

Cuernavaca, Mor., a 18 de noviembre de 2021

**DR. MARIO LIMÓN MENDOZA**  
**DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS**  
**ING. LUIS MARDONIO RODRIGUEZ LÓPEZ**  
**DR. OUTMANE OUBRAM**  
**DR. JOSÉ GERARDO VERA DIMAS**  
**P R E S E N T E**

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de: **TESIS**

Titulado:

**“MANUAL DE PRACTICAS DE CONTROL PROGRAMABLE PARA EL PLC FESTO”**

Que presenta (el) o (la) **C. ISRAEL ROMAN TINOCO**, del programa educativo de **INGENIERÍA ELÉCTRICA**.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por una humanidad culta*

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA**

Se anexa firma electrónica

---

**D I C T A M E N**

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA DE LA FCQeI**  
**P R E S E N T E**

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

<b>VOTO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
	<b>DR. MARIO LIMÓN MENDOZA</b>	
	<b>DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS</b>	
	<b>ING. LUIS MARDONIO RODRIGUEZ LÓPEZ</b>	
	<b>DR. OUTMANE OUBRAM</b>	
	<b>DR. JOSÉ GERARDO VERA DIMAS</b>	

***El voto del comité es aprobatorio, se anexan firmas electrónicas***

VALH/fjbg



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2021-11-18 18:55:05 | Firmante**

FgK9vLMDpf0m8tpMAhPgftgz7SVewar+670A3j/JlwXmERDdvBkPLIsbeiEeiaL36t26/3cR9DEeoO0l96/7bmNao+Pr7UQwm2L0KvBjqWRx9gWNqkWG+J0Mf6y2wW868J0OFUfvB  
bupa7hif2hujWGBu0FIV5qKc3pgHJWrmmE42l3Yj+zbER++eP7qfFwDAUxEQMswi0nwfafFKVSWfQ/gDmT7+oH/5cwGTIXfus4xwZIDDbbF5xB8ncofKXm1YJaWx2HslRtlX0SQ  
UX/pZE2dnaSN++TynE1bQlEgS4O1B7LEnQRpUYK5XkYI9UCKna/lj8Hs+Jv01R3ws80NQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[2qTiPhSjZ](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/wl19PAA03h6Ys1yb9XcjCAxGgp06ti42>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIO LIMON MENDOZA | Fecha:2021-11-19 16:12:32 | Firmante**

IFhQTBrcmm6g7sV4rBLq+bawSV6p2obm+dLa+qzZOMR8djG6nuHjrUcnoLZPzJQT4EOe5YysNIZ++SfuzA+scCl5wqGLRGJeNsc4zap8yMz5srTSboPbNxBV6LLUuH6GTKE5nD5DZHxc6OoG4aiCmcsqZcQliVQjsKvbr9FigHytL5456Lbjj1y2EVp68T3/ls6aWQRJdc2+28c0elz4AQCOsZIN+MtPCaAhP26ou6lR0EsTQatVt4rDvpR7Ase5c2GHBAGd2F5Y5IBdS Edj25FLiGXKJJsutQ1coY136KwVG0luq0MfCL1xyvMfHnVqjB8s+IOXbDaNwfNeGvUsA==

**JOSE GERARDO VERA DIMAS | Fecha:2021-11-19 16:59:07 | Firmante**

XS8Q+jue7FzxSJPSSzir75CaQ7qT8+SscqjBXnUzlbfn6ND+2jEq1+6CKHHcNckJdaAxtdqVQAQQM4ePjqNek4ZJ0HK4UpRXLVgl9JwIeZJY6I0VQIPXufFwCZK5+BfExOZ35FLjEzDuqDIIly1lwT2UJex1YKgr8XGtu5zyh0UBabV0oqB9A89hM32rnN41CFLk6PwXXB5mRS8jttUVQbtWxFy8X6C+w7orb8HNeRKEzy0gCRAs4gmk/11hnrk0ga7f+k2UHxirrxraToQYglHfxsqin8AyCyoUAQyfyXLYPi0WF4Z8c5ExskMU4kd3GU7vhXSUw0cu2focg==

**OUTMANE OUBRAM | Fecha:2021-11-19 23:23:22 | Firmante**

TcewYeLaPkBZgluQlgZYK2y1sZcbrR2Lshl+CHqWp0d+VfVm4tUbf18JkvEIDRI9tzMovULglffumUi+9KhVKFzSGWa3Fhx0aEiBhdFpPQCEB7YTdBqQhtd3l3uKoAjz7JpZ2Lch22xwiotD+LABTez9mXdPnTcPM0um9y1VQ3CiS13xcTKAy/9kD8k9b5Ec3HSUHRZ5R2v8u2Qjbb0pMFGvP6Yq15b54cQUhOvLDWMB0Jyiz/h6a6oZkdezsAb4WTemwXoazDZCmf+gjA5DYXpApawG9Rjlf4AOZmpahU7F4/933m0GGyO+hWABg4CvDzI22TmacOTfwVasiYTPQ==

**LUIS CISNEROS VILLALOBOS | Fecha:2021-11-23 21:25:37 | Firmante**

LHJSJHBKwj+3dRUZGkGTfNXZHRv0KkbT1W5VvQ+Q0muYEL9JEUuuRtUyCCC7qjblevqdE4/YPd0YMNZbFV5Kxb8HdCYofe2muXmYphPLzOjTkmCpxnokaelFRQ1TCgoXJjC3ONfTKRb0eHnKdkw+BZfv/vlgZtjN6kVziulSsd8ESHYPHQB+w7JX+AHPANUo8/0hQstczytpBd7Ei3mGwG5eihanimi4SV69Q4OoCP/4IZ2cRHqZbCpEwAhG/1L2YxvfaB88NAbc0xGNZpVuyd/No5IDcygcVcWRFP2+S60uEchzDW64TSr8tuWEQGPjA26kbfvKWQ9GaJmS9QJF0A==

**LUIS MARDONIO RODRIGUEZ LOPEZ | Fecha:2021-11-24 20:17:54 | Firmante**

p/UDxoKjpodUw348sbdCz+PgTWTnvcIXPZynFLSexwW3D9jSlxuBjx4w1g2FAMgrJ5v5yPl857NXTFJ7yUXTq22oePO1f10s15FwMmhoHrtfzvy/jcJM2M/Z293iCY+I+e8A6IKEZ/v/UORc2mklULphRZKkGF+X9U9rpXXxQH7mmZUn4LUpTTUOqlZ6+Krf9Kx/WN0fCfrGHSgafQReqrZ/knW2/7bD8kvpdvsYxrC8ao27Ou6tJe/fGFgJGEVK/D8tlzjMXPuXtr3rhgwlh5LbBOPkct+RrY5soNQYWNfxU+5D1hexK7G2im61HDT5PvEz3deRp3SDI6iBshpctw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



TEtFQXAWj

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/LEODOUxMzee3dbQcAABjg3gl4Soosuk4>





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**  
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería

**“MANUAL DE PRÁCTICAS DE CONTROL PROGRAMABLE  
PARA EL PLC FESTO”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO ELÉCTRICO**

PRESENTA:  
**ISRAEL ROMÁN TINOCO**

ASESOR:  
**DR. MARIO LIMÓN MENDOZA**

## AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a JESUCRISTO primeramente por su infinita misericordia y por la vida que hasta el día de hoy nos ha permitido junto con mi familia, y la dicha de poder cumplir una meta más en este camino.

A mi Amada esposa que siempre he recibido su apoyo incondicional, su amor y su ánimo junto con mi querida hija. ¡Gracias mis chaparritas hermosas, Las Amo!

A mi Madre hermosa y Padre por su apoyo en todos los aspectos, su ánimo, sus palabras, ¡Los Amo!

Al profesor Mario Limón Mendoza, por su grande apoyo, su ánimo y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo ¡Gracias Profesor es un Excelente Catedrático y una Persona muy Humana Bendiciones siempre!

# ÍNDICE

# PAG.

INDICE GENERAL	I
RESUMEN	III
CAPÍTULO I	
JUSTIFICACION	IV
OBJETIVO	IV
METODOLOGÍA	V
ESTRUCTURA DE TESIS	V
CAPÍTULO II.- DESCRIPCION DE LOS ASPECTOS TEORICOS	
INTRODUCCION	7
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	8
2.1.1 SISTEMA DE CONTROL	8
2.2 HISTORIA DEL PLC	9
2.3 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL	10
2.4 ESTRUCTURA DE UN PLC	13
2.4.1 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO	15
2.5 TIPOS DE MEMORIAS	15
2.5.1 MEMORIA RAM	15
2.5.2 MEMORIA PROM	16
2.5.3 MEMORIA EPROM Y EEPROM	16
2.6 INTERFACES DE ENTRADA Y SALIDA	16
2.6.1 MODULOS DE ENTRADA Y SALIDA	17
2.6.2 FUENTE DE VOLTAJE	18
2.6.3 INTERFACES DE COMUNICACIÓN	18
2.7 FUNCIONAMIENTO DE UN PLC	19
2.7.1 DESCRIPCION DE SENSORES	20
2.7.1.1 SENSORES INDUCTIVOS	21
2.7.1.2 CONEXIÓN NPN Y PNP	22
2.7.1.3 SENSORES CAPACITIVOS	26
2.7.2 DISPOSITIVOS DE SALIDA	29
2.8 PROCESAMIENTO CICLICO	30

2.9 VENTAJAS DE UN PLC	31
2.10 DESVENTAJAS DE UN PLC	31

### CAPÍTULO III.- DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE PROGRAMACIÓN SIMBOLOGIA

3.1 INTRODUCCION	32
3.2 PROGRAMAS DE APLICACIÓN Y DEL SISTEMA	32
3.3 NORMA IEC1131-3	33
3.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	33
3.5 DIAGRAMAS DE PROGRAMACIÓN	34
3.5.1 FUNCION NOT	34
3.5.2 FUNCION AND	34
3.5.3 FUNCION OR	35
3.6 DIAGRAMA DE FUNCIONES (FBD)	37
3.7 LISTA DE INSTRUCCIONES (IL)	39
3.8 LENGUAJE DE TEXTO EXTRACTURADO (ST)	39
3.9 SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC)	40
3.10 ELEMENTOS PRINCIPALES PARA PROGRAMAR	41
3.10.1 CONTACTOS NA Y NC	42
3.10.2 BOBINAS (ARRANQUE Y PARO DE MOTOR)	42

### CAPÍTULO IV.- INSTALACION DEL PROGRAMA

4.1 INSTALACIÓN DE SOFTWARE	44
4.2 INTRODUCIR LINEAS AL PROGRAMA	47
4.2.1 BORRAR LINEAS AL PROGRAMA	47
4.2.3 INTRODUCIR UN COMENTARIO A LA LINEA	48
4.3 INTRODUCIR CONTACTOS A LA LÍNEA DE PROGRAMA	48
4.3.1 CONTACTOS NA	48
4.3.2 CONTACTOS NC	49
4.3.3 BORRAR CONTACTOS EN UNA LÍNEA DE PROGRAMA	49
4.3.4 INTRODUCIR UNA INSTRUCCIÓN DE SALIDA	50
4.4 PRUEBA DE COMUNICACIÓN	50
4.5 CÓMO CORRER O SIMULAR UN PROGRAMA	51
4.5.1 CÓMO EDITAR CAMBIOS EN PROGRAMA	52

### CAPÍTULO V.- ELABORACION DE PRACTICAS

#### PRÁCTICA I

5.1 CONTADOR PAR E IMPAR DE 0 – 100	53
5.1.2 DESCRIPCION DEL PROCESO	53
5.1.3 DIAGRAMA DE ESCALERA	53

PRÁCTICA II	
5.2 DUAL COMPRESOR	55
5.2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO	55
5.2.2 DIAGRAMA DE ESCALERA	56
PRÁCTICA III	
5.3 PUERTA AUTOMATICA	57
5.3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO	57
5.3.2 DIAGRAMA DE ESCALERA	59
PRÁCTICA IV	
5.4 SEMAFORO	61
5.4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO	61
5.4.2 REALIZACION EN DIAGRAMA ESCALERA	62
CONCLUSIONES, MEJORAS, RECOMENDACIONES O TRABAJOS FUTUROS	65
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	66
GLOSARIO	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	72

## RESUMEN

La realización de este manual es hacerlo de manera practica del PLC FESTO, explicando como poder manipular este software, desde cómo realizar su instalación, enlazar el PLC a la computadora, enviar y recibir datos de PC a PLC o viceversa, también se da a conocer los diferentes tipos de sensores, su funcionamiento interno y externo, así como sus características y aplicaciones.

se explica la forma de trabajar con diagrama Ladder o mejor conocido de escalera, conociendo los diferentes comandos más importantes y relevantes para poder ejecutar el programa de manera correcta.

Se programan algunos ejercicios de manera que se pueda entender más sobre su manejo y el alcance que se puede llegar a tener con este software.

## **JUSTIFICACIÓN**

El sistema control lógico programable ha tenido ciertos cambios que han demostrado poder tener una base sólida sobre los procesos industriales.

La enorme diversidad de los PLC'S así como los tipos de módulos especializados tales como: comunicación de red Ethernet, Profibus, Modbus, CAN, RS232, RS485, además del empleo de pantallas táctiles y ambientes de desarrollos gráficos conllevan a métodos de programación especializados para cada marca de PLC. Por este motivo es pertinente establecer la metodología de programación y desarrollo propio para el PLC FESTO.

## **OBJETIVO**

La elaboración de este trabajo tiene como finalidad llevar un conocimiento sobre lo que es PLC y en especial sobre este software FESTO, estableciendo una serie de pasos a seguir, desde la instalación y la realización de prácticas y que estas puedan facilitar al alumno una lógica al programar y familiarizarse aún más con dicho programa.

## **METODOLOGÍA.**

En cada práctica se plantea un objetivo con fin de desarrollar un ejercicio específico explicando paso a paso su forma de ejecutarlo.

El programa desarrollado será compilado y simulado donde se expondrán los diferentes elementos y componentes con los cuales es posible realizar la correcta programación usando la nomenclatura para lograr cumplir con el objetivo planteado al inicio de la práctica.

## **ESTRUCTURA DE LA TESIS**

El trabajo de tesis se divide en 5 capítulos.

CAPITULO 1.- Se describe el resumen general de dicho trabajo, así como el objetivo, justificación y metodología, que describe como se estará planteando.

CAPITULO 2.- Descripción de los antecedentes históricos de los Controladores lógicos programables.

CAPITULO 3.- Descripción del ambiente de programación.

CAPÍTULO 4.- Se describe el procedimiento de instalación del software de PLC FESTO.

CAPITULO 5.- Elaboración de prácticas y descripción de conclusiones de trabajo terminado.

## CAPÍTULO 2

### INTRODUCCIÓN.

La automatización, como su nombre lo indica, es poder hacer que algo se controle de forma autónoma o semi autónoma y para lograr esto se necesita cinco elementos, ya sean creados por el hombre o provenientes de la naturaleza como lo es: un sistema mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico, electrónico o digital.

Ahora bien, ¿físicamente cómo se ve un sistema automatizado?, La respuesta que se nos viene a la mente, son brazos robóticos de ensamblaje y cosas demasiado sofisticadas, pero en verdad puede ser cualquier cosa que se imagine con algunos de los elementos mencionados, un claro ejemplo puede ser que una puerta se cierre automáticamente de la forma que se desee, si se hace de forma neumática sería necesario un compresor, un pistón acoplado a la puerta, botones de accionamiento para dicho pistón; y si fuese de manera eléctrica, sus requerimientos son un motor eléctrico, selectores, botones de accionamiento, contactores, relevadores, interruptores, lámparas tipo piloto, etc.

Este tema se habla de un sistema de control lógico programable FESTO, y los comandos más trascendentes, así como los diferentes componentes que se necesitan y la estructura básica de un PLC.

Se realiza diferentes ejemplos de programación empleando los comandos más esenciales para poder así tener un criterio más amplio en la lógica de programación.

## 2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICO

### DEFINICIÓN DE SISTEMA DE CONTROL E HISTORIA DE PLC

#### 2.1.1 SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control en procesos de producción industriales para el control de equipos y máquinas.

Ahora bien, definimos PLC como el dispositivo electrónico que es programable por el usuario y ser utilizado en la industria para la realización de secuencias en procesos automatizados y la resolución de problemas que se llegan a presentar, teniendo en cuenta el ahorro en tiempo y costo en el mantenimiento, así como la confiabilidad de los equipos.

El término Automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con una mínima intervención del ser humano.

El objetivo de los sistemas más modernos de automatización es tener el control de las máquinas, y esto es gracias a los diferentes tipos de sensores que permiten detectar cambios en su desarrollo alrededor, como pueden ser sensores de temperatura, de detección de volumen, de presencia, magnéticos, entre otros, los cuales le permiten a la máquina realizar los ajustes necesarios para poder compensar los cambios. [1]

El proceso de automatización hoy en día, junto con el microcontrolador y el Microprocesador desarrollan una función muy importante; estos han permitido el desarrollo de sistemas inteligentes que resuelven los más diversos problemas.

Para el control de sistemas Automatizados, es requerido el uso de software o programas de aplicación asistidos por medio de una computadora y hace el uso de diferentes tecnologías como lo es el PLC (Controlador Lógico Programable).

Sin embargo, la fuerte unión del software con el hardware se ha requerido de sistemas de validación completa. La fase de diseño incluye la simulación de características mecánicas, eléctricas, térmicas y de flujo de los componentes del hardware en el sistema, adicional a los algoritmos y lógica de control que podrían controlar estos componentes

## 2.2 HISTORIA DEL PLC

En la década de 1960, la industria motivada por las nuevas tecnologías electrónicas busco una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica convencional.

Fue entonces en el año de 1968 cuando GM Hydramatic (la división de transmisión automática de General Motors) emitió una solicitud de propuestas para un reemplazo electrónico de los sistemas cableados por relés. La propuesta ganadora vino de la empresa Bedford Associates.

El resultado fue el diseño del primer PLC, designado 084 porque era el proyecto de Bedford Associates número 84.2. Bedford Associates comenzó una nueva empresa dedicada al desarrollo, fabricación, venta y mantenimiento de este nuevo producto, con el paso de los años fue vendida a Gould Electronics en 1977, y posteriormente adquirida por la compañía alemana AEG y luego por la francesa Schneider Electric, el actual propietario.

Con la creación de este nuevo proyecto se tenían que incluir ciertos requerimientos:

- Programación sencilla
- Cambios de programa sin intervención en el sistema (sin tener que rehacer el cableado interno)
- Más pequeño, más económico y más fiable que los correspondientes sistemas de control por relés
- Sencillo y con bajo costo de mantenimiento

Los primeros PLC fueron programados en un lenguaje llamado Listado de instrucciones con el cual las órdenes de control se le indicaban al procesador como un listado secuencial de códigos en lenguaje de máquinas. Luego para facilitar el mantenimiento de los sistemas a controlar se introdujo un lenguaje gráfico llamado lenguaje Ladder también conocido como diagrama de escalera, que se parece mucho a un diagrama esquemático de la lógica de relés.

El programa de PLC tenía que consistir en una secuencia lógica de instrucciones, donde estas mismas se pueden guardar y llevar a cabo funciones de modo secuencial, de sincronización, de conteo y aritméticas.

