tablero de control
%Q0.2.5	Cilindro A	Cilindro pequeño detiene las piezas
%Q0.2.6	Cilindro B	Cilindro giratorio envía las piezas rechazadas
%Q0.2.7	Motor	Relé con él se activa el motor
%Q0.2.3	S5	Sensor receptor

Tabla IV.IX Salidas del PLC declaradas en el Unity Pro⁷²

4.5.3. INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)

El HMI de la Estación de Evaluación de Profundidad nos ayuda al monitoreo del control de todo el proceso en tiempo real. La creación del HMI lo realizamos en Unity Pro y la comunicación con el PLC Telemecanique MODICOM M340 se la realizó por medio del cable USB a micro USB.

⁷¹ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁷² Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

La creación de las pantallas para el monitoreo son de forma directa, en nuestro caso la pantalla de inicio nos muestra dos botones el uno nos permitirá entrar al proceso y el otro nos no indicará la salida del proceso. En el transcurso del proceso seguirán mostrándose pantallas que nos irán indicando como avanza el proceso.



Figura IV.65 Pantalla de inicio del HMI⁷³

⁷³ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

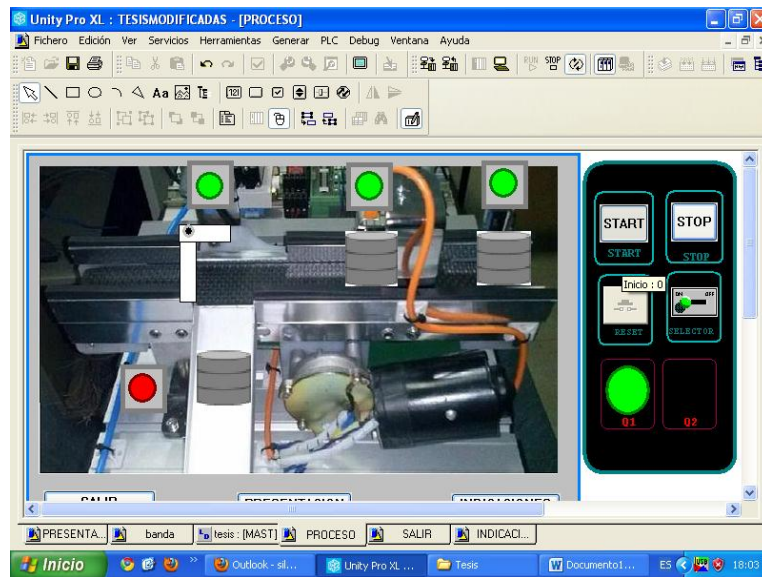


Figura IV.66 Pantalla del Proceso⁷⁴

⁷⁴ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente capítulo nos ayudará a comprobar la hipótesis del proyecto de tesis que tiene como contenido el siguiente: El diseño e implementación de una estación de evaluación permite la determinación de la profundidad de piezas cilíndricas que contribuye en el sistema de producción modular del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

Para ello se ha realizado una encuesta a los estudiantes de octavo y noveno nivel de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, con ayuda de la estadística descriptiva y a través de la distribución de frecuencias porcentuales realizamos la tabulación de datos.

5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La encuesta se realizó al octavo y noveno nivel de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y redes Industriales, los cuales tiene acceso al laboratorio de Automatización Industrial.

Entre los niveles que se realizó la encuesta el universo resulto un total de 79 estudiantes.

A continuación se analizan los datos obtenidos pasteles estadísticos, con la finalidad de una información que nos ayude a comprobar la hipótesis.

1. ¿Tiene conocimiento acerca de los Sistemas de Producción Modular?

VARIABLES	Fi	Pi
Total	0	0,00
Lo Suficiente	21	26,58
Muy Poco	40	50,63
Nada	18	22,78
Total	79	100,00

Tabla V.X Conocimiento de los MPS⁷⁵

⁷⁵ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

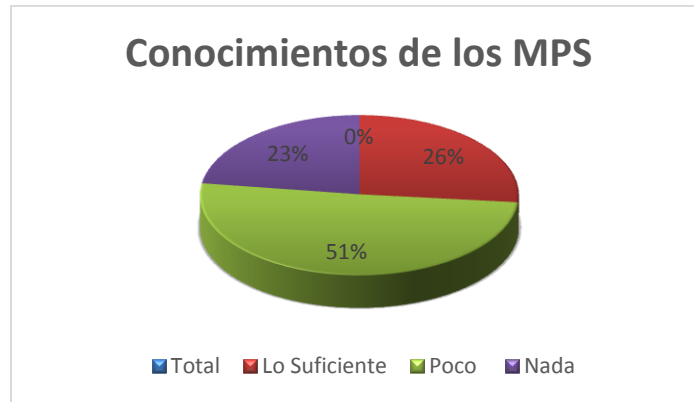


Figura V.67 Conocimiento de los MPS⁷⁶

Según los resultados de la encuesta el 50,63 % de estudiantes tienen muy poco conocimiento de los Sistemas de Producción Modular (MPS). Por lo que se concluye que es beneficioso la integración de este tipo de sistemas para incrementar el aprendizaje de los estudiantes.

2. ¿Cree, que la utilización de este tipo de Sistemas Modulares en el aprendizaje práctico es?

VARIABLES	fi	Pi
Importante	35	44,30
Necesario	32	40,51
Moderado	8	10,13
Intrascendente	4	5,06
Total	79	100,00

Tabla V.XI Utilización de los MPS⁷⁷

⁷⁶ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁷⁷ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

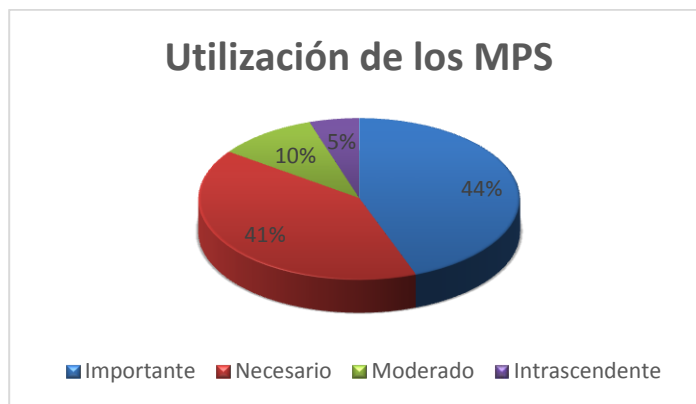


Figura V.65 Utilización de los MPS⁷⁸

Según la opinión de los estudiantes encuestados prácticamente se puede concluir que la utilización de los MPS es importante y necesario dentro de los laboratorios de Automatización Industrial porque se puede adquirir más conocimiento con respecto a los MPS ya que se asemejan mucho a los Sistemas Industriales.

3. ¿Tiene conocimiento de alguna Estación de Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas?

VARIABLES	fi	pi
Total	6	7,59
Lo Suficiente	9	11,39
Muy Poco	23	29,11
Nada	41	51,90
Total	79	100,00

Tabla V.XII Conocimiento de la Estación de Evaluación⁷⁹

⁷⁸ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁷⁹ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

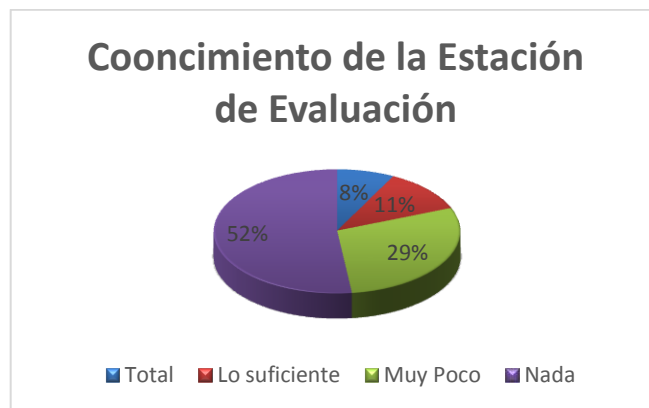


Figura V.69 Conocimiento de la Estación de Evaluación⁸⁰

Al analizar a los resultados un 52 % de estudiantes dicen no tener conocimientos acerca de una Estación de Evaluación de Profundidad. Eso quiere decir que estamos acertando con la implementación de la estación, puesto los estudiantes obtendrán un conocimiento más amplio de la Estación de Evaluación de Profundidad y podrán realizar prácticas con ella en el laboratorio.

4. ¿Con qué frecuencia utiliza usted los laboratorios de la Escuela de Ing. Electrónica en Control y Redes Industriales?

VARIABLES	fi	Pi
Siempre	13	16,46
Casi Siempre	22	27,85
A Veces	36	45,57
Nunca	8	10,13
Total	79	100,00

Tabla V.XIII Utilización de Laboratorios⁸¹

⁸⁰ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁸¹ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

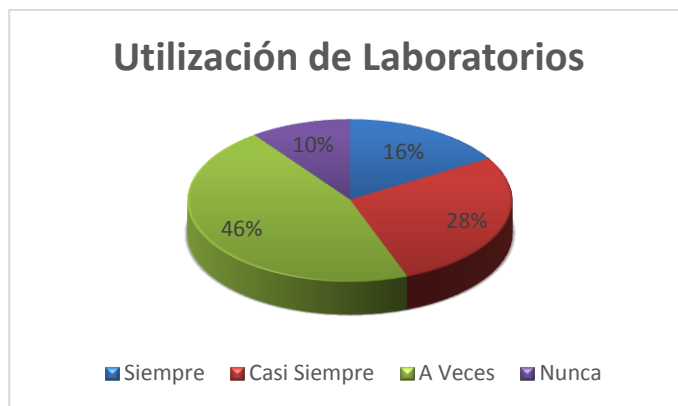


Figura V.70 Utilización de Laboratorios⁸²

Analizando los resultados de la encuesta se puede concluir que en un 46 % pocas veces pueden acceder a los Laboratorios de Automatización, por lo tanto las autoridades y profesores deberían permitir que los estudiantes tengan acceso libre a los laboratorios para realizar prácticas en los MPS.

