



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRONICO

“DESARROLLO DE LABORATORIOS EN CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES UTILIZANDO EL MÓDULO DIDÁCTICO PLC FOR PROCESS CONTROL MOD EE-PCE QUE CONTRIBUYA AL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA.”

AUTORES:

Br. Julio Xavier Escola Incer

Br. Jilver Uriel Sevilla Sevilla

TUTOR:

Msc. Saúl Otoniel Núñez Zeledón

Marzo de 2023

Managua, Nicaragua

AGRADECIMIENTOS

Queremos aprovechar la ocasión para expresar nuestro agradecimiento a las autoridades universitarias RUSB y RUPAP, sus decanos los Ing. Augusto Cesar Palacios y el Ing. Luis Alberto Chavarría Valverde, a los jefes de departamentos Ing. Juan Manuel Martínez Toribio y la Ing. Mary Triny Gutiérrez Mendoza y a nuestro tutor el Ing. Saúl Otoniel Núñez, que con su colaboración han permitido que resolviésemos los problemas que se han presentado y que ayudaron a conseguir la meta propuesta con nuestra monografía, se ha conseguido que los alumnos de la carrera INGENIERÍA MECÁNICA puedan disponer de una herramienta más para afrontar su futuro laborar con la certeza que están preparados gracias al respaldo histórico que representa ser un graduado en la Universidad Nacional de Ingeniería, UNI, al poseer un gran prestigio docente, investigativo y de servicio a la sociedad, estimulando y retroalimentando positivamente a sus miembros y alumnos, convirtiéndola así en un punto de referencia para el resto de universidades.

Gracias a los profesores y compañeros de clase con los que hemos compartido horas de compañía en este proceso de aprendizaje.

Y por encima de todo a nuestros padres que, con su cariño incondicional, paciencia, apoyo y consejos nos ha permitido seguir adelante para luchar por nuestras metas y convicciones.

Y gracias a los que vienen y a los que no están. Gracias por todo.

Julio Xavier Escola Incer

Jilver Uriel Sevilla Sevilla

Resumen

La automatización de los procesos industriales es de relevancia en nuestro país debido a los beneficios que proporciona en cuanto a la productividad y competitividad de las empresas. Por lo tanto, la formación de profesionales capacitados en el área es una de las principales misiones de la facultad de tecnología de la industria (FTI). La realización de prácticas de laboratorio es una actividad fundamental para garantizar una formación de calidad a los estudiantes. En el departamento de energética se cuenta con un laboratorio destinado a las practicas laboratorio para estas asignaturas.

Sin embargo, se han encontrado debilidades en el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Debido a que no se cuenta con los componentes adecuados ni las guías acordes a los requisitos de la industria, lo que limita las posibilidades de vincular la teoría con la práctica. Adicional en el laboratorio de electrotecnia se cuenta con un módulo didáctico para la enseñanza de PLC basado en el PLC Siemens S7-300 llamado "PLC for process control mod ee-pce" que no es utilizado por los estudiantes debido a que se encuentra fuera de servicio, la carencia de un manual de usuario del módulo, ausencia de personal capacitado para la rehabilitación de este, así como guías de laboratorio para su uso.

Es por esta razón que se asumió el reto del desarrollo de laboratorios en controladores lógicos programables partiendo de la rehabilitación del módulo didáctico "PLC FOR PROCESS CONTROL MD EE-PCE", creación de un manual de usuario de este, módulos para la simulación de diferentes procesos, y diseño de guías prácticas de laboratorio que utilicen estos módulos.

En este informe se presentan los aspectos más relevantes del proceso diseño e implementación, los mismos son presentados de forma tal que puedan ser fácilmente utilizados por aquellos interesados en este campo ya sea para proyectos relacionados o mejoras de este.

Abstract

Industrial process automation is relevant in our country due to the benefit that provides in terms of business productivity and competitiveness. As consequence, being a capable professional in this area is one of the main missions of FTI. The laboratory practices are indispensable activities to ensure student knowledge continues growing. There is a laboratory in the “energetic” department used to carry out laboratory practices for these courses.

On the other hand, it has been found weakness in the current laboratory practices implementation. Caused by a lack of instruments, and guide based on industry requirements. These factors complicate link theory with practice. The electrotechnical laboratory owns a didactic module for teaching PLC based on Siemens S7-300 identified as “PLC for process control mod ee-pce”; however, it is not used by the students due is out of service. Besides, there is not a technical manual, capable personnel to fix the didactic module or laboratory practice guides based on that.

As a result, the challenge of developing laboratory practices guide based on programmable logic controller starting with the fix of didactic module “PLC FOR PROCESS CONTROL MD EE-PCE”, write a user manual, hardware module to simulate the different process and design laboratory guides that use this module.

This document shows the most relevant aspects of the design process and implementation. These aspects are written as clearly as is possible to be easy to read for interested people for a related project of a improve this.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. OBJETIVOS	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos	4
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	5
1. Controlador de Lógica Programable (PLC)	5
1.1 Estructura de un PLC.....	6
1.1.1 Fuente de alimentación	6
1.1.2 Interfaz de entradas Digitales	6
1.1.3 interfaz de Salidas Digitales.....	7
1.1.4 interfaz de entradas Analógicas	8
1.1.5 interfaz de salidas Analógicas	9
1.1.6 Procesador	9
1.2 Clasificación de los PLC.....	9
1.2.1 PLC Nano.....	10
1.2.2 PLC Compacto	10
1.2.3 PLC Modular	11
1.3 Programación de los PLCs.....	11
1.3.1 Programación en diagrama Ladder	12
2. Transductores y sensores	13
2.1 Sensores inductivos	14
2.2 Sensores Capacitivos	15
2.3 Interruptor de final de Carrera.....	15
3.Actuadores.....	15

3.1 Motores eléctricos.....	16
3.1.1 Motor AC asíncrono trifásico	16
3.1.2 Motor AC asíncrono monofásico	17
4. Componentes de un circuito eléctrico automático	18
4.1 Contactor	18
4.2 Relevador térmico	18
4.3 Interruptor Magnetotérmico	19
4.4 Estaciones de botones	20
4.5 Lámparas Piloto	20
5. Diagramas en la automatización.....	20
5.1 Diagramas eléctricos en la automatización	20
5.2 Diagramas de Tuberías e Instrumentación (P&ID)	22
6. Aprendizaje significativo	23
6.1 Requisitos para el aprendizaje significativos	23
CAPITULO II: ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS	25
1. Etapa de análisis	25
1.1 Situación base del Laboratorio electrotecnia-FTI	25
2. Etapa de diseño.....	28
2.1 Rehabilitación de modulo didáctico “PLC for process control mod ee-pce”	28
2.1.1 Revisión bibliográfica acerca del equipo.....	29
2.1.2 Componentes pertenecientes al sistema.....	30
2.1.3 Diagnóstico de cada componente y mitigación de fallas	31
2.1.4 Desarrollo de pruebas que permitan demostrar la funcionalidad del sistema	35
2.2 Desarrollo de Manual de usuario.....	37
2.3 Desarrollo accesorios para módulo didáctico.....	38
2.3.1 Directrices de desarrollo	38
2.3.2 Panel central de entradas y salidas digitales (HMI)	39

2.3.3 Circuito para accionamiento de motores trifásicos'	41
2.3.4 Modulo de pesaje	45
2.3.5 Banda transportadora	48
2.4 Desarrollo guías de laboratorio #D	52
2.4.1 Directrices de desarrollo	52
2.4.2 Contenido a desarrollar en las guías	53
3. Etapa de implementación	58
3.1 Implementación de los periféricos	58
3.1.1 Panel central de entradas y salidas digitales (HMI)	58
3.1.2 Circuito para accionamiento de motores trifásicos	59
3.1.3 Modulo de Pesaje	61
3.1.4 Banda transportadora	61
3.2 Implementación de las guías de laboratorio	63
3.2.1 Implementación en el laboratorio de electrotecnia	63
3.2.2 Implementación con docentes y estudiantes de ingeniería mecánica	64
4. Evaluación de desempeño	65
4.1 Evaluación cuantitativa	66
4.2 Evaluación cualitativa	67
4.3 Encuestas	68
4. Costos del proyecto	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
Conclusiones	73
Recomendaciones	73
BIBLIOGRAFIA	75
A. MANUAL DE USUARIO	79
1. Introducción	1
2. Seguridad	1
2.1 Parada de emergencia	2

2.2	Uso de EPP (Equipo de Protección Personal)	2
2.3	Extintor de incendios	3
2.4	Señales de peligro	3
2.5	Primeros auxilios en caso de sacudida eléctrica	3
3.	Recomendaciones para instalación y manejo	5
4.	Datos técnicos del SIMATIC PLC S7-300	5
4.1	CPU 31XC	5
5.	Listas de elementos del modulo	7
5.1	Entradas digitales	7
5.2	Salidas digitales	8
5.3	Entradas analógicas, acondicionador y simulador	8
5.4	Salidas analógicas	9
6.	Conexiones de E/S al PLC y contactos N.O, N.C.	9
7.	Introducción a STEP-7	11
8.	Instalación y arranque STEP-7	12
9.	Configuración de interfaz de comunicación	13
10.	Creación de proyectos	14
11.	Configuración de Hardware en S7300	17
12.	Descargar configuración Hardware en PLC	20
13.	Programación en Simatic STEP7	21
13.1	Estructura de programa	21
13.2	Programación en Leguaje Ladder	25
13.3	Entorno de programación	26
13.4	Simulación de PLC en Simatic Step-7	27
B.	FORMATO DE GUIAS DE LABORATORIO	1

C. GUIAS DE LABORATORIO Y DOCUMENTOS ADJUNTOS	1
D. FORMATOS DE EVALUACION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA	1
E. RESULTADO DE EVALUACIONES APLICADAS.....	1
E.1 Memoria de resultados de evaluaciones Cualitativas aplicadas a los estudiantes.....	1
E.2 Memoria de resultado de evaluaciones Cuantitativas aplicadas a los estudiantes.....	7
E.3 Memoria de resultado de encuesta de satisfacción.....	7
F. Fotografías del curso impartido a docentes del departamento de energética.....	1
G. CONSTANCIA DE CULMINACION EXTENDIDA POR FTI.....	3
H. SOLUCIÓN DE LAS GUÍAS EN SIMATIC STEP 7.....	5

Lista de figuras

Figura 1 PLC y componentes relacionados.	5
Figura 2. Estructura del PLC.	6
Figura 3. Diagrama de bloques de entrada digital.	7
Figura 4. Diagrama de bloques de salida digital.	8
Figura 5. PLC Nano, LOGO SIEMENS.	10
Figura 6. Ejemplos de PLCs Compactos. Omron CP1L (Izquierda), Allen Bradley L23E (Centro) y Siemens S7-200 (Derecha).	11
Figura 7. Ejemplos de PLCs Modulares. Allen Bradley SLC-500 (en la parte izquierda) y Siemens S7-300 (en la parte derecha)	11
Figura 8. Lenguajes de programación para controladores programables según IEC61131.	12
Figura 9. Ejemplo de control de proceso mediante lenguaje escrito en diagrama ladder.	13
Figura 10. Diagrama funcional de sensor inductivo	14
Figura 11. Sensor de proximidad capacitivo	15
Figura 12. Motor AC asíncrono trifásico jaula de ardilla	17
Figura 13. Motor AC asíncrono monofásico	17
Figura 14. Funcionamiento de un contactor	18
Figura 15. Relevador térmico	19
Figura 16. Interruptor Magnetotérmico	19
Figura 17. Ejemplo de diagrama de potencia (Izquierda) y diagrama de control (Derecha).	21
Figura 18. Ejemplo de diagrama P&ID	23
Figura 19. Instalaciones del laboratorio de electrotecnia y puestos de trabajo... ..	26
Figura 20. Estado de los dispositivos utilizados para las practicas	27
Figura 21. Practica de laboratorio de arranque de motor basado en lógica cableada.	28
Figura 22. Modulo didáctico PLC for process control mod ee-pce	29
Figura 23. Diagrama de ubicación de componentes en el sistema	30
Figura 24. medición de voltaje de alimentación proporcionado por la fuente.	32

Figura 25. Estado de stop permanente	32
Figura 26. Error de conexión entre PLC y Step-7.....	33
Figura 27. Memoria SD y PLC en estado RUN	33
Figura 28. Sobreescritura del contenido de memoria usando Winhex	34
Figura 29. CPU-313C Funcional.....	34
Figura 30. Pruebas de salidas digitales al módulo didáctico.	35
Figura 31. Programa realizado en Ladder en STEP 7	36
Figura 32. Programa en ejecución entrada y salida activadas	36
Figura 33. Programa en ejecución con entrada y salida activada	36
Figura 34. Elementos seleccionados para HMI	39
Figura 35. Diagrama de bloques de HMI	39
Figura 36. Borneras de 2mm instaladas en HMI	40
Figura 37. Modelo de carcasa para HMI.....	40
<i>Figura 38. Diagrama de circuito para accionamiento de motores trifásicos</i>	<i>41</i>
Figura 39. Contactor Siemens 3RT1036-1AN20	41
Figura 40. Estructura interna de relé de estado solido	43
Figura 41. Relé SSR-40DA.....	43
Figura 42. Relevador térmico ABB TF-42.....	44
Figura 43 Modelo de carcasa para SSR.....	44
Figura 44. Diagrama de bloques para módulo de pesaje	45
Figura 45. Celda de carga de flexión de viga y circuito interno	46
Figura 46. Transmisor de celda de carga JY-60.....	47
Figura 47. Simulación de la estructura diseñada con la celda de carga	47
Figura 48. Diagrama de bloques para banda transportadora	48
Figura 49. Sensor inductivo PLX12-04N.....	49
Figura 50. Motor paso a paso Nema 17	50
Figura 51. Controlador de motor paso a paso TB6600.....	51
Figura 52. Simulación de banda transportadora.....	52
Figura 53. Diagrama de bloques laboratorio #1	54
Figura 54. Diagrama de bloques laboratorio #2.....	55
Figura 55. Diagrama de bloques laboratorio #3.....	56

Figura 56. Diagrama de bloques laboratorio #4.....	57
Figura 57. Diagrama de bloques laboratorio #5.....	57
Figura 58. Conexión de componentes	58
Figura 59. Panel de entradas salidas implementado	59
Figura 60. Relés de estado sólido instalados	60
Figura 61. Circuito de accionamiento implementado	60
Figura 62. Implementación de módulo de pesaje	61
Figura 63. Implementación de banda transportadora	62
Figura 64. Dispositivos implementados y conectados al PLC	62
Figura 65. Implementación de guía 1 en laboratorio de electrotecnia	63
Figura 66. Implementación de guía #5	64
Figura 67. Conferencia virtual introductoria a capacitación para docentes de ingeniería mecánica	64
Figura 68. Implementación con los docentes de ingeniería mecánica	65
Figura 69. Gráfico calificación promedio por cada alumno	66
Figura 70. Gráfico de calificación promedio por cada laboratorio	67
Figura 71. Gráfico de evaluación cualitativa por cada laboratorio	67
Figura 72. Gráfico de evaluación cualitativa por cada parámetro evaluado	68
Figura 73. Gráfico para pregunta #1 y #2 encuesta	69
Figura 74. Gráfico para pregunta #3.....	69
Figura 75. Gráfico para pregunta #4.....	70
Figura 76. Gráfico para pregunta #5 a #9.....	71

Lista de tablas

Tabla 1 Componentes existentes en el módulo “PLC for process control mod ee- pce”	31
Tabla 2 Especificaciones técnicas Contactor	42
Tabla 3. Especificaciones transmisor JY-S60.....	46
Tabla 4 Especificaciones motor NEMA 17.....	49
Tabla 5 Especificaciones controlador TB6600.....	51
Tabla 6 costos de elaboración de los módulos adicionales	71

I. INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos industriales es de relevancia en nuestro país debido a los beneficios que proporciona en cuanto a la productividad y competitividad de las empresas. Por lo tanto, existe una creciente demanda de profesionales capacitados en el área, por lo que la Universidad Nacional de Ingeniería tiene el compromiso de suplir dichas necesidades. (Álvarez,2017)

Una de las carreras que en su perfil abordan dicha temática es Ingeniería Mecánica. Los estudiantes en la actualidad reciben 3 asignaturas relacionadas a la automatización. Sin embargo, existe debilidad en lo que respecta al desarrollo de las prácticas de laboratorio. En ellas no se aborda el uso de controladores lógicos programables PLC, pese a que se cuenta con un módulo didáctico. Esto es debido a que este módulo se encuentra fuera de servicio, la carencia de un manual de usuario de este, la falta de módulos para la realización de prácticas de diversos procesos, así como guías de laboratorio para su uso. A esto se le agrega falta de dispositivos de uso industrial como sensores capacitivos, termocuplas, finales de carrera y actuadores como electroválvulas. También, los dispositivos con los que se cuentan están obsoletos o dañados.

Para dar una solución a esta problemática se planteó el desarrollo de laboratorios en controladores lógicos programables partiendo de la rehabilitación del módulo didáctico “PLC FOR PROCESS CONTROL MD EE-PCE”, creación de un manual de usuario de este, módulos para la simulación de diferentes procesos, y diseño de guías prácticas de laboratorio que utilicen estos módulos. En estas guías se abordarán actividades que demuestren los principios de funcionamiento de los elementos del módulo didáctico, así como el funcionamiento de dispositivos como sensores y actuadores.

De forma que el estudiante obtenga un aprendizaje significativo de los contenidos abordados en cada una de las prácticas de realizadas, permitiendo el desarrollo de habilidades y destrezas necesarias para su campo laboral en la industria nicaragüense y en aquellas empresas dedicadas a la automatización.

II. JUSTIFICACIÓN

En Nicaragua el tema de la automatización industrial cada vez toma más relevancia dado su impacto directo en la productividad y la competitividad de las empresas. Por lo que la FTI (Facultad de Tecnología de la Industria) como parte de su compromiso de la formación de profesionales altamente capacitados comenzó un proceso de transformación y mejora de sus programas de asignatura y tecnologías en los laboratorios.

En el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica hay 3 asignaturas relacionadas a la automatización, las cuales son recibidas en el siguiente orden: Electrotecnia, Electrónica y Sistemas de control automático. Por lo que La realización de prácticas de laboratorio es una actividad fundamental para garantizar una formación de calidad a los estudiantes. En el departamento de energética se cuenta con un laboratorio destinado a las practicas laboratorio para estas asignaturas. Sin embargo, en conversaciones con el encargado del Laboratorio de Electrotecnia y el jefe del Departamento de Energética se han encontrado debilidades en el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Debido a que no se cuenta con los componentes adecuados ni las guías acordes a los requisitos de la industria, lo que limita las posibilidades de vincular la teoría con la práctica.

De las 3 asignaturas relacionadas a la automatización solo en Electrotecnia y Electrónica realizan prácticas de laboratorio. Estas se basan en técnicas de medición y esquemas eléctricos de control clásicos (lógica basada en relés).

En encuestas realizadas a estudiantes de 5to año de la carrera de Ingeniería Mecánica y que han cursado todas las asignaturas relacionadas a la automatización industrial, expresan que en ningunas de estas prácticas de laboratorio se abarca el uso de controladores de lógica programable PLC.

Las encuestas también reflejan las carencias de dispositivos de uso industrial como sensores capacitivos, termocuplas, finales de carrera y actuadores como electroválvulas, mientras que los dispositivos con los que se cuentan están en su mayoría obsoletos y dañados.

En el laboratorio de electrotecnia se cuenta con un módulo didáctico para la enseñanza de PLC basado en el PLC Siemens S7-300 llamado “PLC for process control mod ee-pce” que no es utilizado por los estudiantes debido a que se encuentra fuera de servicio, la carencia de un manual de usuario del módulo, ausencia de personal capacitado para la rehabilitación de este, así como guías de laboratorio para su uso. A esto se le agrega el poco conocimiento del uso de esta tecnología por parte los encargados de laboratorio y docentes del departamento de energética. Lo que provoca un desaprovechamiento en este importante recurso.

Por este motivo surgió el interés del desarrollo de laboratorios en controladores lógicos programables partiendo de la rehabilitación del módulo didáctico “PLC FOR PROCESS CONTROL MD EE-PCE”, creación de un manual de usuario de este, módulos para la simulación de diferentes procesos, y diseño de guías prácticas de laboratorio que utilicen estos módulos. La información y resultados del trabajo monográfico serán puestos a disposición de la Universidad Nacional de Ingeniería, para contribuir en la mejora de la calidad educativa de las carreras relacionadas a la automatización.

III. OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar laboratorios en controladores lógicos programables basados en el módulo didáctico “PLC for process control mod ee-pce” en el laboratorio de Electrotecnia de la Facultad de Tecnología de la Industria que contribuyan al fortalecimiento del proceso de enseñanza - aprendizaje en los estudiantes de ingeniería mecánica en el área de la automatización.