## 2.3 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL.

Un SISTEMA está definido como el conjunto de elementos interrelacionados entre sí para cumplir un fin común, y CONTROL prácticamente significa la manipulación de ciertas variables. Por lo tanto, un sistema de control sería el conjunto de elementos interconectados entre sí para lograr la manipulación de ciertas variables, y el primer concepto que se debe tener en cuenta es el proceso, el cual se puede decir que es el objeto, equipo o sistema que tiene cambios de estado de acuerdo a determinadas condiciones.

### Componentes del Sistema de Control:

En la industria ha tomado gran relevancia la aplicación del control automático de procesos ya que este permite mantener controladas ciertas variables como la temperatura, la humedad, la viscosidad, la presión, entre otras. Mantener estas variables estables es el objetivo del sistema de control. Cuyos elementos básicos son los siguientes:

- Transductor (Sensor/Transmisor).
- Controlador.
- Actuador.

La importancia de estos componentes radica en que estos realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control; estas operaciones, respectivamente, son:

1. Medición: la medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor.
2. Decisión: con base en la medición, el controlador decide qué hacer para mantenerla variable en el valor que se desea.
3. Acción: como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control.

Estas tres operaciones son forzosas para todos los sistemas de control. La toma de decisión puede realizarse con un sistema de control en lazo abierto o en lazo cerrado.

## **TRANSDUCTOR**

El transductor es un dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal. Es decir, este dispositivo toma una variable de entrada y produce una salida de otra naturaleza.

Los transductores se clasifican por dos funciones:

### **a. En función de sus características estructurales**

- *Directos:* Se colocan directamente en contacto con el punto cuya variable se va a medir.
- *Indirectos:* Se sitúan alejados del punto de medición, pero se comunican con éste mediante una línea de transmisión con una terminal situada en el espacio cuya variable deseamos medir.

### **b. En función de su comportamiento**

- *Activos:* Los traductores activos son aquellos transductores que no requieren suministro de energía para operar.
- *Pasivos:* Los traductores pasivos son aquellos transductores que si requieren suministro de energía para operar.

## **CONTROLADOR**

En la industria se utilizan controladores cuya función es comparar la variable de proceso medida de una causa física con un valor de referencia de entrada, de determinar la desviación y es producir una señal de control que reduce es el error a un valor aproximado a cero.

La manera en la cual el controlador ejecuta la señal de control se denomina acción de control. El controlador detecta la señal de error, generalmente dada en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador alimenta a un actuador.

## **ACTUADOR**

El actuador es un dispositivo que transforma la energía hidráulica, neumática o eléctrica para realizar una función que genera un efecto sobre un proceso. El actuador recibe la señal desde un controlador y en función a ella activa un elemento final de control; por ejemplo, una válvula.

Existen principalmente distintos tipos de actuadores según el tipo de señal de control que se emplee, entre ellos:

1. **Eléctricos.** En este actuador, su principal señal de control es la energía eléctrica.
2. **Neumáticos.** La señal de control de este tipo de actuar es el aire.
3. **Hidráulicos.** La señal de control es un fluido, normalmente algún tipo de aceite mineral.
4. **Electrónicos.** La electrónica de potencia permite controlar la alimentación de otros equipos, la velocidad y el funcionamiento de máquinas eléctricas, con el empleo de dispositivos electrónicos, tales como los semiconductores.

## 2.4 ESTRUCTURA DE UN PLC

En los ordenadores, generalmente se distingue entre hardware, firmware y software. Lo mismo se aplica a los PLC, ya que esencialmente también están basados en un microprocesador.

El Hardware se refiere a las partes físicas del dispositivo, es decir, los circuitos impresos, los circuitos integrados, el cableado, la batería, el chasis, etc.

El firmware los constituyen aquellos programas (software) que se hallan permanentemente instalados en el hardware del ordenador y que son suministrados por el fabricante del PLC, puede decirse que funciona como el nexo entre las instrucciones que llegan al dispositivo desde el exterior y sus diversas partes electrónicas. Esto incluye las rutinas fundamentales del sistema, utilizadas para poner en marcha el procesador al aplicar la tensión. Adicionalmente, hay en el sistema operativo que, en el caso de los controles lógicos programables, generalmente se halla almacenado en una memoria ROM de sólo lectura o en una EPROM.

Finalmente, el software, que es el programa escrito por el usuario del PLC. Los programas de usuario se instalan generalmente en la memoria RAM, una memoria de acceso aleatorio, en donde pueden ser fácilmente modificados. [12] [13]

Los elementos principales que forman parte de la estructura de un PLC son:

- CPU (Unidad central de procesamiento): Controla y procesa todas las operaciones realizadas dentro del PLC.
- Sistema de bus: Lleva información y datos hacia el CPU, la memoria y las unidades de entradas y salidas.
- Memoria ROM: Almacena de forma permanente la información del sistema operativo y datos corregidos.
- Memoria RAM: Almacena el programa del usuario.
- Batería: Se encarga de mantener el contenido de la RAM por un determinado tiempo, en caso de que se corte el suministro de energía eléctrica.
- Unidad de entrada y salida: Es la interfaz entre el sistema y la parte externa, y sirven de enlace con el CPU. El procesador conoce el estado físico y actúa sobre los dispositivos instalados en campo, gracias a las interfaces. [2] [10] [26]

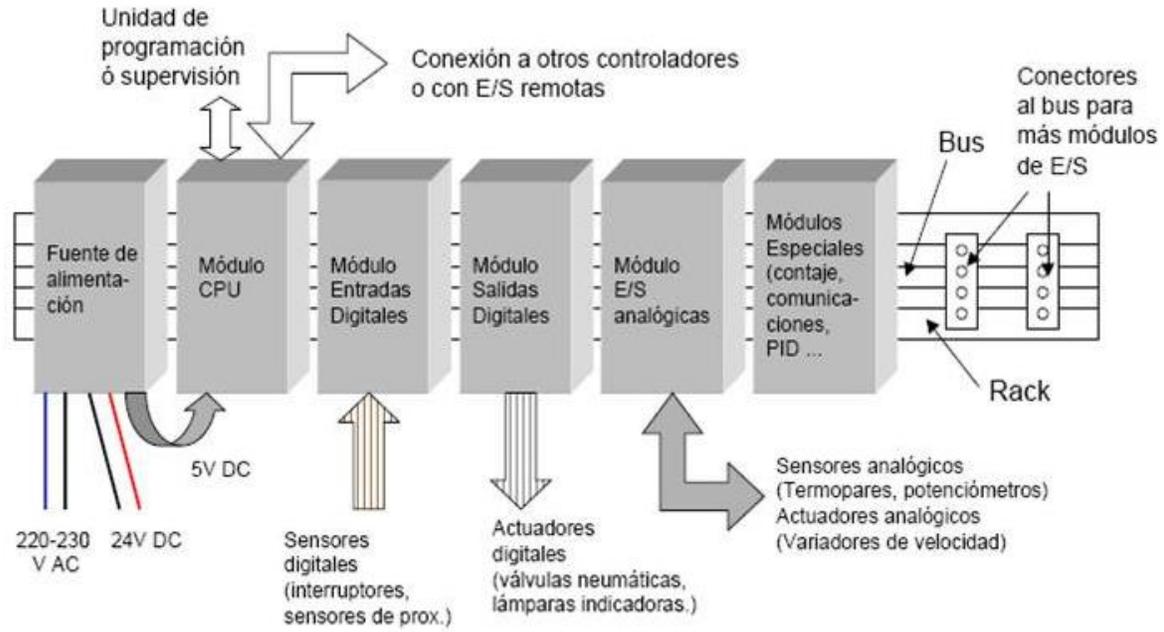


FIGURA 2.1 (ESTRUCTURA INTERNA DEL PLC)

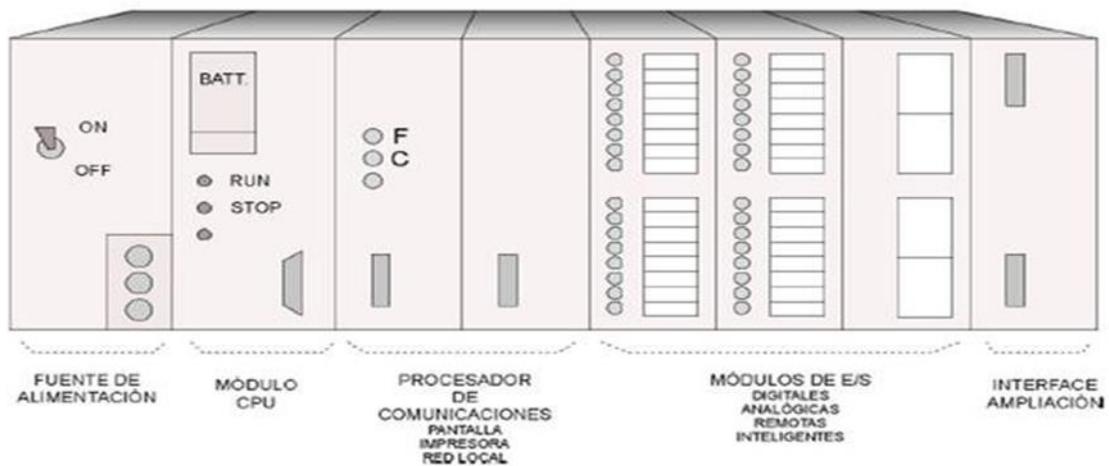


FIGURA 2.2 (ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC)

## 2.4.1 LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU).

El procesador o "Unidad Central de Proceso" conocido como CPU, es el cerebro del controlador. La electrónica interna del CPU está formada por un microprocesador, circuitos de memoria y circuitos auxiliares. Este lleva a cabo los procesos del sistema, el desempeño de este depende de una lista de ejecuciones denominados programas. Los programas ejecutados son dos; el primero de autoconfiguración cuando el sistema arranca y el segundo de usuario, diseñado para una aplicación específica. [8]

El microprocesador del PLC puede ejecutar instrucciones en tiempos muy cortos, realizar operaciones aritméticas y lógicas como son sumas, restas, multiplicación, comparación, desplazamientos, AND, OR, NOT entre otras, simular dispositivos de campo como temporizadores, programadores cíclicos; hacer transferencia de información entre el sistema de entrada / salida y la memoria, así como entablar comunicación con el usuario por medio de las terminales de programación y de datos o bien con otros dispositivos inteligentes (PLC's, computadoras, etc.). [8] [7]

## 2.5 TIPOS DE MEMORIA

Esta es la que Almacena información del sistema, una vez que el programa haya realizado funciones lógicas o lista de instrucciones que se introducen al PLC, éste reside en la memoria del CPU hasta que es modificado por el usuario. El programa recién grabado en la memoria no se borra, debido a que el PLC cuenta con un compartimiento para la instalación de una batería, que abastece de energía a la memoria todo el tiempo evitando que esté se apague.

Las memorias que utiliza un PLC son de diferentes tipos, y se puede presentar en tres diferentes tipos: memoria RAM, PROM, EPROM y EEPROM. [2] [5] [6] [7]

### 2.5.1 MEMORIA RAM

La RAM (random acceso memory / memoria de acceso aleatorio) es una memoria de lectura/escritura y puede programarse y modificarse fácilmente.

La desventaja de esta que es volátil, es decir, el programa almacenado en la RAM se pierde en el caso de falla de tensión y esta pierde toda su información que tenía almacenada; esta es la razón por la cual la RAM debe estar respaldada por una batería, acumulador o pila, dado que la vida útil y la capacidad de las modernas pilas les permite durar varios años.

Una característica importante de la RAM, es que puede trabajar a velocidades mayores que las otras memorias, por esta razón se le utiliza como memoria de almacenamiento del programa del PLC. La memoria RAM se puede grabar, leer y borrar las veces que sea necesario y el PLC está diseñado para hacerlo. [2] [10] [6]

## 2.5.2 MEMORIA PROM

La memoria PROM (memoria programable de sólo lectura) es de sólo lectura y no es volátil; es decir que se programa de fábrica por primera y única vez, que posteriormente solo se le puede leer. No necesita un voltaje de alimentación para asegurar la información que se le graba. Este tipo de memoria se utiliza para grabar el programa inicial de arranque del PLC; a este programa se le conoce como el BIOS del PLC y es fundamental para el funcionamiento del mismo.

Gracias al BIOS nosotros podemos darnos cuenta si el PLC está trabajando (RUN) o está detenido (PROGRAM), si detecto una falla o trabaja normalmente, si la batería de respaldo de la memoria RAM esta baja, si existe comunicación con otro dispositivo, etc. [2] [5] [6]

## 2.5.3 MEMORIA EPROM Y EEPROM

La memoria EPROM (erasable programable read-only memory / memoria de sólo lectura, programable y borrable) El contenido de esta permanece inalterable incluso ante una falla de tensión.

Durante la fase de programación se utiliza una RAM y una vez finalizado la puesta en marcha, el programa se transfiere a una EPROM.

EEPROM son de lectura y escritura y no es volátil. La diferencia entre ambas está en que la memoria EPROM se puede borrar y grabar solo con aparatos especiales (borrador de rayos ultravioleta y programador de EPROMS); mientras que la memoria EEPROM no necesita de ningún dispositivo especial para ser borradas y grabadas, el PLC que las utiliza está capacitado para hacerlo. Cualquiera de estos dos tipos de memoria sirve para conservar una copia del programa que se encuentra en la memoria RAM del PLC y de esta manera el usuario se asegura de conservar el programa, y utilizarlo en el caso de que el programa sufra alteraciones. En algunos PLC's, el BIOS se encuentra grabado en memoria EPROM. [2] [3] [5] [6]

## 2.6 INTERFACES DE ENTRADA Y SALIDA.

Las interfaces de entrada y salida son parte fundamental del PLC, y estas sirven de enlace entre la comunicación interna como externa con el CPU.

El procesador conoce el estado físico y actúa sobre los dispositivos instalados en campo esto gracias a las interfaces. Hoy en la actualidad existe un número muy grande de dispositivos que se les pueden mandar información al PLC para su proceso y control, están por ejemplo los sensores de posición, presión, temperatura, líquidos, humedad, PH, etc. y todos ellos pueden enviar al PLC una señal eléctrica diferente y que la interface va a traducir para que el PLC la pueda entender y procesar.

También se puede notar que existe una gran variedad de actuadores sobre los cuales el PLC puede tener control como: alarmas sonoras, electroválvulas, motores, etc. y que la interface de salida se encarga de traducir las señales eléctricas generadas por el PLC a niveles entendibles por cada actuador.

Las interfaces de entrada / salida ofrecen también aislamiento eléctrico entre el PLC y el campo, evitando con esto daño interno al controlador por causa de disturbios eléctricos en campo, el voltaje de aislamiento es de 1500 VDC. [12] [14]

Existen dos tipos de señales eléctricas que manejan las interfaces, y son de entrada como de salida: señales digitales y señales analógicas. La señal digital es aquella cuyo valor esta entre dos posibles: encendido o apagado, lleno o vacío, arriba o abajo, etc. Y que eléctricamente el PLC se traduce en voltaje o ausencia de voltaje. La señal analógica, a diferencia de la discreta puede tener un valor determinado dentro de muchos valores posibles (rango).

Las señales eléctricas digitales que manejan las interfaces pueden ser de alterna (AC) o de directa (DC); entre las señales de AC más comunes se encuentran 120 VAC y 220 VAC, la señal de DC más comunes es 24 VDC. Esto significa que la interface puede recibir o proporcionar (según sea de entrada o salida), voltaje (24 VDC, 120 VAC o 220 VAC) o ausencia de voltaje (línea común de la fuente o neutro).

Las interfaces analógicas utilizan circuitos convertidores de señal analógica a señal digital (A/D) para las entradas y de señal digital a señal analógica (D/A) para las salidas. Los circuitos A/D y D/A hacen posible el entendimiento del CPU con los transmisores de campo que manejan señales analógicas. La interface permite registrar variaciones en la entrada de hasta 2.4 mili volts. [10] [2]

### 2.6.1 LOS MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA

Los puntos de entrada/salida para el PLC vienen en módulos intercambiables, que ocupan una ranura en el riel por cada módulo. Existen voltajes de entrada discretos de 24 V DC, 24 V AC/DC, 120 V AC y 220 V AC; las salidas discretas son de 120/240 V AC tipo triac, 10/50 V de tipo transistor y de 10-125 V DC con salida tipo relevador. Las señales analógicas que se manejan, tanto de entrada como de salida, son de -10 V DC a +10 V DC y de -20 mA a + 20 mA.

Cada módulo presenta indicadores luminosos en el frente para mostrar el estado de cada punto de entrada/salida. El indicador se ilumina cuando el voltaje de entrada está presente, o cuando el procesador manda energizar una salida. El módulo de entrada/salida puede ocupar cualquier ranura dentro del riel. [3] [5] [7] [9]

## 2.6.2 FUENTE DE VOLTAJE

Para abastecer de potencia a los procesadores y a todas las ranuras del riel, tenemos tres opciones de fuentes de voltaje, según sea el voltaje de alimentación y la potencia de consumo de nuestra configuración. Hay modelos que se alimentan con 120/240 V AC, ofrece 5 V DC (2 Amps), y 24 V DC (0.66 Amps).

Y otros modelos que se alimentan con 120/240 VAC, ofrece 5 V DC (5 Amps), y 24 V DC (1.16 Amps). Por último otros modelos que trabajan con voltaje de 24VDC ofrece 5VDC (3.6 Amps) y 24 V DC (0.87 Amps). Para las fuentes que trabajan con AC, la selección de 120 V o 240V se hace por medio de un puente localizado en la parte frontal de la misma. Las fuentes de AC presentan una salida de 24V DC (0.2 Amps) para su utilización con módulos de entrada de este voltaje.

Todas las fuentes están protegidas contra sobrecarga; no requieren de una ranura de riel, ya que se instalan en el lado izquierdo de este y se fijan mediante dos tornillos. Cada riel de un sistema modular necesita de una fuente, que se va a elegir una vez que conocemos el voltaje de alimentación, y la carga que va a tener conectada (tipo de procesador y/o módulos). [3] [8] [10] [14]

## 2.6.3 INTERFACES DE COMUNICACIÓN.

Los PLC's pueden comunicarse entre sí o con otros equipos periféricos como computadoras terminales, etc. Para formar redes locales o remotas; todo esto gracias a las interfases de comunicación que está compuesta de electrónica (hardware) y de programas (software), juntos forman un protocolo que todos los componentes que se encuentran conectados en el van a entender. [14]

Existen protocolos de comunicación como el DataHighway y el DataHighway Plus, Remote I/O, DeviceNet, etc. [26] [27]

Las distancias a las que pueden estar conectados los componentes de la red, pueden ir desde varios metros hasta los varios Kilómetros. [4] [6] [10] [14]

## 2.7 FUNCIONAMIENTO DE UN PLC

Cualquier software de programación según IEC 1131-1 debe proporcionar al usuario una serie de funciones. Así, el software de programación comprende módulos de software para:

-Introducción de programas

Creación y modificación de programas en uno de los lenguajes de programación de un PLC

-Verificación de la sintaxis

Comprobación de la sintaxis del programa y los datos, minimizando así la introducción de programas defectuosos.

-Traductor

Traducción del programa introducido en un programa que puede ser leído y procesado por el PLC, es decir, la generación del código máquina del correspondiente PC.