5. ¿Considera que para el aprendizaje práctico la utilización y manipulación directa de los dispositivos de un MPS es?

VARIABLES	fi	pi
Excelente	13	16,46
Muy Bueno	33	41,77
Bueno	23	29,11
Susceptible	10	12,66
Total	79	100,00

Tabla V.XIV Manipulación de los MPS⁸³

⁸² Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁸³ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

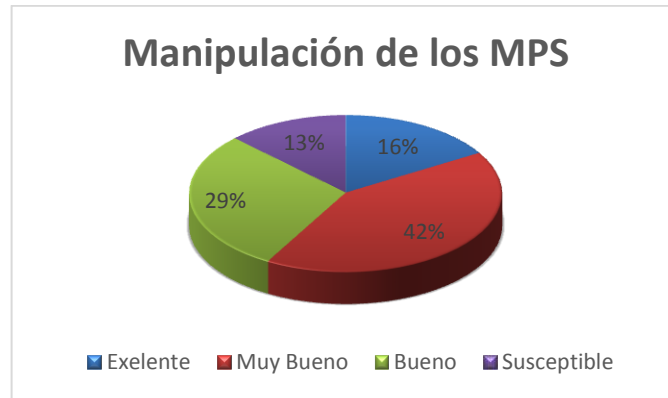


Figura V.71 Manipulación de los MPS⁸⁴

Podemos ver que un 42 % de estudiantes cree que es Muy Bueno la instalación de los MPS en los laboratorios, con lo cual las autoridades y profesores deberían dar más apertura y puedan adquirir Sistemas de Producción modular y así poder incrementar la competitividad de la carrera en el campo profesional.

6. ¿Cómo considera la implementación de la “Estación de Evaluación de Profundidad para Piezas Cilíndricas” para el laboratorio de la Escuela de Ing. Electrónica en Control y Redes Industriales?

VARIABLES	fi	pi
Excelente	14	17,72
Muy Bueno	33	41,77
Bueno	21	26,58
No Idóneo	11	13,92
Total	79	100,00

Tabla V.XV Implementación de la Estación de Evaluación⁸⁵

⁸⁴ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁸⁵ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

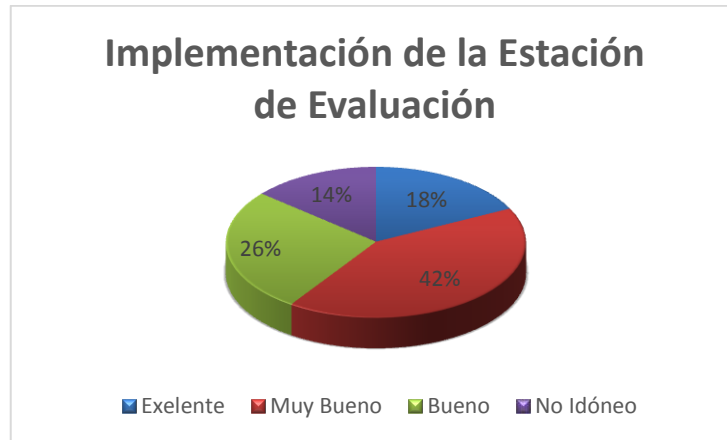


Figura V.72 Implementación de la Estación de Evaluación⁸⁶

Analizando los resultados de la encuesta a los estudiantes encontramos que un 42% de estudiantes creen que la Implementación de la Estación de Evaluación es un gran aporte para los Laboratorios de Automatización Industrial, puesto que sería muy funcional dentro de los mismos.

7. ¿Cree que la aplicación y desarrollo de interfaces gráficas (HMI) en los Procesos Industriales es?

VARIABLES	fi	pi
Óptimo	37	46,84
Favorable	25	31,65
Necesario	17	21,52
Innecesario	0	0,00
Total	79	100,00

Tabla V.XVI Desarrollo del HMI⁸⁷

⁸⁶ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

⁸⁷ Fuente: Lema Y. Iván M. , Silvia A. Tierra S. (Autores)

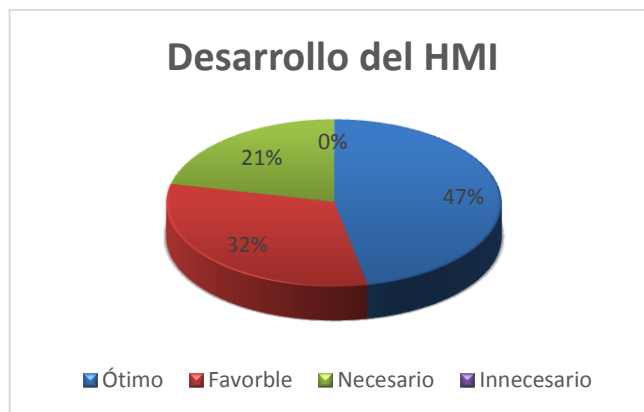


Figura V.73 Desarrollo del HMI

En la opinión de los encuestados se puede reflejar que un 47 % de estudiantes están de acuerdo con la implementación de los HMI, ya que proporciona una facilidad de monitorear el proceso de control en tiempo real.

5.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se dieron pesos a las preguntas en base a la importancia de los mismos, en la tabla VI.I se puede apreciar sus pesos.

Pregunta	Peso
1. ¿Tiene conocimiento acerca de los Sistemas de Producción Modular?	5
2. ¿Cree, que la utilización de este tipo de Sistemas Modulares en el aprendizaje práctico es?	10
3. ¿Tiene conocimiento de alguna Estación de Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas?	20
4. ¿Con qué frecuencia utiliza usted los laboratorios de la Escuela de Ing. Electrónica	15

en Control y Redes Industriales?	
5. ¿Considera que para el aprendizaje práctico la utilización y manipulación directa de los dispositivos de un MPS es?	10
6. ¿Cómo considera la implementación de la “Estación de Evaluación de Profundidad para Piezas Cilíndricas” para el laboratorio de la Escuela de Ing. Electrónica en Control y Redes Industriales?	20
7. ¿Cree que la aplicación y desarrollo de interfaces gráficas (HMI) en los Procesos Industriales es?	20

Tabla V.XVII Análisis de Resultados

En base a los pesos de las preguntas, y en base a sus respuestas se determinó que:

En la primera pregunta se obtuvo que:

Un total de 21 estudiantes dice que sabe lo suficiente, 40 estudiantes dicen saber muy poco y 18 no saben nada acerca de los MPS, en total eso da un 100% de que los estudiantes saben muy poco del tema es por eso que podemos darle una calificación de 4 puntos a esta pregunta.

En la segunda pregunta se obtuvo:

Que entre los que dicen que es importante y necesario suman un total de 67 lo que corresponde al 84,8%, con lo que podemos deducir que la mayoría de estudiantes creen que es importante la utilización de los MPS y por ende podemos asignarle 9 puntos.

En la tercera pregunta se obtuvo:

Que un 81% no tienen conocimiento de un proceso de evaluación de profundidad y tan solo un 9% lo conoce un poco del tema, por ende asumimos que se hace necesaria la implementación de una estación de evaluación. Es por eso que el puntaje 17 puntos.

En la cuarta pregunta se obtuvo:

Que un 16% de los encuestados acuden siempre a los laboratorios, un 28% acude casi siempre, un 46% a veces y tan sólo un 10%. Por lo que podemos concluir que la mayoría de estudiantes van a los laboratorios a practicar con los instrumentos y le podemos dar una calificación de 13 puntos.

En la quinta pregunta se obtuvo:

Una respuesta dividida ya que 13 estudiantes dice que sería excelente manipular dispositivos de un MPS, 33 dice sería muy bueno y 23 dice que sería bueno y tan solo 10 no están de acuerdo con los demás. Lo que nos permite concluir que un 87% de estudiantes creen que sería satisfactorio el trabajo con dispositivos de un MPS y le damos una calificación de 8 puntos a esta pregunta.

En la sexta pregunta se obtuvo:

Que un 87% de estudiantes creen que la implementación de la estación de evaluación sería beneficiosa para los laboratorios de la escuela, y sólo un 13% no

se encuentra de acuerdo con la implementación. Por eso podemos ponerle una calificación de 17 puntos esta pregunta.

En la séptima pregunta se obtuvo:

Que un 47% de estudiantes consideran que es óptimo el desarrollo de HMI en los procesos, un 32 % considera que sería favorable y un 21% que sería necesario, al ver que todas las respuestas son positivas podemos decir que el 100% está de acuerdo con el manejo de HMI. Por eso le damos una calificación de 20 puntos.

Si procedemos a sumar el puntaje de las diferentes preguntas obtenemos un puntaje de 88 lo que corresponde a un 88% de aceptación por parte de los estudiantes para la implementación de la estación de evaluación de profundidad.