Objetivos Específicos

1. Rehabilitar el módulo didáctico “PLC for process control mod ee-pce” para su uso en prácticas de laboratorio.
2. Desarrollar accesorios para módulo didáctico que contengan diferentes tipos de actuadores y sensores que permitan la realización de diferentes prácticas de laboratorio.
3. Proponer guías de laboratorios del proceso de enseñanza - aprendizaje en el área de automatización utilizando PLC.
4. Evaluar el desempeño de las prácticas de laboratorio a través de la implementación de estas a estudiantes de Ingeniería Mecánica.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1. Controlador de Lógica Programable (PLC)

Se define como Controlador de Lógica Programable, (PLC por sus siglas en inglés), a una computadora robusta y autónoma diseñada para controlar procesos y eventos en un entorno industrial. Cada PLC contiene un microprocesador que ha sido programado para controlar las terminales de salida de una manera específica, según las señales de las terminales de entrada y/o eventos temporizados. El programa del PLC generalmente se desarrolla en una computadora separada, utilizando un software específico proporcionado por el fabricante. Una vez que el programa se ha escrito, se descarga al PLC y a partir de este momento, el PLC puede funcionar como un controlador independiente. (Kilian, 2006)

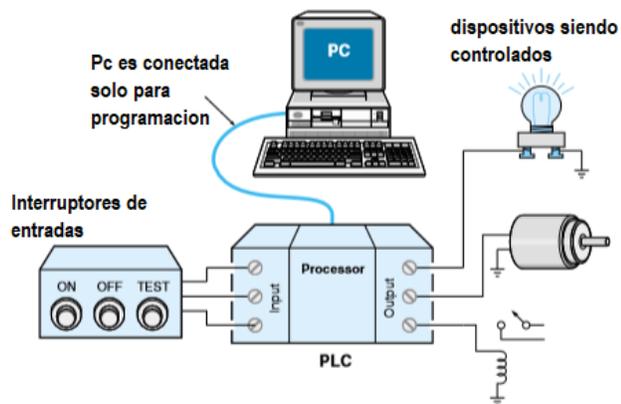


Figura 1 PLC y componentes relacionados.

Fuente: Kilian, C. (2006). Modern Control technology. Clifton Park: Delmar/Thomson Learning.

En la actualidad el campo de aplicación de un PLC es muy extenso. Se utilizan fundamentalmente en procesos de maniobras de máquinas, control, señalización, etc. La aplicación de un PLC abarca procesos industriales de cualquier tipo y ofrecen conexión a red; esto permite la comunicación entre PLCs y otros equipos tales como PCs y/o pantallas utilizadas en la implementación de la interface humano – máquina (HMI por sus siglas en inglés).

Dada la importancia que los PLCs tienen en la automatización de los procesos industriales, y por ende en el incremento de la productividad de las empresas, el estudio de sus principios de funcionamiento y técnicas de programación es

imperativo para los estudiantes de la carrera de cualquier ingeniería relacionada a la industria.

1.1 Estructura de un PLC

El término estructura o configuración externas de un Controlador Lógico programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido. La figura 2 muestra la estructura básica de un PLC.

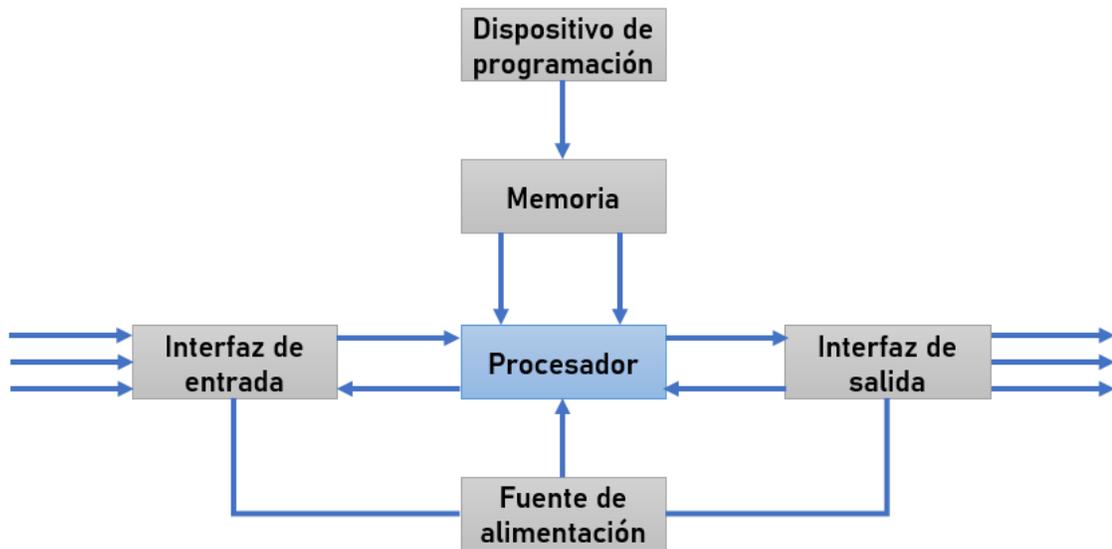


Figura 2. Estructura del PLC.

Fuente: Recuperado de <http://cavanilles.edu.gva.es/>

1.1.1 Fuente de alimentación

Los PLC generalmente se alimentan directamente desde 120 o 240 VAC. La fuente de alimentación convierte la AC en voltajes de DC para los componentes internos del microprocesador. También puede proporcionar al usuario una fuente de voltaje reducido para accionar interruptores, pequeños relés, lámparas indicadoras y similares. (Kilian, 2006)

1.1.2 Interfaz de entradas Digitales

Las entradas digitales son las encargadas de detectar el estado lógico de los dispositivos conectados a las mismas. Solamente poseen dos estados, ENCENDIDO-APAGADO, estas pueden provenir de pulsadores, detectores de proximidad, interruptores de posición, sensores inductivos y capacitivos. El circuito

de entrada está dividido en dos partes: sección de potencia y sección lógica. Asimismo, dichas entradas requieren de un aislamiento galvánico entre el circuito interno del controlador y el externo, por lo cual se utilizan generalmente opto acopladores. A continuación, se muestra el diagrama de bloques correspondiente a entradas digitales que propone Petruzella (2016).

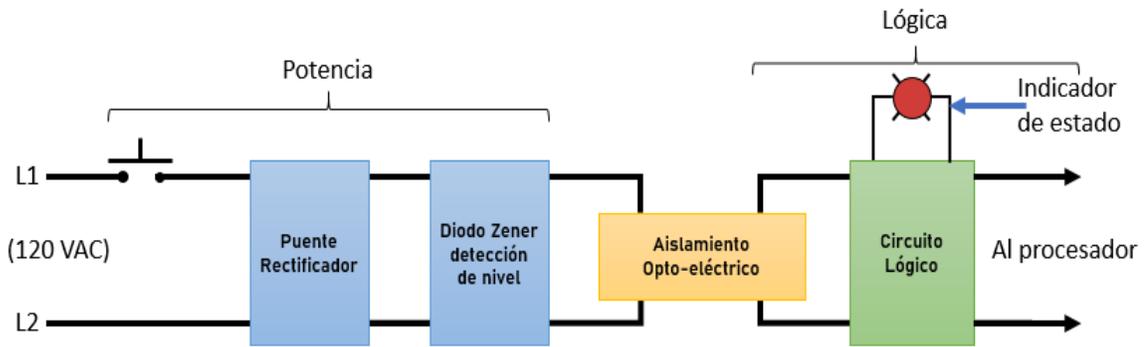


Figura 3. Diagrama de bloques de entrada digital.

Fuente: "Programmable Logic Controller: An emphasis on design and application" (p. 158), por Kelvin T. Erickson

Estas entradas se pueden clasificar dependiendo si aceptan o entregan corriente como sinking o sourcing y por el rango de voltaje que pueden aceptar, ya sea AC o DC. De acuerdo con la revisión de las características de los PLCs que ofertan los fabricantes, se encontraron para las entradas los siguientes rangos de voltaje: 12 V AC/DC, 24 V AC/DC, 48 V AC/DC, 120 V AC/DC y 230 V AC/DC

En años anteriores la mayoría de las señales de entrada y salida digital en aplicaciones de control, eran nominalmente de 120 Vac. Sin embargo, en las prácticas de seguridad se requieren ropas de protección para los electricistas que trabajan en el cableado expuesto, en tensiones superiores a 50 Voltios. Debido a consideraciones de seguridad, la mayoría de las aplicaciones de control utilizan señales de 24 VDC.

1.1.3 Interfaz de Salidas Digitales

Los dispositivos industriales usualmente se energizan con mucho más voltaje que lo que pueden suministrar los microcontroladores por sus puertos de E/S. Por lo tanto, para ser capaz de trabajar con estos dispositivos los PLC cuenta en dependencia de los modelos con relés, transistores y TRIAC a sus salidas.

Por otra parte, dada las grandes diferencias de voltaje entre el controlador y los dispositivos industriales conectados a este, se necesita gestionar estas incoherencias de voltaje mediante aislamiento eléctrico. El aislamiento puede ser del tipo óptico, magnético o capacitivo. Erickson (2005)

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques correspondiente a una salida digital.



Figura 4. Diagrama de bloques de salida digital.

Fuente: "Programmable Logic Controller: An emphasis on design and application" (p. 158), por Kelvin T. Erickson

Entre los dispositivos más comunes que pueden ser controlados por salidas digitales se encuentran los siguientes: Lámparas, Hornos, Relés de control, Ventiladores eléctricos, Arrancadores de motores, Electroválvulas, Calentadores.

1.1.4 Interfaz de entradas Analógicas

Los controladores son sistemas digitales y como tales solamente entienden 1s y 0s, no pueden interpretar señales analógicas directamente, por lo cual es necesaria una interfaz de entrada analógica, la cual convierte la señal continua que proviene de un transmisor en valores digitales que pueden ser interpretados por el controlador. A nivel industrial existen diferentes dispositivos que generan señales analógicas, algunos de los generadores de señales analógicas más comunes son: sensor de presión, sensor de humedad, celdas de carga, sensor de temperatura, sensor de flujo.

En ambientes industriales es común el uso de transmisores de corriente 4 mA a 20 mA, debido a que la información que se transmite en forma de corriente es una señal relativamente inmune a las caídas de voltaje y al ruido eléctrico

generado por los motores, relés, interruptores y otros equipos industriales, principalmente para la transferencia a través de largas distancias. (Umana, 2020)

1.1.5 Interfaz de salidas Analógicas

Las señales analógicas son ampliamente usadas en entornos industriales, en aplicaciones donde se requiere controlar dispositivos que respondan a señales continuas de voltaje o corriente, para esto se hace uso de un módulo de salidas analógicas el cual permite convertir una variable numérica interna del controlador en voltaje o corriente. En el caso de las salidas de corriente también pueden ser usadas para comunicarse con otro controlador.

En las empresas se encuentran una serie de dispositivos los cuales pueden ser controlados por señales analógicas. Entre los más comunes que se encuentran conectados a una salida analógica se enlistan los siguientes: motor de velocidad variable, válvulas analógicas, medidor analógico, registrador gráfico, actuadores.

Generalmente para convertir los valores digitales provenientes del controlador, a un valor analógico de voltaje o corriente se utiliza un conversor digital analógico (DAC), el cual es el elemento principal de este módulo.

1.1.6 Procesador

Es la parte principal de este sistema, es el encargado de recibir las señales provenientes de los diversos dispositivos y módulos, procesarlas, tomar decisiones de acuerdo con el programa grabado en su memoria y de esta forma actuar sobre el proceso. La ejecución de las instrucciones del programa, se realiza una por una (como los peldaños de un programa de lógica de escalera). (Kilian, 2006)

1.2 Clasificación de los PLC

Debido a la gran variedad de PLCs, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de entradas y salidas, en su tamaño de memoria y otros, es que es posible clasificar los diferentes tipos en las siguientes categorías:

1.2.1 PLC Nano

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente de alimentación, CPU, entradas y salidas integradas) que puede manejar un conjunto reducido de E/S, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas tanto analógicas como digitales y algunos módulos especiales. (Bollaín Sánchez, 2019)



Figura 5. PLC Nano, LOGO SIEMENS.

1.2.2 PLC Compacto

Son aquellos que incorporan fuente de alimentación, CPU, módulos de entradas y salidas en un solo modulo principal y permiten manejar desde unas pocas E/S hasta varios cientos (alrededor de 500 E/S), su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores rápidos.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Módulos expansores de entradas y salidas.

Suelen ser más baratos y pequeños, tiene la desventaja de solo poder ampliarse con muy pocos módulos. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando pequeños.

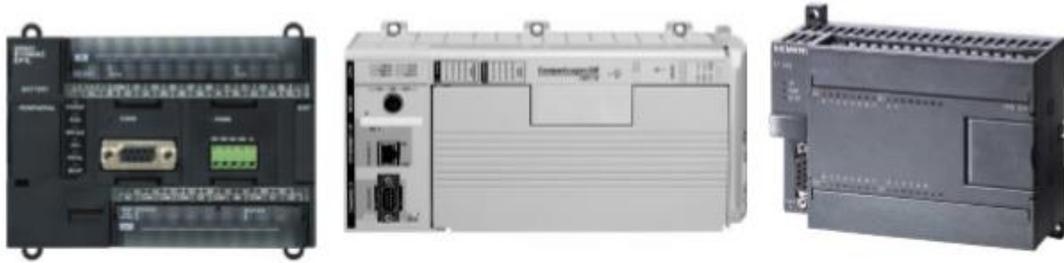


Figura 6. Ejemplos de PLCs Compactos. Omron CP1L (Izquierda), Allen Bradley L23E (Centro) y Siemens S7-200 (Derecha).

1.2.3 PLC Modular

Es el tipo de PLC más potente y se compone de un conjunto de elementos que se conectan a racks para conformar el controlador final, algunos de estos módulos son: Fuente de alimentación, CPU, Módulos de E/S. Además, los PLCs modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea.



Figura 7. Ejemplos de PLCs Modulares. Allen Bradley SLC-500 (en la parte izquierda) y Siemens S7-300 (en la parte derecha)

1.3 Programación de los PLCs

Como se mencionó al inicio de este capítulo, los PLCs operan en base un programa que se encuentra grabado en su memoria por lo que uno de los aspectos más importante en la automatización de los procesos utilizando PLCs es el lenguaje de programación. Cada fabricante de PLCs tiene un software específico para la programación de los mismos; lo cual impide utilizar un programa

escrito para una CPU en otra que no sea de su misma familia y menos si es de otro fabricante.

Con el objetivo de estandarizar lo relacionado a los sistemas basados en PLCs la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC por sus siglas en inglés) publicó el estándar IEC61131: Controladores programables (2003). La tercera parte de este estándar define, los elementos de programación básicos, reglas de sintaxis y semántica para los lenguajes de programación más comúnmente utilizados.

Incluye los lenguajes gráficos Diagrama en escalera y Diagrama de bloques funcionales, y los lenguajes textuales Listado de instrucciones y Texto estructurado, así como los medios mediante los cuales los fabricantes pueden expandir o adaptar estos conjuntos básicos a sus propias implementaciones de controladores programables. En la figura 8 se resumen los lenguajes establecidos en el estándar.

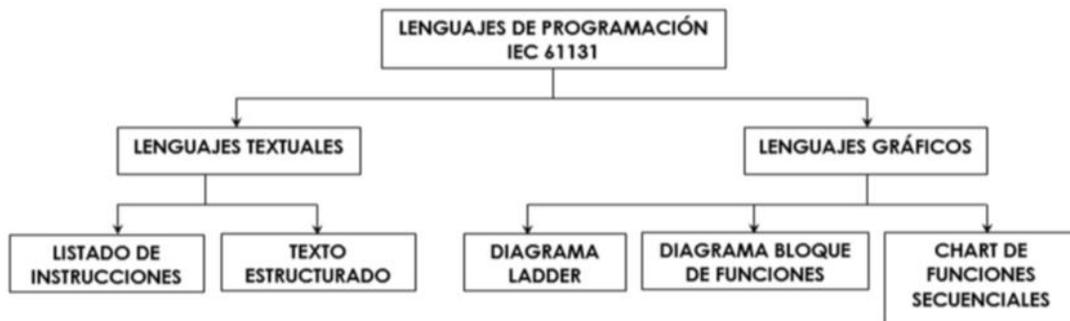


Figura 8. Lenguajes de programación para controladores programables según IEC61131

Fuente: IEC61131: Controladores programables (2003).

1.3.1 Programación en diagrama Ladder

Es la forma más común de programación en los PLC, este lenguaje gráfico muestra la relación lógica entre entradas y salidas como si fueran contactos y bobinas en un circuito electromecánico a base de relés. El lenguaje fue inventado con el propósito expreso de hacer que la programación de los PLCs se sintiera natural para los electricistas familiarizados con los circuitos de control cuya lógica estaba basada en relés. (Kilian, 2006).

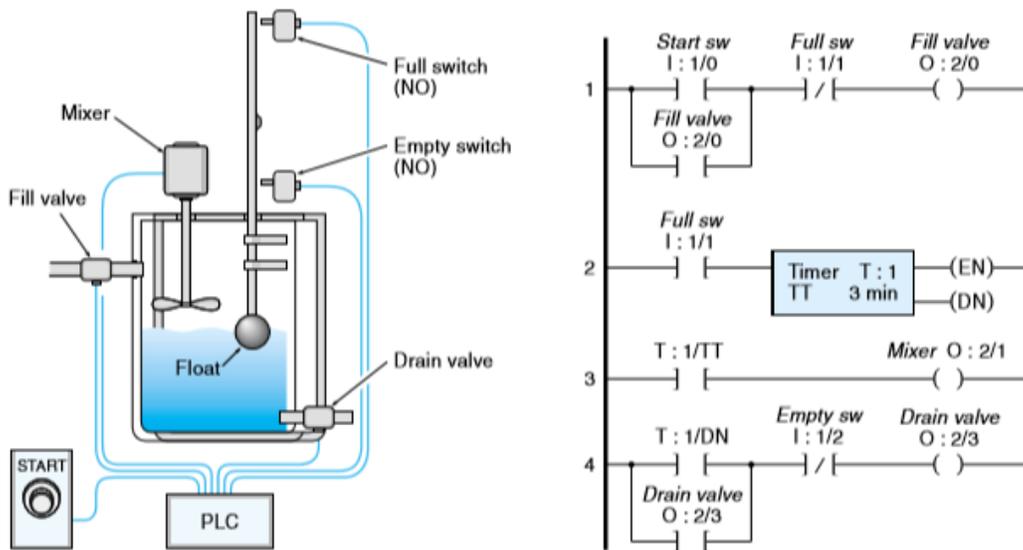


Figura 9. Ejemplo de control de proceso mediante lenguaje escrito en diagrama ladder

Fuente: Kilian, C. (2006). Modern Control technology. Clifton Park: Delmar/Thomson Learning.

2. Transductores y sensores

Uno de los elementos principales de la automatización industrial son los detectores o sensores dado que aportan información sobre el proceso de forma que permite las decisiones adecuadas de control en cada parte de un proceso.

Un transductor es un dispositivo que convierte una forma de energía o magnitud física en otra, de acuerdo a ciertas características que la definen. Normalmente cuando el transductor está como elemento que responde directamente a la medición de una cantidad física y que forma parte de un sistema de control o instrumentación, entonces el transductor es considerado frecuentemente como un sensor (Park & Mackay, 2003).

Los sensores tienen la característica de monitorear el comportamiento de las magnitudes físicas en su entrada y brindar en su salida el equivalente a una señal eléctrica, que puede ser manipulada luego de cumplir ciertos requisitos para satisfacer necesidades en aplicaciones del control electrónico o proceso industrial.

La clasificación de los sensores es muy amplia y depende del criterio. Las publicaciones técnicas generalmente clasifican los sensores siguiendo el criterio del campo de aplicación del sensor. Son importantes para los usuarios que buscan

solucionadores de problemas para su aplicación. Para los técnicos, existen criterios de clasificación adicionales y altamente significativos. Uno de los criterios evidentemente se refiere al principio de funcionamiento del sensor resistivo, inductivo, capacitivo, magnético.

2.1 Sensores inductivos

Son sensores cuyo principio de funcionamiento es la variación de reluctancia, en este caso la inductancia que indica la magnitud de flujo magnético debido a una corriente eléctrica. (Pallás-Areny, 2007). Estos son utilizados medir variables de entrada como posición, nivel, distancia, velocidad, aceleración y ángulo, además propiedades de un objeto, como material, grosor, acabado superficial, entre otros. (Fericean, 2018). En la figura 10 se muestra el diagrama funcional de un sensor inductivo.

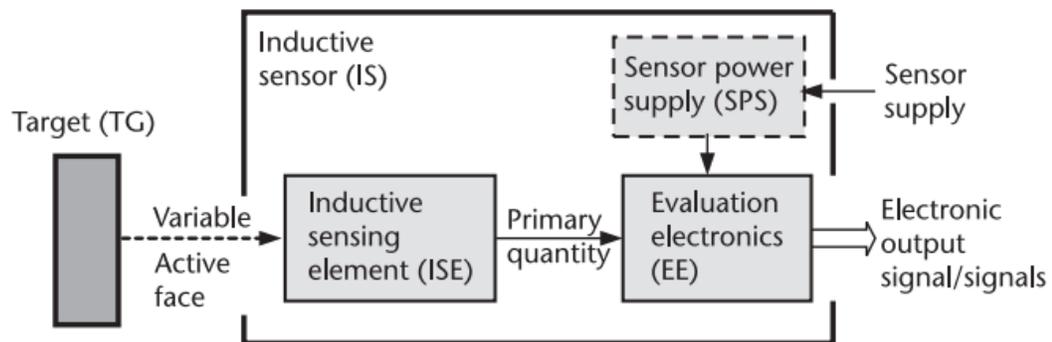


Figura 10. Diagrama funcional de sensor inductivo

Fuente: Fericean, S. (2018). Inductive sensors for industrial applications (1st ed.). Boston: Artech House.

El elemento sensor inductivo (ISE) contiene al menos un inductor (bobina), que es accionado electromagnéticamente por un objetivo metálico. El ISE proporciona el registro de la variable a medir en cuestión y la conversión a una cantidad primaria voltaje o corriente, pero también frecuencia, impedancia.

La electrónica de evaluación (EE) es responsable del siguiente acondicionamiento y procesamiento de la señal hasta la entrega de la señal de salida, también es responsable de la administración de energía, funciones de protección, ajuste, calibración, inteligencia del sensor y conexión en red. (Fericean, 2018)

Algunos criterios de clasificación generales y específicos para los sensores inductivos: Detección con contacto o sin contacto, Posición vs desplazamiento, lectura absoluta o incremental, configuración lineal o angular.