-Conexión entre PLC y PC

A través de este enlace se realiza la carga de los programas al PLC y la ejecución de funciones de verificación

-Funciones de verificación

Ayuda al usuario durante la escritura y en la eliminación de fallos y verificación a través de:

- una verificación del estado de las entradas, salidas temporizadores, contadores, etc.
- verificación de secuencias de programa por medio de operaciones de paso a paso, órdenes de STOP, etc.
- simulación por medio de activación manual de entrada/salidas, establecimiento de valores, etc.
- Indicación del estado de sistemas de control  
Emisión de información relacionada con la máquina, proceso y estado del sistema PLC:
- Indicación del estado de señales de entrada y salida
- Registro / indicación de cambios de estado en señales externas y datos internos

- Supervisión de los tiempos de ejecución
- Formato en tiempo real de la ejecución del programa

El PLC se conecta con el sistema a controlar a través de módulos de entradas y salidas. El sistema a controlar proporciona señales de entrada a través de los sensores, a los módulos de entrada. Estas señales son procesadas en la unidad principal de proceso, componente importante de un PLC. [3] [10]

La estructuración de un programa de PLC consiste en una secuencia lógica de instrucciones. El programa de control es almacenado en una memoria especial, leíble electrónicamente, denominada memoria del programa RAM del PLC. Una vez probada y depurado el programa de control, suele transferirse a una memoria de sólo lectura, es decir una memoria EPROM. [5] [8] [10]

Las señales de entrada llegan al PLC a través de los sensores. Estas señales contienen información sobre el estado del sistema a controlar. Un PLC solamente puede reconocer y emitir señales eléctricas por medio de convertidores.

Como ejemplo en módulos de entrada tenemos: pulsadores, interruptores, finales de carrera, sensores de proximidad. [2] [10] [14]

### 2.7.1 DESCRIPCION DE SENSORES:

Son los componentes que se encuentran situados en el sistema o máquina a controlar, y a través de ellos el PLC interroga el estado o posición de la máquina. Sensores con características de trabajo similares ver figura 2.4 [16]



FIGURA 2.3 SENSORES INDUCTIVOS

### 2.7.1.1 SENSORES INDUCTIVOS

Los sensores inductivos son interruptores de posición que trabajan sin contacto físico y pensados para detectar materiales ferrosos, que no tienen piezas sujetas a desgaste mecánico, Se usan preferentemente para aplicaciones con grandes exigencias de fiabilidad, precisión del punto de conmutación.

Se alimenta con un voltaje que va de 12V hasta los 24V de corriente directa, al circular este voltaje hace que se genere un campo magnético al aproximarse al objeto ferromagnético, donde la bobina detecta dicho objeto y envía la señal para realizar la función normalmente abierto o normalmente cerrado.

Los sensores de proximidad inductivos funcionan mediante dos métodos. En el primer método operativo, a medida que el objetivo se acerca al sensor, el flujo de corriente de inducción aumenta, lo que incrementa la carga en el circuito de oscilación haciendo que su oscilación se atenúe o se detenga. El sensor detecta este cambio en el estado de oscilación con un circuito de detección de amplitud y emite una señal de detección.

Un esquema de funcionamiento alternativo utiliza un cambio en la frecuencia en lugar de la amplitud de la oscilación resultante de la presencia de un objetivo conductor. Un objetivo de metal no ferroso, como el aluminio o el cobre, que se acerca al sensor hace que la frecuencia de oscilación aumente, mientras que un objetivo de metal ferroso, como el hierro o el acero, hace que la frecuencia de oscilación disminuya. El cambio de la frecuencia de oscilación con respecto a una frecuencia de referencia hace que el estado de salida del sensor cambie. [16] [19] [21]

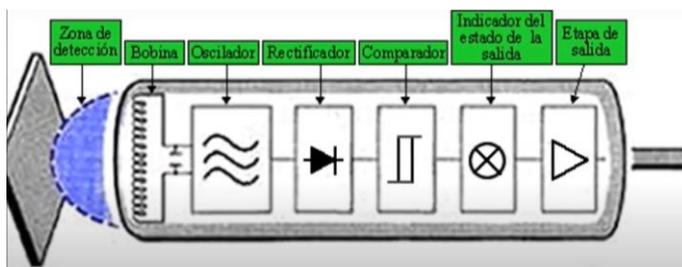


FIGURA 2.4 CONEXIÓN INTERNA DE SENSOR

### 2.7.1.2 CONEXIÓN NPN Y PNP

Sensores Inductivos tipo NPN y PNP: La diferencia que existe en estos sensores, es la manera de cómo se tendrá que realizar la conexión del cable de salida o señal; ya que esto radica en el diseño único de sus circuitos interiores, hemos de recordad que los transistores NPN y PNP tiene cada uno tres conductores, un colector, una base y un emisor, observa la figura 2.5.

La mayoría de estos sensores NPN y PNP son: “Normalmente Abiertos” pero también existen los “Normalmente Cerrados” Observa el diagrama de conexión de la figura 2.5.1 [17]

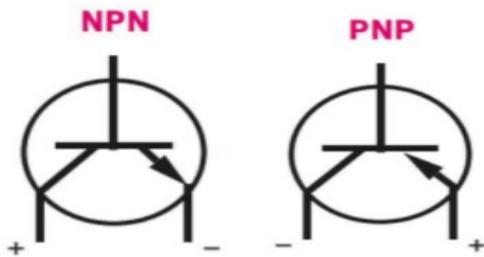


FIGURA 2.5 DIAGRAMA NPN Y PNP

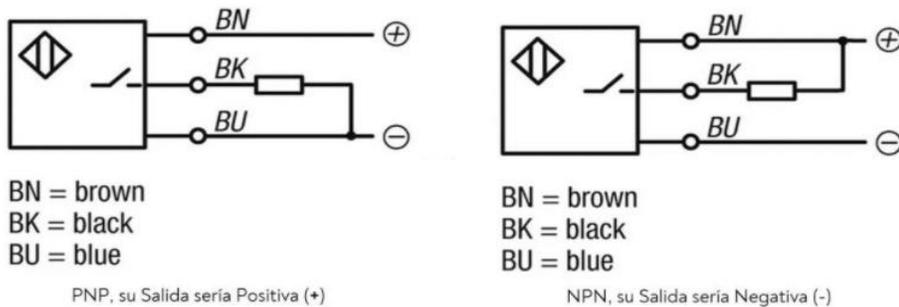


FIGURA 2.5.1 CONEXIÓN PNP Y NPN

Ejemplos de ellos tenemos los siguientes:

Sensores capaces de detectar cualquier metal a la misma distancia sin factor de reducción, mayor rango de temperaturas, alta frecuencia de conmutación. [21] [19]



FIGURA 2.6 SENSOR DETECCIÓN DE METAL

Sensores de gran ayuda en entornos de soldadura por los siguientes motivos:

- Inmunidad a los campos magnéticos.
- Factor 1
- Rango de temperatura extendido.



FIGURA 2.7 SENSOR RANGO DE TEMPERATURAS

Sensores inductivos especialmente diseñados para la detección de paso de pequeñas piezas, rotura de alambres, control de espesor y detección de herramientas. [21] [19]



FIGURA 2.8 SENSOR CONTROL DE ESPESORES.

## Sensores para la detección de fibra de carbono

Detección segura de todos los materiales de fibra de carbono [21] [19] [16]

- El amplio rango de temperaturas (0°C...100°C) permite su uso en la fabricación de carbono.
- Rentable en comparación con los sensores ultrasónicos e insensible al polvo en comparación con los sensores ópticos y capacitivos.
- Alta fiabilidad gracias a la tecnología TURCK.
- Alta disponibilidad en máquina gracias a la protección IP68.



FIGURA 2.9 SENSOR DE MATERIALES DE FIBRA DE CARBONO

## Inductivos para Vehículos

Sensores inductivos especialmente diseñados para su utilización en vehículos y/o maquinaria móvil. Inmunes ante interferencias electromagnéticas, rango de temperatura extendido, gran resistencia a golpes y vibraciones, con conectores especiales y convenientes para ser alimentados mediante batería. [21] [19]



FIGURA 2.10 SENSORES APLICADOS EN MAQUINARIAS MÓVILES

Inductivos para aplicaciones especiales [21] [19]

- Inductivos formato herradura.
- Selectivos para materiales férricos.
- Selectivos para materiales no-férricos.
- Sensores inductivos underwater (IP68).
- Sensores inductivos IP69K para el sector alimentario.

- Sensores de alta conmutación.
- Sensores para altas presiones.
- Para aplicaciones ATEX.
- Con IO-LINK.
- Sensores inductivos analógicos.
- Sensores de seguridad SIL2 (PL d).
- Con certificación E1.

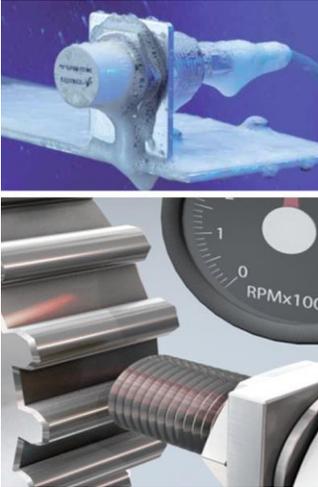


FIGURA 2.11 SENSORES APLICACIONES DIVERSOS

### 2.7.1.3 SENSORES CAPACITIVOS

Los sensores capacitivos son interruptores de posición que trabajan sin contacto físico y pensados para detectar materiales como: plásticos, metales, madera, fluido de líquidos

Los sensores capacitivos destacan por su capacidad de detectar diferentes materiales en función de su constante dieléctrica, gracias al principio de un condensador de placas ideal.

Cuando se trabaja con líquidos o material a granel, los sensores capacitivos ayudan a detectar niveles y proporcionan una visión general del proceso de producción en cualquier momento. La detección también es posible a través de materiales no metálicos y paredes de contenedores. [16] [19]

Ejemplos de ellos tenemos lo siguiente:

Sensores para la detección de agua, fertilizantes, sal de carretera, grava fina, metal, madera, papel.

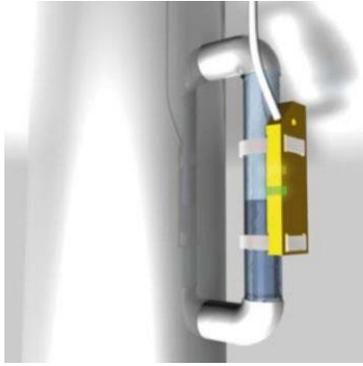


FIGURA 2.12 SENSORES DETECCIÓN DE LÍQUIDOS

Sensores para la detección de materiales a granel, detección de gránulos de plástico, pellets de madera, astillas de madera.



FIGURA 2.13 SENSORES DETECCIÓN DE MATERIALES A GRANEL

Sensores para la detección de materiales viscosos, ideales para la detección de aceites, grasas, lubricantes, tintas, ácidos, salsas.



FIGURA 2.14 SENSORES DETECCIÓN DE MATERIALES VISCOSOS

Los sensores magnéticos destacan por su capacidad de detectar campos magnéticos externos próximo a la cara activa sensible sin contacto ni desgaste.

También hay disponibles soluciones para la utilización en áreas de soldadura, así como para la medición de carreras aportando una salida analógica en función de la posición.

Los sensores de campo magnético se utilizan especialmente para la detección sin contacto de la posición del émbolo de cilindros neumáticos. [21] [19] [16]



FIGURA 2.15 SENSORES MAGNÉTICOS



FIGURA 2.15.1 SENSORES MAGNÉTICOS

Los sensores de ultrasonidos destacan por su capacidad de detectar sin contacto todo tipo de objetos, ya sean transparentes u opacos, metálicos o no metálicos, líquidos o sólidos.

Los sensores ultrasónicos están disponibles en muchos diseños, rangos, ángulos de cono y tipos de salida diferentes. La mayoría de ellos cuentan con compensación de temperatura, supresión de ruido y cable de sincronización.

Con un rango máximo de 8 m. Se disponen modelos con salida digital, analógica y IO-Link. También se disponen de modelos con doble salida digital ideales para el control de máximo/mínimo en depósitos. [21] [19]

Lo sensores de ultrasonidos ofrecen:

- Gran rango de detección: 8m.
- Zona muerta extremadamente corta.
- Diseño robusto.



FIGURA 2.16 SENSORES DE ULTRASONIDO

Los sensores y sistemas fotoeléctricos utilizan luz visible o infrarroja para detectar diferentes tipos de objetos sin contacto, independientemente de su material, calidad y consistencia.

Ya sean versiones multifuncionales estándar o programables, dispositivos compactos o dispositivos con amplificador externo, cada sensor tiene características especiales adecuadas para diferentes aplicaciones. [21] [19]



FIGURA 2.18 SENSORES FOTOELÉCTRICOS

## 2.7.2 DISPOSITIVOS DE SALIDA

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno. [27]

Entre los dispositivos típicos de salida podemos hallar:

- Contactores de motor
  - Electroválvulas
  - Indicadores luminosos o simples relés
  - Lámparas indicadoras pilotos
- 
- **ACTUADORES**  
Estos componentes están situados directamente en el sistema o máquina a controlar y a través de ellos, el PLC es capaz de cambiar o influir en estados y con ello el proceso técnico, se puede describir como un dispositivo mecánico que al ser accionado proporciona una señal de salida de pulso eléctrico
  - **PC o Dispositivo Programador:**  
Se utiliza para crear el programa que contiene la lógica del sistema o maquinaria a controlar y transferirla a la memoria del PLC. Al mismo tiempo, estas herramientas proporcionan funciones de apoyo para la verificación del programa de PLC y la puesta a punto de control.
  - **Unidades de indicación de control:**  
Esto les permite supervisar e influir en el funcionamiento del sistema o la máquina. [10] [8] [20]

## 2.8 PROCESAMIENTO CÍCLICO DE UN PROGRAMA DE PLC

Los programas para el procesamiento convencional de datos, generalmente se procesa una sola vez, de arriba abajo y terminan. A diferencia de estos, el programa de un PLC se procesa continua y cíclicamente.

Las características del procesamiento cíclico son:

- Que el programa ha sido ejecutado una vez, salta automáticamente al principio y se va repitiendo el proceso continuamente.
- Antes de que se procese la primera línea del programa, es decir, al inicio del ciclo, el estado de las entradas es almacenado en la tabla de imagen de entradas. La imagen del proceso es una zona de memoria aparte a la que se accede durante un ciclo. Así, el estado lógico de una entrada permanece constante durante un ciclo, incluso aunque en este intervalo haya cambiado físicamente.
- De forma similar a las entradas, las salidas no son inmediatamente activadas o desactivadas durante un ciclo, sino que su estado es almacenado temporalmente en la tabla imagen de salidas. Solamente al final del ciclo se activan o desactivan físicamente las salidas según el estado Lógico almacenado en la memoria. [1] [3] [10] [13]

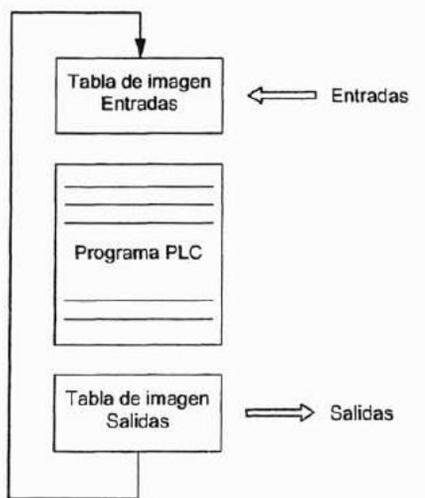


FIGURA 2.18 FORMA CICLICA DE UN PROGRAMA

## 2.9 VENTAJAS DE UN PLC

Los PLC tienen una gran ventaja con características específicas, al ser modificado el sistema de control, no siempre se tiene que volver a cablear los dispositivos de entradas y salidas, ya que el operador solo tendrá que programar nuevas instrucciones para la mejora de la operación.

El diseño del hardware de un control lógico programable está hecho de forma que pueda soportar los entornos típicos industriales en cuanto a los niveles de las señales, calor, humedad, variaciones en la alimentación de voltaje e impactos mecánicos. [28] [29]

Como puntos relevantes tenemos los siguientes:

- 1) Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.
- 2) Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- 3) Mínimo espacio de ocupación.
- 4) Menor costo de mano de obra de la instalación.
- 5) Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar posibles averías.
- 6) Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo PLC.
- 7) Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- 8) Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para controlar otra máquina o sistema de producción

## 2.10 DESVENTAJAS DE UN PLC

- 1) Exige la preparación de los técnicos e ingenieros en su etapa de formación.
- 2) La inversión inicial es mayor que en el caso de los relés, aunque ello es relativo en función del proceso que se desea controlar. Dado que el PLC satisface la demanda mayor de las necesidades, desde los sistemas lógicos cableados hasta el microprocesador, el diseñador debe conocer a fondo las prestaciones y limitaciones del PLC. Por tanto, aunque el costo inicial debe tenerse en cuenta a la hora de decidirse por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos de tomar una decisión acertada. [28] [29]

## CAPÍTULO 3

### SIMBOLOGÍA

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

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.

Al igual como los PLC's se han desarrollado y expandido, los lenguajes de programación también se han desarrollado con ellos. Los lenguajes de hoy en día tienen nuevas y más versátiles instrucciones para facilitar su manipulación. Por ejemplo, los PLC's pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro bloque. Como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente.

Adicionalmente a las nuevas instrucciones de programación, el desarrollo de nuevos módulos de entradas y salidas también ha obligado a cambiar las instrucciones existentes. [30]

#### 3.2 PROGRAMAS DE APLICACIÓN Y DEL SISTEMA

Los programas de aplicación que crean los usuarios están orientados a ejecutar a través del controlador, tareas de automatización y control. Para ello, el usuario escribe el programa en el lenguaje de programación que mejor se adapte a su trabajo y con el que sienta poseer un mejor dominio. En este punto es importante señalar, que algunos fabricantes no ofrecen todas las formas de representación de lenguajes de programación, por lo que el usuario deberá adaptarse a la representación disponible

Por otro lado, el conjunto de programas que realizan funciones operativas internas del controlador, incluyendo los traductores de lenguaje, reciben la denominación de programas del sistema o software del sistema. Un elemento importante de éste, es el sistema operativo, cuyos servicios incluyen el manejo de los dispositivos de entrada y salida del PLC, el almacenamiento de la información durante largos períodos, el procesamiento de los programas del usuario, etc. Estos programas ya vienen escritos y están almacenados en una memoria no volátil dentro de la CPU,

por lo tanto, no se pierden ni alteran en caso de pérdida de alimentación al equipo. El usuario no tiene acceso a ellos. [6] [4] [10]

### 3.3 LA NORMA IEC 1131

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLC. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de PLC y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de PLC.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, una de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLC. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada **Sequential Function Chart (SFC)**. SFC es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST). [31] [32]

### 3.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE PLC

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

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones

Es obvio, que la gran diversidad de lenguajes de programación da lugar a que cada fabricante tenga su propia representación, originando cierta incomodidad al usuario cuando programa más de un PLC.

- **Lenguajes Gráficos**
  - Diagrama Ladder (LD)
  - Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)
  
- **Lenguajes Textuales**
  - Lista de Instrucciones (IL)
  - Texto Estructurado (ST)

### 3.5 DIAGRAMA LADDER Y LAS FUNCIONES NOT, AND OR

El LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular 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. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes. [10] [11]

Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje.