CONCLUSIONES

- Sobre los dispositivos neumáticos, eléctricos y sensores se obtuvo gran información que ayuda a su correcta selección y utilización dentro de la Estación de Evaluación.
- Para el diseño de la parte mecánica de la estación de evaluación se consideró en la utilización de un software muy potente como es SolidWorks porque se puede obtener planos tanto en 2D y diseños en 3D y será más fácil la construcción de la estación.
- En el Sistema de Control diseñado para la Estación de Evaluación se optó por la construcción de un tablero de control que conjuntamente trabajará con el PLC y manejar el arranque, paro y reset del sistema.
- La Implementación de la estación de evaluación de profundidad es un gran acierto dentro de los laboratorios de automatización industrial, porque contribuirá al aprendizaje de los estudiantes y mejorará la competitividad en el campo profesional.
- La inclusión del HMI es muy útil en los procesos industriales ya que nos permite realizar un monitoreo del sistema de control en tiempo real, sabiendo que los HMI es una interface entre el hombre y la máquina.
- Actualmente la utilización de un PLC en todo proceso industrial es necesario puesto que posee muchas características por las cuales debemos usarlo, porque nuestro sistema de control se hace más robusto y,

porque programar un PLC a través de cualquier software resulta muy sencillo.

- Al analizar los resultados de las encuestas que se realizó a los estudiantes de octavo y noveno niveles, se obtuvo un gran porcentaje de aceptación de parte de los estudiantes para la implementación de la estación de evaluación dentro de los laboratorios de Automatización Industrial.

RECOMENDACIONES

- Podemos poner hincapié en mencionar que al trabajar con una presión moderada de 8 bares, aunque a pesar de que los elementos neumáticos soportan 10 bares, lo que hacemos es cuidar a todos los actuadores neumáticos y aumentar la vida útil de los mismos.
- Realizar un estudio profundo de los elementos electrónicos y neumáticos para que al momento de la implementación no tengamos complicaciones con respecto al uso de cada uno de ellos, como por ejemplo un sobre voltaje que puede causar que los elementos dejen de funcionar e implica los sobregastos.
- Para la utilización correcta de la Estación de Evaluación de profundidad se recomienda revisar el manual de usuario puesto que en el mismo se encuentra paso a paso el funcionamiento de la estación, tanto la parte de control como la parte de monitoreo.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de todos los elementos para aumentar la vida útil de los mismos, puesto que son muy propensos a dañarse u oxidarse.

RESUMEN

Diseño e implementación de una estación de evaluación de profundidad para piezas cilíndricas por medio de un PLC, para el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

En el desarrollo del proyecto se empleó el método experimental, el cual permitió elegir materiales ideales para la construcción de la banda transportadora. Para la implementación se eligieron dispositivos, tales como sensores de profundidad, inductivos y ópticos, que a la postre permitirán un control correcto de todos los actuadores a manejarse como son electroválvulas, motor de corriente directa, controlados por un Controlador Lógico Programable PLC, adicionalmente se implementará un sistema de monitoreo de los sensores y actuadores a través de una Interfaz Máquina Humano HMI, el cual será realizado en el “Software Unity Pro XL”

Se realizó una encuesta a los estudiantes de séptimo, octavo y noveno niveles de la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales, y al analizar los resultados se pudo ver que el 100% de estudiantes encuestados están de acuerdo que se implemente la estación de evaluación de profundidad de piezas cilíndricas.

Se concluye que la implementación de la estación de evaluación será fundamental en el acople con otras estaciones del laboratorio a través de un sistema de

comunicación directa, dando la posibilidad al estudiante de formar sistemas modulares completos y complejos.

Se recomienda un estudio profundo de los sensores y un mantenimiento preventivo de los dispositivos para tener un óptimo funcionamiento de la estación.

SUMARY

Design and implementation of a depth evaluation station for cylindrical parts by means of a PLC, for the Laboratory of Industrial Automation belonging to Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

For developing the project, an experimental method was applied, it permitted to select ideal materials for the building of the conveyor belt. Devices like depth sensors, inductive and optical ones, were selected, which at last will permit a correct control of all performers to be used like electro-valves, direct current motor, directed by a Logic Programmable Controller PLC; in addition, a monitoring system for sensors and performers will be implemented through a Human machine Interface HMI, that will be carried out in the Unity Pro XL software.

A survey to students at seventh, eighth and ninth levels belonging to Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales was applied, and when analyzing the results it was noticed that 100% of inquired students agree in that related to the implementation of the depth evaluation station for cylindrical parts.

It is concluded that the implementation of the evaluation station will be fundamental for coupling to other station in the lab through a direct communication system, giving the possibility to form complete and complex modular systems.

It is recommended a deep study on sensors and a preventive maintenance of devices in order to get the optimal station functioning.

GLOSARIO

Aire Comprimido.- Aire sometido a una presión superior a la atmosférica.

Bar.- Unidad de presión, igual a 10^5 dinas por cm. Equivale a una presión de 75,007 cm de mercurio (a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a latitud de 45°). $1\text{ atm normal} = 1,01325\text{ bar} = 1013,25\text{ mbar}$; en los mandos neumáticos: sobrepresión $1\text{ atm} = 1\text{ kp/cm}^2 = 0,980665\text{ bar} = 10^5\text{ dinas/cm}^2$).

Cilindro Neumático.-Actuador neumático. Transforma la energía del aire comprimido en energía de movimiento.

Compresor.- Máquina de trabajo para la extracción y compresión de medios gaseosos.

Conectores de perfil perpendicular: El conector de perfil perpendicular de acero zancado se utiliza para unir a fuerza dos perfiles modulares, su forma del cabezal y el avellanado donde se introduce la punta del tornillo se bloquea, esto obliga a colocar la embocadura en la parte frontal del perfil.

Filtro.- Aparato para la limpieza del aire comprimido de las partículas de suciedad y separación del agua de condensación.

Grafcet: El GRAFCET (Grphe Fonctionel de Commande EtapeTransition) es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso

a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

Neumática.-La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

PLC: Proviene de las siglas en inglés Programmable Logic Controller, es un equipo electrónico, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, están diseñados para controlar máquinas y procesos en ambientes industriales.

Sensor: El sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.

Símbolos.- Representación gráfica simplificada de elementos neumáticos y de otro tipo con inclusión de las funciones, por ejemplo al dibujar un esquema.

Tag: Es una etiqueta, una variable que puede ser una entrada o salida del PLC que tiene una dirección de memoria.

Tuerca cabeza de tornillo: El tipo de tuerca de tornillo se utiliza para fijar cualquier accesorio a los perfiles modulares. Se introduce frontalmente, se lo desliza por el canal de los perfiles y al girar un cuarto de vuelta este queda bloqueado.

Unidad de Mantenimiento.- Aparato combinado para filtrar, regular y engrasar el aire comprimido.

Válvula Distribuidora.- Válvulas que determinan la apertura y cierre y las modificaciones en el sentido de la circulación. A la denominación "válvulas de vías" se le antepone el número de vías y el número de las posiciones de maniobra, por ejemplo válvula de 3/2 vías, es una válvula con 3 líneas controladas y 2 posiciones de maniobra.

BIBLIOGRAFÍA

- 1._ **BOLTON., W.**, Mecatrónica Sistemas de control eléctrico en la ingeniería mecánica y eléctrica., 4a ed., México D.F. – México., Alfaomega., 2010., Pp. 17-22-53-54-150-160-174-192-283-417-440.

- 2._ **CORRALES., L.**, Interfaces de comunicación industrial., s.ed., Quito-Ecuador., EPN., 2007., Pp. 38-48.

- 3._ **MONTALVO., J., y otros.**, Diseño e implementación de un Sistema Scada para el Control del Proceso de un Módulo Didáctico de Montaje Festo utilizando PLC y una Pantalla HMI. Caso Práctico Laboratorio de automatización de la FIE., Informática y Electrónica., Ingeniería Electrónica en Control y Reses Industriales., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.,

Riobamba-Ecuador., (TESIS)., 2012., Pp. 36-37-38-43-44-45.

4._ **PÉREZ., J.**, Automatización de maniobras industriales mediante autómatas programables., 2a ed., Valencia-España., UPV., 2008., Pp. 54-78

5._ **MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA**

http://www.doga.es/files/infomotors_18.pdf

2013-09-10

<http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/>

[571785 leseprobe es.pdf](#)

2013-09-10

6._ **NEUMÁTICA**

<http://guindo.pntic.mec.es/~crangil/neumatica.htm>

2013-08-06

<http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>

2013-09-08

<http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8>

[valvulas distri buidoras.pdf](#)

2013-09-08

7._ PLC

http://profesores.usfq.edu.ec/laurents/IEE561/PLC_Progr.pdf

2013-09-10

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>

2013-09-10

8._ PROGRAMACIÓN

http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/Prog2.htm

2013-09-05

http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Ladder

2013-09-05

<http://www.esi2.us.es/~fercas/documentos/TutorialM340.pdf>

2013-09-03

9._ SENSORES

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm

2013-09-11

<http://www.slideshare.net/josueacerov/sensores-inductivos-y-plc>

2013-09-12

10._ **SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR**

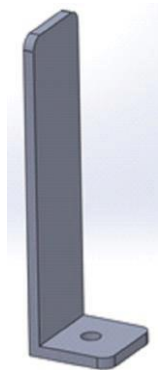
<http://www.festo-didactic.com/mx-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/mps-el-sistema-de-produccion-modular-del-modulo-a-la-fabricadidactica.htm?fbid=bXguZXMuNTY0LjE0LjE4LjU4NS43NjMx>

2013-09-10

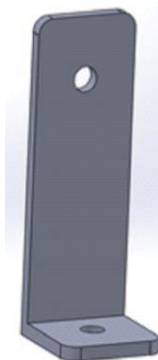
Anexo 1

**Diseño de las bases para la banda y los
sensores en SolidWorks**

PARA LA IMPLEMENTACIÓN TANTO DE LA BANDA, CILINDROS Y SENSORES SE DISEÑÓ BASES DE HIERRO CON SU RESPECTIVA MEDIDA



➤ 1 Ángulo para Base de la Unidad de mantenimiento 39x180 mm



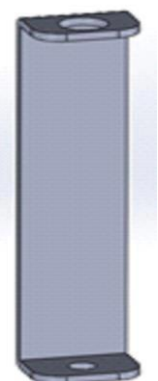
➤ 2 Ángulos para el soporte de la Banda Transportadora 39X100 mm