2.2 Sensores Capacitivos

Son sensores cuyo principio de funcionamiento es la variación de reluctancia, pero a diferencia de los sensores inductivos estos producen un campo electrostático en lugar de un campo electromagnético. Además, que su uso no está limitado materiales metálicos, sino que pueden censar materiales como papel, vidrio, líquidos y tela. Entre sus principales aplicaciones se encuentran detección y conteo de objetos, detección de nivel de líquidos o materiales a granel.



Figura 11. Sensor de proximidad capacitivo

2.3 Interruptor de final de Carrera

Son dispositivos electromecánicos que detectan la posición de un elemento móvil mediante un accionador vinculado mecánicamente a un conjunto de contactos. Cuando un objeto entra en contacto con el accionador, el dispositivo opera los contactos para cerrar o abrir una conexión eléctrica. Son muy habituales en la industria para detectar la llegada de un elemento móvil a una determinada posición. ("Interruptores de final de carrera", 2020)

3. Actuadores

El actuador es un dispositivo que proporciona la fuente de energía mecánica en un sistema de control. Técnicamente hablando, actuador también es un transductor porque convierte un tipo de energía en otro, generalmente energía eléctrica en energía mecánica. Aunque también existen actuadores neumáticos e hidráulicos. Los actuadores típicos son motores, cilindros hidráulicos y válvulas de control. Kilian, C. (2006).

El tipo más común de actuador es el motor eléctrico, que es un convertidor eficiente y versátil de energía eléctrica a mecánica, a este se le suele denominar actuador rotativo. Sin embargo, en muchas aplicaciones de control de la vida real se requiere un movimiento en línea recta lento, potente y de ida y vuelta en lugar del movimiento giratorio de mayor velocidad producido por el motor eléctrico. Un actuador que puede proporcionar un movimiento de línea recta de ida y vuelta se llama un actuador lineal.

3.1 Motores eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas rotativas que transforman la energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico. Dependiendo del tipo de corriente que los alimenten, se clasifican en motores de corriente continua y alterna. Los motores de corriente alterna son los que más se utilizan para la mayor parte de las aplicaciones, ya que producen un buen rendimiento bajo un mantenimiento y construcción sencillos. (Guerrero Pérez, 2013)

Los motores de corriente continua son más complejos que los alternos ya que necesitan de equipos rectificadores que transformen previamente la corriente eléctrica de la red en corriente continua. Por contrapartida, su velocidad puede regularse entre amplios límites, por lo que son ideales para algunas aplicaciones relacionadas con el control y la regulación.

3.1.1 Motor AC asíncrono trifásico

De todos los tipos de motores de corriente alterna, el motor asíncrono trifásico es el de mayor aplicación. Este motor funciona gracias a los fenómenos de inducción electromagnética y su robustez, facilidad de mantenimiento y escasa complejidad hace que sea el más utilizado en la industria en general. Dependiendo del tipo de rotor que use, se pueden identificar dos tipos fundamentales: motor de rotor en cortocircuito o jaula de ardilla y motor de rotor bobinado. (Guerrero Pérez, 2013)

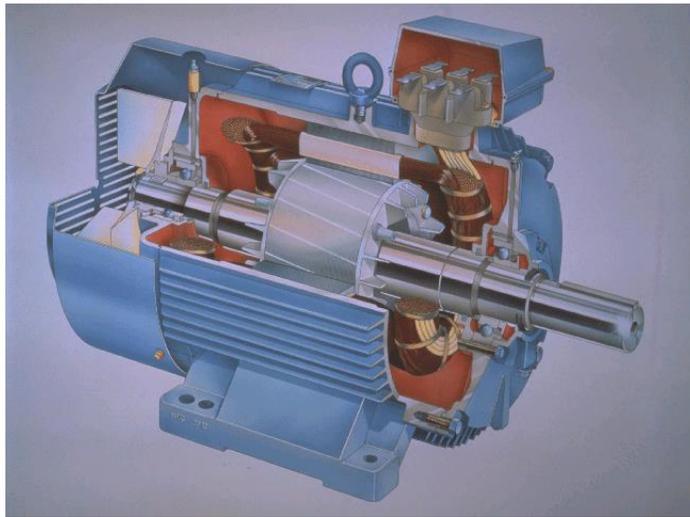


Figura 12. Motor AC asíncrono trifásico jaula de ardilla

3.1.2 Motor AC asíncrono monofásico

Al igual que el trifásico, este motor está constituido por un rotor de jaula de ardilla y un estator donde se alojan los devanados inductores. El principio de funcionamiento de este motor es similar al asíncrono trifásico, con la diferencia de que el devanado inductor es monofásico.

Al no existir un devanado trifásico, el campo magnético obtenido no es giratorio, sino alternativo y fijo. Esto da lugar a que existan dificultades para que aparezca un par de fuerzas efectivo que haga girar el rotor. El uso de devanados auxiliares y condensadores de arranque son soluciones a este problema. (Guerrero Pérez, 2013)

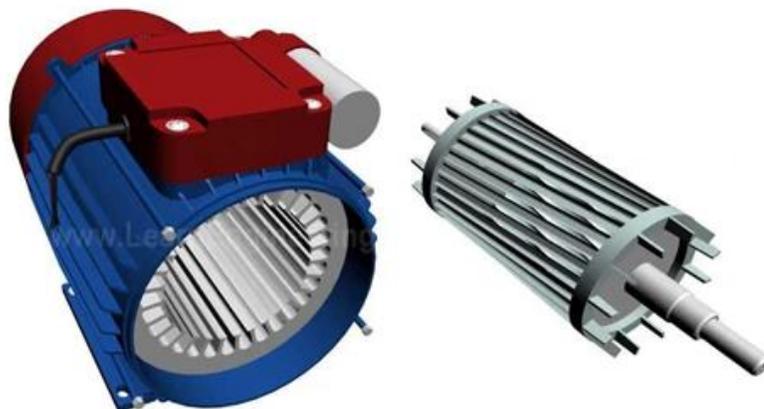


Figura 13. Motor AC asíncrono monofásico

4. Componentes de un circuito eléctrico automático

Un circuito de control eléctrico es un conjunto de elementos eléctricos o electrónicos que accionan contactos, todos interconectados eléctricamente a través de conductores, con el propósito de establecer una función de control sobre un equipo o conjunto de equipos. La función de control consiste en permitir o cerrar el paso de energía eléctrica al equipo o parte de este.

Los elementos que conforman un sistema de control eléctrico se pueden clasificar de acuerdo a la función que desempeñan, por ejemplo, maniobras, mando manual, mando auxiliar, protección, señalización.

4.1 Contactador

Es un dispositivo de maniobra similar a un interruptor que sólo tiene una posición estable. Sus contactos están cerrados cuando se encuentran sometidos a una tensión, abriéndose automáticamente en el caso de que esta tensión desaparezca. Actualmente, se suelen utilizar autómatas para el mando de los contactores. (Guerrero Pérez, 2013)

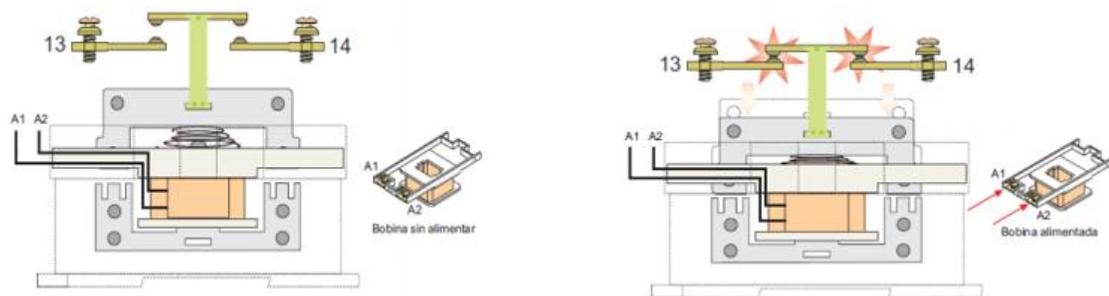


Figura 14. Funcionamiento de un contactador

4.2 Relevador térmico

Un relevador térmico es un dispositivo sensible a la temperatura, cuyos contactos abren o cierran cuando la corriente del motor excede un límite preestablecido. La corriente circula a través de un elemento de calentamiento pequeño que alcanza la temperatura del relevador. Los relevadores térmicos son dispositivos de retardo de tiempo en forma inherente, debido a que la temperatura no puede seguir en forma instantánea a los cambios de la corriente.

Hay relevadores del tipo aleación fusible que no se pueden graduar, pero que ofrecen una protección confiable contra sobrecarga. Estos fusibles existen en una gran variedad y son intercambiables, alojándose en el propio arrancador. Harper, G. (2004).



Figura 15. Relevador térmico

4.3 Interruptor Magnetotérmico

Un interruptor termomagnético manual permite abrir y cerrar un circuito, en forma análoga a las cuchillas desconectoras (switch), excepto que en estos interruptores se puede abrir en forma automática cuando el valor de la corriente que circula por ellos, excede a una cierta cantidad previamente fijada. Después de que estos interruptores abren (disparan), se deben restablecer en forma manual, tienen la ventaja, sobre los desconectores (switch), porque no requieren del uso de fusibles. Harper, G. (2004).



Figura 16. Interruptor Magnetotérmico

4.4 Estaciones de botones

Una estación de botones es básicamente un desconectador (switch) que se activa por medio de la presión de los dedos, de manera que dos o más contactos cierran o abren cuando se quita la presión. Normalmente, se usan resortes en los botones para regresarlos a su posición original después de ser presionados. En una instalación eléctrica puede existir más de una estación de botones, de esta manera es posible controlar un motor desde tantos puntos como estaciones se tengan. Harper, G. (2004).

4.5 Lámparas Piloto

Son una forma de señalización acerca del funcionamiento normal o anormal del sistema, aunque puede ser superfluo describirlas es necesario recordar que la lámpara verde se reserva a las indicaciones sobre marcha normal y el color rojo a los paros o funcionamientos anormales.

5. Diagramas en la automatización

En el área de la automatización, se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de transmitir de una forma más fácil y específica la información. Esto es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

5.1 Diagramas eléctricos en la automatización

Para poder llevar a la realización de un panel eléctrico o instalación hay que partir de una representación gráfica, en la que estarán identificados todos los elementos que conforman la instalación, así como la interrelación entre cada uno de ellos. Para su representación se emplean una serie de símbolos gráficos, trazos y marcas, números, letras o índices, cuya finalidad es poder representar, de forma simple y clara, los diferentes elementos que se emplean en el montaje de circuitos eléctricos.

Los símbolos deben estar normalizados por un organismo internacional, para que su interpretación sea asequible a cualquier técnico. La norma IEC 61082 define los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas deben usarse para los componentes y diseñar los esquemas. El uso de normas internacionales

elimina el riesgo de confusión y facilita a los técnicos su interpretación. El seguimiento riguroso de estas normas facilita el mantenimiento de un equipo y es de gran ayuda para la localización de una avería y su posterior reparación. (Escaño González, 2019)

En un circuito eléctrico automático hay dos partes claramente diferenciadas, ya que hay un circuito de potencia, que es el que alimenta los sistemas en la planta y otro de control o maniobra, que incluso en algunas ocasiones trabaja a una tensión de características diferentes al de potencia, bien sea por seguridad o porque no necesita alimentar circuitos de gran consumo. Por este motivo, dichos circuitos se representan en planos separados y de forma diferente. (Escaño González, 2019)

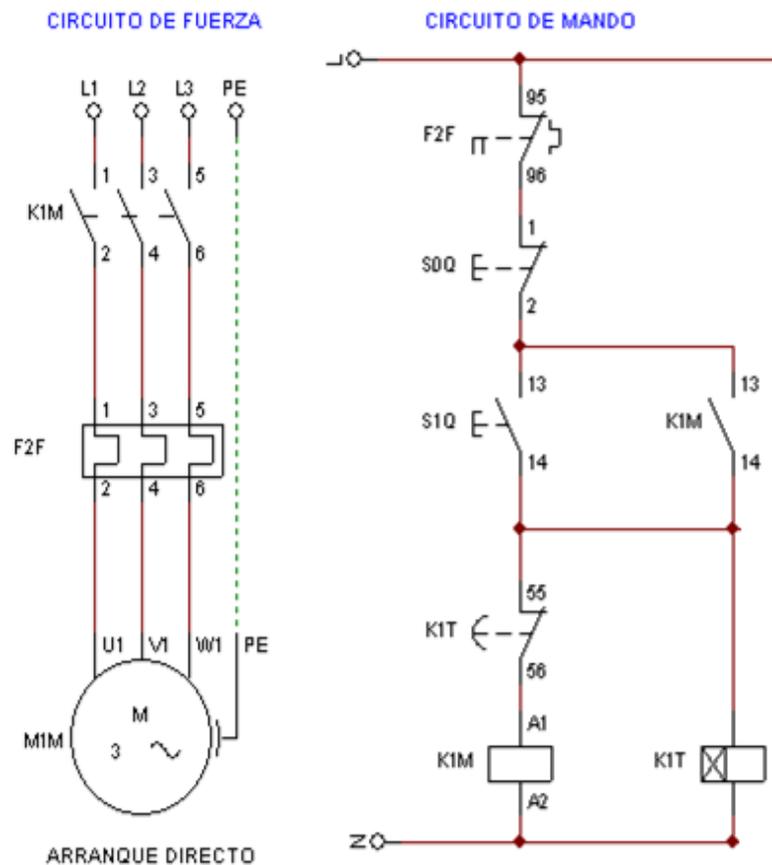


Figura 17. Ejemplo de diagrama de potencia (Izquierda) y diagrama de control (Derecha)

Fuente: Escaño González, J. (2019). Integración de sistemas de automatización industrial (1st ed.). Madrid: Paraninfo.

5.2 Diagramas de Tuberías e Instrumentación (P&ID)

A nivel industrial, existen procesos industriales que están realizados en torno a productos basados en fluidos o gases, cuyos procedimientos de fabricación suelen provocar que las instalaciones industriales sean bastantes grandes en cuanto a dimensiones. Como consecuencia a menudo estas instalaciones van a disponer de multitud de elementos, materiales, equipos e instrumentos que forman parte de la citada instalación.

Ejemplo de este tipo de instalaciones son las relacionadas con las industrias químicas, industrias petroquímicas e industrias metalúrgicas, como ejemplos más notables, en la que se encuentran fácilmente elementos como tuberías, equipos a presión como calderas de fluido térmico, vaporizadores, calderas de vapor, intercambiadores e instrumentos de medida de diversa índole.

Representar este tipo de instalaciones donde lo importante es indicar las relaciones entre elementos del proceso industrial, que no están referidos concretamente ni áreas eléctricas, neumática o hidráulica, implica utilizar una nueva forma de representación.

La forma habitual de representar estas instalaciones es utilizar una herramienta denominada diagrama P&ID. El cual es una representación gráfica donde se dibujan todos los elementos que forman parte del proceso (tuberías, equipos e instrumentos) y que muestra el flujo del proceso correspondiente a cada uno de esos elementos. Los diagramas P&ID emplean la simbología correspondiente a la norma ISA-S5 para poder identificar a todos los componentes que forman parte de un proceso, como pueden ser tuberías, el número de línea de cada tubería, las dimensiones de cada tubería, válvulas, alarmas, equipos, niveles, presostatos, drenajes, purgas, bombas, reactores, acumuladores, etc. (Antúnez Soria, 2016)

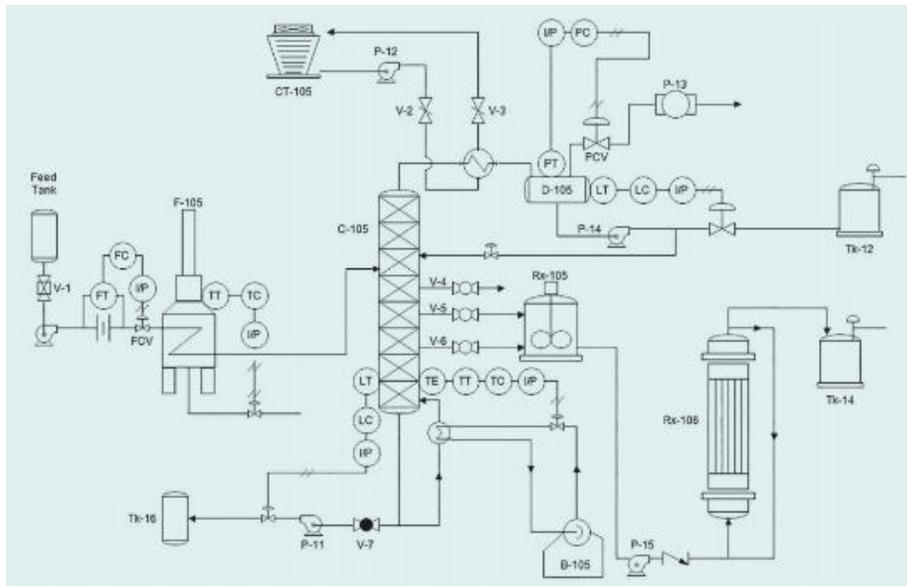


Figura 18. Ejemplo de diagrama P&ID

Fuente: Antúnez Soria, F. (2016). Puesta en marcha de sistemas de automatización industrial. ELEM0311 (1st ed.). Málaga: IC Editorial.

6. Aprendizaje significativo

Según Rodríguez (2004) el aprendizaje significativo es una teoría psicológica que se ocupa de los procesos mismos que el individuo pone en juego para aprender. Por lo que considera que el alumno sólo aprende cuando encuentra sentido a lo que aprende. Moreira (2000), afirma que las características del Aprendizaje Significativo son:

- Los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno.
- Esto se logra gracias a un esfuerzo deliberado del alumno por relacionar los nuevos conocimientos con sus conocimientos previos.
- Todo lo anterior es producto de una implicación afectiva del alumno, es decir, el alumno quiere aprender aquello que se le presenta porque lo considera valioso.

6.1 Requisitos para el aprendizaje significativos

Según Dávila, S. (2000) de acuerdo a la teoría de Ausubel, para que se puedan lograr aprendizajes significativos es necesario se cumplan tres condiciones:

Significatividad lógica del material. Esto es, que el material presentado tenga una estructura interna organizada, que sea susceptible de dar lugar a la construcción de significados. Los conceptos que el profesor presenta siguen una secuencia lógica y ordenada.

Significatividad psicológica del material. Esto se refiere a la posibilidad de que el alumno conecte el conocimiento presentado con los conocimientos previos, ya incluidos en su estructura cognitiva. Los contenidos entonces son comprensibles para el alumno.

Actitud favorable del alumno. El aprendizaje no puede darse si el alumno no quiere aprender. Este es un componente de disposiciones emocionales y actitudinales, en el que el maestro sólo puede influir a través de la motivación.

CAPITULO II: ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los aspectos relacionados con el diseño e implementación del proyecto, además se describe la metodología adoptada, pruebas y resultados obtenidos en la implementación del proyecto.

La investigación por realizarse es del tipo aplicada debido a que su propósito principal es la búsqueda de solución de un problema práctico, utilizando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera. El proyecto consiste en la rehabilitación del módulo didáctico “PLC FOR PROCESS CONTROL MD EE-PCE”, creación de un manual de usuario de este, módulos para la simulación de diferentes procesos, y diseño de guías prácticas de laboratorio que utilicen estos módulos para la mejora de la enseñanza en el área de automatización en particular el uso de la tecnología de controladores lógicos programable.

Las etapas en la que desarrolla el proyecto son etapa de análisis, etapa de diseño, etapa de implementación y etapa de presentación de resultados.

1. Etapa de análisis

En esta etapa se realiza una breve descripción de la problemática presente en el laboratorio de electrotecnia de la Facultad de tecnología de la industria que llevó a los autores al desarrollo de este trabajo monográfico, además de plantear cuales son los requerimientos y directrices para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos.

1.1 Situación base del Laboratorio electrotecnia-FTI

El laboratorio de electrotecnia es un laboratorio administrador por el departamento de Energética. El cual está destinado para complementar la formación teórica de las clases relacionadas a la automatización industrial las cuales son impartidas en el 3er y 4to año de ingeniería mecánica. Cada semestre en promedio 150 estudiantes realizan prácticas en este laboratorio. Sin embargo, el estado actual de dicho laboratorio no puede cubrir con los requerimientos para una enseñanza integral, debido a la carencia de insumos, material didáctico y guías de laboratorio adecuadas.

El laboratorio cuenta con una capacidad máxima para 12 estudiantes divididos en 4 puestos de trabajo. Cada puesto de trabajo consta de una mesa de trabajo, con alimentación trifásica de 220V procedentes de un transformador trifásico conectado en Delta. Además, con un interruptor termomagnético trifásico para interrumpir el paso de la energía eléctrica.



Figura 19. Instalaciones del laboratorio de electrotecnia y puestos de trabajo

La mayoría de los equipos de este laboratorio son muy antiguos y se encuentran dados de baja dado a que no es posible su rehabilitación. En el laboratorio también se cuenta con un módulo didáctico “PLC for process control mod ee-pce” que se encuentra fuera de servicio, pero si es posible su rehabilitación y puesta en funcionamiento. La rehabilitación de este equipo no se ha realizado debido a la carencia personal capacitado para esta tarea y un manual de usuario que permita a los encargados de laboratorio el mantenimiento preventivo y correctivo de este.



Figura 20. Estado de los dispositivos utilizados para las practicas

Además, los componentes en inventarios para la realización de las practicas es muy escaso y limitado. A continuación, se presenta una lista de los insumos disponibles en el laboratorio:

- 8 multímetros de gancho
- 7 multímetros para circuitos electrónicos
- 2 motores trifásicos de 0.55 kW
- 2 analizadores de red
- 3 relés térmicos
- 20 contactores trifásicos
- 2 cajas de pulsadores para paro y marcha
- 1 Fuente de alimentación DC 0-30V
- Componentes electrónicos discretos resistencias, capacitores, diodos, transistores y compuestas lógicas.