#### 3.5.1 FUNCIÓN NOT

La función NOT se utiliza para convertir señales binarias a su valor opuesto si la señal es 0 se evalúa como 1, y si la señal es 1 se evalúa como 0

#### 3.5.2 FUNCIÓN AND

Esta trabaja solamente cuando todas las señales conectadas en AND en 1 el resultado será 1, si una sola de las señales conectadas es 0, entonces el resultado es también 0.

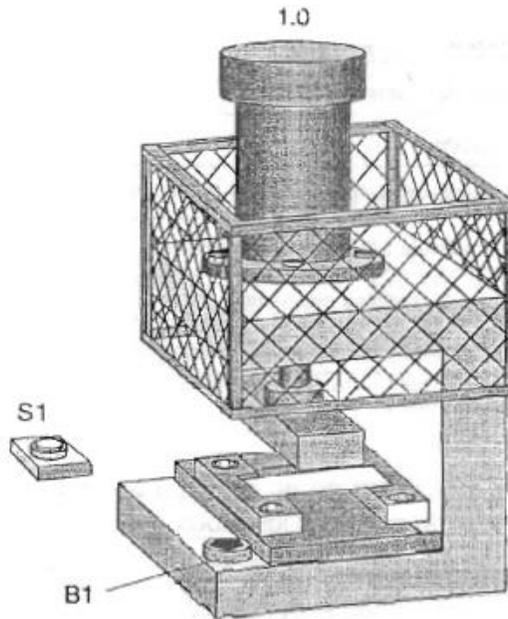


FIGURA 3.1 PRENSA DE ESTAMPADO

Ejemplo: una prensa de estampado 1.0 debe avanzar si se presiona el pulsador S1 y (AND) la barrera protectora se halla cerrada, esta es detectada por un sensor de proximidad B1. Si una de estas condiciones no se cumple, la prensa no de entrar a trabajar

### 3.5.3 FUNCIÓN OR

Esta trabaja si por lo menos una de las señales conectadas se halla en 1, el resultado también es 1. Solamente si todas las señales conectadas se hallen en 0 el resultado es también 0.

Ejemplo: El timbre de un apartamento debe sonar tanto si se presiona el pulsador S1 en la puerta del jardín como si se presiona el pulsador S2 en la puerta del apartamento

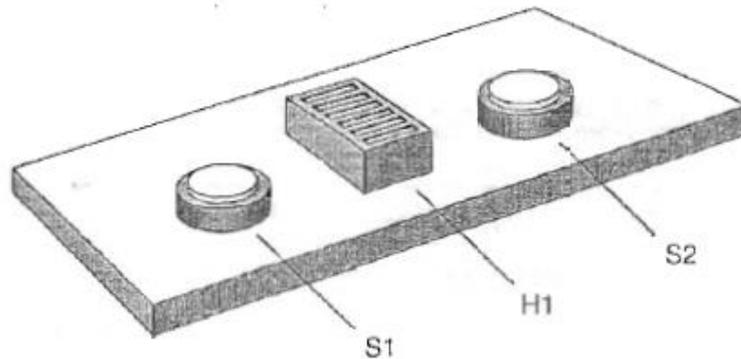


FIGURA 3.2 BOTON TIMBRE

En la siguiente tabla podemos observar los símbolos de los elementos básicos y sus descripciones. [6] [8] [10]

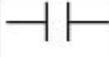
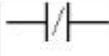
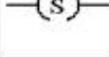
Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se 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. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

TABLA I SÍMBOLOS DE PROGRAMACIÓN

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.

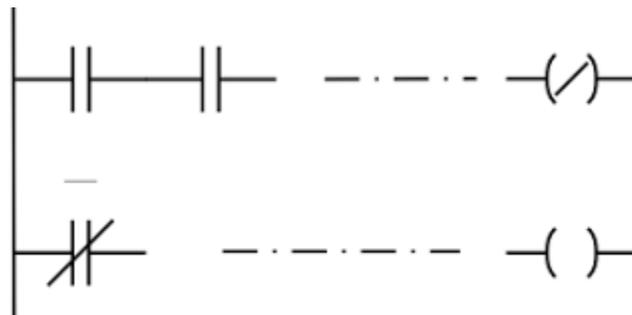


FIGURA 3.3 DIAGRAMA TIPO ESCALERA

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que al principio se introdujo. [10]

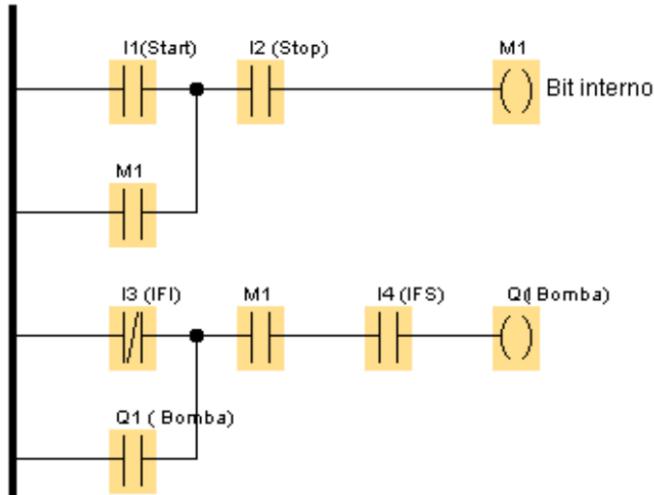
### 3.6 DIAGRAMA DE FUNCIONES (FBD)

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del PLC) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.

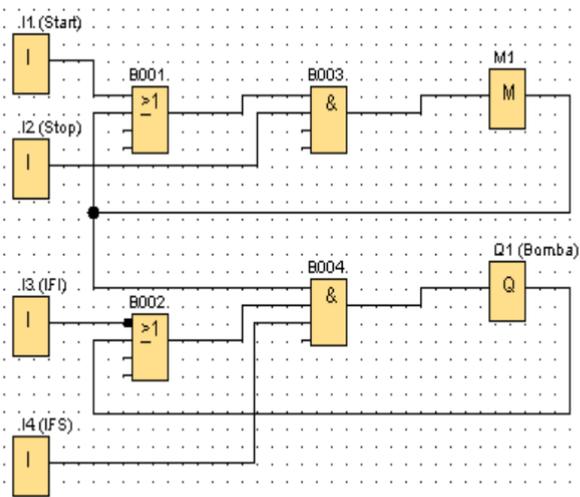
El diagrama de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la Norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control. [10] [11] [23] [24]

Ejemplo de programación mediante diagrama LADDER (LD) y diagrama de funciones (FBD)



*solución en esquema de contactos del programa de control de llenado de tanque.*



*Diagrama de bloques de función para el programa de control de llenado de tanque.*

FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE FUNCIONES FBD

### 3.7 LISTA DE INSTRUCCIONES (IL)

El lenguaje Booleano utiliza la sintaxis del Álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. El lenguaje “Lista de Instrucciones” (IL) de la Norma IEC 1131-3, es una forma de lenguaje Booleano. [10] [8] [13] [22]

Ejemplo de programación de Lista de Instrucciones (IL) y Diagramas Ladder (LD)

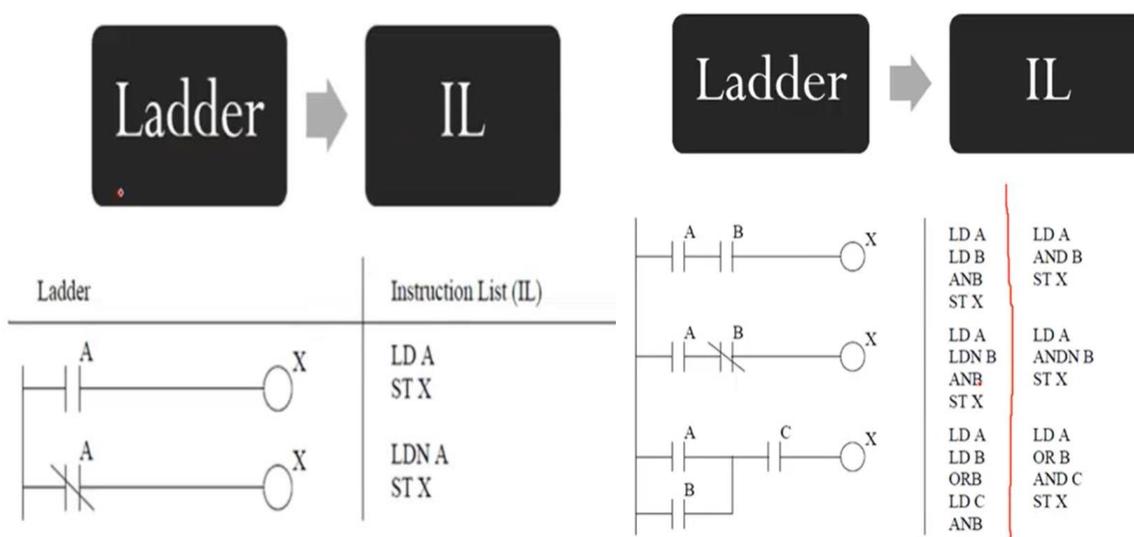


FIGURA 3.5 DIAGRAMA IL Y LADDER

### 3.8 LENGUAJE DE TEXTO ESTRUCTURADO (ST)

Texto estructurado (ST) es un lenguaje de alto nivel que permite la programación estructurada, lo que significa que muchas tareas complejas pueden ser divididas en unidades más pequeñas. ST se parece mucho a los lenguajes de computadoras BASIC o PASCAL, que usa subrutinas para llevar a cabo diferentes partes de las funciones de control y paso de parámetros y valores entre las diferentes secciones del programa.

Al igual que LD, FBD e IL, el lenguaje de texto estructurado utiliza la definición de variables para identificar entradas y salidas de dispositivos de campo y cualquier otra variable creada internamente.

Incluye estructuras de cálculo repetitivo y condicional, tales como: FOR ... TO; REPEAT..... UNTIL X; WHILE X... ; IF ... THEN ...ELSE. Además soporta operaciones Booleanas (AND, OR, etc.) y una variedad de datos específicos, tales como fecha, hora.

La programación en Texto Estructurado es apropiada para aplicaciones que involucran manipulación de datos, ordenamiento computacional y aplicaciones matemáticas que utilizan valores de punto flotante. ST es el mejor lenguaje para la implementación de aplicaciones de inteligencia artificial, lógica difusa, toma de decisiones, etc. [10] [11] [25]

### 3.9 SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC)

Es un "lenguaje" gráfico que provee una representación diagramática de secuencias de control en un programa. Básicamente, SFC es similar a un diagrama de flujo, en el que se puede organizar los subprogramas o subrutinas (programadas en LD, FBD, IL y/o ST) que forman el programa de control. SFC es particularmente útil para operaciones de control secuencial, donde un programa fluye de un punto a otro una vez que una condición ha sido satisfecha (cierta o falsa).

El marco de programación de SFC contiene tres principales elementos que organizan el programa de control:

- Pasos (etapas)
- Transiciones (condiciones)
- Acciones

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo, la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1". [11] [22] [25]

Ejemplo:

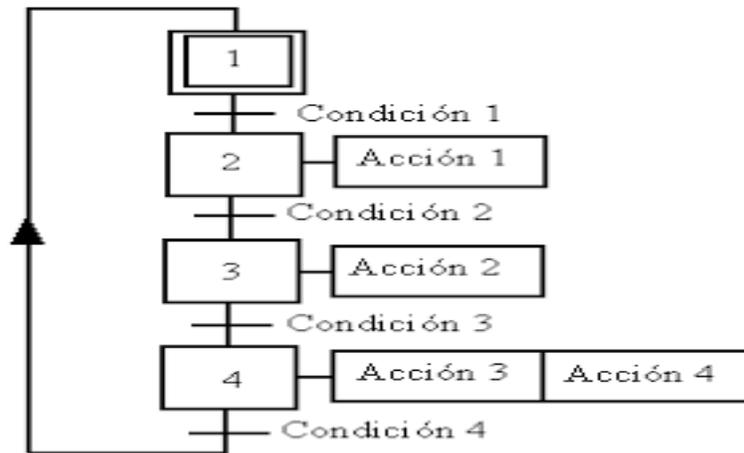


FIGURA 3.6 REPRESENTACIÓN DIAGRAMÁTICA DE SECUENCIAS SFC

### 3.10 ELEMENTOS PRINCIPALES PARA PROGRAMAR UN PLC

Los elementos importantes en un programa **PLC**, al igual que un alambrado lógico con elementos eléctricos como relevadores son:

- Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.
- Bobinas.
- Temporizadores (Timers).
- Contadores.

A continuación se muestran los símbolos de cada elemento a través de Siemens:

SIMBOLO	ELEMENTO
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	
BOBINA	
TIMERS	
CONTADORES	

TABLA II SIMBOLOGÍA

### 3.10.1 CONTACTOS NORMALMENTE ABIERTOS Y NORMALMENTE CERRADOS

Un contacto es un elemento eléctrico el cual su principal y única función es abrir y cerrar un circuito eléctrico ya sea para impedir el paso de la corriente o permitir el paso de la misma. Un contacto es un elemento de entrada. Así lo lee el PLC. Las entradas se representan por medio de la letra I. Cuando un contacto se activa y éste se cierra (contacto normalmente abierto) este pasa de un estado lógico 0 a un estado lógico de 1.

Cuando un contacto se activa y este se abre (contacto normalmente cerrado) este pasa de un estado lógico 1 a un estado lógico 0. [9] [10]

### 3.10.2 BOBINAS

Las bobinas no son más que un arrollamiento de alambres los cuales al aplicarles un voltaje, estas crearán un fuerte campo magnético. Por lo tanto, las bobinas que actúan en los programas de PLC representan los electroimanes de los relevadores eléctricos. Las bobinas se consideran como elementos internos del PLC pero estas también representan salidas.

Cuando se representan internamente actúan como electroimanes donde su principal letra característica son: la M y la V. Cuando representan una salida estos se representan especialmente con la letra Q. (las salidas más comunes representan a motores eléctricos, solenoides, cilindros eléctricos entre otras salidas) [9]

Ejemplos de programación de PLC de manera sencilla, en donde utilizaremos contactos y bobinas:

Armar un programa en escalera el cual encienda un motor eléctrico a través de un contacto y que éste se apague cuando presionemos otro contacto. Como se observa el contacto I0.0 e I0.2 son elementos de entrada y la bobina M0.0 es una bobina interna del PLC. La salida en este caso un motor eléctrico se representa con la bobina Q0.0

Explicación del ejemplo: cuando usted presione el elemento I0.0 este hará que se active la bobina M0.0 y a causa de ello provocara que el contacto auxiliar M0.0 se cierre y así se encienda el motor eléctrico.

El contacto auxiliar M0.0 sirve como una retroalimentación al circuito. Esto se hace por que por lo común los contactos de entrada son de pulso y este se encuentra en uno cuando lo tengamos presionado y al soltarlo cae a cero. Por lo tanto, para evitar eso se retroalimenta el contacto. El motor se detendrá únicamente cuando se presione el contacto I0.2, ya que este cortara la retroalimentación que existe en el circuito. [9] [10]

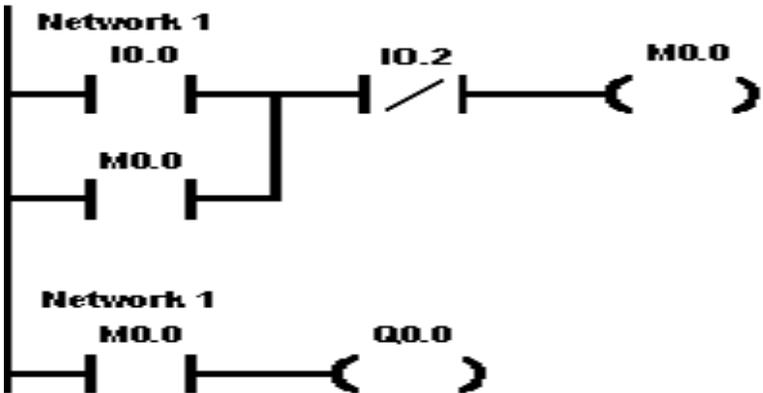


FIGURA 3.7 CONTACTOS Y BOBINAS

## CAPITULO IV

### 4.1 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE FESTO.

1.- Para la instalación de este software ubicamos la carpeta llamada FST como muestra la imagen y enseguida damos doble click

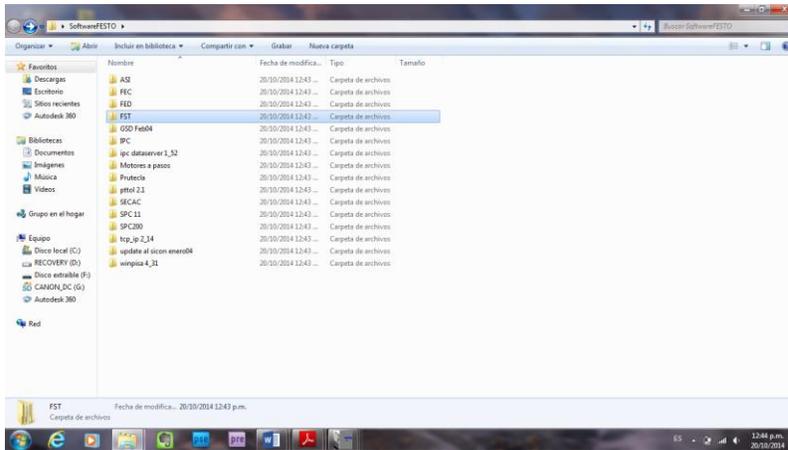


FIGURA 4.1 LOCALIZACIÓN DE CARPETA FST

2.- Encontramos la carpeta FST4.10.47b damos doble click y seleccionamos la opción SETUP.

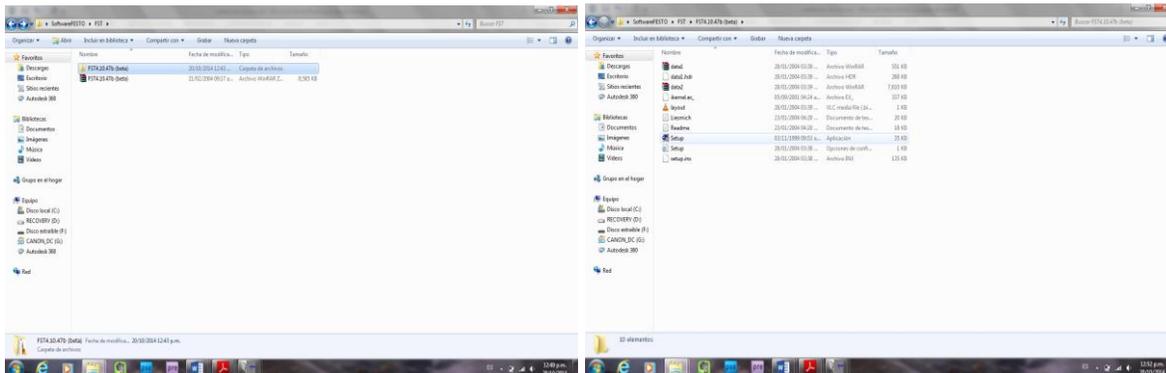


FIGURA 4.1.2 OPCIÓN SETUP

3.- Damos doble click en la opción SETUP y en automático empieza la instalación del programa, siguiendo las opciones de instalación hasta llegar la opción de finalizar.