➤ 1 Ángulos para la bases de la rampa 39X80 mm

➤ 1 Ángulo para soporte del Cilindro Giratorios 39X70 mm

➤ 1 Ángulo para soporte del Cilindro Pequeño 39X90 mm



➤ 1 Ángulo para soporte del Sensor de Presencia 39X150 mm

➤ 1 Ángulo para soporte del Sensor de Profundidad 39X120 mm

➤ 1 Ángulo para el soporte del Sensor Emisor 39X70 mm

➤ 1 Ángulo para el soporte del Sensor Receptor 39X70 mm



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas por medio de un PLC

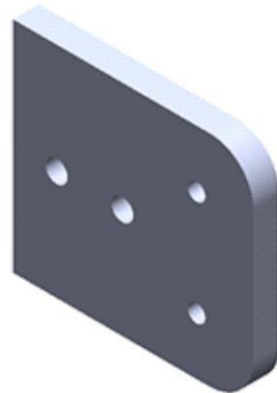
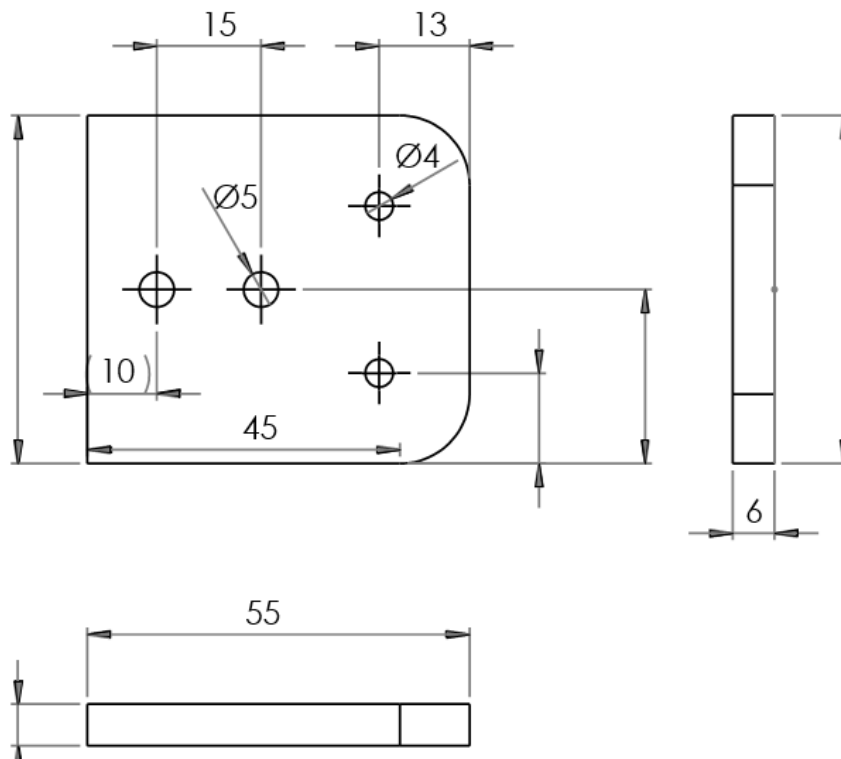
TÍTULO:
Bases para la implementación sensores hechas en SolidWorks de la banda y la ubicación de

REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Metal



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y
Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de
Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas
por medio de un PLC

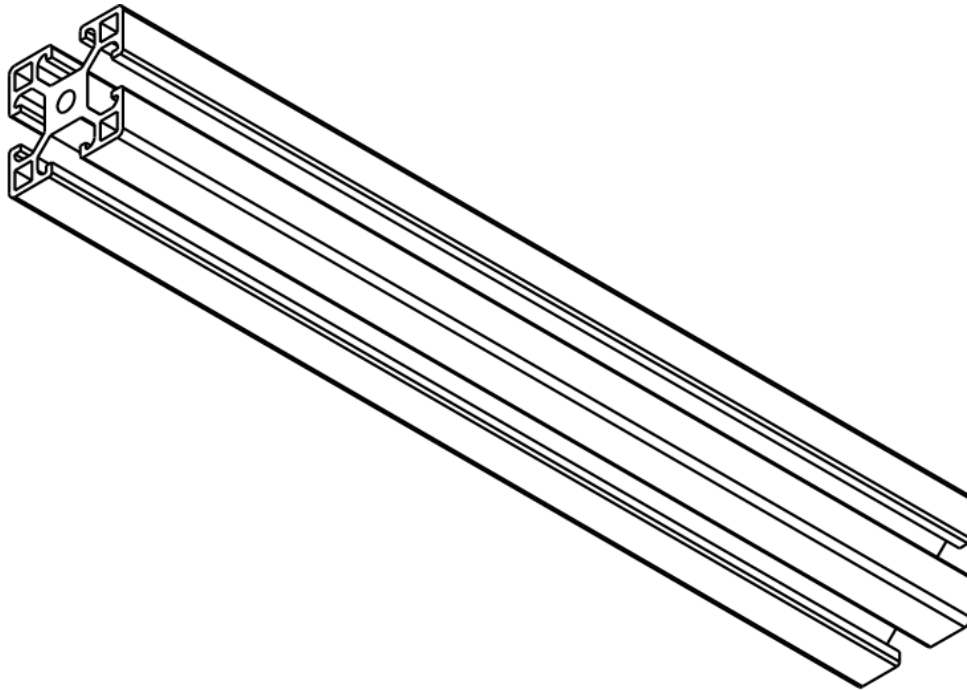
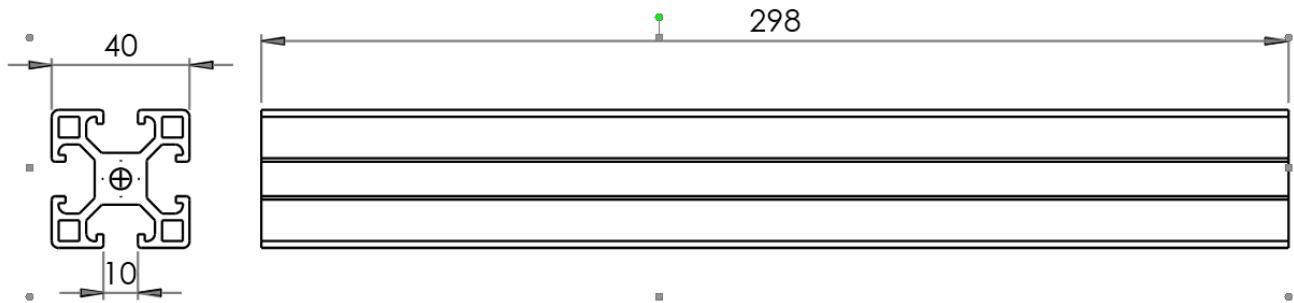
TÍTULO:
Bases lateral de la banda
transportadora

REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Nylon



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y
Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de
Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas
por medio de un PLC

TÍTULO:
Bases para la implementación
sensores hechas en SolidWorks
de la banda y la ubicación de

REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

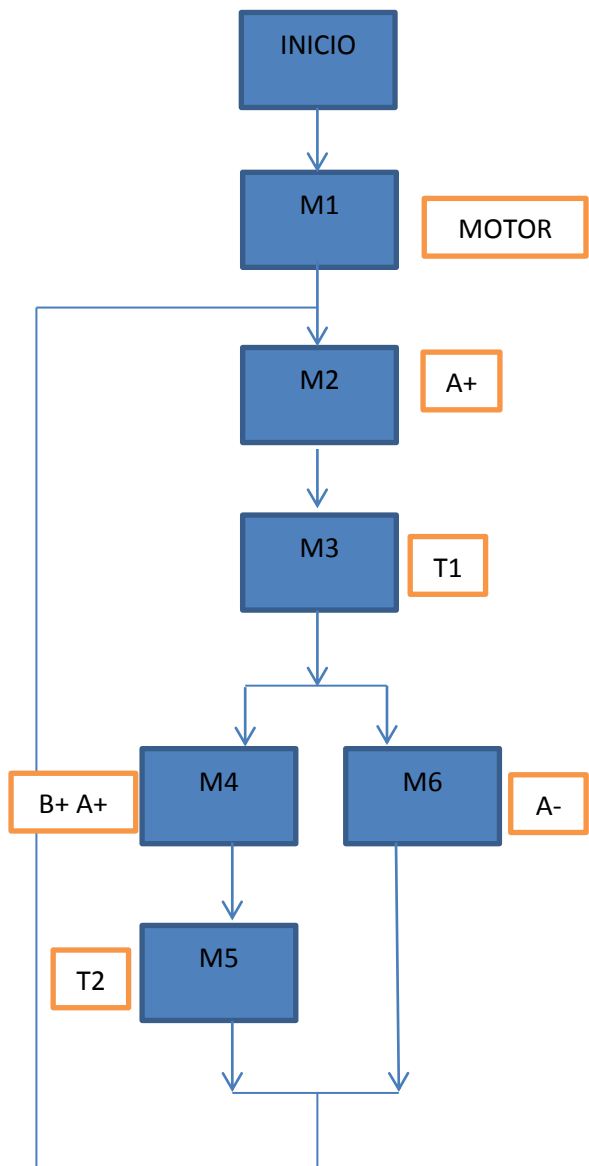
FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Aluminio