Respecto a las practicas realizadas en el laboratorio solo en las asignaturas Electrotecnia y Electrónica cuentan con guías de laboratorio ya elaboradas sin embargo estas se basan únicamente en medición de voltaje, lectura de esquemas eléctrico y arranque de motor utilizando contactores.



Figura 21. Practica de laboratorio de arranque de motor basado en lógica cableada

La asignatura de Sistemas de control automático no cuenta con ninguna guía de laboratorio que permita consolidar los conocimientos teóricos adquiridos en el salón de clase. Considerando la gran relevancia que tiene esta asignatura para la especialización de los estudiantes es necesario integrar la componente practica centrándose en los controladores lógicos programables debido a que dicha tecnología es la más implementada a nivel de la industria.

2. Etapa de diseño

En este apartado se explica el proceso que se realizó para la rehabilitación del módulo de didáctico, diseño de accesorios del módulo didáctico y diseño de las guías de laboratorio,

2.1 Rehabilitación de modulo didáctico “PLC for process control mod ee-pce”

El primer objetivo de este trabajo monográfico consiste en la rehabilitación y puesta en marcha del módulo didáctico “PLC for process control mod ee-pce”.

Ubicado en el laboratorio de electrotecnia de la FTI, para que el mismo pueda ser utilizado en laboratorios relacionados al control automático y automatización industrial. Dicho equipo ha estado más de 15 años fuera de operación.



Figura 22. Modulo didáctico PLC for process control mod ee-pce

El procedimiento de la rehabilitación del equipo se realizó en las siguientes etapas:

1. Revisión bibliográfica acerca del equipo y su funcionamiento.
2. Listar componentes pertenecientes al sistema
3. Diagnóstico de cada componente y mitigación de las fallas encontrada
4. Desarrollo de pruebas que permitan demostrar la funcionalidad del sistema

2.1.1 Revisión bibliográfica acerca del equipo

Se realizó revisión de literatura con el fin de encontrar referencias por parte del fabricante acerca del funcionamiento y estructura del equipo tales como manuales de usuario y diagramas esquemáticos. Sin embargo, no se encontró información relacionada al equipo ni al fabricante en la documentación de laboratorio de electrotecnia ni en línea.

2.1.2 Componentes pertenecientes al sistema

El módulo didáctico está dividido en distintos bloques con entradas y salidas de tipo digitales y analógicas, acondicionares de señal y como unidad central de procesamiento un PLC S7-300 CPU 313C de Siemens, además de una fuente de alimentación interna que brinda alimentación tanto al CPU como los demás periféricos. En el siguiente diagrama se muestra la ubicación de los diferentes componentes del módulo.

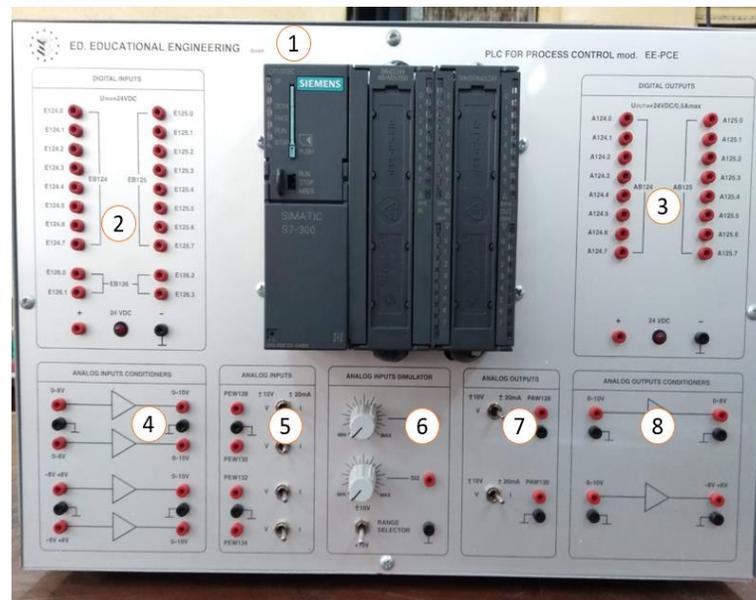


Figura 23. Diagrama de ubicación de componentes en el sistema

1. CPU313C
2. Entradas Digitales
3. Salidas Digitales
4. Acondicionadores de entrada analógica
5. Entradas analógicas
6. Simulador de entradas analógicas
7. Salidas analógicas
8. Acondicionador de salidas analógicas

En la siguiente tabla se resumen las características principales de cada uno de los componentes que integra el equipo.

Tabla 1 Componentes existentes en el módulo “PLC for process control mod ee-pce”

Elemento	Cantidad	Rango de operación	Observaciones
CPU 313C	1	24 V	24 DI, 16DO, 2AO, comunicación MPI, SD CARD requerida
Entrada Digital	20	0V-24	Direcciones: EB124, EB125, EB126
Salida Digital	16	0V-24	Direcciones: AB124, AB125
Entrada analógica	4	-10V-10V -20mA-20mA	Direcciones PEW128, PEW 130, PEW 132, PEW 134
Simulador de entrada Analógica	2	0-10V -10V-10V	
Acondicionador de entrada analógica	4	Input 0-8 output 0V-10V Input -8V-8V output 0V-10V	
Salida analógica	2	-10V-10V -20ma-20mv	
Acondicionador de salida analógica	2	Input 0V-10V output 0-8 Input 0V-10V output -8V-8V	
Fuente de alimentación	1	Voltaje de salida: 24V Corriente: 2A	

2.1.3 Diagnóstico de cada componente y mitigación de fallas

Una vez se han listado cada uno de los componentes se procedió a la prueba de cada uno de los elementos del módulo didácticos de forma individual que permitieran determinar su estado. Las pruebas realizadas son las siguientes:

Diagnóstico de fuente de alimentación:

Se inspecciono visualmente el cableado de la alimentación y tierra en busca de conexiones flojas, corroídas o conexiones cuestionables. Se comprobó la salida de la fuente de alimentación este en el valor adecuado 24VDC. Luego se comprobó que a cada uno de los módulos llegaran los valores correctos de alimentación. Por lo que el sistema de alimentación se encontraba totalmente funcional.



Figura 24. medición de voltaje de alimentación proporcionado por la fuente.

Diagnóstico del CPU313C:

El Diagnostico del CPU consistió en pruebas de comunicación con la computadora y posterior programación para confirmar el estado de cada una de sus salidas sin embargo al encender el CPU este quedaba de forma permanente en estado STOP sin nunca pasar a run, indicado por led Amarillo a como se observa en la figura. Pese a realizarse reinicio de memoria desde el CPU el error continuó persistiendo.



Figura 25. Estado de stop permanente

Adicional a esto el dispositivo no era detectado por el programa Simatic STEP 7 pese a que la configuración de comunicación era correcta y el cable de comunicación MPI estaba funcional. A como se muestra en la imagen.

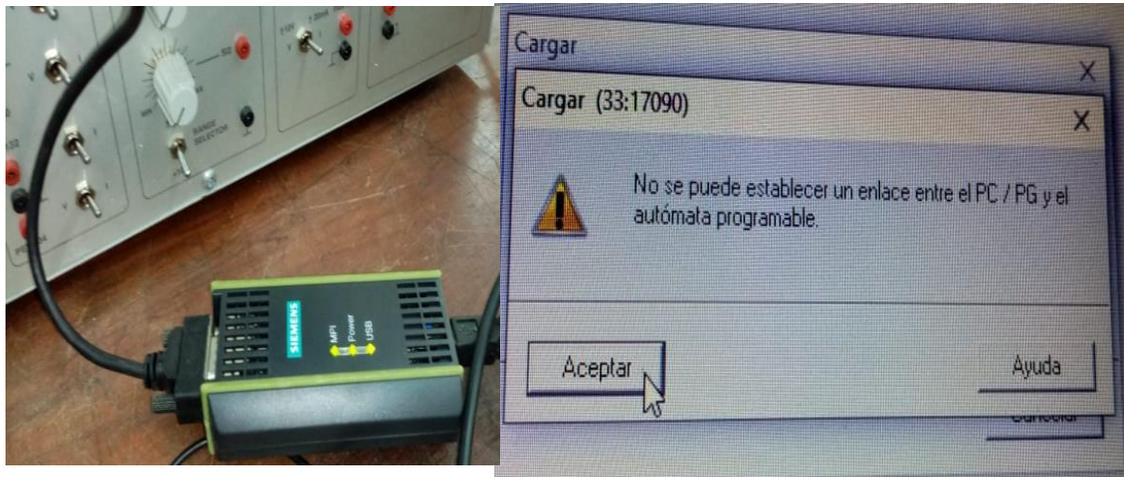


Figura 26. Error de conexión entre PLC y Step-7

Para mitigar esta falla se realizó inspección del cableado del PLC para descartar falla por cortocircuito y se utilizó otro cable de comunicación MPI pero el problema persistió. Se determino que al extraer la tarjeta SD del PLC este lograba salir del estado de STOP y paso a modo RUN. Como se ve en la figura además de poder establecer conexión con el software. Por lo que se determinó que el firmware de la memoria estaba corrompido.

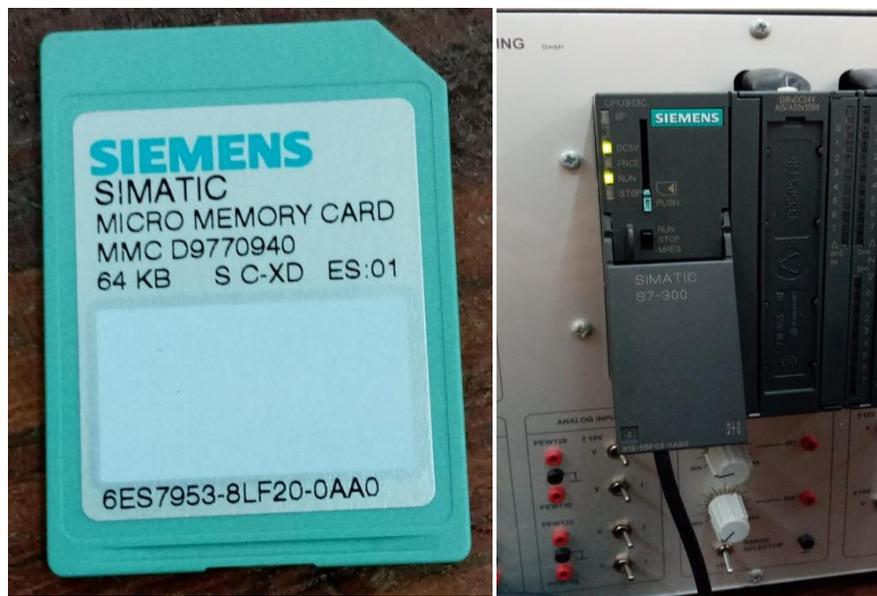


Figura 27. Memoria SD y PLC en estado RUN

Debido a que la CPU-313C no cuenta con memoria interna el PLC no puede ser programado sin la microSD. Por ser en principio un protocolo propietario por lo que no podía formatearse directamente en una computadora. Se decidió comprar un nuevo repuesto sin embargo al consultar en distribuidores locales como Ingersa y EDISA no habían repuestos de este insumo.

Por lo que se buscó la imagen del firmware de la tarjeta en específico y utilizando el software WinHex se logró sobrescribir la memoria retornándola a estado funcional.

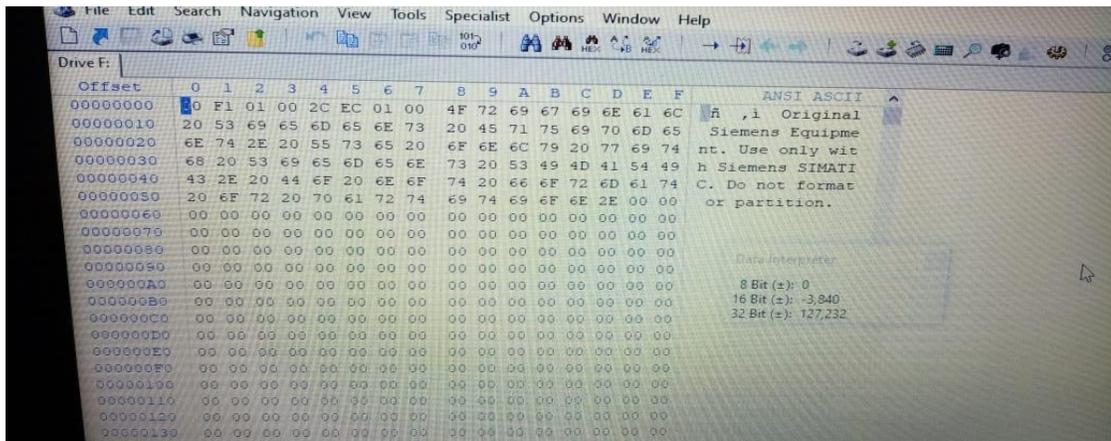


Figura 28. Sobreescritura del contenido de memoria usando WinHex



Figura 29. CPU-313C Funcional

Diagnóstico de entradas y salidas:

Se hizo revisión del cableado y continuidad de cada uno de los E/S digital como analógicas con el PLC determinándose que los puertos de salida tenían problemas de conexión, ya que pese a estar las salidas del CPU activas estas no tenían un voltaje de salida de 24V. Al realizar limpieza de contactos del módulo de salida del CPU se mitigo el error.

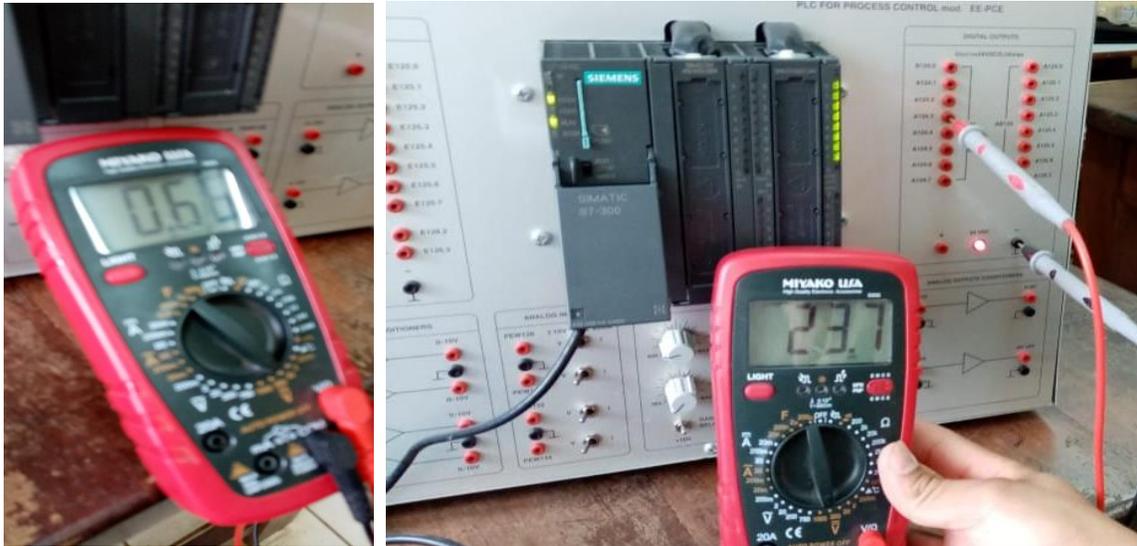


Figura 30. Pruebas de salidas digitales al módulo didáctico.

2.1.4 Desarrollo de pruebas que permitan demostrar la funcionalidad del sistema

Para probar el módulo didáctico en su totalidad como un solo sistema, escribió en STEP-7 un programa que puenteara las entradas y salidas digitales de modo que al activar una entrada también se activara una determinada salida. Este proceso se repitió con todas las entradas y salidas del PLC. Las pruebas resultaron satisfactorias pues el CPU se pudo reprogramar sin problemas, además de monitorear el estado de E/S desde Step-7 y así corroborar el correcto funcionamiento de estas.

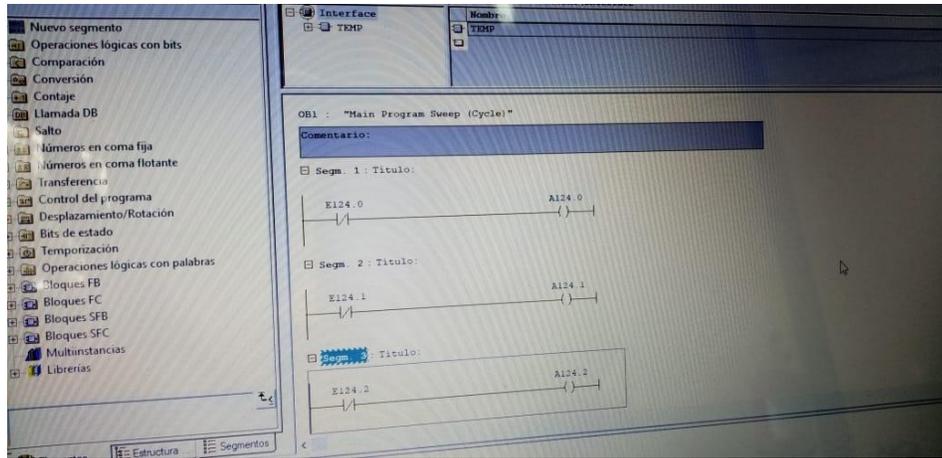


Figura 31. Programa realizado en Ladder en STEP 7



Figura 32. Programa en ejecución entrada y salida activadas

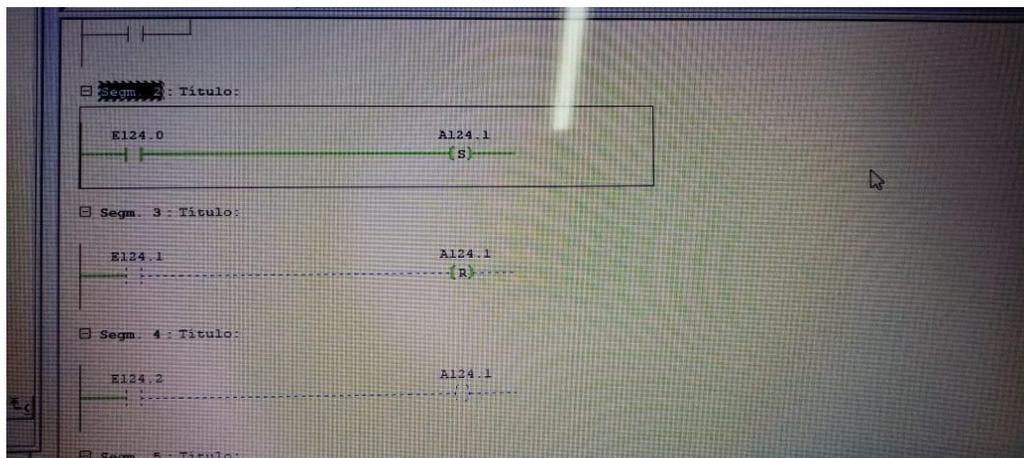


Figura 33. Programa en ejecución con entrada y salida activada

2.2 Desarrollo de Manual de usuario

Parte del primer objetivo de este trabajo monográfico consistió en la elaboración de un manual de usuario para el módulo didáctico. En base a lo explicado en la etapa de análisis y entrevistas con el encargado de laboratorio y docentes que imparten las asignaturas relacionadas a la automatización y control. Se determinó que el manual de usuario a desarrollar brinde información integral en lugar de solo aspectos constructivos del mismo.

El manual elaborado debe de servir como una guía introductoria a la tecnología de PLC a nivel hardware y software tanto para los docente y estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica. En adición el manual debe de brindar soporte al encargado de laboratorio para las tareas de mantenimiento, detección y corrección de errores de forma que se pueda prolongar el tiempo de operación de este.

Por lo que el manual de usuario a redactar debe contener los siguientes elementos:

- Medidas de seguridad: Explicar a los estudiantes las normas de seguridad para el manejo del equipo y realización de las prácticas de laboratorio.
- Recomendaciones para instalación y manejo: Aspectos a considerar para la instalación o traslado del equipo en las instalaciones del laboratorio.
- Especificaciones y forma de operación de PLC S7-300.
- Listado de elemento del módulo: explicar cada uno de los elementos que componen el módulo didáctico, cantidad y tipo de entradas, rangos de operación, direcciones.
- Formas de conexión de los periféricos al PLC: detallar como realizar las conexiones de los diferentes periféricos al PLC y diferenciando dispositivos N.O y N.C
- Generalidades de Simatic Step-7: Brindar una introducción al entorno de desarrollo utilizado para programar el PLC.
- Introducción al lenguaje de programación para PLC: Explicar las generalidades de los lenguajes de programación utilizados para programar

PLC haciendo énfasis en el lenguaje Ladder, por estar estrechamente relacionado a la lógica cableada permitiendo una más rápida asimilación del contenido por parte de los estudiantes.

- Simulación: Mostrar cómo es posible validar el correcto funcionamiento del programa desarrollado utilizando la herramienta simulación PLC-SIM antes de la implementación del programa en el PLC.

2.3 Desarrollo accesorios para módulo didáctico

El siguiente objetivo del trabajo monográfico consistió en el desarrollo de diferentes accesorios que extiendan las funcionalidades del módulo didáctico de forma que pueda ser utilizado para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

2.3.1 Directrices de desarrollo

La elección acerca de los accesorios a desarrollar ha sido basada en lo explicado en la sección 1.2 “Situación base de laboratorio de electrotecnia-FTI”, el inventario actualmente disponible, el contenido de las guías actuales y los planes académico de las asignaturas relacionadas a la automatización de forma que estos ayuden a cumplir los objetivos didácticos planteados por la facultad.