4.- Ya instalado el software nos dirigimos abrir la unidad c:/ y encontramos las carpetas FST4 y PROYECTS .

4.1 El siguiente paso es mover la carpeta PROYECTS dentro de la carpeta FST4.

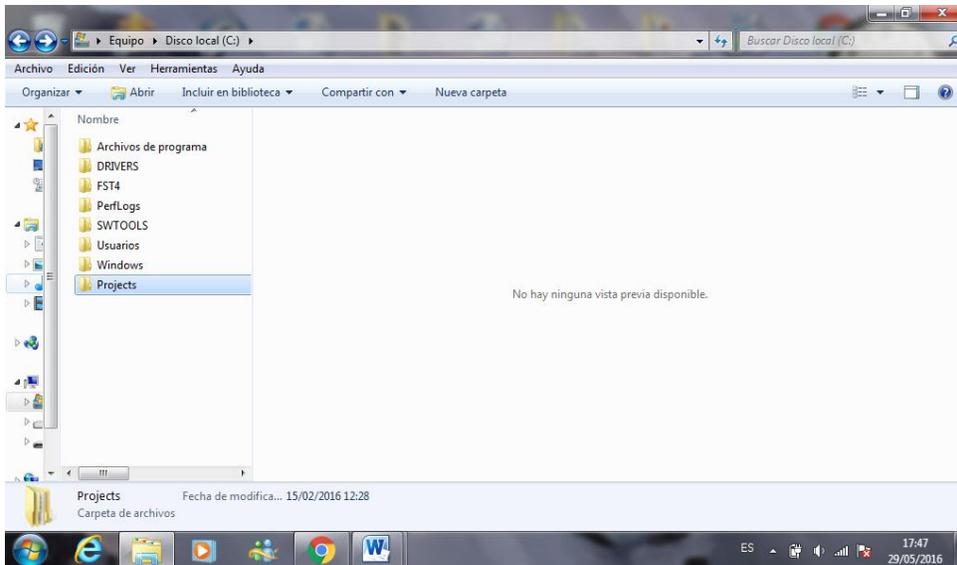


FIGURA 4.2 IDENTIFICACION DE CARPETA PROJECTS

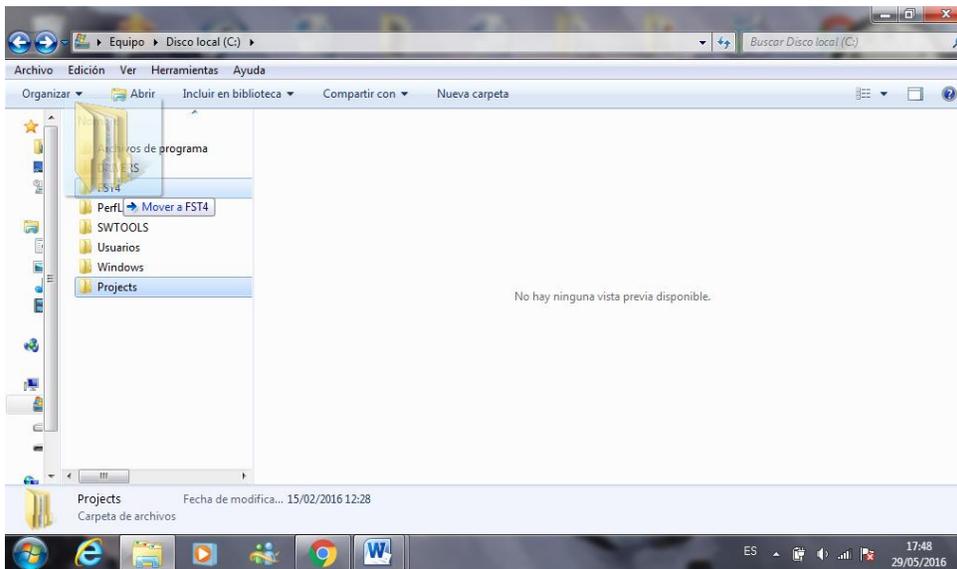


FIGURA 4.3 MOVER CARPETA PROJECTS

5.- El siguiente paso tenemos que abrir el programa FST410 que podemos encontrar el acceso directo en el escritorio, se muestra icono.



6.- Ya abierto el icono, nos vamos a la opción proyecto enseguida damos clic en donde dice open, nos abrirá una ventana, ahí tenemos que seleccionar la opción SEMAFIX y damos OK

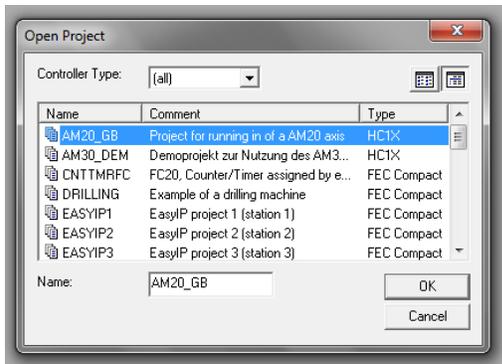


FIGURA 4.4 OPCION SEMAFIX

7.- Cuando se clic en la opción OK se nos abrirá una ventana como se muestra en la siguiente figura

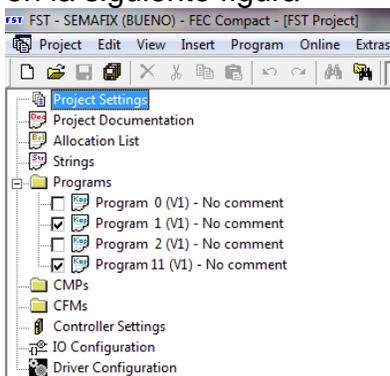


FIGURA 4.5 PROJECT SETTINGS

8.- Aquí se muestran unas opciones dentro de la carpeta PROGRAMAS, y se notara que se encuentran seleccionados unos iconos, damos doble clic en la opción PROGRAMA 1 (V1) y enseguida tendremos diseñado un programa de tipo escalera como se muestra en la siguiente imagen.

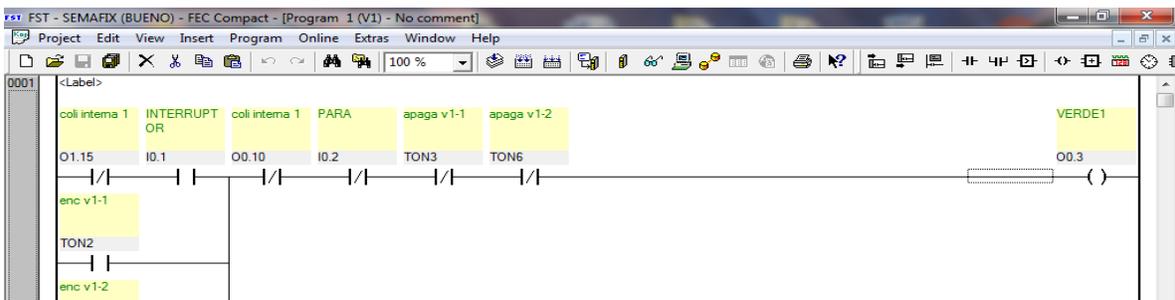


FIGURA 4.6 DIAGRAMA DE ESCALERA

NOTA: Para crear un programa nuevo se tendrá que abrir un programa que ya este realizado (guardado), borraras todas las líneas programadas e iniciaras tu nueva programación y los guardaras con otro nombre

## 4.2 INTRODUCIR LINEAS AL PROGRAMA

Para introducir una línea nueva debemos seleccionar la opción Rung after o teclear Ctrl+w, cabe mencionar que cuando abres el programa para un nuevo proyecto siempre se pondrá una línea para iniciar la programación.

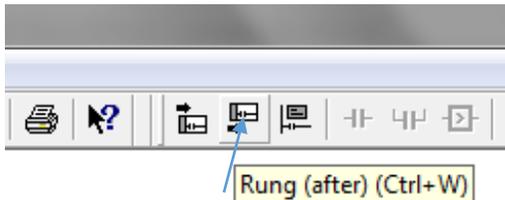


FIGURA 4.7 INSERTAR UNA LINEA

Para introducir una línea después de la otra seleccionamos la opción Rung before o teclear la opción ctrl+shift+w

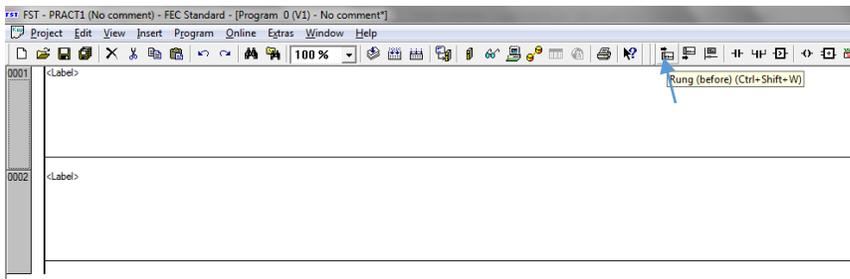


FIGURA 4.8 INSERTAR UNA SEGUNDA LINEA

### 4.2.1 COMO BORRAR LINEAS AL PROGRAMA

Posicionamos el puntero de lado izquierdo y damos clic tal como muestra la imagen, observamos cómo se selecciona esta área, y en seguida tecleamos la opción suprimir.

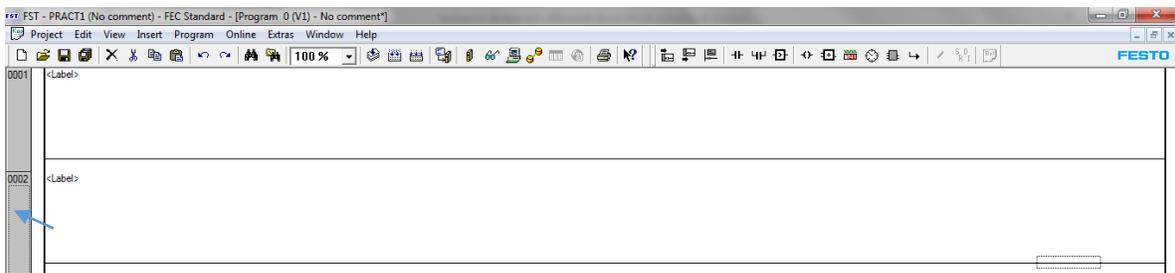


FIGURA 4.9 BORRAR UNA LINEA

## 4.2.3 COMO INTRODUCIR UN COMENTARIO A LA LINEA DEL PROGRAMA

El colocar un comentario a una línea es para tener una mejor identificación de lo que se está programando en esa área.

- 1.- Primero seleccionamos la línea de lado izquierdo.
- 2.- Damos clic en la opción Comment o tecleamos Ctrl+M y nos aparecerá al principio de la línea parte superior un espacio para escribir lo que deseamos.

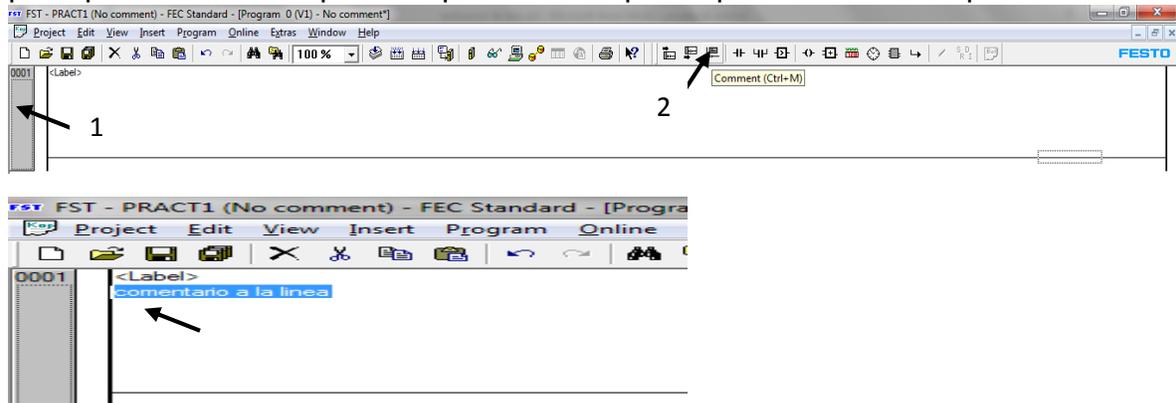


FIGURA 4.10 INSERTAR UN COMENTARIO A UNA LINEA

## 4.3 INTRODUCIR CONTACTOS A LA LINEA DEL PROGRAMA

### 4.3.1 CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO

Para introducir un contacto normal mente abierto, ubicamos la barra de herramientas LDR SHORTCURTS, ahí encontraremos las opciones para insertar la línea, seleccionando el símbolo o teclear (Ctrl + k); este símbolo es un contacto normal mente abierto

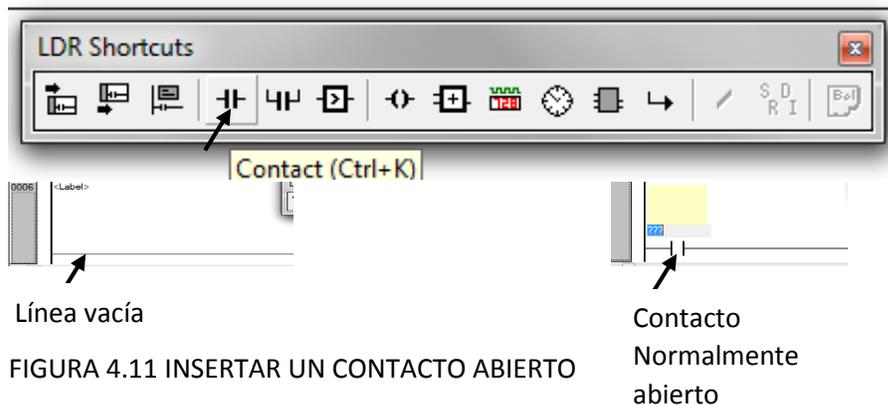


FIGURA 4.11 INSERTAR UN CONTACTO ABIERTO

### 4.3.2 CONTACTO NORMALMENTE CERRADO

Para introducir un contacto normal mente cerrado, ubicamos la barra de herramientas LDR SHORTCURTS, ahí encontraremos las opciones para insertar la línea, seleccionando el símbolo o teclar (Ctrl + k); que este es un contacto normalmente abierto, nos aparecerá este contacto en la línea de programa que ya se ha insertado antes, para que este contacto se haga cerrado, damos clic en el contacto ya insertado en la línea, ubicamos en nuestra barra de herramientas LDR shortcuts una diagonal y damos clic y se notará que el contacto se muestra cerrado

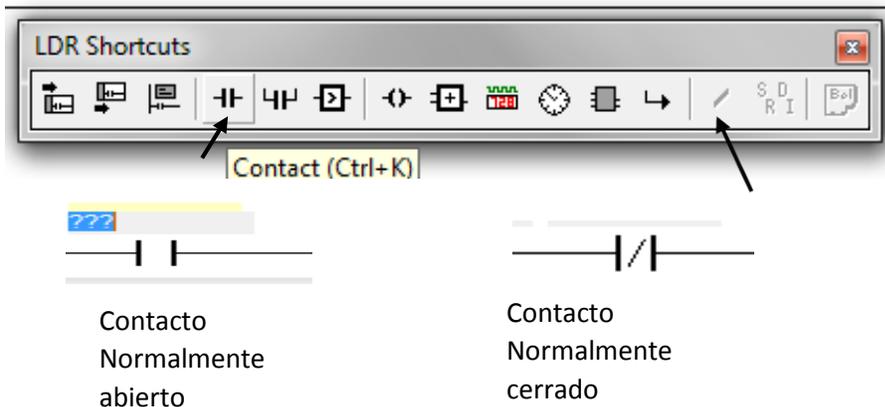


FIGURA 4.12 INSERTAR UN CONTACTO CERRADO

### 4.3.3 BORRAR UN CONTACTO YA SEA NORMALMENTE ABIERTO O CERRADO

Este paso es muy sencillo, aquí lo único que se tiene que realizar es seleccionar el contacto que se desea borrar y dar clic botón derecho del mouse y seleccionar la opción DELATE o bien, ya seleccionado el contacto, teclear la opción SUPR.

#### 4.3.4 INTRODUCIR UNA INSTRUCCIÓN DE SALIDA

Recuérdese que las salidas son las instrucciones que tiene que ejecutar nuestra línea programada en donde lleva contactos abiertos y cerrados ya sea de forma paralela o como se requiera y se representa su escritura con la letra “I” (in), a las salidas las conocemos como bobinas, la escritura va a iniciar con la letra “O” (out) y siempre se colocara al final de la línea programada, su símbolo se representa en la figura siguiente

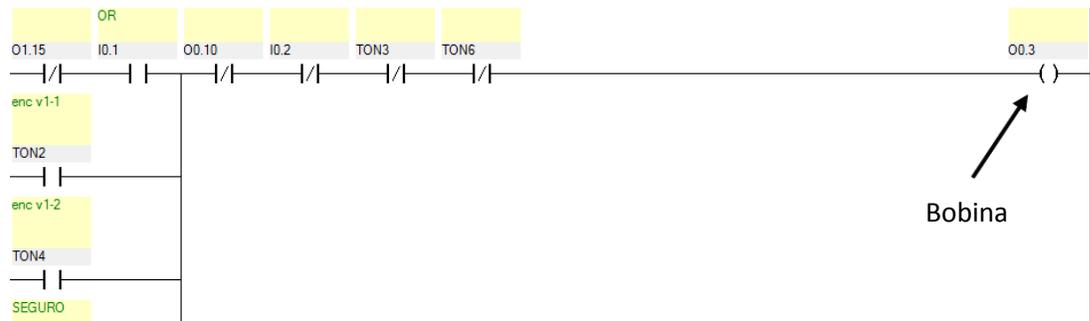


FIGURA 4.13 INSERTAR UNA BOBINA

#### 4.4 PRUEBA DE COMUNICACIÓN

Para logra la interconexión entre PC y PLC se necesita un cable SERIE a USB db9 como se muestra en la figura:

Ya conectado el cable a la PC se tendrá que identificar el puerto que ha reconocido la máquina; ver la siguiente imagen:

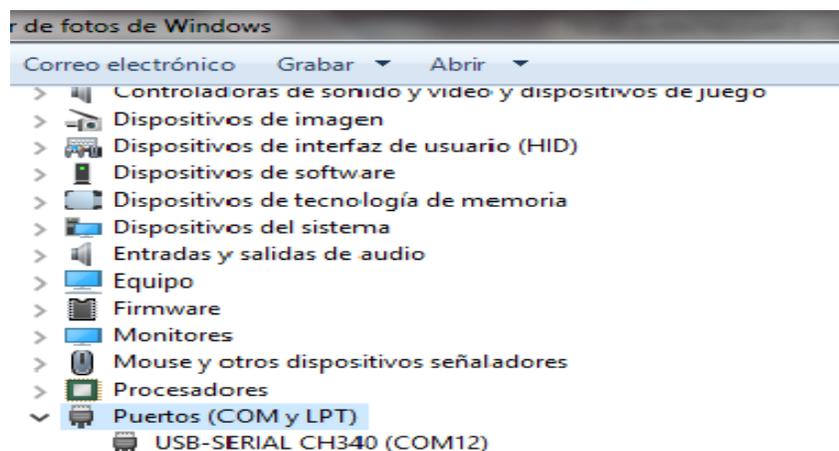


FIGURA 4.14 RECONOCIMIENTO DE PUERTO

Ya obtenido el puerto que se ha de conectar, iremos al menú extras del programa festo y daremos click en la opción preferences, notaremos que en automático nos aparecerá el puerto que detecto la maquina como se muestra en la imagen:

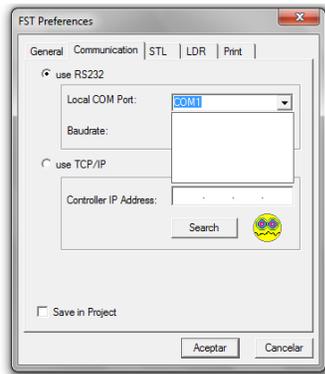


FIGURA 4.15 SELECCIÓN DE PUERTO

## 4.5 CÓMO CORRER O SIMULAR UN PROGRAMA

Para poder correr nuestro programa realizado, y el PLC pueda ejecutar y visualizarse de manera física, realizaremos los siguientes pasos:

- a) Damos clic en el menú programa, y enseguida seleccionamos la opción compile o bien teclear Ctrl+7. Esta opción es importante antes de mandar a correo el programa ya que nos estaría indicando si tenemos algún error y así poderlo corregir.
- b) Daremos clic en el menú Online y seleccionaremos la opción Download Project y después en ese mismo menú desplegable seleccionamos la opción online.  
Posteriormente activar el icono PLAY de la barra de herramientas play del menú principal para que el programa pueda ser monitoreado en línea

### 4.5.1 CÓMO EDITAR CAMBIOS EN PROGRAMA

Ya que el programa está corriendo y lo estamos visualizando, para poder editar el programa realizaremos lo siguiente:

- a) Cuando el programa este corriendo en nuestra pantalla tendremos una barra de herramientas donde tenemos la opción de parar nuestro programa, daremos click la opción stop, enseguida seleccionamos de la barra de herramientas la opción online, y daremos click en el comando Online

# CAPITULO V

## PRACTICA I

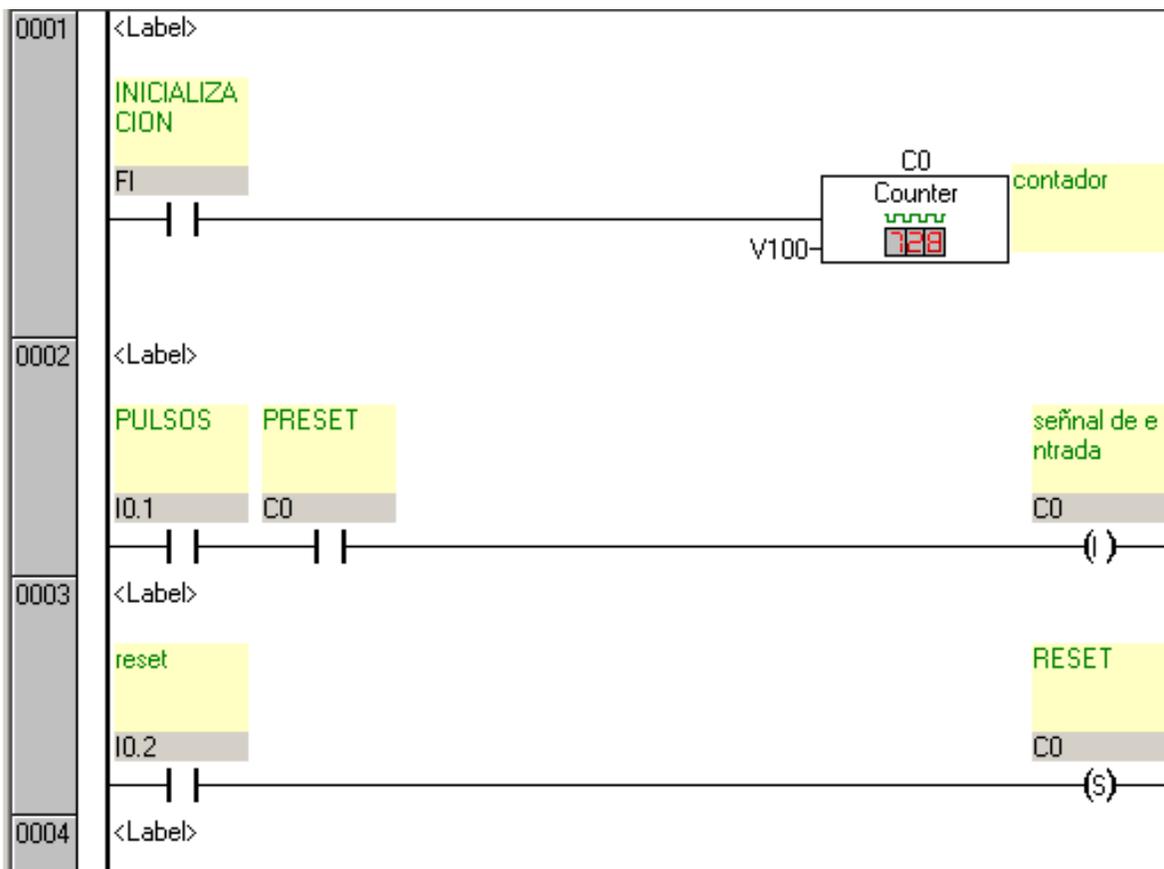
### 5.1 CONTADOR PAR E IMPAR DE 0 – 100

#### 5.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En este programa se presiona la entrada I0.1 para ingresar pulsos al contador, la cuenta acumulada se muestra en la etiqueta ACCUM del contador C5:0, si la cantidad es impar se activa la salida O:2/3, de lo contrario se activara la salida O:2/2 que indica que la cuenta es par.

Una vez que la cuenta allá llegado a 100 la entrada I:1/0 se deshabilitara por medio del comando LIM (este comando limita el paso de la señal cuando el valor de la etiqueta TEST es mayor que el valor de la etiqueta HIGH LIM); para restablecer el programa se activa la entrada I:1/1.

#### 5.1.3 REALIZACION DE DIAGRAMA ESCALERA



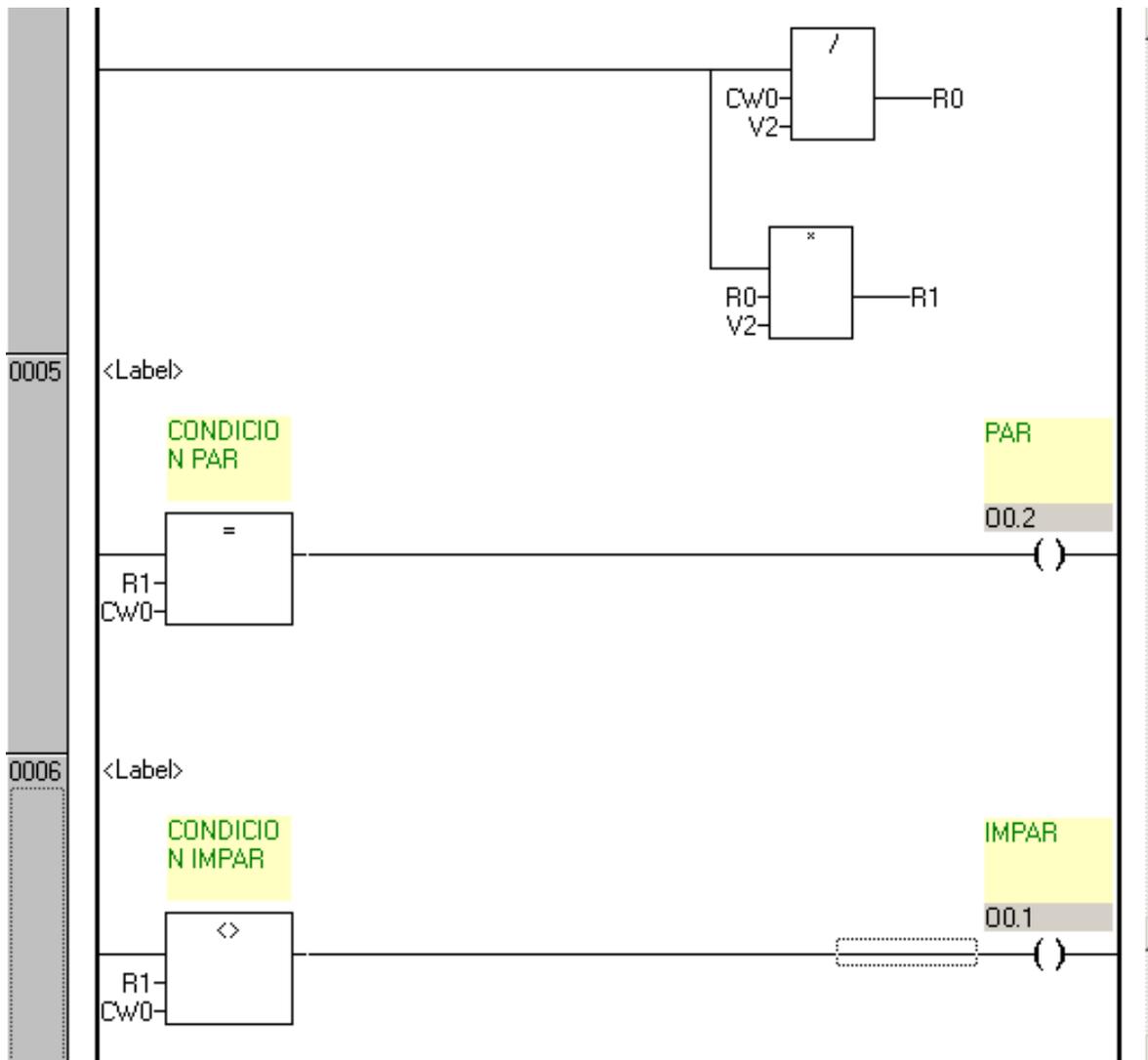


FIGURA 5.1 DIAGRAMA ESCALERA DEL CONTADOR

## PRACTICA II

### 5.2 DUAL COMPRESOR

#### 5.2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

En la presente práctica se controla la presión de un compresor doble con tres opciones de operación, con el primer compresor, con el segundo compresor y con los dos compresores. La selección se realiza por medio del selector de tres posiciones.

1.- Al encender el sistema se accionarán los compresores que estén en modo de operación con el interruptor de posición. En la posición A solo se acciona el primer compresor, en la posición B se acciona el segundo compresor y en la posición C se accionan ambos compresores. Durante la operación activa del sistema también se puede cambiar el modo de operación.

2.- Al seleccionar la posición más conveniente se encienden las indicaciones, C1 indica la operación del primer compresor, C2 indica la operación del segundo compresor y la indicación Run se enciende al encender el compresor en cualquier modo de operación.

3.- La operación es automática ya que consiste en mantener la presión del compresor en un intervalo de presión establecida, es decir, el compresor se detendrá hasta alcanzar una determinada presión, una vez que la presión comience a descender por de bajo de un rango de presión, el compresor automáticamente se encenderá hasta alcanzar de nuevo su presión nominal, comenzando de nuevo el proceso. Para detener la operación se presiona el botón de Stop.

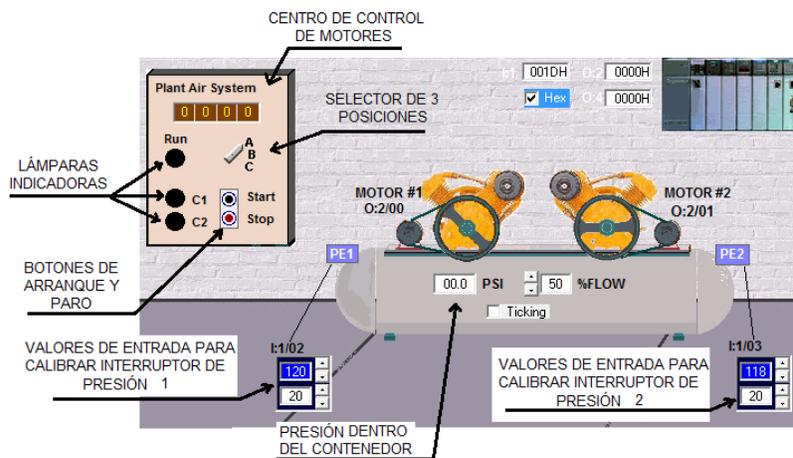


FIGURA 5.2 COMPRESOR

## 5.2.2 REALIZACION EN DIAGRAMA ESCALERA

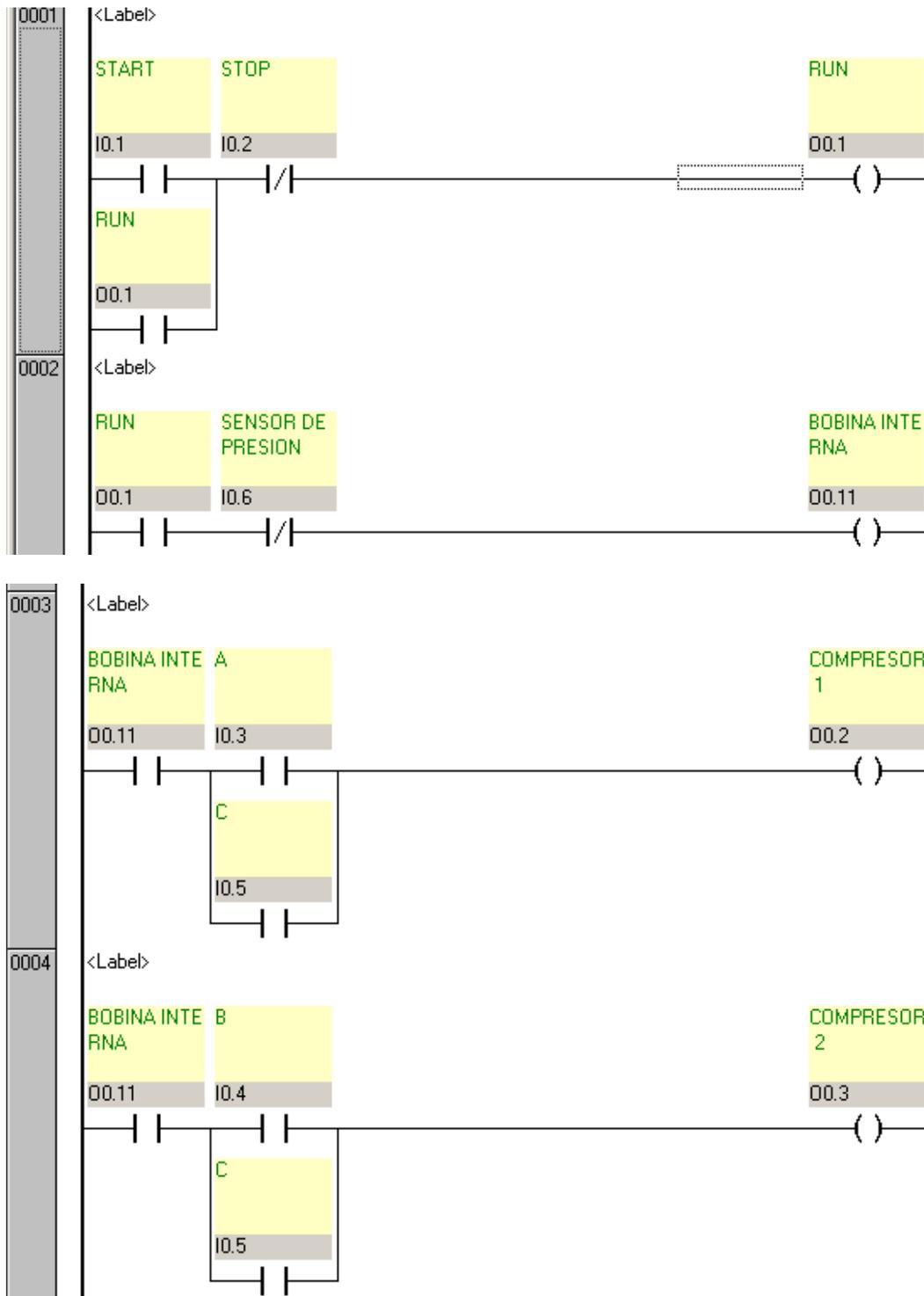


FIGURA 5.2.1 DIAGRAMA ESCALERA DE COMPRESOR

## PRACTICA III

### 5.3 PUERTA AUTOMÁTICA, OPERA 5 CICLOS AUTOMATICAMENTE

Esta práctica consiste en abrir y cerrar una puerta 5 ciclos consecutivos al presionar el botón OPEN.

#### 5.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- 1.-Al activar la entrada OPEN, (INICIO en FESTO) se inicia el proceso, (si la puerta esta abierta, primero se cierra y comienza el proceso).
- 2.- Para detener la puerta durante la operación solo basta con accionar la entrada STOP, y se detendrá la operación.
- 3.- Durante la operación se activan las indicaciones correspondientes a la acción que realice la puerta, subir o bajar.