Anexo 2

**Grafcet y declaración de I/O para programar
el PLC.**



S2 -S2

ECUACIONES

$$M1 = INICIO + M1M2M7 + PARO$$

$$M2 = M1S1 + M2M3 + PARO$$

$$M3 = M2T1 + M3M4M6 + PARO$$

$$M4 = M3S2 + M4M5 + PARO$$

$$M5 = M4T2 + M5M2 + PARO$$

$$M6 = M3S2 + M6M2 + PARO$$

T2



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y
Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de
Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas
por medio de un PLC

TÍTULO:
Grafcet

REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Unity Pro

ENTRADAS

Número	Nombre	Ubicación
%I0.1.1	Reset	Pulsador amarillo del tablero de control
%I0.1.2	Llave	Llave del tablero de control
%I0.1.3	Stop	Pulsador rojo del tablero de control
%I0.1.4	Inicio	Pulsador verde del tablero de control
%I0.1.5	S1	Sensor de presencia al inicio de la banda
%I0.1.6	S2	Sensor de profundidad
%I0.1.7	S3	Sensor inductivo del cilindro B
%I0.1.8	S4	Sensor transmisor

SALIDAS

Número	Nombre	Ubicación
%Q0.2.3	Verde	Luz piloto verde del tablero de control
%Q0.2.4	Rojo	Luz piloto roja del tablero de control
%Q0.2.5	Cilindro A	Cilindro pequeño detiene las piezas
%Q0.2.6	Cilindro B	Cilindro giratorio envía las piezas rechazadas
%Q0.2.7	Motor	Relé con él se activa el motor
%Q0.2.3	S5	Sensor receptor



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y
Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de
Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas
por medio de un PLC

TÍTULO:
Declaración de entradas y
salidas del PLC en Unity Pro

REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Unity Pro

Anexo 3

Manual de Usuario



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

MANUAL DE USUARIO:


ESTACIÓN DE EVALUACIÓN DE PROFUNDIDAD PARA PIEZAS CILÍNDRICAS POR MEDIO DE UN PLC

AUTORES:

Iván Mauricio Lema Yumi

Silvia Alexandra Tierra Satán

2013



**ESTACIÓN DE
EVALUACIÓN DE
PROFUNDIDAD PARA
PIEZAS CILÍNDRICAS
POR MEDIO DE UN PLC**

INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS DE ESTE MANUAL	4
DIRIGIDO	4
CONOCIMIENTOS PREVIOS	4
PARTES DE LA ESTACIÓN	5
ENTORNO DEL SOFTWARE UNITY PRO	6
CREAR UN NUEVO PROYECTO	6
MANEJO DE LA ESTACIÓN A TRAVÉS DE UN HMI	8

1. INTRODUCCIÓN

En éste documento se describirá los objetivos e información clara y concisa de cómo utilizar el **Sistema de Producción Modular "Estación de Evaluación de Profundidad"** para el laboratorio de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

La Estación de Evaluación de Profundidad fue implementada por Iván Lema y Silvia Tierra con el objeto de brindar facilidades al estudiante de practicar con la Estación de Evaluación que se asemeja mucho a los Sistemas Industriales y a los docentes para una mejor enseñanza a través de estos MPS.

Es de mucha importancia consultar este manual antes y durante la utilización del MPS, ya que los guiará paso a paso en el manejo de la Estación de Evaluación.

Con el fin de facilitar la comprensión del manual, se incluye gráficos explicativos.

2. OBJETIVOS DE ESTE MANUAL

El objetivo primordial de éste Manual es ayudar y guiar al usuario a utilizar el Sistema de Producción Modular para poder despejar todas las dudas existentes; y comprende:

- Guía para al funcionamiento de la Estación de Evaluación de Profundidad y las partes que la conforman.
- Conocer cómo utilizar la Estación de Evaluación a través de su panel de Control.
- Conocer el alcance del Sistema de producción Modular al final del proceso.

3. DIRIGIDO

Este manual está orientado a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales en la materia de Automatización Industrial, para el manejo de la Estación de evaluación de profundidad para piezas cilíndricas por medio de un PLC.

4. CONOCIMIENTOS PREVIOS

Lo conocimientos mínimos que un usuario debe tener para manejar este manual son:

- Conocimiento de sensores inductivos, infrarrojos y sus respectivas conexiones con un PLC.
- Calibrar sensores infrarrojos, y el sensor de profundidad
- Cableo de un PLC con el panel de control.
- Programación en ladder indiferente del software

5. PARTES DE LA ESTACIÓN:

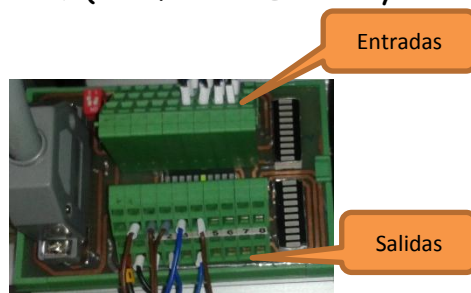
FUENTE DE ALIMENTACIÓN



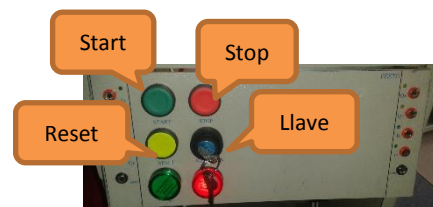
CABLE USB A MINI USB



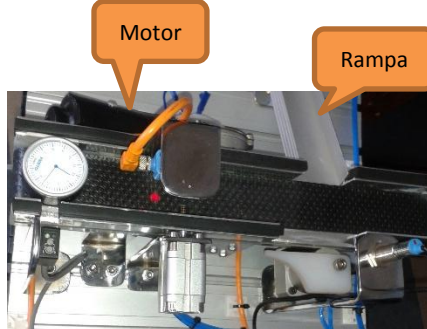
SYSLINK (Interface de: Entradas y Salidas)



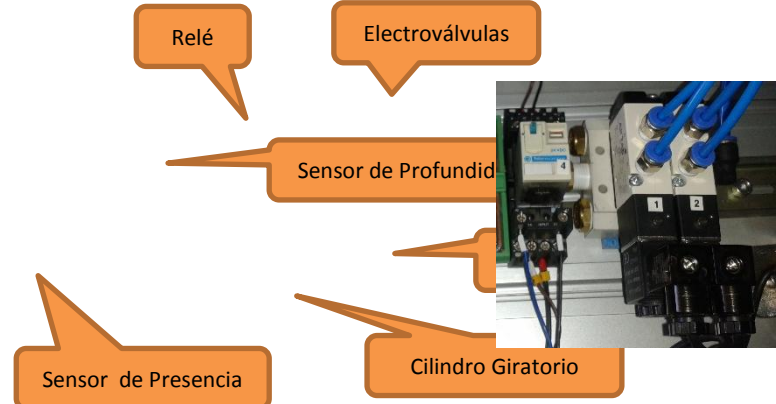
PANEL DE CONTROL



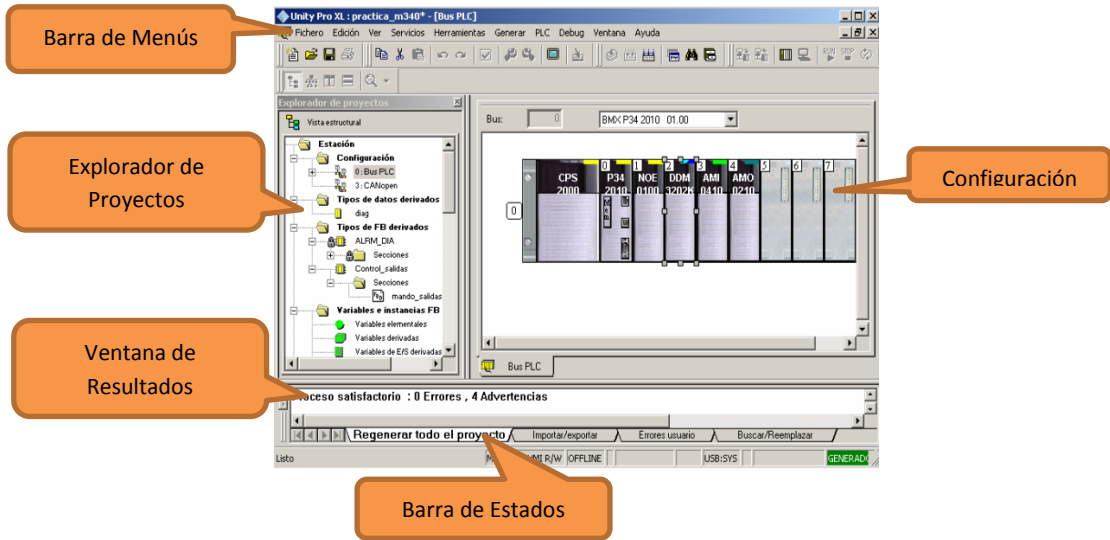
BANDA TRANSPORTADORA



CONTROL DEL MOTOR Y CILINDRO



6. ENTORNO DEL SOFTWARE UNITY PRO



7. CREAR UN NUEVO PROYECTO

PASO 1: Abrir Unity Pro

Desde el menú Inicio → Programas → Schneider Electric → Unity Pro → Unity Pro

PASO 2: Crear un nuevo proyecto



PASO 3: Un vez creado el nuevo proyecto, seleccionamos el CPU con el que queremos trabajar