En base a esto, estos módulos a desarrollar deben cubrir los siguientes aspectos:

- Facilitar el uso de las entradas y salidas digitales del módulo didáctico, por medio de un panel central con pulsadores, selectores y luces pilotos. De forma que los estudiantes puedan simular diferentes procesos combinacionales y secuenciales de forma sencilla aun sin contar con una planta industrial.
- Acoplar la salida digital del PLC que tiene un valor de 24 VDC para que pueda accionar motores trifásicos haciendo uno de la alimentación disponible en el laboratorio.
- Aprovechar la disponibilidad de entradas analógicas para integrar la medición de la variable peso a través de la utilización de celda de carga y circuito de acondicionamiento.

- Posibilitar la implementación un proceso industrial que haga uso de diferentes sensores y realice accionamiento de motores mediante el desarrollo una banda transportadora a escala.

2.3.2 Panel central de entradas y salidas digitales (HMI)

Debido que el módulo didáctico no cuenta con periféricos adicionales que faciliten a los estudiantes realizar las prácticas de laboratorio. Se ha decidido implementar un HMI (Human Machine Interfaz) conformada por los siguientes elementos:

- 6 pulsadores normalmente abiertos
- 4 luces pilotos 24VDC (verde, azul, amarillo, rojo)
- 1 selector dos posiciones.



Figura 34. Elementos seleccionados para HMI

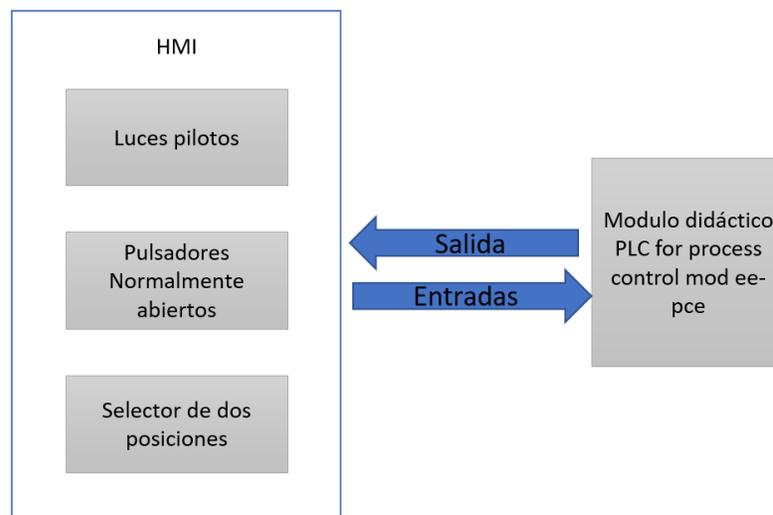


Figura 35. Diagrama de bloques de HMI
Fuente: Autor

La alimentación del panel será proporcionada por el PLC y para la conexión con este se utilizarán borneras de 2mm de diámetro. Esto permitirá a los estudiantes simular diferentes procesos e interactuar con el módulo didáctico únicamente realizando las conexiones correspondientes



Figura 36. Borneras de 2mm instaladas en HMI

Todos los elementos para el HMI serán integrados en un panel central cuya estructura ha sido modelado para su implementación utilizando la técnica de impresión 3D. El modelo 3D se muestra en la siguiente figura.

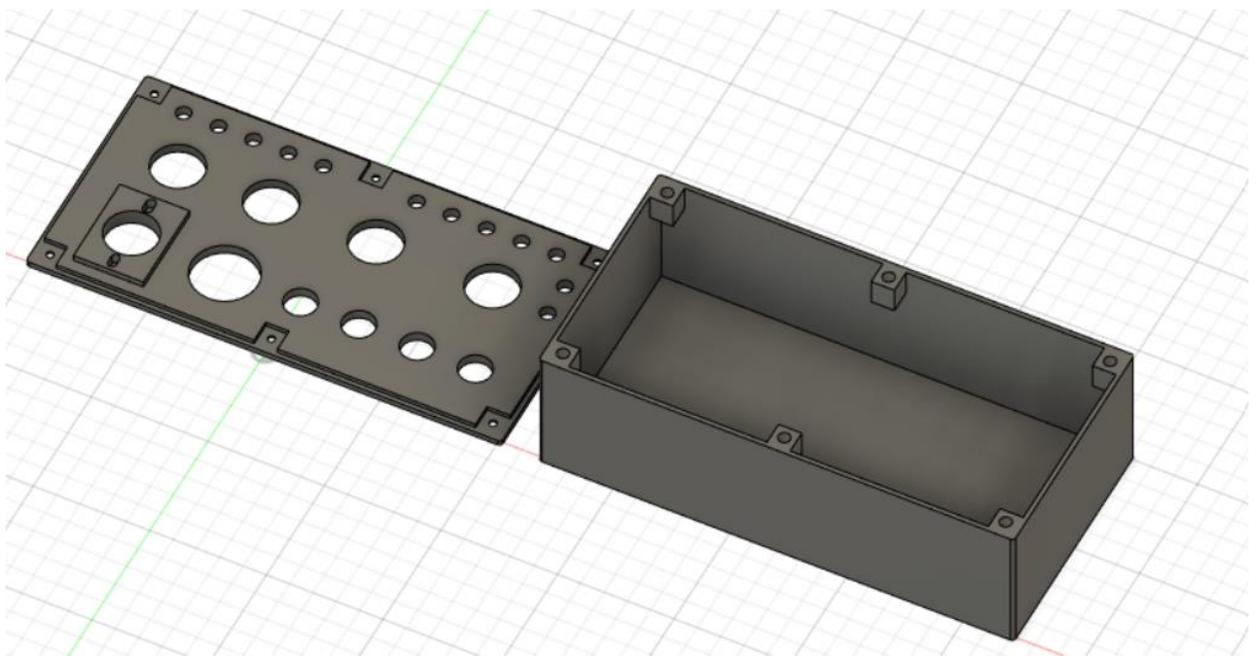


Figura 37. Modelo de carcasa para HMI

Fuente: Autor

2.3.3 Circuito para accionamiento de motores trifásicos

El Laboratorio de electrotecnia cuenta con 2 motores trifásicos de 0.55Kw los cuales se espera los alumnos puedan utilizarlos en las prácticas de laboratorio, sin embargo, las salidas digitales del módulo didáctico son de 24VDC.

Esto imposibilita el accionamiento de estos motores de forma directa por parte del PLC por lo que se requiere un circuito que actúe de controlador entre el PLC y el motor trifásico. El diagrama de bloques del circuito propuesto se presenta a continuación:

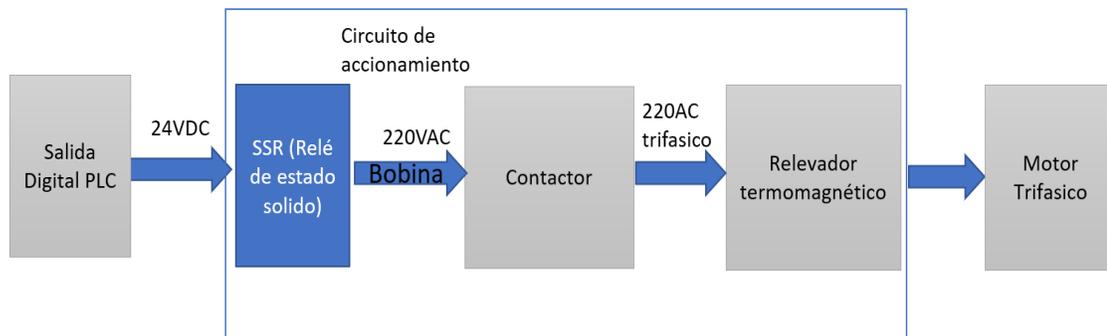


Figura 38. Diagrama de circuito para accionamiento de motores trifásicos

Fuente: Autor

El circuito de accionamiento está conformado por tres elementos principales un contactor, un relé de estado sólido y un relevador termomagnético. El contactor que actuara de interruptor entre el sistema de alimentación trifásico del laboratorio de 220VAC y el motor. El contactor utilizado es un contactor Siemens 3RT1036-1AN20 que ha sido proporcionado por el laboratorio de electrotecnia.



Figura 39. Contactor Siemens 3RT1036-1AN20

Las especificaciones técnicas del contactor se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2 Especificaciones técnicas Contactor

Descripción	especificación	Observaciones
Número de polos para circuito principal	3	-
Grado de protección IP	IP-20 Frontal IP-00 Bornes de conexiones	
Tensión máxima admitida para separación de protección	400 V	
Vida útil mecánica	10 000 000	
Intensidad de empleo	60A, 50A, 24 A	60A con AC-1 con 400V 50A con AC-3 con 400V 24A con AC-3 con 690V
Potencia de empleo	15KW,22KW,30KW, 22KW	con AC-3 230V valor asignado 15kW 400V valor asignado 22kW 500V valor asignado 30kW 690V valor asignado 22kW
Tipo de corriente de la alimentación de tensión de mando	Corriente Alterna	
Tensión de alimentación del circuito de mando con AC	220V	

Sin embargo, como se puede observar en las especificaciones de la tabla 2, el voltaje necesario para excitar la bobina del contactor es de 220VAC. Por lo que es necesario utilizar un relé. Dado que el propósito de este circuito es para fines académico será usado de forma recurrente por esta razón se ha seleccionado un relé de estado sólido. Un relé de estado sólido en su interior está conformado por circuitos optoelectrónicos y un dispositivo semiconductor (TRIAC) por ende el desgaste es mucho menor que los relés mecánicos además de poseer una velocidad de conmutación superior.

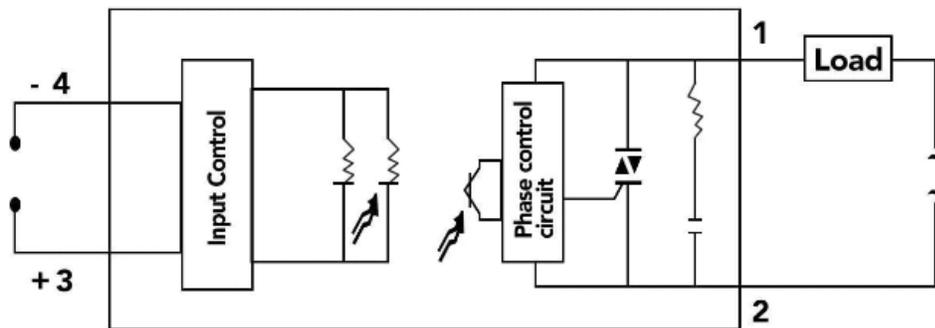


Figura 40. Estructura interna de relé de estado sólido

El relé seleccionado para el circuito de acondicionamiento es SSR-40DA el cual posee las siguientes especificaciones:

- Voltaje de entrada: 3 – 32 VDC
- Voltaje de salida: 24 – 380 VAC
- Corriente de salida: 40 A



Figura 41. Relé SSR-40DA

Se agrega al circuito de accionamiento un relevador térmico para proporcionar protección ante sobre corriente al motor trifásico, esto debido a que el contactor por sí mismo no brinda ninguna forma de protección. El relevador térmico utilizado es modelo ABB TF-42 que ha sido proporcionado por el laboratorio de electrotecnia. El cual posee las siguientes especificaciones:

- 3 polos
- Rango de ajuste: 16A-20A
- Voltaje máximo de operación 690VAC



Figura 42. Relevador térmico ABB TF-42

Por último, los relés de estados solidos necesitan de un soporte que permita que estos puedan montarse en los rieles DIN. Por lo que se modeló en 3D dicha estructura la cual consta de dos partes. Una base a la que se sujetaran los relés a los rieles din y una tapa que contendrá las borneras de conexión para la conexión con los demás dispositivos. Las piezas de la estructura serán implementadas haciendo uso de impresión 3D.



Figura 43 Modelo de carcasa para SSR. Fuente: Autor

2.3.4 Modulo de pesaje

Una de las variables más importantes en distintos procesos industriales es el peso, por tanto, es de suma importancia para el estudiante la familiarización con esta variable y como realizar la adquisición y procesamiento de esta. Considerando que el módulo didáctico cuenta con entradas del tipo analógicas y su rango de operación es de -10V a 10V o 0V a 10V. Se ha diseñado el siguiente módulo para que la medición de peso pueda ser integrada a las prácticas de laboratorio realizadas por los estudiantes.

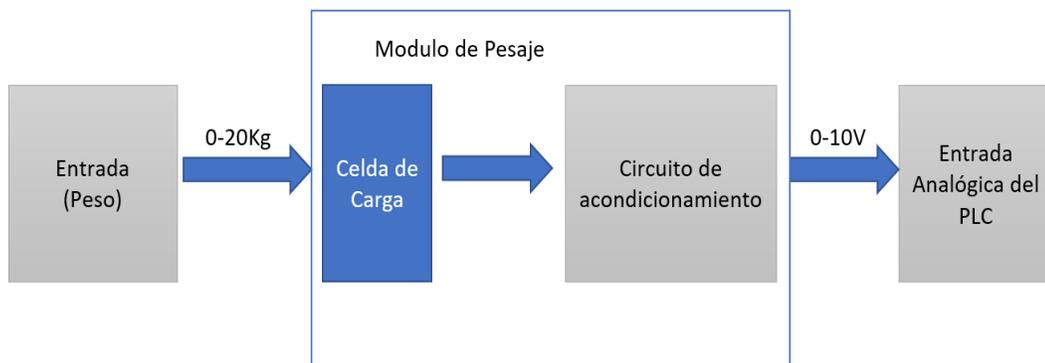


Figura 44. Diagrama de bloques para módulo de pesaje

Fuente: Autor

El circuito del módulo está conformado por dos elementos, como transductor una celda de carga que se encargará de transformar el peso a una señal eléctrica y un circuito de acondicionamiento que permita ajustar la señal proveniente de la celda de carga a un rango de operación adecuado para ser leído por el PLC.

La celda de carga seleccionada es una celda de flexión de viga que está basada en galgas extensiométricas su principio de operación es el puente de Wheatstone. En su interior consta de cuatro elementos resistivos, que, al colocar un peso sobre ellos, este se desbalancea y produce una salida en milivoltios correspondiente al peso. Las especificaciones de la celda de carga seleccionada son los siguientes:

- Rango de operación: 0Kg-20Kg
- Voltaje de operación: 5-10V
- Salida nominal: $2.0\pm$

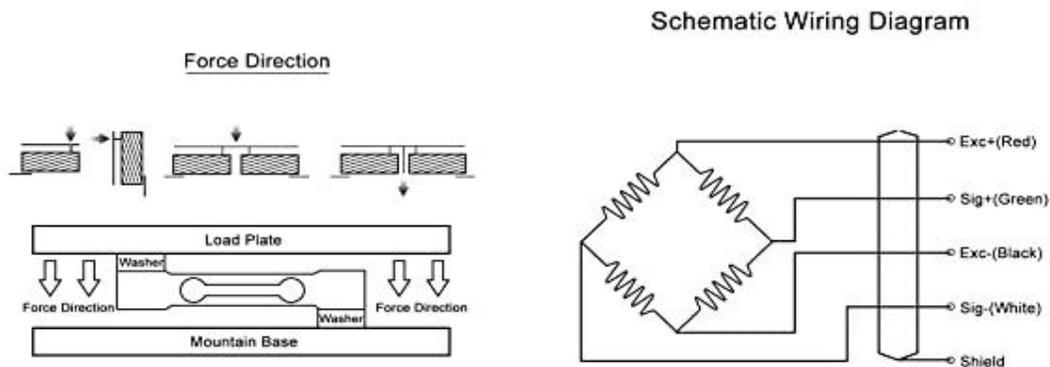


Figura 45. Celda de carga de flexión de viga y circuito interno

Como se mencionó con anterioridad la salida de la celda de carga es en rango de los milivoltios por lo cual variaciones pequeñas serán imperceptibles para el conversor analógico digital del PLC. Por lo cual es necesario realizar un proceso de amplificación para ajustar de la salida de la celda de carga al rango de operación del ADC es decir de 0-10V.

Para esta tarea se ha optado por el uso de un transmisor para celda de cargas. Este dispositivo proporciona voltaje de excitación para la celda. Amplifica la señal diferencial proveniente de la celda y la convierte a diferentes rangos de operación convencionales en la industria. Además, el amplificador es de ganancia ajustable lo que permite la calibración del transmisor para que pueda operar con celdas de distintas capacidades garantizando obtener escala completa y evitando threshold.

El transmisor para celda de carga seleccionado es JY-S60 el cual posee las siguientes especificaciones:

Tabla 3. Especificaciones transmisor JY-S60

Voltaje de operación	24VDC
Señal de salida	0-5v o 0-10v a 4-20mA
Señal de entrada	2.0mV/V 1.5mV/V 1.0mV/V
Temperatura de operación	-20 a 80 °C
configuración de salidas	DIP SWITCH 1: OFF 2: ON VO:0-5V 1: ON 2: ON VO: 0-10V 1: OFF 2: OFF IO:4-20mA VO: GND

Definición de interfaz de entrada	S+: Señal+ S-: Señal – E+: Excitación+ GND: Excitación – GNDD: GND shield
Definición de interfaz de salida	24VDC: Alimentación+ GND: Alimentación- IO: Corriente de Salida VO: Voltaje de Salida GNDD: GND shield



Figura 46. Transmisor de celda de carga JY-60

Por último, la celda de carga necesita un soporte que permita su deformación y de esta manera realizar el pesaje de elemento deseado. Por lo que se modelo en 3D dicha estructura la cual consta de dos partes. Una base a la que se sujeta la celda de carga en un extremo y un plato que será el contenedor del elemento a pesar. El plato se sujetará al otro extremo de la celda de carga. Las piezas de la estructura serán implementadas haciendo uso de impresión 3D.

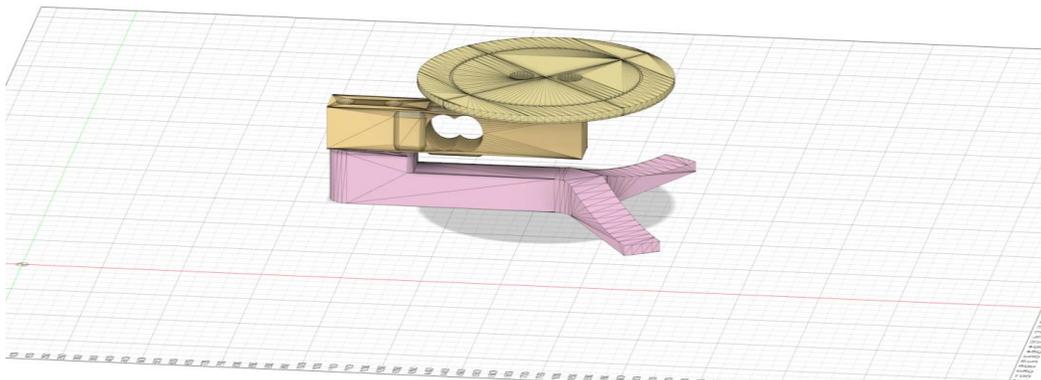


Figura 47. Simulación de la estructura diseñada con la celda de carga. Fuente: Autor

2.3.5 Banda transportadora

Uno de los aspectos más importantes es que los estudiantes se familiaricen con las de líneas de producción automatizadas. Razón por la cual se ha optado por la realización de una banda transportadora a escala. La cual permitirá simular procesos industriales simples en conjunto con el módulo didáctico y los demás módulos desarrollados en este trabajo monográfico. El diagrama de bloques de la banda transportadora es el siguiente:

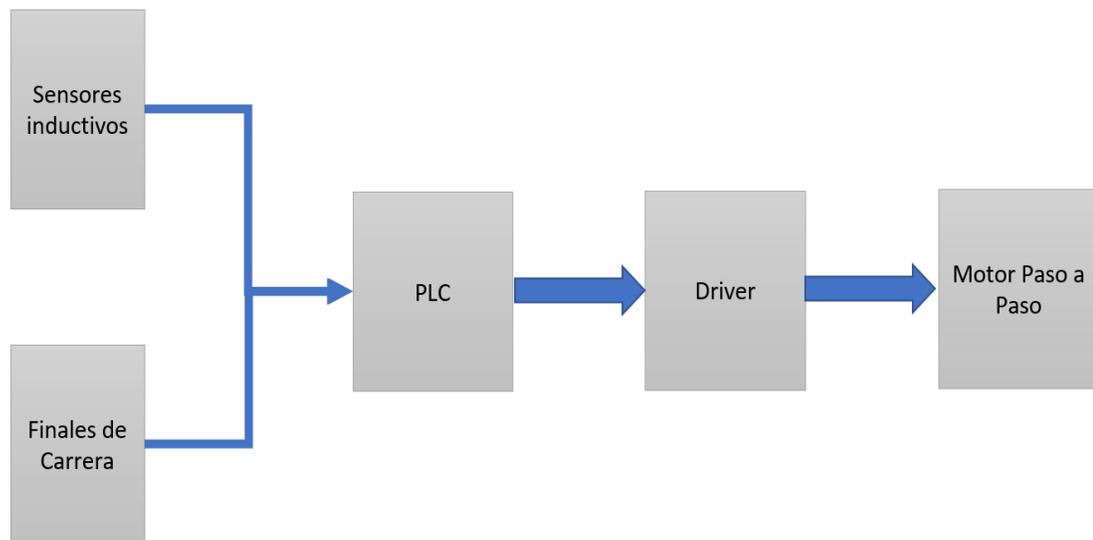


Figura 48. Diagrama de bloques para banda transportadora
Fuente: Autor

La banda transportadora se puede dividir en dos segmentos, dispositivos de entradas y dispositivos de salida. Los cuales se conectan al PLC del módulo didáctico que será la unidad central de procesamiento.