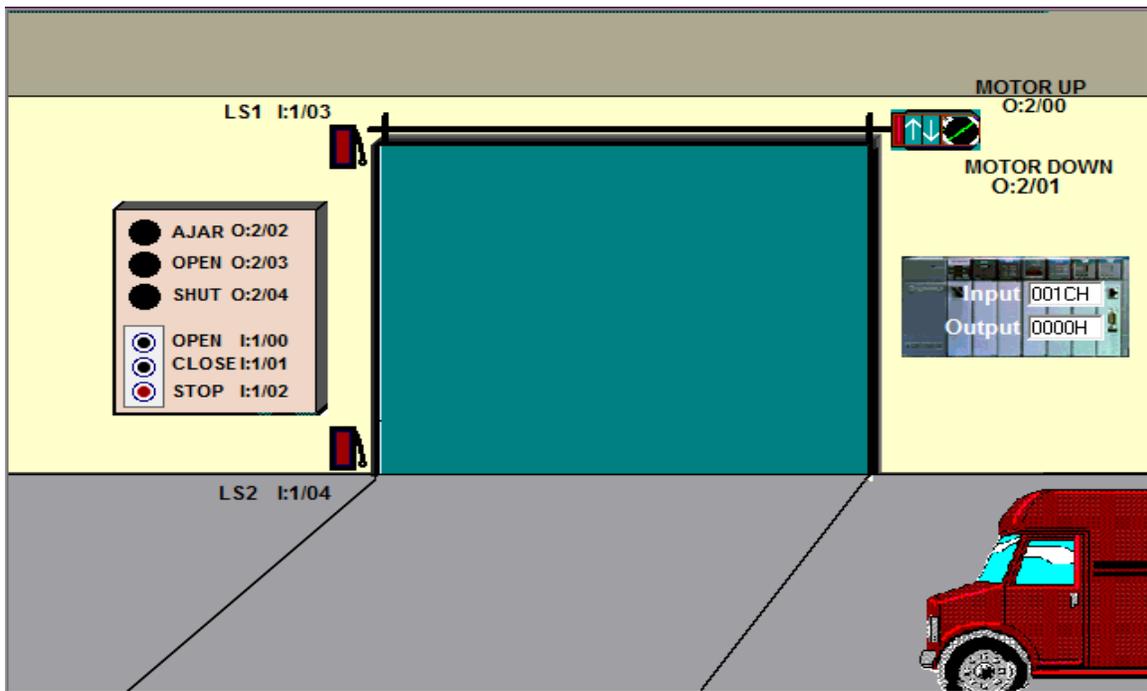


FIGURA 5.3 COMPUERTA CERRADA

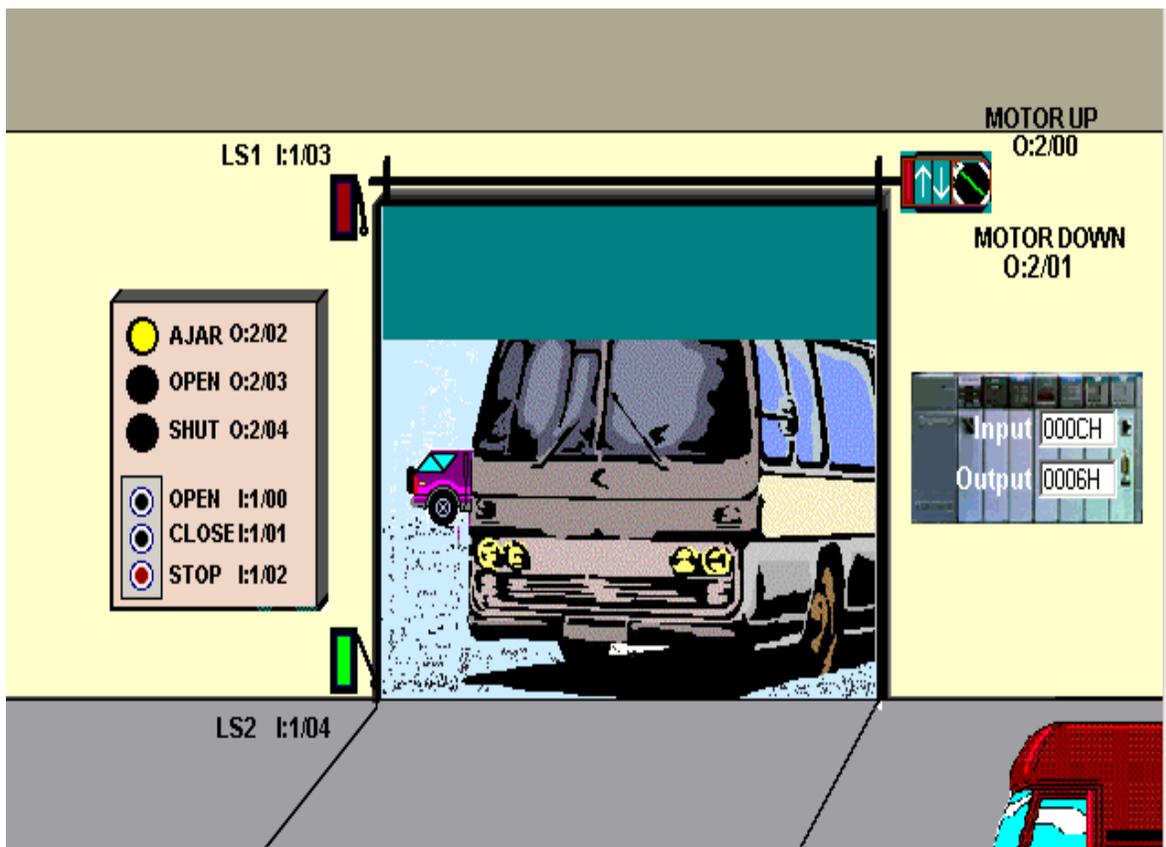
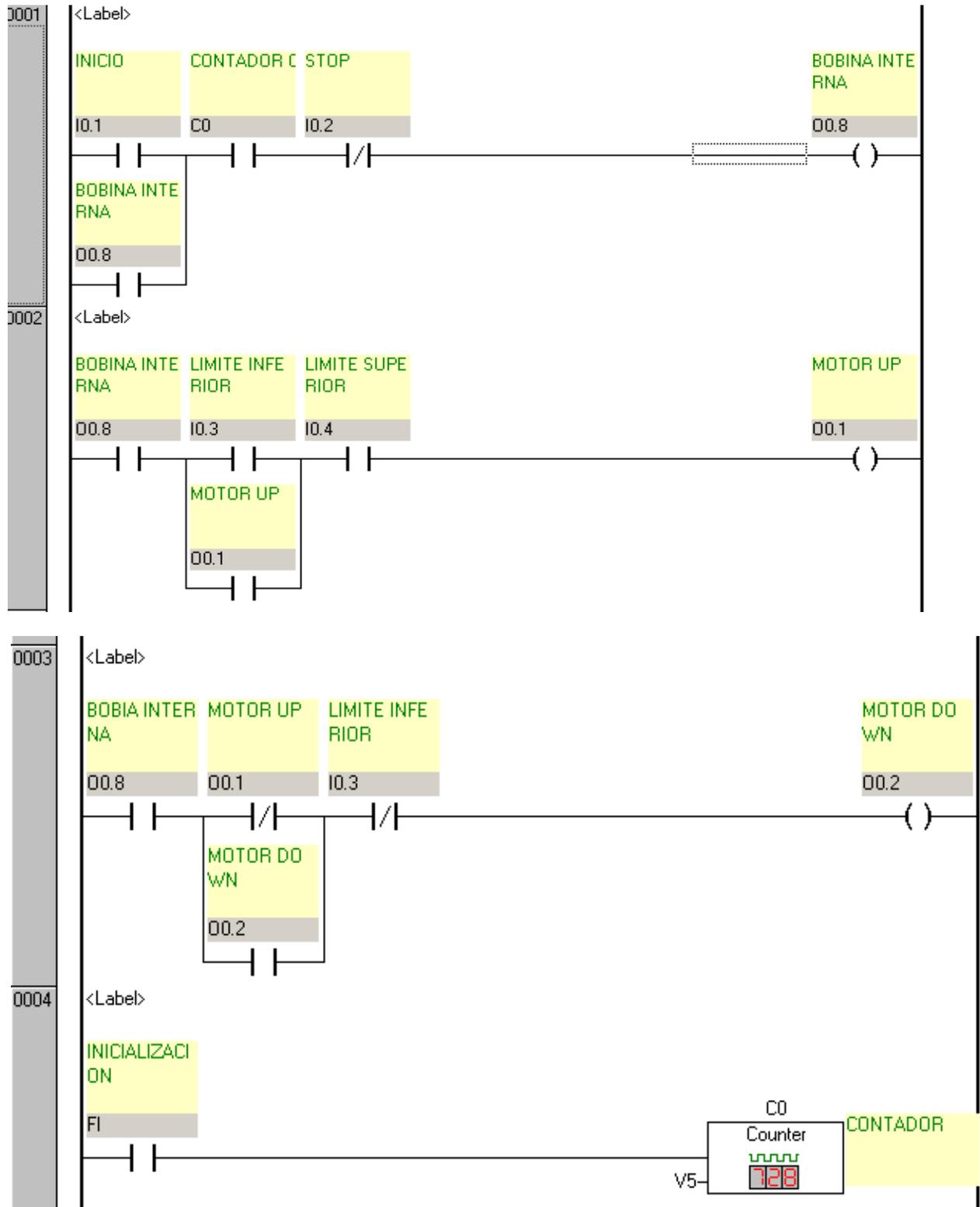


FIGURA 5.3.1 COMPUERTA ABIERTA

### 5.3.2 REALIZACION DE DIAGRAMA ESCALERA



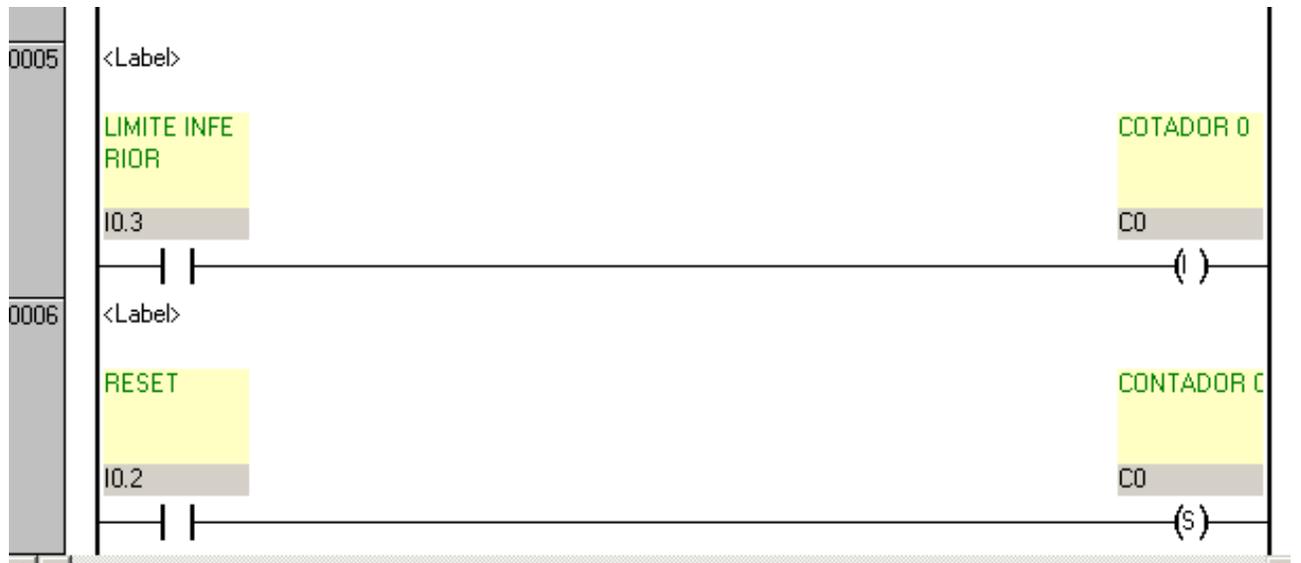


FIGURA 5.3.2 DIAGRAMA ESCALERA PUERTA AUTOMATICA

## PRACTICA IV

### 5.4 SEMAFORO

Controlar a dos semáforos teniendo en cuenta los tiempos de cambio de avance a alto en alguno de los semáforos y de alto avance en el otro semáforo, ya que, de no tomarlo en cuenta, podrá ocurrir un choque de autos.

#### 5.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Llamaremos luz roja1, luz verde1, luz amarilla1 para el primer semáforo; y luz roja2, luz verde2, luz amarilla2 para el segundo semáforo.

Para encender los semáforos, se debe de activar la entrada I:1/0, inmediatamente debe de prenderse la luz roja1 y la luz verde2, al transcurrir 8 segundos se apagará la luz verde2 y se prendera la luz amarilla2, al pasar 4 segundos se apaga y prende la luz roja2. En este paso es importante mantener la luz roja1 encendida cierto tiempo (en nuestro caso 2 segundos) después de que la luz roja2 se encendió. Ya que de no hacerlo podrá ocurrir un choque debido a la velocidad con que los automóviles arrancan y al repentino cambio de luz roja a verde.

Posteriormente de que pasaron los dos segundos prendida la luz roja1 después de que la luz roja2 se encendió, se apaga la luz roja1 y se prende la luz verde1 durante 8 segundo a continuación se prendera la luz amarilla1 por 4 segundos, al apagarse se prendera la luz roja2 manteniéndose la luz roja 1 por dos segundos hasta apagarse; comenzando el ciclo nuevamente.

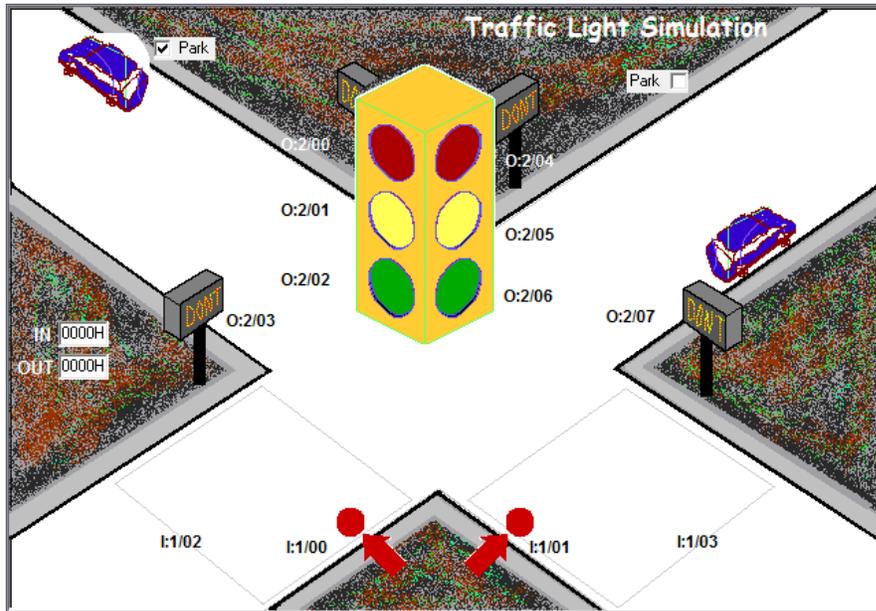
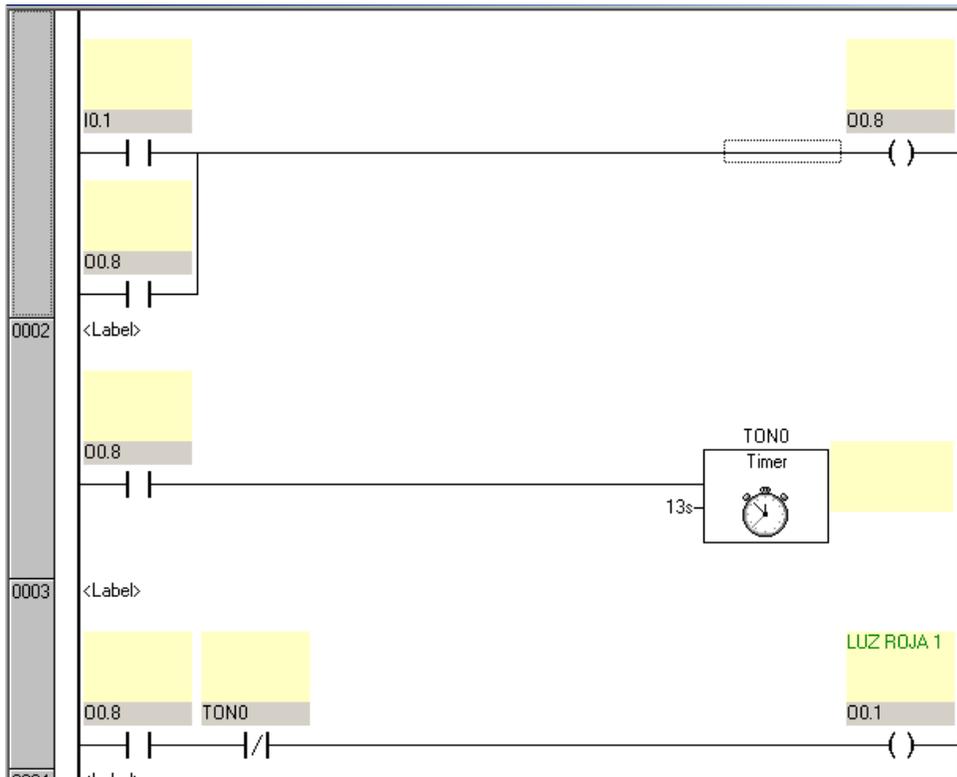
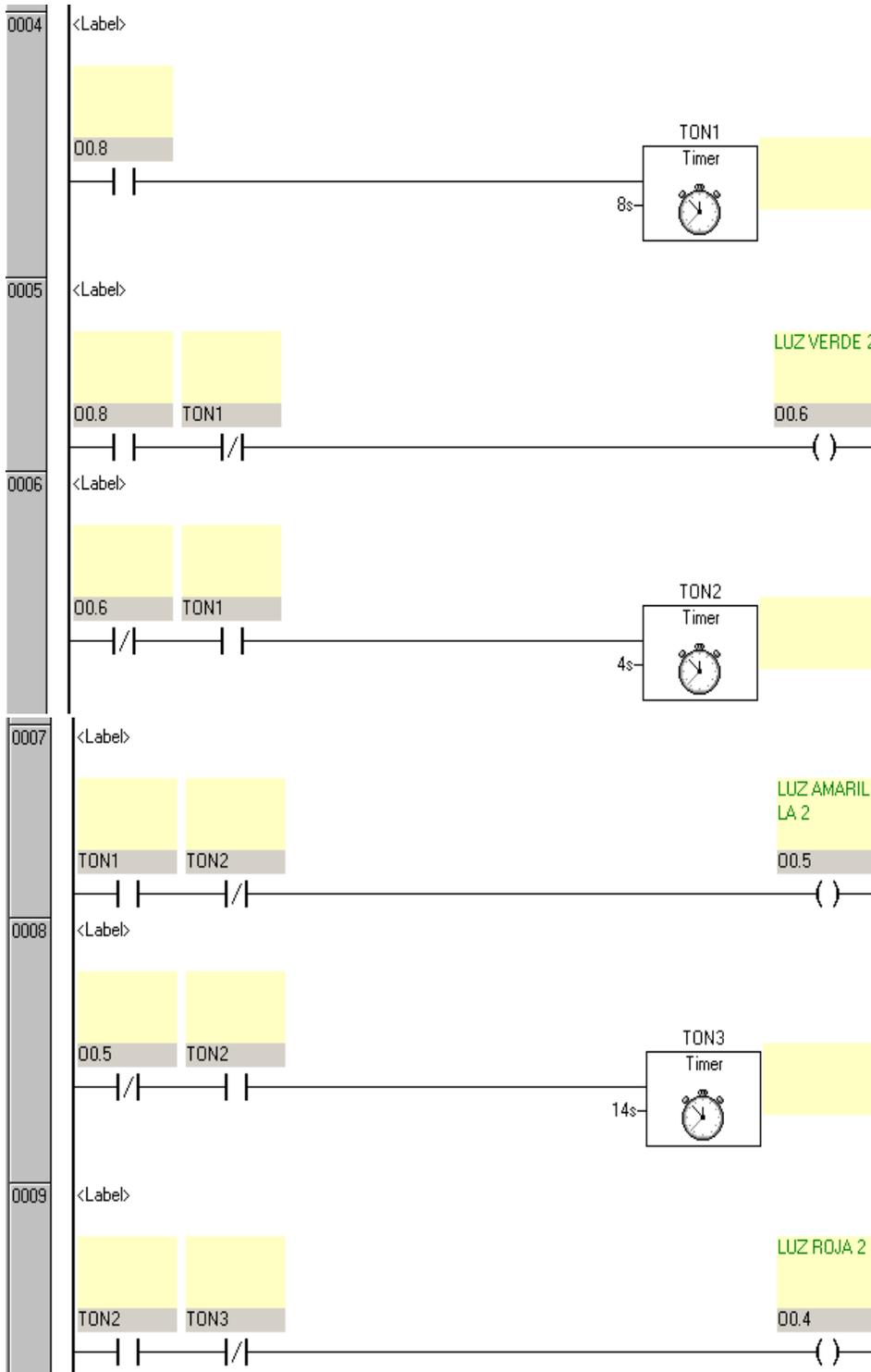