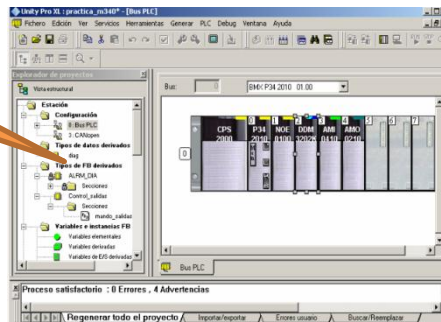
PLC	Versión OS mín.	Descripción
Modicon M340		
BMX PSM 1000	01.00	CPU 340-10 Modbus
BMX PSM 2010	01.00	CPU 340-20 Modbus Catlogen
BMX PSM 2020	01.00	CPU 340-20 Modbus Ethernet
BMX PSM 2030	01.00	CPU 340-20 Ethernet Catlogen
Platinum		
Quantum		

Elegimos el CPU

PASO 4:

exploramos de

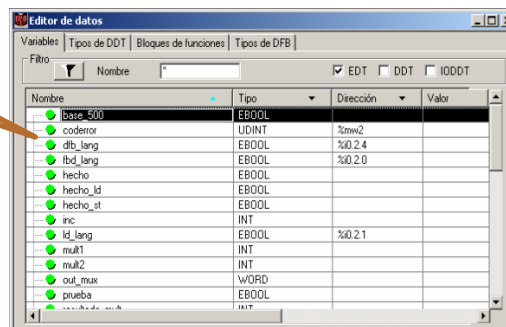
Elegimos los Bastidores



Seleccionamos los bastidores dentro del proyectos

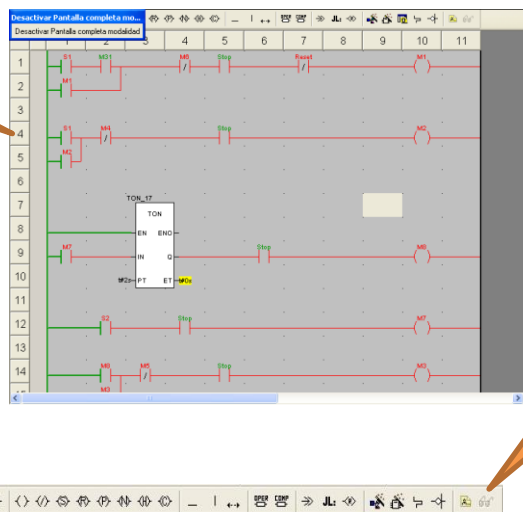
PASO 5: Al elegir los bastidores tanto de entradas como de salidas que corresponden a nuestro PLC, podremos declarar las variables de entradas y de salidas en la ventana Editor de Datos

Declaración de Variables



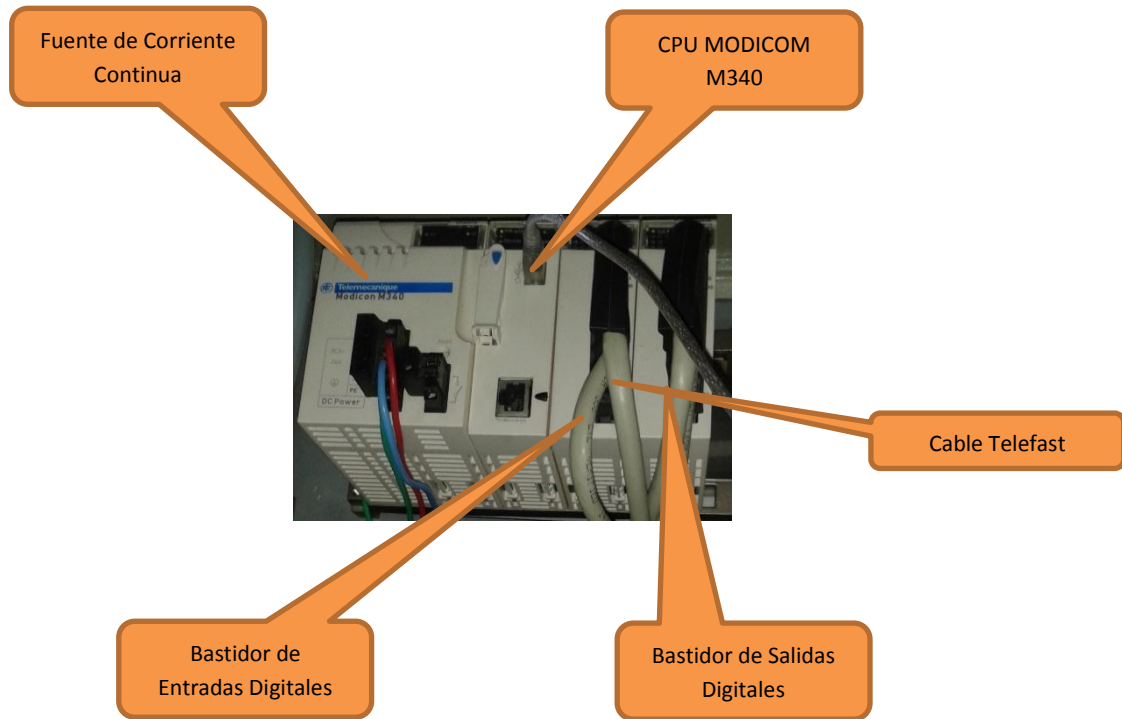
PASO 6: Declaradas nuestras variables, podemos proceder a programas en la forma en la que más nos acomodememos en nuestro caso la programación del PLC se realiza en estructura Ladder

Estructura Ladder



Elementos del Ladder

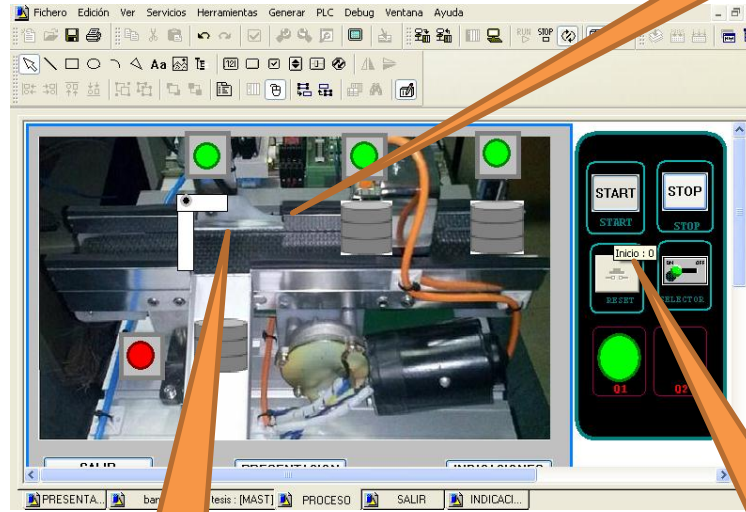
PASO 7: Vemos como es el PLC Telemecanique MODICOM M340



8. **MANEJO DE LA ESTACIÓN DE EVALUACIÓN A TRAVÉS DEL HMI:** El HMI es realizado en el Software Unity Pro por facilidad de comunicación e interconexión con el PLC MODICOM M340



Proceso en tiempo real del proceso



Monitoreo en tiempo real

Botones de control del proceso

Anexo 4

Formato de la Encuesta Empleada

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES



NIVEL:.....

FECHA:.....

OBJETIVO: Determinar si “El diseño e implementación de una estación de evaluación de profundidad para piezas cilíndricas por medio de un PLC”, contribuirá al sistema de producción modular del laboratorio de la escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

INSTRUCCIONES:

- Por favor lea detenidamente y con atención la pregunta.
- Marcar las respuestas con una x la opción que desee ya que se considera una sola respuesta.

PREGUNTAS:

1. ¿Tiene conocimiento acerca de los Sistemas de Producción Modular?
Total ()
Lo Suficiente ()
Muy Poco ()
Nada ()
2. ¿Cree, que la utilización de este tipo de Sistemas Modulares en el aprendizaje práctico es?
Importante ()
Necesario ()
Moderado ()
Intrascendente ()
3. ¿Tiene conocimiento de alguna Estación de Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas?
Total ()
Lo Suficiente ()
Muy Poco ()
Nada ()
4. ¿Con qué frecuencia utiliza usted los laboratorios de la Escuela de Ing. Electrónica en Control y Redes Industriales?
Siempre ()
Casi Siempre ()
A Veces ()
Nunca ()
5. ¿Considera que para el aprendizaje práctico la utilización y manipulación directa de los dispositivos de un MPS es?
Excelente ()
Muy Bueno ()
Bueno ()
Susceptible ()
6. ¿Cómo considera la implementación de la “Estación de Evaluación de Profundidad para Piezas Cilíndricas” para el laboratorio de la Escuela de Ing. Electrónica en Control y Redes Industriales?
Excelente ()
Muy Bueno ()
Bueno ()
No Idóneo ()
7. ¿Cree que la aplicación y desarrollo de interfaces gráficas (HMI) en los Procesos Industriales es?
Óptimo ()
Favorable ()
Necesario ()
Innecesario ()

GRACIAS POR SU COOPERACIÓN

Anexo 5

Programación en Ladder

LADDER

PULSADORES:

INICIO: activa el proceso del modulo

STOP: detiene el proceso

RESET: reinicia el proceso

LLAVE: selector de proceso de automatico a manual

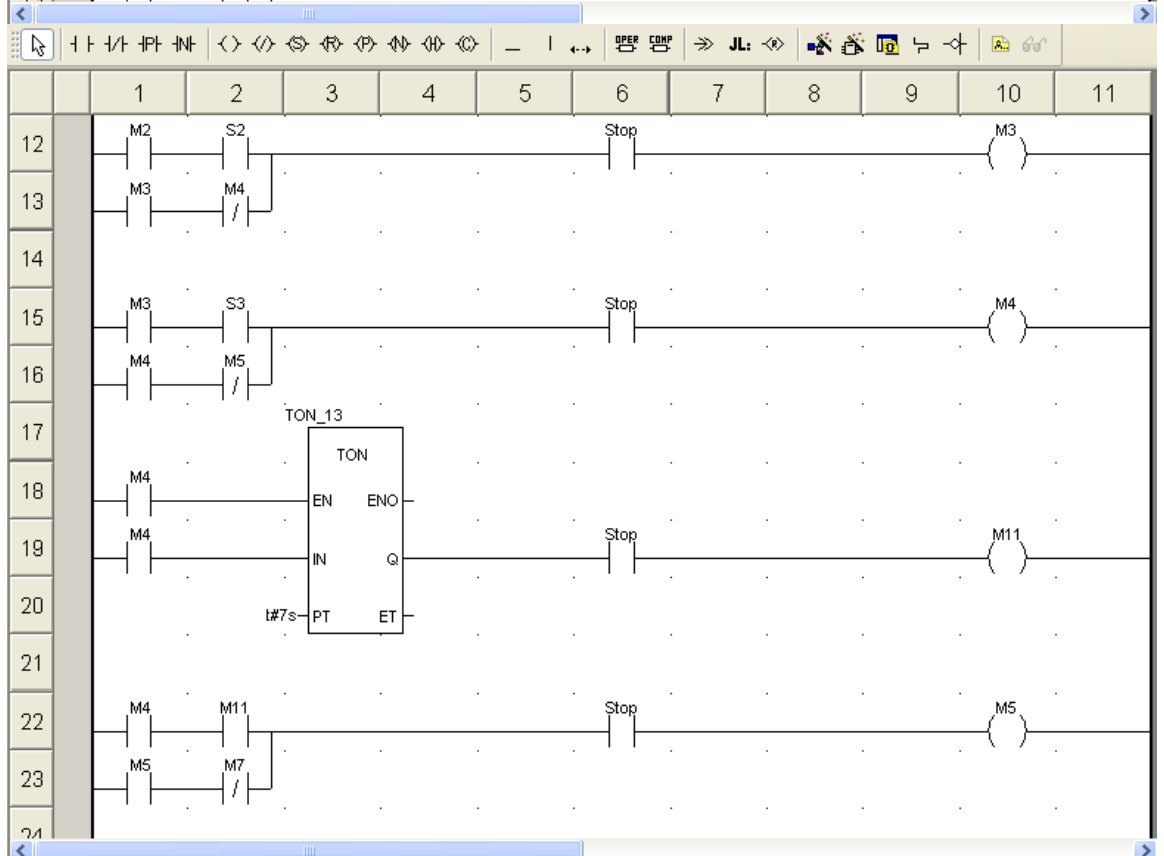
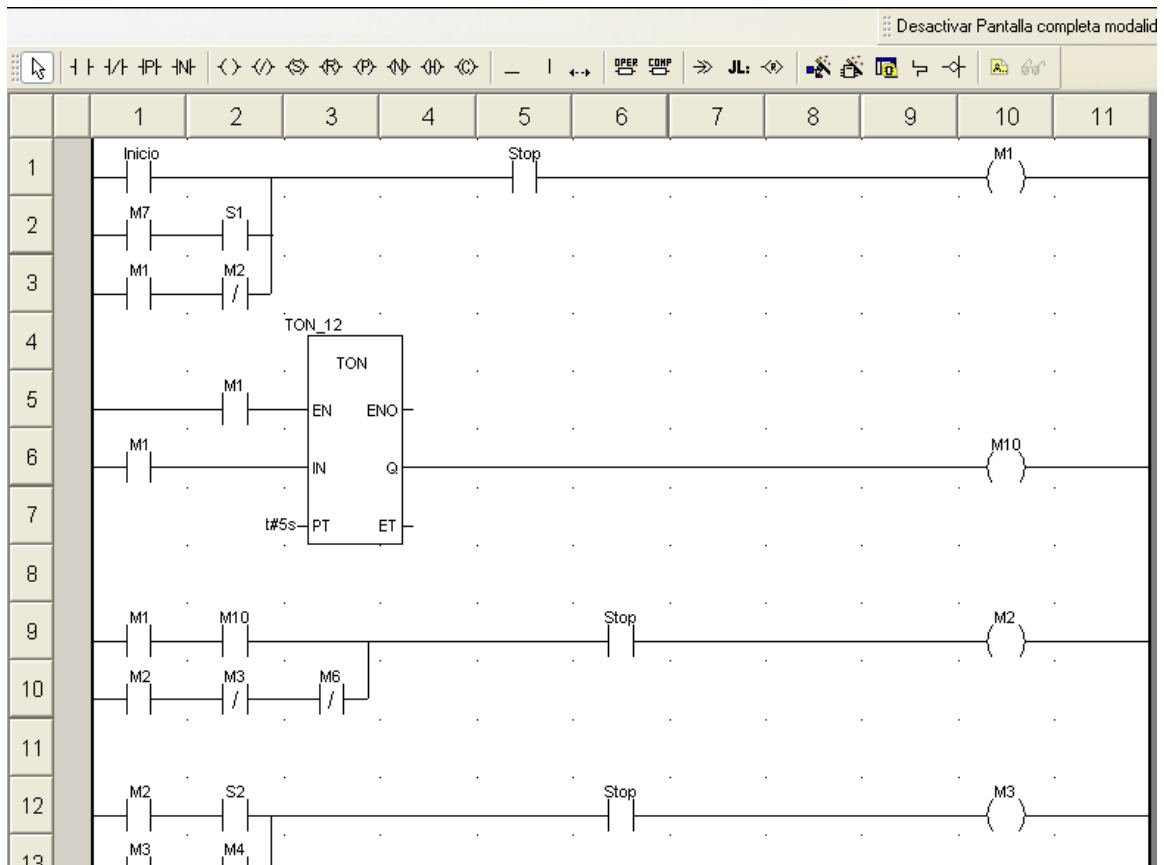
LUZ VERDE:señal de que el proceso esta activo

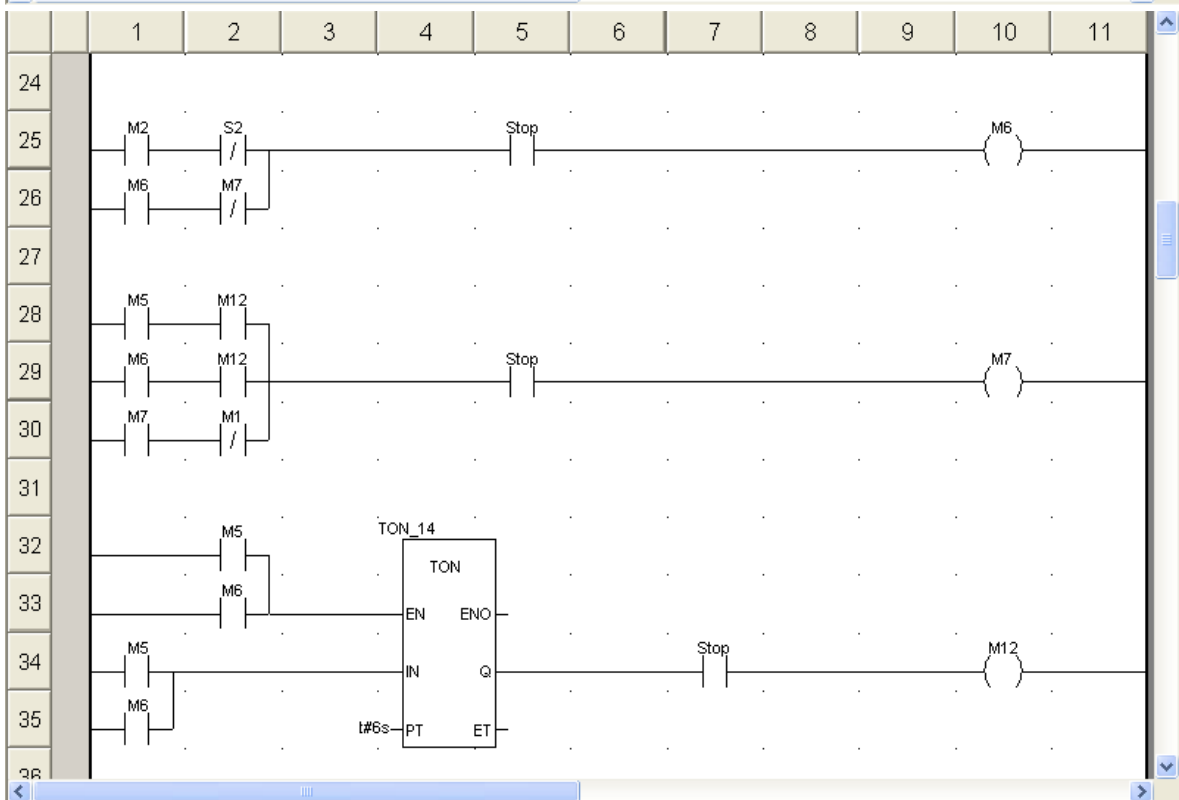
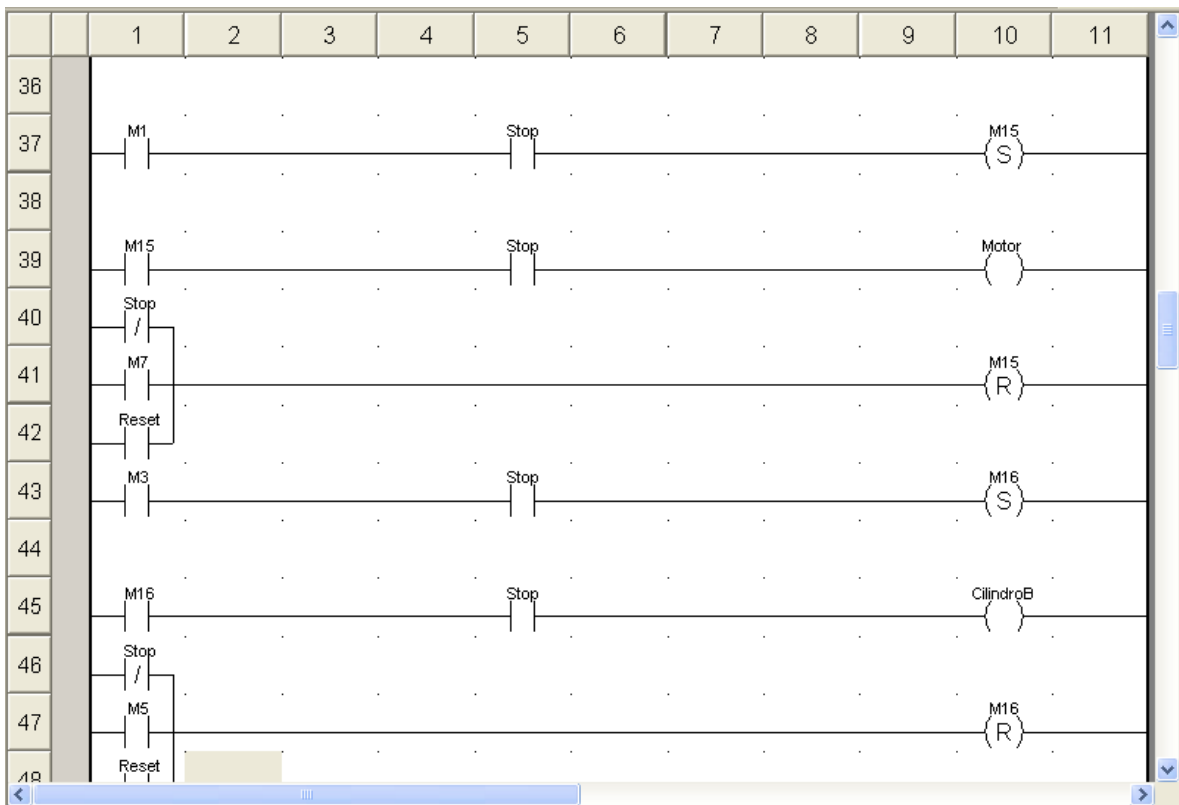
LUZ ROJA: señal del proceso que se detiene