Dispositivos de entradas:

Sensor inductivo: La banda transportadora constara con 3 sensores de presencia inductivos con la función de detectar la presencia de un objeto metálico en las distintas posiciones de la bandeja de la banda transportadora. El modelo de sensor inductivo seleccionado es PLX12-04N el cual posee las siguientes especificaciones:

- Rango de sensado: 12mm
- Voltaje de alimentación: 10-30VDC

- Tipo de salida: PNP
- Configuración: Normalmente abierto
- Protección: IP67



Figura 49. Sensor inductivo PLX12-04N

Final de Carrera: Se han utilizado dos interruptores finales de carrera a los extremos de la banda para indicar que la bandeja ha llegado al final de su recorrido y con esto indicar que se debe apagar el motor paso a paso, evitando con esto daños en la misma por causa de sobregiro del motor. La configuración de los interruptores seleccionados es normalmente abierta.

Dispositivos de salidas:

Motor paso a paso: El actuador principal de este sistema, es un motor paso a paso, se ha seleccionado esta opción debido a las dimensiones de la banda transportadora se necesitaba de tener un mayor control y precisión en la posición y giro del motor. El modelo de motor paso a paso seleccionado es NEMA 17 el cual destaca por su precisión debido a que el Angulo de paso es de 1.8° grados es decir 200 pasos por revolución. Las especificaciones del motor nema 17 están resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 4 Especificaciones motor NEMA 17

Tipo	Bipolar
Peso	350 gramos
Señal de entrada	2.0mV/V 1.5mV/V 1.0mV/V
Dimensiones	42.3x48mm sin eje
Angulo de paso	1.8° grados

Corriente	1.2A por bobinado
Voltaje de alimentación	4 VDC
Torque	3.2 kg/cm
Resistencia	3.3 ohm por bobina



Figura 50. Motor paso a paso Nema 17

Controlador de motor paso a paso:

La corriente consumida por cada bobina del motor paso a paso seleccionado es de 1.2A en cada embobinado, esto imposibilita el accionamiento de estos motores de forma directa por parte del PLC. Adicional el control del motor paso a paso introduciría una carga computacional bastante alta al PLC y sería muy complejo de programar para los estudiantes. Es por esto que se optó por tener un controlador dedicado que se encargue de alimentar el motor paso a paso y controlar los pasos de este.

El controlador seleccionado es TB6600 el cual es controlador profesional para motores paso a paso bipolares. El TB6600 soporta una gran variedad de voltajes de entrada de 9 a 42V DC. Es capaz de proporcionar hasta 3.5A de corriente de forma continuada y 4A de pico por cortos periodos de tiempo. De esta forma puede controlar una gran variedad de motores.

El controlador soporta el control de dirección y de paso como en todos los controladores de este tipo. También puede configurarse para micro pasos mediante micro interruptores incluidos. Además de 8 posiciones para el ajuste de

corriente: 0.5A, 1A, 1.5A, 2A, 2.5A, 2.8A, 3.0A y 3.5A. Todas las señales están protegidas internamente mediante optoacopladores de alta velocidad para evitar interferencias y mejorar el aislamiento del circuito de control.

Las especificaciones del TB6600 están resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 5 Especificaciones controlador TB6600

Corriente de entrada	0 a 5 A
Salida de corriente	0.5 a 4 A (ajustable)
Señales de control	3.3V a 24V
Potencia máxima	160W
Micro pasos	1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32
Corriente	1.2A por bobinado



Figura 51. Controlador de motor paso a paso TB6600

La estructura esta de la banda transportadora está conformada por una base de madera de la siguiente dimensión 50cm de largo, 10cm de ancho, 2.5cm de grosor. La parte mecánica que garantizará el movimiento de la plataforma está constituida por los siguientes elementos:

- 2 rodamientos 608
- 2 varillas lisas 8mm 50cm
- 1 varilla roscada 5/16 50cm

Por último, se necesita de soportes para fijar los sensores inductivos, finales de carrera y el motor paso a paso. Tanto los soportes como la plataforma de la banda

transportadora se modelaron en 3D haciendo uso del programa fusión 360. Las piezas de la estructura serán implementadas haciendo uso de impresión 3D.

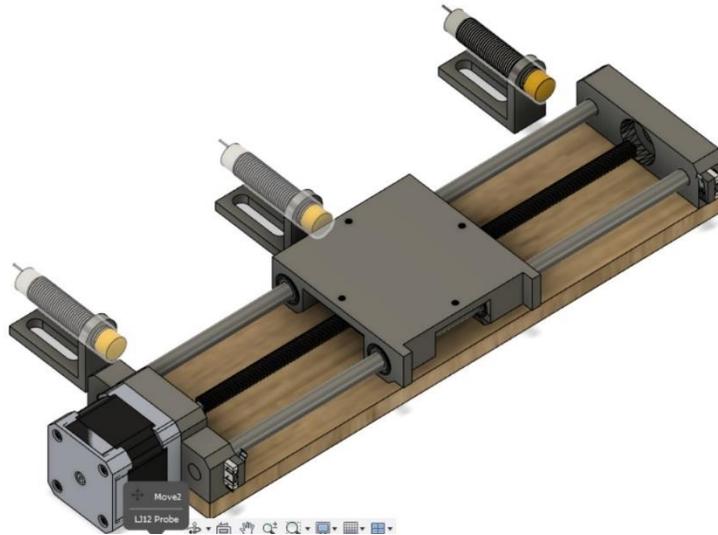


Figura 52. Simulación de banda transportadora
Fuente: Autor

2.4 Desarrollo guías de laboratorio

El siguiente objetivo de este trabajo monográfico consistió en la elaboración de un conjunto de guías de laboratorio que permita a los estudiantes sacar el máximo provecho al módulo didáctico que se ha rehabilitado, aplicar lo explicado en el manual de usuario además de utilizar los demás periféricos desarrollados en este trabajo monográfico.

2.4.1 Directrices de desarrollo

Las guías de laboratorio tienen como objetivo ayudar a afianzar los contenidos teóricos obtenidos en las aulas de clase y solventar dudas al respecto. Permitiendo a los estudiantes lograr un aprendizaje significativo en el área de la automatización industrial. Por lo que se determinó el siguiente conjunto de directrices a seguir para el desarrollo de cada guía de laboratorio.

- Las guías deben estar diseñadas para conducir a la comprensión activa de los estudiantes, esto incluye la necesidad del análisis, la representación y la reordenación de los contenidos de los ejercicios que las guías

contendrán para transmitirlos de manera adecuada, fiable y organizada por parte de los estudiantes.

- Cada guía debe contar con una documentación adjunta relacionada al contenido a desarrollar en la práctica. De forma que sirva de base teórica al estudiante para solventar las dudas relacionadas a la temática. Dicha documentación debe ser estudiada por los estudiantes previa a la realización de la práctica.
- Las guías de laboratorio deben ser elaborada siguiendo las estructura y recomendaciones brindadas por la Agencia Centroamericana de Acreditación (ACAAI)
- Al finalizar cada practica el docente debe aplicar una evaluación cuantitativa y cualitativa que permita determinar el nivel de aprendizaje significativo adquirido por los estudiantes para el contenido brindado en la práctica.

2.4.2 Contenido a desarrollar en las guías

El contenido a abordar en las guías desarrolladas se ha determinado en base a los planes académicos de las asignaturas de automatización y control que son impartidas en la carrera de ingeniería mecánica, además de la experiencia actual de los docentes, encargados de laboratorio y estudiantes en dicha área.

En las entrevistas y encuestas realizadas se ha identificado tanto los estudiantes y docentes no se encuentran familiarizados con los controladores lógicos programables, carecen de conocimientos de programación, únicamente en prácticas de laboratorio se ha abordado técnicas de medición y arranque de motores basado en lógicas de contactos.

Por lo expuesto en el párrafo anterior el contenido a desarrollar debe instruir a los estudiantes desde los fundamentos de esta tecnología, introducir los principios de programación y servir de transición de la lógica cableada a los controladores lógicos programables.

Para poder abordar el contenido mencionado con anterioridad se realizó el desarrollo de 5 guías de laboratorio cuyo contenido y objetivos se describen a continuación. Las guías elaboradas se encuentran en el anexo C:

Laboratorio 1: Basado en la información obtenida acerca de la poca experiencia de los estudiantes y docentes con las tecnologías relacionadas a los controladores lógicos programables, se plantea una guía introductoria que ayude al estudiante a familiarizarse con este tipo de tecnología e introducir a la programación en lógica Ladder.

Los objetivos para abordar en esta práctica de laboratorio son los siguientes:

- Explicar al estudiante las características del módulo didáctico basado en tecnología PLC
- Enseñar las generalidades de la programación tipo Ladder.
- Realizar simulaciones para la verificación del correcto funcionamiento de los programas escritos en lenguaje Ladder.
- Mostrar el proceso de programación del módulo didáctico.



Figura 53. Diagrama de bloques laboratorio #1

Fuente: Autor

Laboratorio 2:

Una vez los estudiantes se han familiarizado tanto con el módulo didáctico y el lenguaje Ladder. Se estudiará acerca de las operaciones fundamentales para la programación de PLC como son las funciones binarias y funciones especiales como temporización y conteo de eventos. Para la implementación de estas operaciones se hará uso las entradas y salidas del módulo didáctico además de luces pilotos, pulsadores y contactores.

Los objetivos para abordar en esta práctica de laboratorio son los siguientes:

- Familiarizarse con los elementos que posee el módulo didáctico.
- Aplicar los conocimientos de programación en los lenguajes KOP en la implementación de operaciones con bits.
- Implementar operaciones de temporización y de contaje en lenguaje KOP mediante el software SIMATIC STEP 7

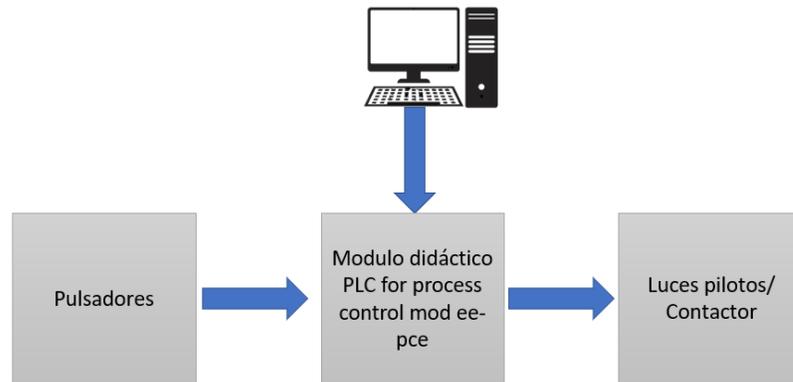


Figura 54. Diagrama de bloques laboratorio #2

Fuente: Autor

Laboratorio 3:

Esta práctica se abordarán los sistemas secuenciales que son procesos complejos cuya salida no depende únicamente de la entrada, sino también de su estado actual. Estos procesos se caracterizan por seguir una serie de actividades u operaciones siguiendo una determinada secuencia. Por lo que se introducirá al estudiante el concepto de grafcet para la representación de estos sistemas. Para la simulación de estos procesos se utilizará el software JGrafchart y su programación para el módulo didáctico utilizando Step-7.

Los objetivos para abordar en esta práctica de laboratorio son los siguientes:

- Describir los elementos básicos del GRAFCET.
- Aplicar el GRAFCET en el diseño de sistemas secuenciales
- Implementar diseño de sistemas secuenciales en GRAFCET utilizando lenguaje Ladder

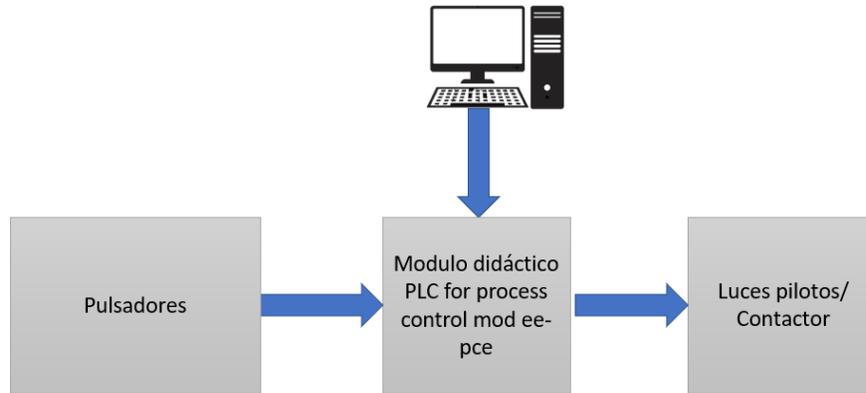


Figura 55. Diagrama de bloques laboratorio #3

Fuente: Autor

Laboratorio 4:

Se espera que los estudiantes hallan logrado asimilar y profundizar el contenido acerca de las operaciones binarias por lo que en esta guía se introduce al estudiante los fundamentos de señales y operaciones analógicas tanto para las variables de voltaje y corriente. Para la implementación de estas operaciones se hará uso las entradas y salidas analógicas del módulo didáctico, así como el simulador de entrada analógica ya incorporado. Además, se utilizarán componentes como luces pilotos, pulsadores, módulo de pesaje elaborado por los autores.

- Los objetivos para abordar en esta práctica de laboratorio son los siguientes:
- Conocer cómo se realizan operación valores analógicos en el PLC y su diferencia con las operaciones binarias.
- Adquirir conocimientos de captura y generación de entradas y salidas analógicas respectivamente.
- Utilizar las instrucciones de escalado y normalización para las variables analógicas.
- Controlar dispositivos que respondan a señales continuas de voltaje o corriente

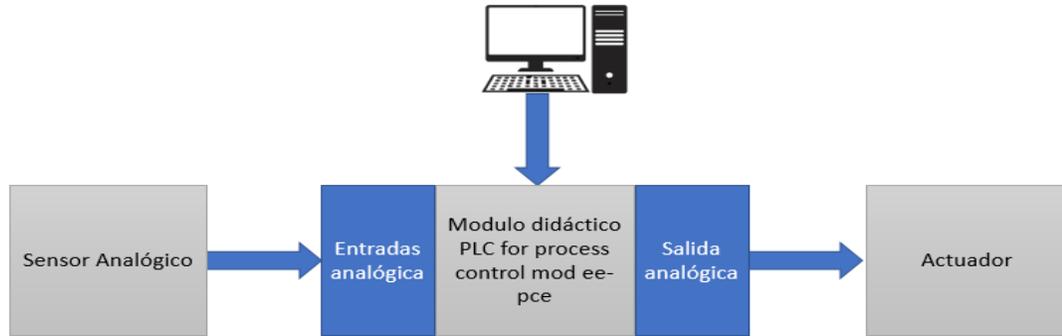


Figura 56. Diagrama de bloques laboratorio #4

Fuente: Autor

Laboratorio 5: En este laboratorio se propone que los estudiantes pongan en práctica todo lo aprendido en los laboratorios pasados por tanto se asignara que se realice la automatización de una banda transportadora utilizando el módulo adicional elaborado por los autores de este trabajo monográfico, que cuente con capacidad de arranque directo e inversión de giro, hagan uso de botones y sensores para el control de esta.

Los objetivos para abordar en esta práctica de laboratorio son los siguientes:

- Integrar el uso de sensores en diferentes procesos industriales
- Entender el uso sensores de 3 hilos basado en transistores PNP y NPN.
- Estudiar el comportamiento de técnicas de control como PWM.
- Implementar el control de motores paso a paso a través de PWM mediante el software SIMATIC STEP 7.

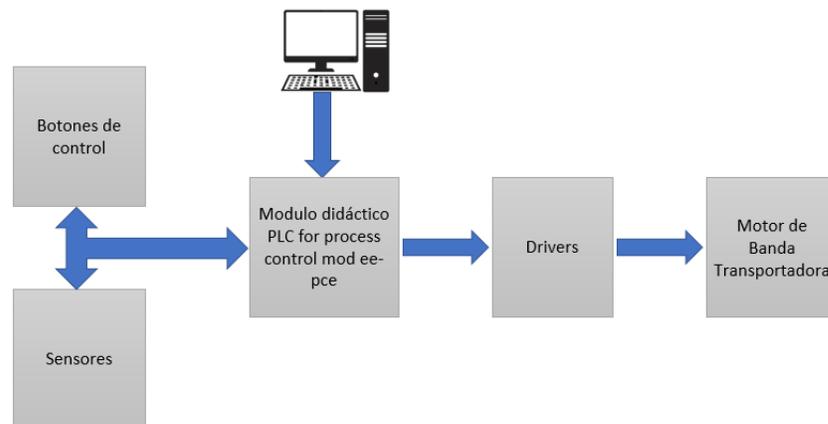


Figura 57. Diagrama de bloques laboratorio #5

Fuente: Autor

3. Etapa de implementación

En esta sección se explica el proceso de implementación de los circuitos diseñados en el apartado anterior, y se muestra el resultado obtenido de este junto con las implementaciones realizadas para la validación de los objetivos de este trabajo monográfico.

3.1 Implementación de los periféricos

3.1.1 Panel central de entradas y salidas digitales (HMI)

Para la implementación del panel de entradas y salidas digitales. Se diseñó una carcasa utilizando el software de diseño Fusión 360, el cual es un software de modelado 3D que destaca en que puede ser utilizado por principiantes dado su interfaz fácil e intuitiva, además de brindar un formato de salida compatible con software de impresión 3D.

La implementación de la carcasa se realizó utilizando impresión 3D, el material para la impresión fue ABS también llamado plástico de ingeniería pues características como su dureza que lo hace resistente a los impactos, la capacidad de resistir diferentes tipos de químicos evitando su degradación, además de una gran resistencia a temperaturas extremas, lo hacen un material ideal para aplicaciones industriales y condiciones de intemperie.



Figura 58. Conexión de componentes

Para la conexión de los dispositivos en el panel se ha utilizado cable AWG#20, también conocido como cable control, Se ha utilizado manguera térmica para proteger los puntos de soldadura y como aislante.



Figura 59. Panel de entradas salidas implementado

3.1.2 Circuito para accionamiento de motores trifásicos

Para la implementación se utilizó como base un panel perforado de dimensiones 60 cm x 60 cm. proporcionado por el laboratorio de electrotecnia. Para sujetar los diferentes dispositivos del circuito de accionamiento se utilizó riel DIN perforado que se sujetó al panel perforado con pernos hexagonales de ¼”.

Para el cableado se utilizaron dos calibres de cable, AWG #20 (cable control) para el accionamiento de los contactores. Sin embargo, debido a la corriente pico que pueden alcanzar los motores, el cableado del circuito de fuerza por donde pasara la carga principal se ha utilizado AWG#12, para evitar daños por sobre corriente. También se han utilizado borneras modulares de conexión para una mejor organización de los cables.

Debido a que el SSR no tiene forma de sujetarse al riel din, este se ha encapsulado en una carcasa impresa con técnica de impresión 3D, que, si posee una pieza de sujeción para el riel, además en esta carcasa se han agregado borneras de 2mm de diámetro para facilitar la conexión con el PLC.

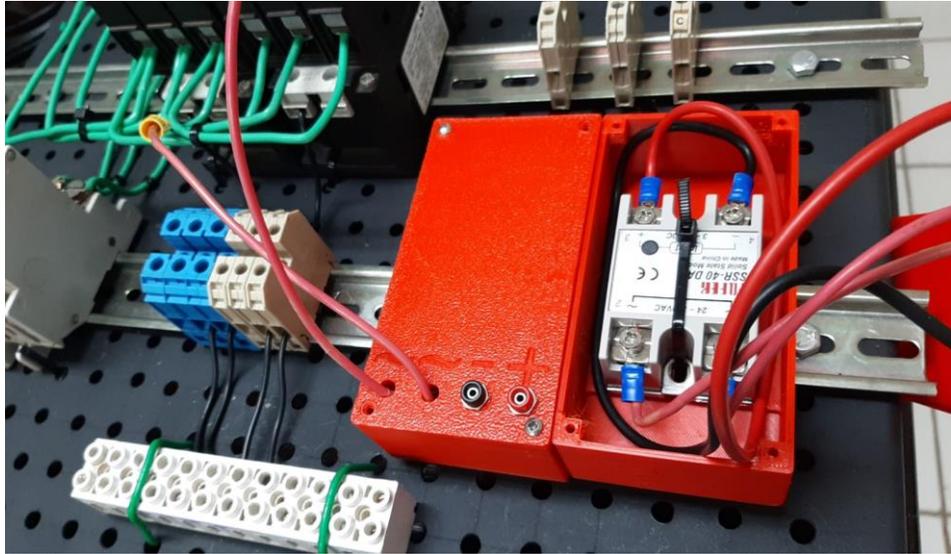


Figura 60. Relés de estado sólido instalados

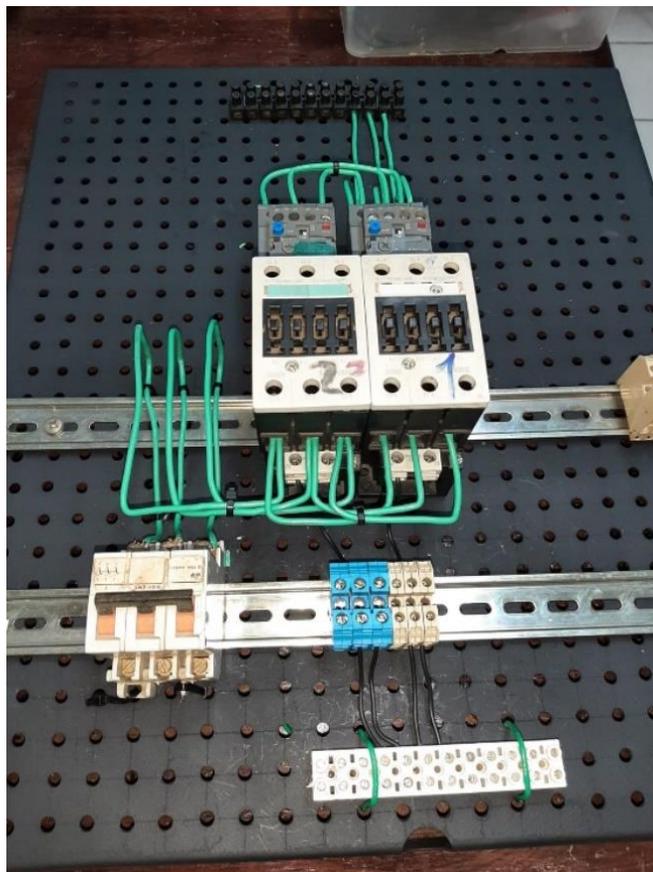


Figura 61. Circuito de accionamiento implementado

3.1.3 Modulo de Pesaje

Se diseñó una carcasa para la conexión de los distintos dispositivos que la componen el módulo de pesaje (Celda de carga, transmisor JY-60) con el PLC. Todas las piezas de la carcasa y la basculas fueron realizadas utilizando impresión 3D.