FIGURA 5.4 SEMAFORO

### 5.4.2 REALIZACION DE DIAGRAMA ESCALERA





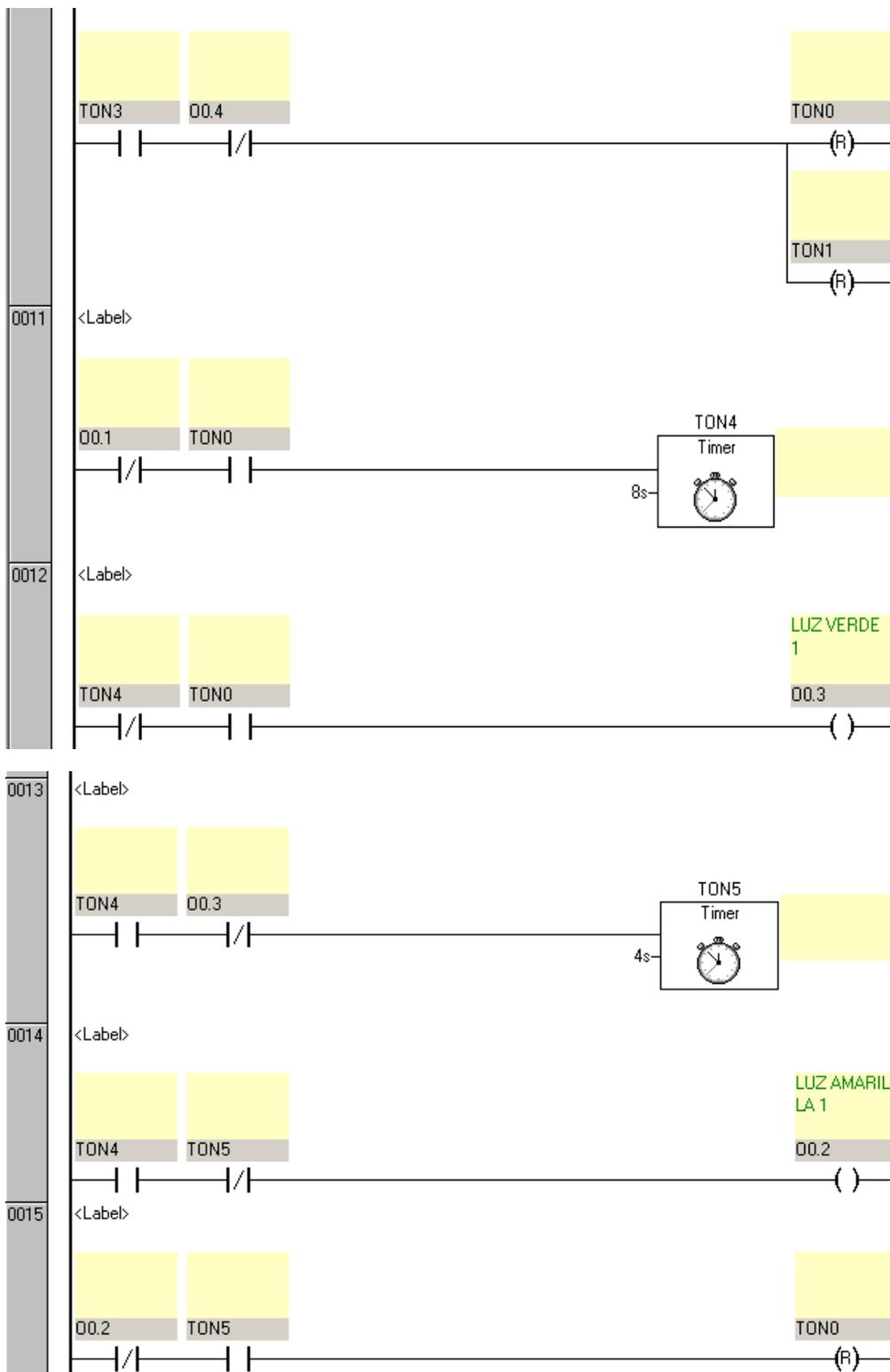


FIGURA 5.4.1 DIAGRAMA ESCALERA SEMAFORO

## CONCLUSIONES

Es dar un conocimiento básico de lo que es un PLC FESTO, así como lo que es un sistema de control y sus componentes importantes respecto a la programación y que el alumno conozca las herramientas principales para la realización de un programa y tenga un principio en lo cual pueda iniciar programas más complejos como variadores de frecuencia y controladores PID.

En este manual no se aborda tópicos avanzados, como son comunicaciones en redes industriales con PLC's, OPC para configuraciones de software de comunicación abierta, controladores PID (lazos de control PID) programación de variadores de frecuencia, adquisición de datos con señales analógicas y contadores rápidos, servidores WEB de procesos e interfaces de visualización o HMI

Este trabajo utilizo un simulador logixpro como herramientas de apoyo, con base a los ejercicios que ahí se describen.

<b>INDICE DE FIGURAS Y TABLAS</b>	<b>PAG</b>
FIGURA 2.1 ESTRUCTURA INTERNA DEL PLC	14
FIGURA 2.2 ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC	14
FIGURA 2.3 SENSORES INDUCTIVOS	20
FIGURA 2.4 CONEXIÓN INTERNA DE SENSOR	21
FIGURA 2.5 DIAGRAMA NPN Y PNP	22
FIGURA 2.5.1 CONEXIÓN PNP Y NPN	22
FIGURA 2.6 SENSORES DETECCION DE METAL	23
FIGURA 2.7 SENSOR RANGO DE TEMPERATURA	23
FIGURA 2.8 SENSOR CONTROL DE ESPESORES	23
FIGURA 2.9 SENSORES MATERIALES FIBRA CARBONO	24
FIGURA 2.10 SENSOR APLICADO EN MAQUINAS MOVILES	24
FIGURA 2.11 SENSORES APLICACIONES DIVERSAS	25
FIGURA 2.12 SENSORES DETECCION DE LIQUIDOS	26
FIGURA 2.13 SENSORES DETECCION DE MATERIAL A GRANEL	26
FIGURA 2.14 SENSORES DETECCION MATERIAL VISCOSOS	26
FIGURA 2.15 SENSORES MAGNETICOS	27
FIGURA 2.15.1 SENSORES MAGNETICOS	27
FIGURA 2.16 SENSORES DE ULTRASONIDO	28
FIGURA 2.17 SENSORES FOTOELECTRICOS	29
FIGURA 2.18 FORMA CICLICA DE UN PROGRAMA	30
FIGURA 3.1 PRENSA DE ESTAMPADO	35
FIGURA 3.2 BOTON TIMBRE	35
FIGURA 3.3 DIAGRAMA TIPO ESCALERA	36
FIGURA 3.4 DIAGRAMAS DE FUNCIONES FBD	38
FIGURA 3.5 DIAGRAMA IL Y LADDER	39
FIGURA 3.6 SECUENCIA SFC	41
FIGURA 3.7 CONTACTOS Y BOBINAS	43
FIGURA 4.1 LOCALIZACION CARPETAS FST	44
FIGURA 4.1.2 OPCION SETUP	44
FIGURA 4.2 IDENTIFICACION CARPETAS PROYECS	45
FIGURA 4.3 MOVER CARPETAS PROYECS	45
FIGURA 4.4 OPCION SEMAFIX	46
FIGURA 4.5 PROYECS SETTINGS	46
FIGURA 4.6 DIAGRAMA DE ESCALERA	46
FIGURA 4.7 INSERTAR UNA LINEA	47
FIGURA 4.8 INSERTAR UNA SEGUNDA LINEA	47
FIGURA 4.9 BORRAR UNA LINEA	47
FIGURA 4.10 INSERTAR UN COMENTARIO	48
FIGURA 4.11 INSERTAR UN CONTACTO ABIERTO	48
FIGURA 4.121 INSERTAR UN CONTACTO CERRADO	49
FIGURA 4.13 INSERTAR UNA BOBINA	50
FIGURA 4.14 RECONOCIMIENTO DE PUERTO	50
FIGURA 4.15 SELECCIÓN DE PUERTO	51

FIGURA 5.1 DIGRAMA ESCALERA CONTADOR	54
FIGURA 5.2 COMPRESOR	55
FIGURA 5.2.1 DIAGRAMA ESCALERA DE COMPRESOR	56
FIGURA 5.3 COMPUERTA CERRADA	57
FIGURA 5.3.1 COMPUERTA ABIERTA	58
FIGURA 5.3.2 DIAGRAMA ESCALERA PUERTA AUTOMATICA	60
FIGURA 5.4 SEMAFORO	62
FIGURA 5.4.1 DIAGRAMA ESCALERA SEMAFORO	64
TABLA I SIMBOLOS DE PROGRAMACION	36
TABLA II SIMBOLOGIA	41

## GLOSARIO

**PLC:** Dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos

**SENSOR:** Dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos que captan magnitudes físicas o químicas y son convertidas en pulsos eléctricos, y responden en consecuencia a variaciones de luz, temperatura, sonido, presencia, distancia, etc;

**ACTUADOR:** Dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica.

**ORDENADOR:** Es una maquina programable

**HARDWARE:** Es la parte física de un ordenador o sistema informático, está formado por los componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos, tales como circuitos de cables y circuitos de luz, placas, utensilios, cadenas y cualquier otro material, en estado físico, que sea necesario para hacer que el equipo funcione.

**SOFTWARE:** Es el equipamiento lógico de un ordenador, es desarrollado mediante distintos lenguajes de programación, que permiten controlar el comportamiento de una máquina.

**FIRMWARE:** Este forma parte del hardware ya que se encuentra integrado a la electrónica, pero también está considerado como parte del software al estar desarrollado bajo algún lenguaje de programación.

**MICROPROCESADOR:** Es el pequeño cerebritito con el que cuenta la computadora y se encarga básicamente de recibir, analizar y calcular todos los datos y esto lo hace en varias etapas de ejecución.

**CPU:** Sigla de la expresión inglesa *central processing unit*, 'unidad central de proceso', que es la parte de una computadora en la que se encuentran los elementos que sirven para procesar datos. Los elementos que conforman la CPU de un ordenador son la memoria principal, la unidad aritmicológica y los registros de control.

**RELES:** Dispositivo electromagnético, funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes

**SISTEMA DE CONTROL:** Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema

**TRANSDUCTOR:** Es un dispositivo que transforma el efecto de una causa física en otro tipo de señal donde este dispositivo toma una variable de entrada y produce una salida de otra naturaleza.

**CONTROLADOR:** Programa que permite a una computadora u otro dispositivo electrónico manejar los componentes que tiene instalados; donde la función de este es comparar la variable de proceso medida de una causa física con un valor de referencia de entrada.

**ACTUADOR:** es un dispositivo que transforma la energía hidráulica, neumática o eléctrica para realizar una función que genera un efecto sobre un proceso.

**MEMORIA RAM:** Memoria principal de la computadora, donde residen programas y datos, sobre la que se pueden efectuar operaciones de lectura y escritura que posteriormente se pueden utilizar.

**MEMORIA ROM:** Circuito integrado de memoria de solo lectura que almacena instrucciones y datos de forma permanente.

**MEMORIA EPROM:** Es un tipo de memoria ROM, que una vez programada la memoria solamente puede ser borrada y vuelta a su estado inicial mediante una exposición súbita y fuerte a la luz ultravioleta.

**MEMORIA EEPROM:** Se traduce como memoria programable de solo lectura este tipo de memoria puede ser borrada y programada con impulsos eléctricos.

**BIOS:** Es un chip o circuito integrado que en su interior almacena una serie de rutinas de software que ponen en funcionamiento el resto del hardware de la placa base.

**INTERFAZ:** Es la conexión funcional entre dos sistemas, dispositivos o componentes de cualquier tipo, que proporciona una comunicación de distintos niveles permitiendo el intercambio de información.

**DATAHIGHWAY PLUS:** es una red de área local diseñada para admitir programación y mensajería remotas entre computadoras y controladores para las aplicaciones de la planta, la cual proporciona una comunicación simple entre PLC, SLC y PC

**REMOTE I/O:** La E/S remota simplemente significa que el módulo de E/S se encuentra en un lugar remoto físicamente ubicado a una distancia del PLC de control. donde las señales se pueden recibir desde sensores lejanos así como las señales de control se pueden enviar a largas distancias para controlar válvulas, motores y otros actuadores finales.

**DEVICE NET: protocolo de comunicación** usado en la industria de la automatización para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos. Este usa Bus CAN como tecnología Backbone y define una capa de aplicación para cubrir un rango de perfiles de dispositivos.

**PROFIBUS:** Es un estándar de red de campo abierto e independiente de proveedores, donde la interfaz de ellos permite amplia aplicación en procesos, fabricación y automatización predial.

**MODBUS:** es un protocolo de comunicaciones situado en los niveles 1, 2 y 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo (RTU) o cliente/servidor (TCP/IP), diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

**PUNTO DE CONMUTACION:** Elemento de conexión que realiza la interconexión física de dos líneas a través de dos nodos o equipos de transmisión, permitiendo la entrega de la señal desde el origen hasta el destino requerido.

**TEMPORIZADOR:** Son funciones de programación que permiten el control de acciones específicas en función del tiempo

**LÓGICA DIFUSA:** Es una lógica paraconsistente que identifica fracciones de valores verdaderos entre 0 y 1 de forma gradual, se adapta mejor al mundo real en el que vivimos, e incluso puede comprender y funcionar con nuestras expresiones, del tipo «hace mucho calor», «no es muy alto», «el ritmo del corazón está un poco acelerado», etc.

**CONTACTO:** Es un contacto combinado compuesto de un contacto normalmente cerrado y un contacto normalmente abierto operados por el mismo dispositivo, en oposición uno del otro, con una bobina eléctrica común, con solo tres terminales de conexión. Estos terminales suelen estar etiquetados como normalmente abierto, común, normalmente cerrado ( NO-C-NC ).

**SEÑAL DIGITAL:** Es aquella que presenta una variación discontinua con el tiempo y que sólo puede tomar ciertos valores discretos. Su forma característica es ampliamente conocida: la señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo.

**SEÑAL ANALOGICA:** Es aquella que presenta una variación continua con el tiempo, es decir, que a una variación suficientemente significativa del tiempo le corresponderá una variación igualmente significativa del valor de la señal (la señal es continua).

**EQUIPO PERIFERICO:** Conjunto de dispositivos hardware de una computadora que potencia la capacidad de éste y permite la entrada y/o salida de datos.

**RED LOCAL:** Es una red de computadoras que abarca un área reducida a una casa, un departamento o un edificio.

**RED REMOTA:** Operación de conectarse a una red o computadora desde un punto remoto, ajeno a esa red, usando la conectividad de redes de Internet y consiguiendo las mismas prestaciones y funciones que si se tratase de una conexión local.

**PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN:** un conjunto de reglas que permiten que dos o más entidades que forman parte de un sistema, establezcan comunicación entre sí.

**IEC 1131-1:** Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), es la norma que trata de estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLC.

## REFERENCIA Y BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://es.scribd.com/doc/50835535/Definicion-de-PLC-y-Caracteristicas>
- [2] [http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/control/archivos/material/Teorias/CP/teoria\\_10\\_plc\\_2011.pdf](http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/control/archivos/material/Teorias/CP/teoria_10_plc_2011.pdf)
- [3] <http://davidrojasticsplc.wordpress.com/category/7-arquitectura-de-los-plc/>  
<http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/PLC%20GUIA%204.pdf>
- [4] Nebojsa Matic, Introduction to PLC controllers, Ed. mikroElektronika. 2000.
- [5] Introducción a los Circuitos Digitales, MC-Graw Hill. Diciembre 2013.
- [6] Principios Digitales, Roger L. Tohkeim, M.S. Diciembre 2013.
- [7] Sistemas Digitales , Ronald J. Tocci. Diciembre 2013.
- [8] Batten, G.L., Programmable Controllers: Hardware, Software and Applications, Ed. Mc Graw-Hill, 2da Edición, 1994.
- [9] [http://unicrom.com/Tut\\_ProgramarPLC1.aspbobinas](http://unicrom.com/Tut_ProgramarPLC1.aspbobinas)
- [10] Manual de trabajo TP-301/2000 Controles lógicos programables FESTO E.V. Terzi, H. Regber, C. Loffler, F. Ebel 1999
- [11] [https://www.academia.edu/11398442/LENGUAJES\\_DE\\_PROGRAMACION\\_DE\\_PLC\\_S\\_1.\\_PROGRAMA\\_Y\\_LENGUAJE\\_DE\\_PROGRAMACION](https://www.academia.edu/11398442/LENGUAJES_DE_PROGRAMACION_DE_PLC_S_1._PROGRAMA_Y_LENGUAJE_DE_PROGRAMACION)
- [12] <http://ramonmedina.name/files/universidad/plc/plc0006.pdf>
- [13] <http://logicaycontrol.blogspot.mx/2011/04/concepto-de-programacion-fbd-parte-1.html>
- [14] <http://www.monografias.com/trabajos108/plc-a-software-y-lenguajes-programacion/plc-a-software-y-lenguajes-programacion.shtml>
- [15] <https://www.elion.es/productos/sensores/capacitivos/#:~:text=Funcionamiento%20del%20sensor%20capacitivo,elevada%20sea%20su%20constante%20diel%C3%A9ctrica.>
- [16] <https://www.microticx.com/blog/lo-que-debes-saber-sensor-inductivo>
- [17] <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/diferencias-entre-pnp-y-npn-en-cableado-de-automatismos-industriales/>

- [18]<https://www.youtube.com/watch?v=issW6fzyrX4>
- [19]<https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-capacitivo>
- [20][https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/intro.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/intro.html)
- [21]<https://www.microticx.com/blog/lo-que-debes-saber-sensor-inductivo/>
- [22]<https://youtu.be/U6zBB9FSsLg>
- [23]<https://youtu.be/Tk9u-aFligE>
- [24][https://youtu.be/XIHIZ4UtC\\_4](https://youtu.be/XIHIZ4UtC_4)
- [25]<https://www.youtube.com/watch?v=2aIWdesNYNw>
- [26]<https://realpars.com/remote-io/#:~:text=Remote%20I%2FO%20simply%20means%20that%20the%20I%2FO%20module,PLC%20rack.%20Why%20Do%20We%20Use%20Remote%20I%2FO%3F>
- [27]<https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/network-security-and-infrastructure/other-industrial-networks/data-highway-plus.html#:~:text=La%20red%20Data%20Highway%20Plus%20%28DH%2B%29%20es%20una,a%20un%20distribuidor%20Busque%20una%20oficina%20de%20ventas>
- [28][conocimientosweb.net/dcmt/ficha23039.html#:~:text=Las%20siguientes%20son%20algunas%20de%20las%20principales%20ventajas,y%20reduce%20el%20tiempo%20de%20inactividad%20del%20proceso.](http://conocimientosweb.net/dcmt/ficha23039.html#:~:text=Las%20siguientes%20son%20algunas%20de%20las%20principales%20ventajas,y%20reduce%20el%20tiempo%20de%20inactividad%20del%20proceso.)
- [29] <http://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/ventajas-y-desventajas-de-los-plc-controlador-logico-programable/>
- [30]<http://www.industriasgsl.com/blog/post/simbologia-plc#:~:text=¿Qué%20es%20la%20simbología%20PLC%3F%20Es%20la%20representación,de%20connotación%20entre%20el%20dibujo%20y%20la%20realidad.>
- [31]<http://www.bing.com/search?q=norma+iee+1131&qs=SC&pq=norma+ieec+1131&sc=2-15&cvid=5CD9FD3A4C654EB590DF6F103CD423FF&FORM=QBRE&sp=1>
- [32]<http://WWW.isa.uniovi.es/genia/spanish/publicaciones/IEC%20%201131-3.pdf>