DECLARACION DE VARIABLES

ENTRADAS			SALIDAS		
# IN		NOMBRE	# OUT		NOMBRE
I1	Pulso NO reset	Reset	Q3	Luz verde	Verde
I2	Selector llave	Llave	Q4	Luz roja	Rojo
I3	Pulso NC stop	Stop	Q5	Electrovalvula1	CilindroA
I4	Pulso NO inicio	Inicio	Q6	Electrovalvula2	CilindroB
I5	S1 Sensor de presencia	S1	Q7	Rele	Motor
I6	sensor de profundidad	S2	Q8	Sensor receptor	S5
I7	sensor inductivo	S3			
I8	sensor de transmisión	S4			

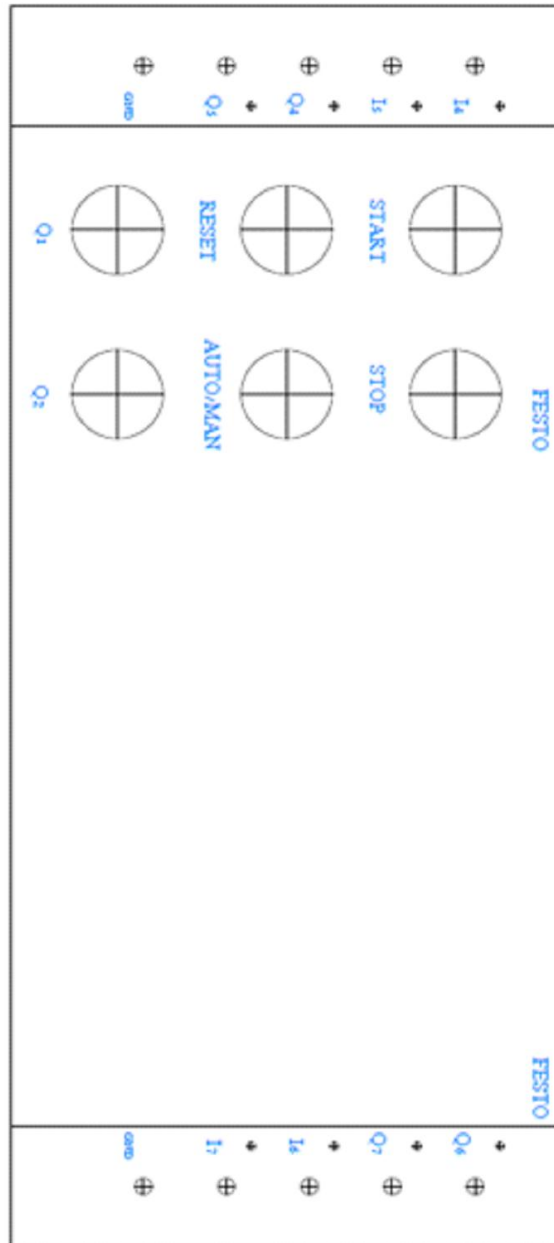
PROGRAMACIÓN LADDER DE LA ESTACIÓN DE EVALUACIÓN DE PROFUNFIDAD DE PIEZAS CILÍNDRICAS





Anexo 6

Diseño del Tablero de Control



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y
Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de
Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas
por medio de un PLC

TÍTULO:
Tablero de Control

REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Metal

Anexo 7

Pantallas del HMI

PANTALLA INICIAL DEL HMI



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y
Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de
Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas
por medio de un PLC

TÍTULO:
Pantalla Inicial del HMI

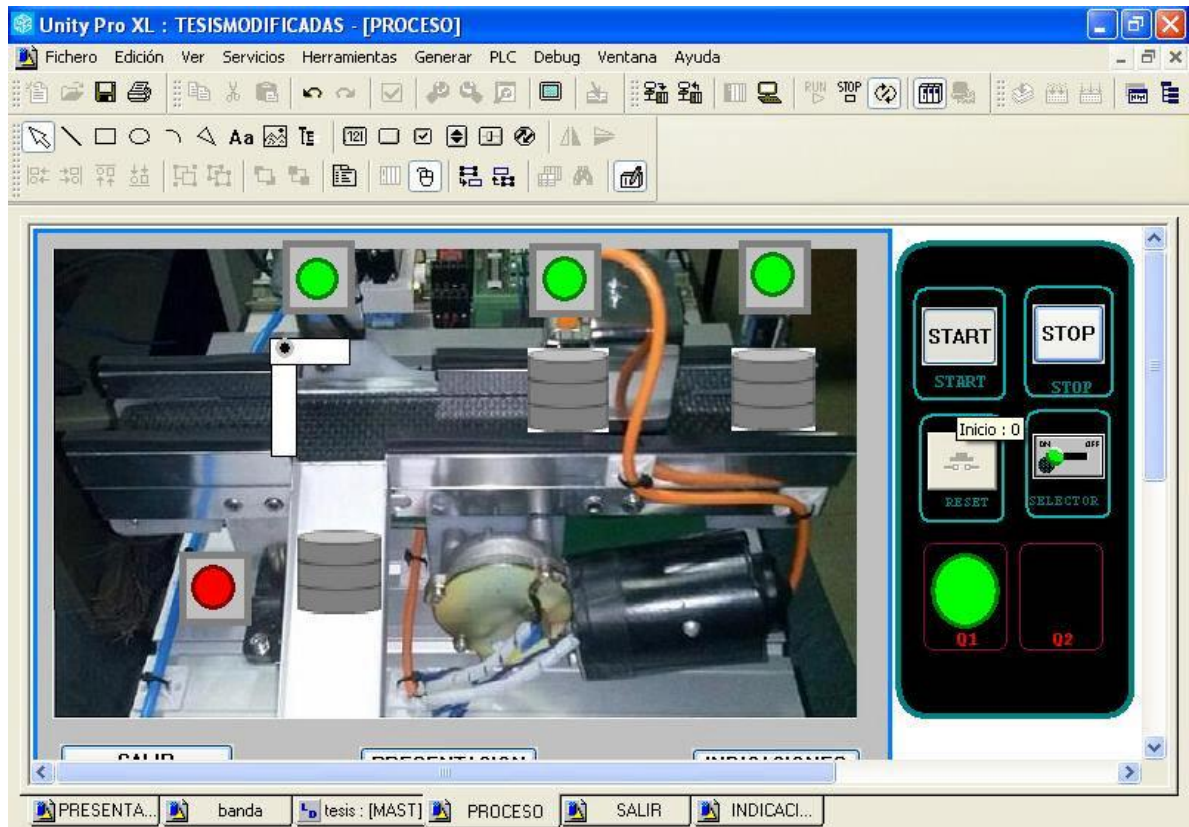
REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Unity Pro

PANTALLA DURANTE EL PROCESO



ESCUELA:
Escuela de Ingeniería en Control y
Redes Industriales

TEMA:
Diseño e Implementación de una estación de
Evaluación de Profundidad para piezas cilíndricas
por medio de un PLC

TÍTULO:
Pantalla Durante el Proceso

REALIZADO POR:
IVÁN MAURICIO LEMA YUMI
SILVIA ALEXANDRA TIERRA SATÁN

FORMATO:
A4

AÑO:
2013

MATERIAL:
Unity Pro