Figura 62. Implementación de módulo de pesaje

La calibración de la celda de carga se realizó ajustando el transmisor JY-60, seleccionando el rango de salida de 0-10V coincidiendo con el rango de operación del ADC integrado en el PLC. Además, se ajustaron los potenciómetros de ajuste en cero para eliminar el voltaje de salida producido por el peso de la estructura de la báscula y la salida sea cero cuando no exista carga y el potenciómetro de ajuste de ganancia del amplificador para emplear todo el rango de voltaje de salida y evitando que exista recorte en la señal por saturación.

3.1.4 Banda transportadora.

Para la implementación de la banda transportadora. Se diseñó una carcasa para el controlador TB6600 que también sirve de panel para la conexión de los distintos dispositivos que la componen (sensores inductivos, final de carrera, motor paso a paso) con el PLC. Tanto la carcasa como las demás piezas de la banda transportadora fueron implementados usando impresión 3D.

Debido a que los sensores inductivos seleccionados son basados en transistores NPN y la conexión interna del terminal común de los puertos de entradas digitales del PLC es a GND es decir solo soporta sensores basados en

transistores PNP, se agregó una resistencia de 2.2K Ω en configuración pull-up, entre los pines BR Y BK de los sensores inductivos para resolver este problema de compatibilidad. Por último, la banda transportadora, sensores y panel fueron fijados a una base de madera con dimensiones de 60cmx30cm.

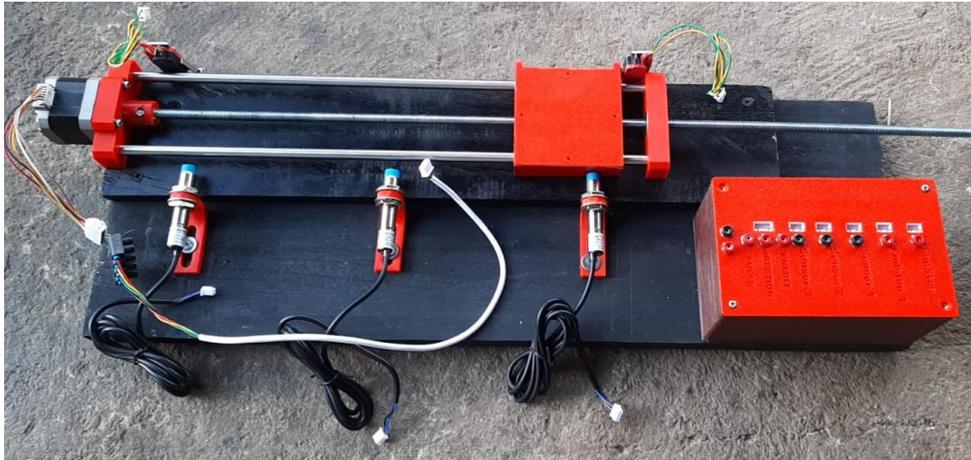


Figura 63. Implementación de banda transportadora



Figura 64. Dispositivos implementados y conectados al PLC

3.2 Implementación de las guías de laboratorio

3.2.1 Implementación en el laboratorio de electrotecnia

Para la validar el correcto funcionamiento de los dispositivos desarrollados y los alcances guías elaboradas. Lo autores de este trabajo monográfico realizaron cada una de las guías en las instalaciones del laboratorio de electrotecnia. Para cada guía se resolvió el trabajo previo y los ejercicios correspondiente.

Realizando de forma adicional la simulación correspondiente utilizando PLC-SIM para luego su implementación en el módulo didáctico. El tiempo de duración para la realización de cada guía fue el siguiente:

- **Guía #1:30 minutos**
- **Guía #2:35 minutos**
- **Guía #3:45 minutos**
- **Guía #4 60 minutos**
- **Guía #5 40 minutos**

Lo cual está por debajo de las 2 horas de duración establecido por cada guía, por lo cual los alcances y objetivos propuesto en cada guía pueden ser completados satisfactoriamente en el tiempo establecido. Además, con la implementación de las guías se pudo comprobar el correcto funcionamiento de cada dispositivo desarrollado y que cumplen con los requerimientos solicitados para cada guía.

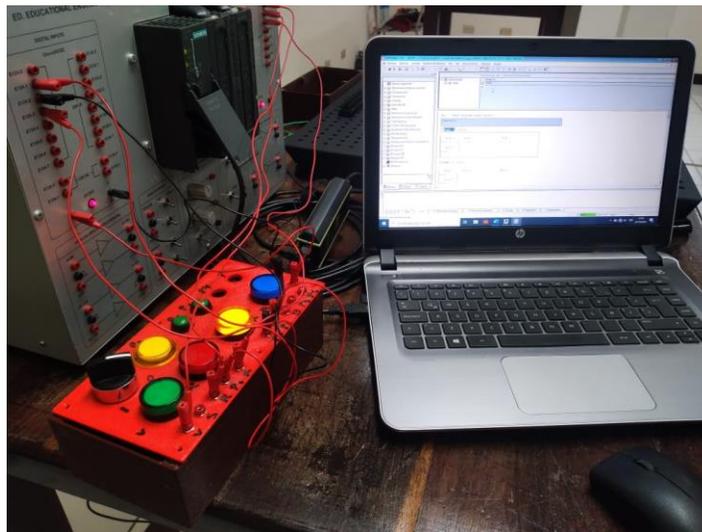


Figura 65. Implementación de guía 1 en laboratorio de electrotecnia

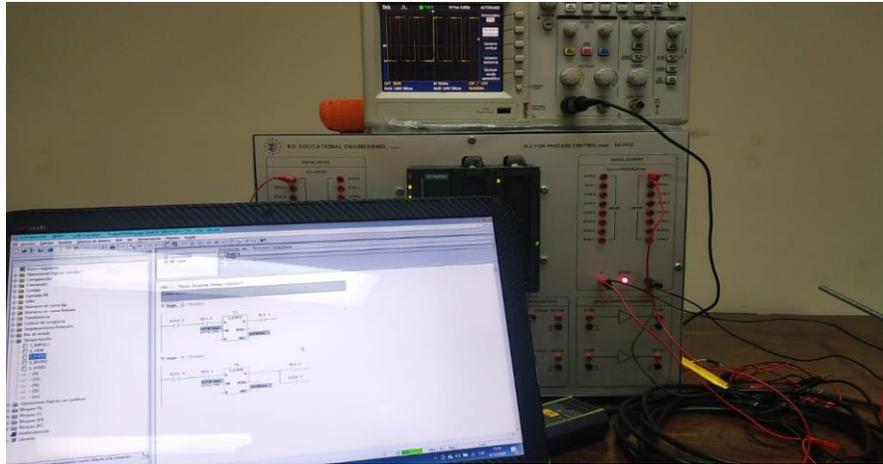


Figura 66. Implementación de guía #5

3.2.2 Implementación con docentes y estudiantes de ingeniería mecánica

Para garantizar la correcta implementación de las guías de laboratorio y el uso adecuado del módulo didáctico y los dispositivos complementarios desarrollados en este trabajo monográfico. Se realizó una capacitación a los docentes del departamento de energética, técnicos de laboratorios y estudiantes. El curso fue realizado con el apoyo del programa de extensión y mejora continua de la facultad de tecnología de la industria. El curso constó de un total de 15 sesiones para un total de 30 horas de capacitación.

Este curso permitirá a los docentes integrar estos conocimientos en la mejora curricular de la asignatura de sistemas de control automática contribuyendo así al aprendizaje significativo de los estudiantes de ingeniería mecánica.

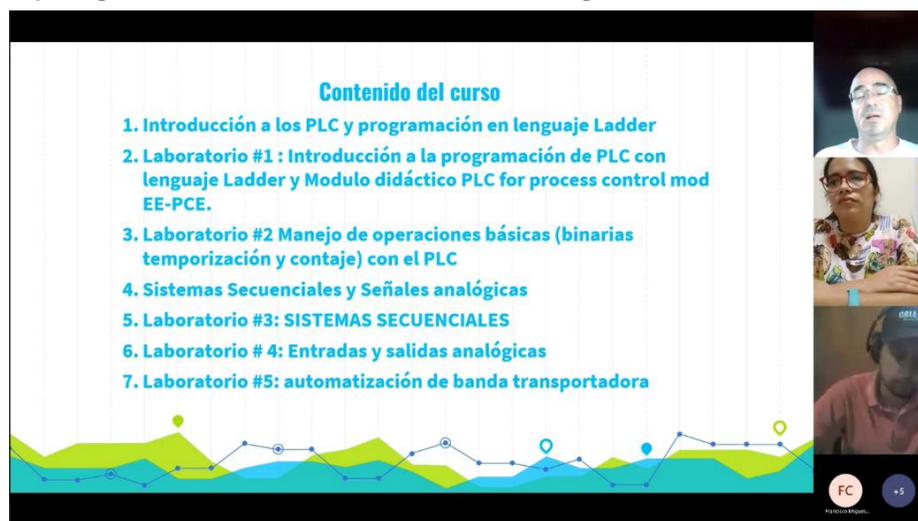


Figura 67. Conferencia virtual introductoria a capacitación para docentes de ingeniería mecánica



Figura 68. Implementación con los docentes de ingeniería mecánica

4. Evaluación de desempeño

Para validar el nivel de aprendizaje significativo obtenido y metodología empleadas en las guías de laboratorio. Se evalúa el desempeño de los docentes y estudiantes en cada guía de laboratorio de forma cuantitativa y cualitativa. Los formatos de evaluación y evaluaciones realizadas se pueden encontrar en los anexos D y E. Adicional para conocer la opinión de los docentes que realizaron estas prácticas de laboratorio. Se llevo a cabo una encuesta de satisfacción recibir retroalimentación por parte de ellos y conocer si han llenado las expectativas.

4.1 Evaluación cuantitativa

Los resultados de las evaluaciones cuantitativa obtenido fueron procesado a través del uso de la estadística, se calculó la calificación promedio obtenida por cada estudiante en los 5 laboratorios. En la figura número 69 se puede observar el grafico con los resultados de dichos cálculos, la calificación promedio más alta fue de 94 puntos y la menor de 74 en una escala de 0 a 100 puntos. Por lo que la mayoría de los estudiantes tuvo una calificación satisfactoria en cada uno de los laboratorios. La tabla con los resultados de cada evaluación y los cálculos de promedio se pueden observar en el anexo E.2

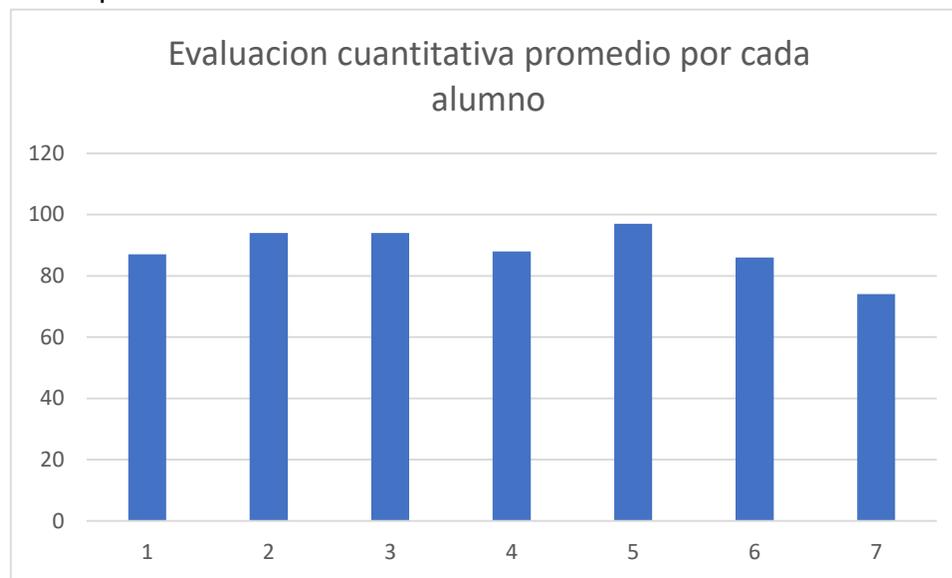


Figura 69. Gráfico calificación promedio por cada alumno

Adicional se calculó la calificación promedio obtenida por cada uno de los laboratorios donde se puede observar en la figura 70 que en el laboratorio que se obtuvo el mejor desempeño fue el laboratorio #2 con un total de 92 puntos en promedio mientras que el laboratorio # 4 obtuvo el menor promedio con 85 puntos. Sin embargo, todos los resultados se consideran satisfactorios por encontrarse por encima del 4to cuartil en de una escala de 0 a 100.

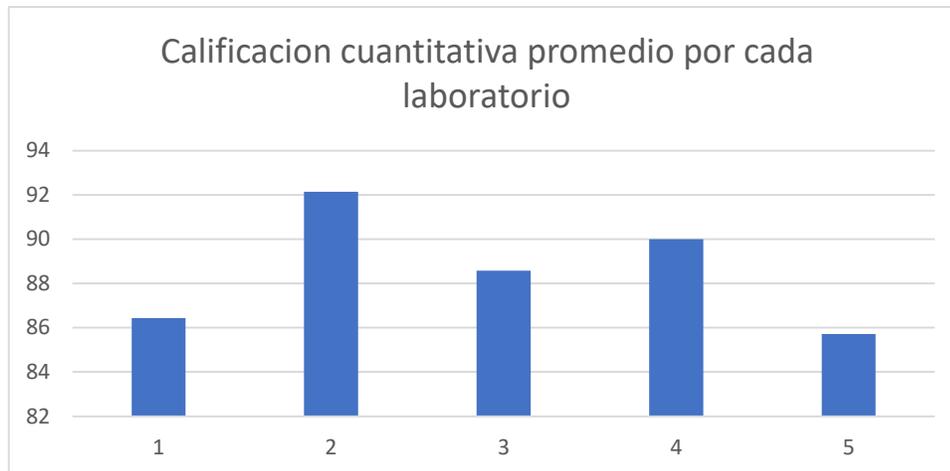


Figura 70. Gráfico de calificación promedio por cada laboratorio

4.2 Evaluación cualitativa

La evaluación cualitativa se basó en evaluar el desempeño de los estudiantes basado en una escala nominal, evaluando un total de 15 parámetros a los cuales se le podía asignar solo 4 valores, “Regular”, “Bueno”, “Muy Bueno”, y “Excelente”. Utilizando el cálculo de la moda por ser la única medida de tendencia central aplicado a variables nominales se calculó el desempeño cualitativo obtenido por cada estudiante en cada laboratorio y se calcularon los porcentajes para cada valor cualitativo a como se observa en el gráfico de la figura 71. La tabla completa con todas las evaluaciones cuantitativas realizadas se puede observar en el anexo

E.1

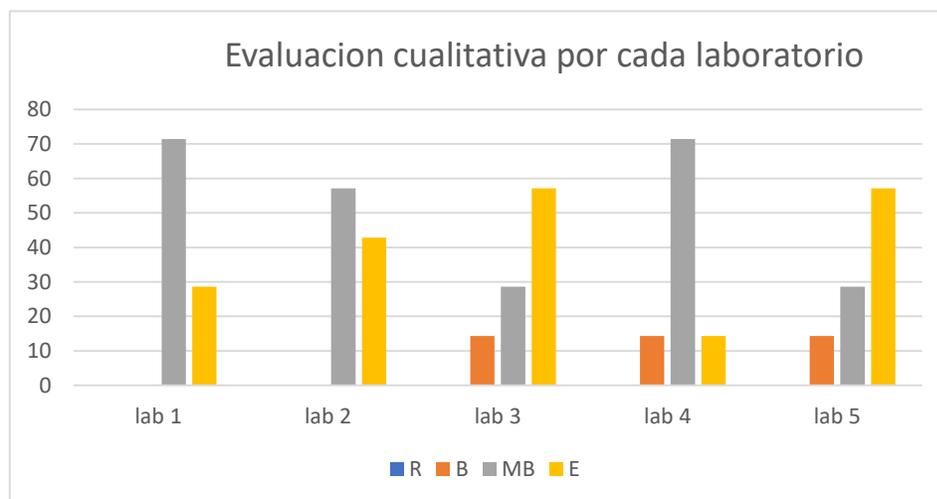


Figura 71. Gráfico de evaluación cualitativa por cada laboratorio

El grafico refleja que la mayoría de los estudiantes tuvo un desempeño cualitativo “Muy Bueno” en los laboratorios 1,2 y 4. Mientras que en los laboratorios 3 y 5 la mayoría de los estudiantes tuvieron un desempeño “Excelente”.

Así mismo se calculó el porcentaje de cada uno de los valores cualitativos por cada uno de los 15 parámetros evaluados. En donde se puede observar que la mayoría fueron “Muy buenos” Y “Excelentes”.

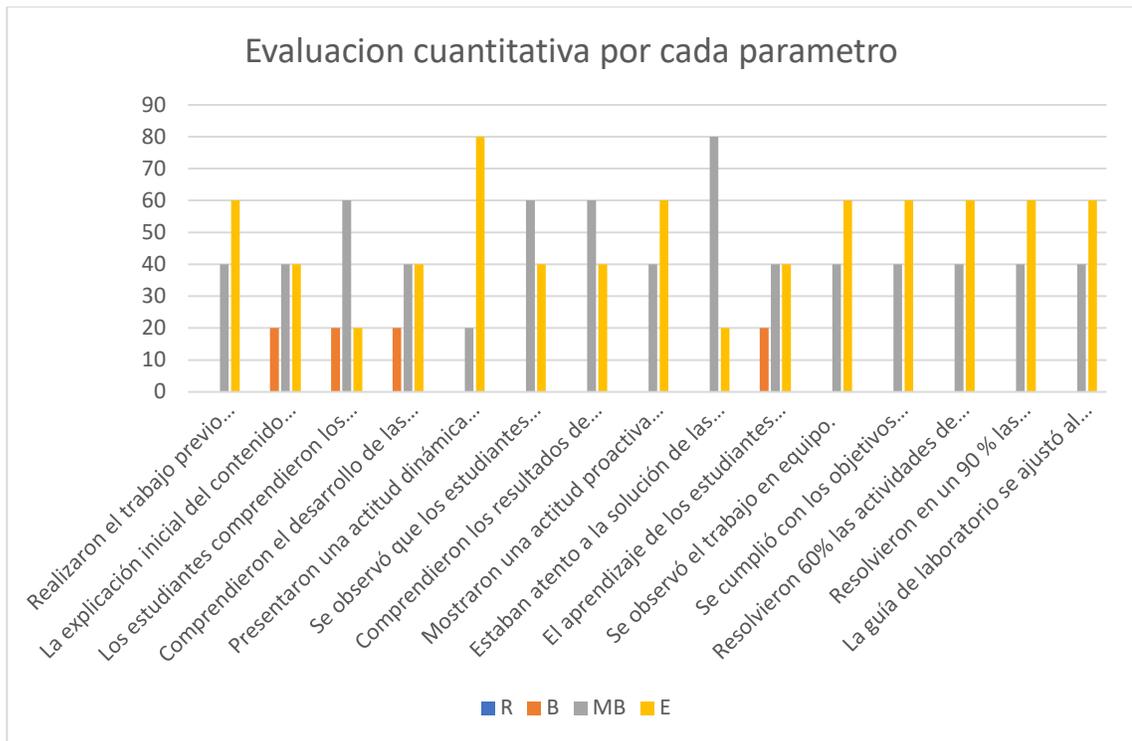


Figura 72. Gráfico de evaluación cualitativa por cada parámetro evaluado

4.3 Encuestas

Luego de la finalización del curso y la realización de los laboratorios por parte de los docentes del departamento de energética, se realizó una encuesta para conocer si se han llenado las expectativas relacionadas al aporte de este trabajo monográfico y recibir realimentación por parte de ellos. La tabla con los resultados de cada una de las preguntas respondidas por los estudiantes se puede observar en el anexo E.3.

En el gráfico de la figura 73 se muestran los porcentajes obtenidos para las preguntas 1. **¿Cuál es el nivel de satisfacción respecto Teoría explicada en las guías de laboratorio?** y 2. **¿Cuál es el nivel de satisfacción en la parte práctica que obtuvo con las guías de laboratorio?** Las cuales podían tener los siguientes posibles resultados “Muy Satisfecho”, “Satisfecho”, “Poco Satisfecho”, “Nada Satisfecho”. Se puede observar que para la pregunta 1 el 58% de los estudiantes se mostró satisfecho y el 42% muy satisfecho. Mientras que para la pregunta #2 el 72% se mostraron satisfechos y el 28% muy satisfechos.

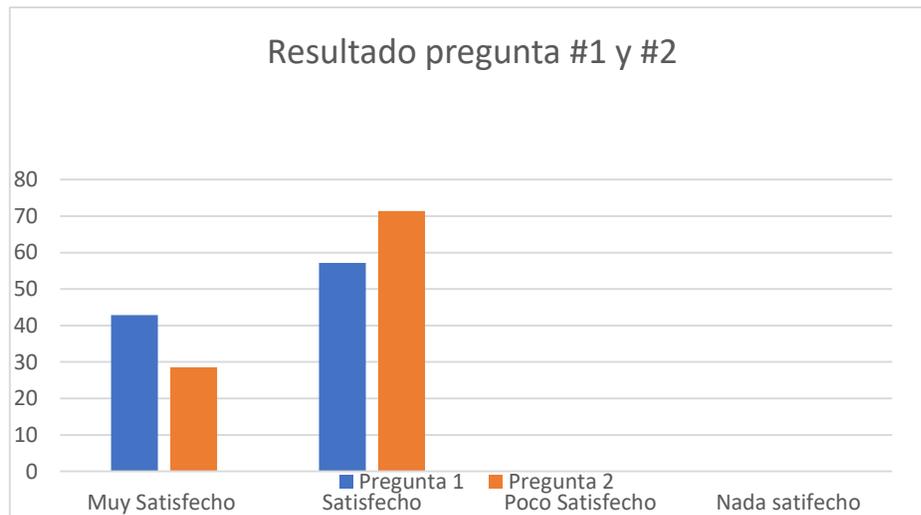


Figura 73. Gráfico para pregunta #1 y #2 encuesta

En el gráfico de la figura 74 se muestran los porcentajes obtenidos para la pregunta # 3 **¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorios acerca de los PLC?** La cual podía tener los siguientes posibles resultados “Muy Significativo”, “Significativo”, “Poco Significativo” Donde el 57% de los alumnos lo considero “muy significativo mientras que el 43% lo considero significativo.

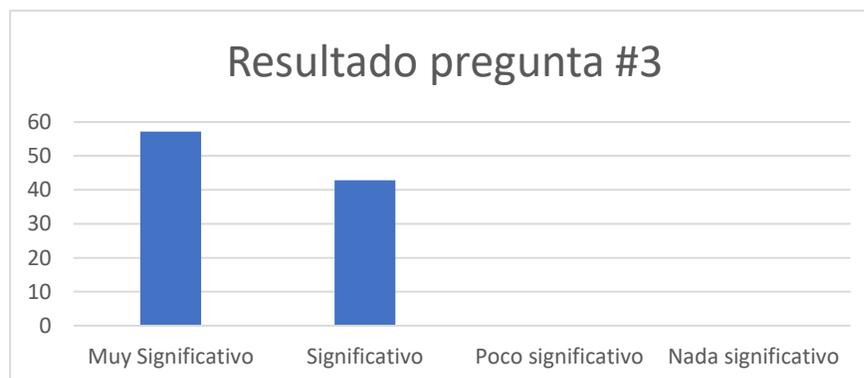


Figura 74. Gráfico para pregunta #3

En el gráfico de la figura 75 se muestran los porcentajes obtenidos para la pregunta # 4 **¿Cómo fue el contenido de las guías de laboratorios?** La cual podía tener los siguientes posibles resultados “Muy Oportuno”, “Oportuno”, “Poco Oportuno” Donde el 72% de los alumnos lo considero “Muy Oportuno” mientras que el 28% lo considero Oportuno.

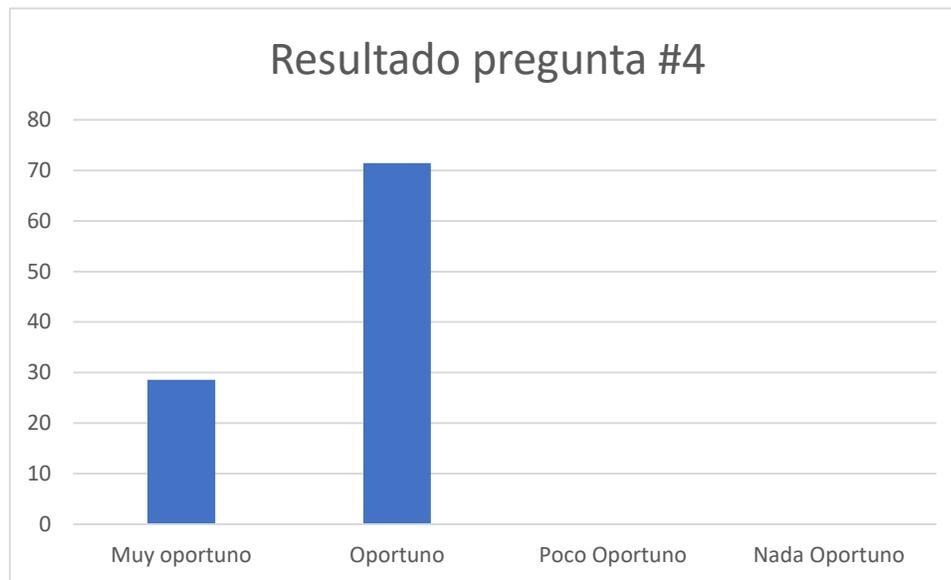


Figura 75. Gráfico para pregunta #4

En el gráfico de la figura 76 se muestran los porcentajes obtenidos para las preguntas

- **¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #1?**
- **¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #2?**
- **¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #3?**
- **¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #4?**
- **¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #5?**

Las cuales podían tener los siguientes posibles resultados “Suficiente”, “Necesario”, “Insuficiente”, “Ninguno”. Se puede observar que para las preguntas #5, #6 y #7 correspondiente a los laboratorios 1,2,3 la mayoría de los alumnos considero que el aprendizaje obtenido fue “Suficiente”. Mientras que para las preguntas #8 y #9 correspondientes a los laboratorios 4 y 5 la mayoría de los estudiantes considero el aprendizaje como “Necesario”.

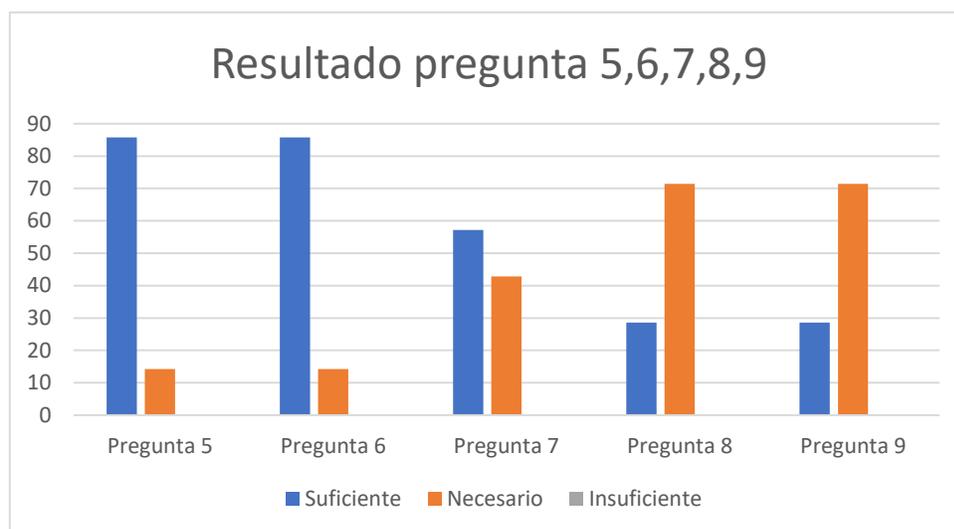


Figura 76. Gráfico para pregunta #5 a #9

4. Costos del proyecto

En la siguiente tabla se muestra el costo en dólares y su respectivo cambio en córdobas de cada uno de los artículos importados y el importe solo en córdobas de los componentes adquiridos en el país. La tasa de cambio de dólar que se uso fue de 36 córdobas con 8 centavos (C\$ 36.08). Los componentes que reflejan un costo de 0 es debido a que fueron proporcionados por el laboratorio de electrotecnia de la FTI.

Tabla 6 costos de elaboración de los módulos adicionales

Componente	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Unitario C\$	Importe
Artículos importados				
Driver TB6600	1	\$14	C\$ 505.12	C\$ 505.12
Transmisor de celda de carga JY-60	1	\$30	C\$ 1082.4	C\$ 1082.4
Banana plug 2mm	48	\$ 1.3	C\$46.9	C\$ 2251.39
Selector eléctrico de 2 posiciones	2	\$ 10	C\$ 360.8	C\$ 721.6
Luz Piloto verde 24VDC	2	\$1.6	C\$57.73	C\$ 115.46
Luz piloto amarillo 24VDC	2	\$1.6	C\$57.73	C\$ 115.46
Luz piloto rojo 24VDC	2	\$1.6	C\$57.73	C\$ 115.46

Luz piloto azul 24VDC	2	\$1.6	C\$57.73	C\$ 115.46
Artículos adquiridos en el mercado nacional				
Sensor inductivo 12mm	3		C\$ 250	C\$ 750
Impresión de base para SSR	2		C\$ 200	C\$ 400
Impresión de panel de I/O	2		C\$ 500	C\$ 1000
Motor Nema 17	1		C\$ 450	C\$ 450
Rodamiento 608	1		C\$ 180	C\$ 180
Varilla lisa 8mm 45cm	2		C\$ 300	C\$ 600
Varilla roscada 5/16 45cm	1		C\$ 400	C\$ 400
Sensor final de carrera	2		C\$ 45	C\$ 90
Rodamientos lineales	4		C\$ 90	C\$360
Impresión de piezas para banda transportadora	1		C\$400	C\$ 400
Tornillo M3 10mm	30		C\$ 3	C\$ 90
Base para banda transportadora	1		C\$ 0	C\$ 0
Relé de estado sólido SSR-40DA	2		C\$ 500	C\$ 1000
Contactador Siemens 3RT1036-1AN20	2		C\$ 0	C\$ 0
Relevador térmico ABBTF-42	2		C\$ 0	C\$ 0
Motor trifásico	2		C\$ 0	C\$ 0
Riel din	1		C\$ 890	C\$ 890
Bornera de conexión	3		C\$ 90	C\$ 270
Impresión de piezas para módulo de pesaje	1		C\$ 300	C\$ 300
Celda de carga	1		C\$ 350	C\$ 350
Banana Jack 2mm	48		C\$ 0	C\$ 0
Pulsador normalmente abierto	6		C\$ 50	C\$ 300
Pulsador normalmente cerrado	2		C\$ 50	C\$ 100
Cable calibre 18	10		C\$ 30	C\$ 300
Mano de obra				C\$ 15000
Total				C\$ 28252.35

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al culminar este trabajo monográfico se logró el desarrollo de laboratorios en controladores lógicos programables utilizando el módulo didáctico PLC for process control MOD EE-PCE, que contribuye al aprendizaje significativo en el área de la automatización industrial a los estudiantes de ingeniería mecánica según los resultados obtenidos en las diferentes evaluaciones cuantitativa y cualitativas aplicada a los estudiantes.

En base a los objetivos que fueron propuestos durante la fase inicial de este proyecto monográfico y los resultados obtenidos, se enuncian las siguientes conclusiones:

- Se rehabilito con éxito el módulo didáctico “PLC for process control mod ee-pce” para su uso en prácticas de laboratorio.
- Se desarrollaron 4 accesorios para el uso del módulo didáctico, Panel de entradas salidas, circuito para accionamiento de motores trifásicos, módulo de pesaje y banda transportadora que permiten la realización de diferentes prácticas de laboratorio, simulando distintos procesos industriales.
- Se implementaron 5 guías de laboratorios que abordan desde los fundamentos a implementaciones complejas de procesos, fortaleciendo así el proceso de enseñanza en el área de automatización utilizando controladores lógicos programables.
- Se validaron los alcances y objetivos de las guías elaboradas a través de una capacitación a los docentes del departamento de energética de la carrera de energía mecánica.

Recomendaciones

El trabajo monográfico desarrollado cumple con todos los objetivos propuesto al inicio de este, porque logra contribuyan al fortalecimiento del proceso de enseñanza - aprendizaje en los estudiantes de ingeniería mecánica en el área de la automatización mediante el desarrollo de laboratorios en controladores lógicos programables. Sin embargo, los contenidos abordados son la base para procesos

más complejos en el área de la automatización. Por lo que es necesario implementar algunas mejoras y adquirir ciertos conocimientos con el objetivo de brindar un mayor aprendizaje significativo en el área de la automatización industrial a los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica.

Es por tal razón que se hacen las siguientes recomendaciones, dirigidas a los estudiantes de ingeniería electrónica y/o mecánica que deseen seguir con esta línea de investigación:

- Agregar el uso de softwares de programación más completos como TIA portal y/o Factory IO para la realización de simulaciones 3D de líneas industriales automatizadas.
- En el laboratorio de electrotecnia existe otro modulo didáctico para practica de laboratorio con controladores lógicos programables pero basado en un PLC Moeller. Por lo que su rehabilitación ayudaría a no limitar a los estudiantes en el uso exclusivo de PLC de marca Siemens
- Implementar el uso de herramientas como WINCC para el diseño de Interfaces Humano Maquina y sistemas SCADA que permitan la supervisión y control de procesos de forma remota.
- Incorporar el estudio y uso de dispositivos hidráulicos y neumáticos para la realización de procesos industriales más complejo y acorde a la industria.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez, W. (2017). ¿Se está robotizando el empleo en Nicaragua? La Prensa. Extraído de: <https://www.laprensa.com.ni/2017/02/15/economia/2182558-se-esta-robotizando-empleo-nicaragua>

Antúnez Soria, F. (2016). Puesta en marcha de sistemas de automatización industrial. ELEM0311 (1st ed.). Málaga: IC Editorial.

Blandon, K & Ramirez, K. (2017) Controlador de lógica programable de bajo costo con módulos de entrada y salida, Analógicos y digitales, Para señales industriales. (Ingeniería). Universidad Nacional de Ingeniería.

Bollaín Sánchez, M. (2019). Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso (1st ed.). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Cerda, A & Perez, J. (2016) Laboratorio Virtual para el desarrollo de prácticas en la disciplina de control Automático y Automatización industrial en la carrera de ingeniería electrónica. (Ingeniería). Universidad Nacional de Ingeniería.

Dávila, S. (2000). El aprendizaje significativo. Contexto educativo., 9.

Erikson, K. (2005). Programmable Logic Controller: An emphasis on desing and application. United States: Dogwood Valley Press.

Estrada & Lira. (2017). Desarrollo de instrumentos de laboratorio para la asignatura de Sistema De Medición en el área de Sistemas de Adquisición de Datos que contribuya a la construcción de un aprendizaje significativo de los estudiantes en Ingeniería Electrónica. (Ingeniería). Universidad Nacional de Ingeniería.

Fericean, S. (2018). Inductive sensors for industrial applications (1st ed.). Boston: Artech House.

Gomez & Castro. (2019). Diseño de un módulo didáctico para el laboratorio de automatización de la carrera de ingeniería electrónica. (Ingeniería). Universidad Nacional de Ingeniería.

Guerrero Pérez, R. (2013). Electrotecnia (UF0149) (1st ed.). España: IC Editorial.

Harper, G. (2004). Guía para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales (2nd ed.). México: Limusa.

IEC 61131 (2003), Programmable controllers - Part 3: Programming languages, Norma Internacional.

Escaño González, J. (2019). Integración de sistemas de automatización industrial (1st ed.). Madrid: Paraninfo.

Interruptores de final de carrera. (2020). Fecha de acceso 28 February 2020, extraído de: <https://ab.rockwellautomation.com/es/Sensors-Switches/Limit-Switches>

Jaramillo, Ruben. (2005). "Estimación de parámetros, observación y control para el motor de inducción" .

Kilian, C. (2006). Modern Control technology. Clifton Park: Delmar/Thomson Learning.

Moreira, M. (2000). Aprendizaje significativo: teoría y práctica. Madrid: Editorial Visor

Pallás-Areny, R. (2007). Sensores y acondicionadores de señal. Barcelona: Marcombo.

Park, J. & Mackay, S. (2003). Practical Data Acquisition for instrumentation and Control Systems. Burlington: Elsevier.

Petruzella, F. Programmable logic controllers +1 semester connect access card and activities manual+...logixpro lab manual; McGraw-hill education.

Rodríguez, L. (2004). La teoría del aprendizaje significativo. Tenerife. España: Centro

Siemens. (2020). LOGO! basic modules with display [Imagen]. Extraído de: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10000026?activeTab=productinformation®ionUrl=WW>

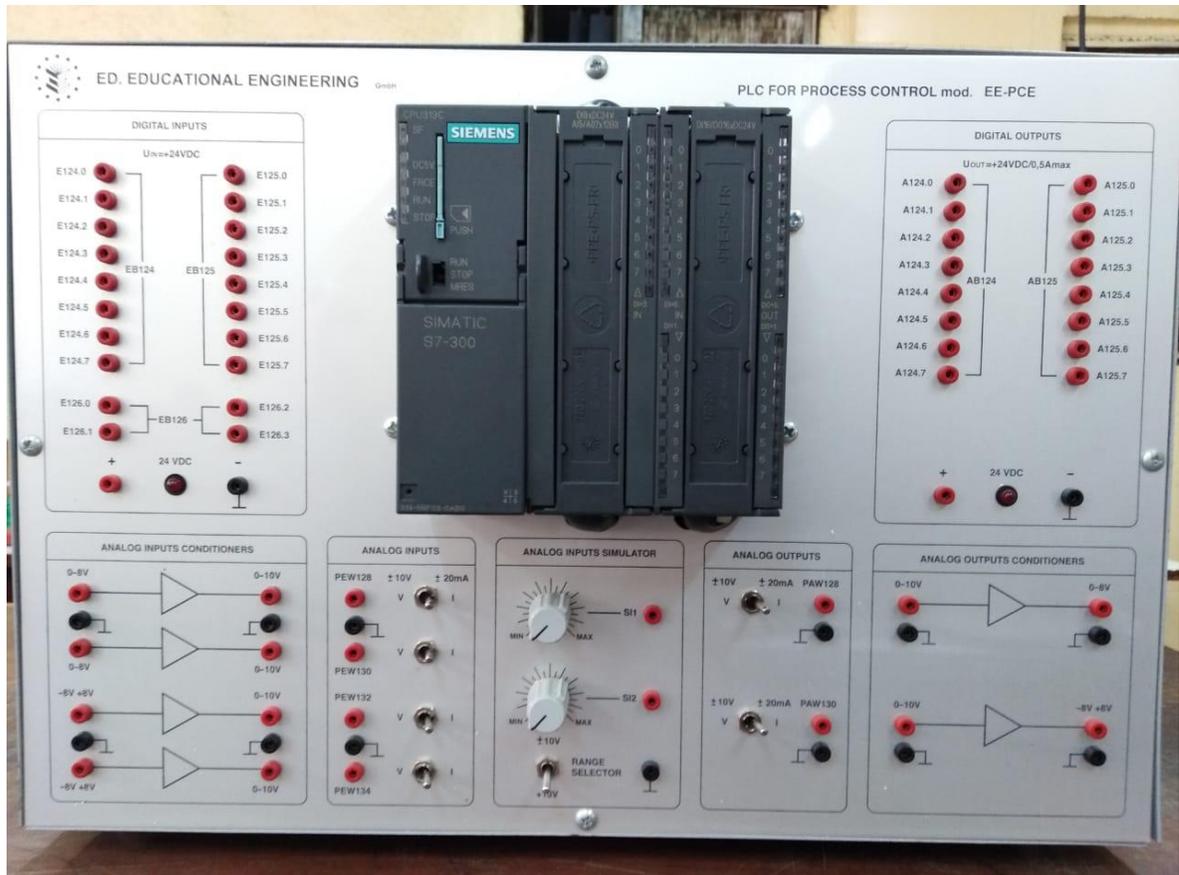
Umana, J. (2020). De regreso a lo básico: Los fundamentos de los lazos de corriente de 4-20mA | Precision Digital. Revisado: 24 de febrero del 2020. Extraído de: <https://www.predig.com/whitepaper/de-regreso-lo-básico-los-fundamentos-de-los-lazos-de-corriente-de-4-20-ma>

ANEXOS

A. MANUAL DE USUARIO

MODULO DIDÁCTICO PLC FOR PROCESS CONTROL MOD EE-PCE

Manual de Usuario



Julio Escola

Jilver Sevilla

Diciembre 2021

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Seguridad.....	1
2.1 Parada de emergencia	2
2.2 Uso de EPP (Equipo de Protección Personal).....	2
2.3 Extintor de incendios.....	3
2.4 Señales de peligro	3
2.5 Primeros auxilios en caso de sacudida eléctrica	3
3. Recomendaciones para instalación y manejo.....	5
4. Datos técnicos del SIMATIC PLC S7-300.....	5
4.1 CPU 31XC.....	5
5. Listas de elementos del modulo.....	7
5.1 Entradas digitales.....	7
5.2 Salidas digitales.....	8
5.3 Entradas analógicas, acondicionador y simulador	8
5.4 Salidas analógicas.....	9
6. Conexiones de E/S al PLC y contactos N.O, N.C.	9
7. Introducción a STEP-7	11
8. Instalación y arranque STEP-7	12
9. Configuración de interfaz de comunicación	13
10. Creación de proyectos	14
11. Configuración de Hardware en S7300	17
12. Descargar configuración Hardware en PLC.....	20
13. Programación en Simatic STEP7.....	21
13.1 Estructura de programa	21

13.2 Programación en Leguaje Ladder	25
13.3 Entorno de programación.....	26
13.4 Simulación de PLC en Simatic Step-7	27

1. Introducción

El siguiente manual está dirigido a los docentes, encargados de laboratorio y estudiantes con la finalidad de proporcionar el marco teórico necesario para el uso del módulo didáctico “PLC FOR PROCESS CONTROL MOD EE-PCE” de forma adecuada, asimismo realizar diagnósticos del estado del equipo y detección de errores. En este manual se abordan las medidas de protección para el uso de las instalaciones y equipos del laboratorio de electrotecnia, características de hardware del módulo como cantidad de E/S, rangos de trabajo y direcciones, descripción de la CPU, además se explica acerca entorno de programación del software Simatic Step7 y generalidades acerca de la programación utilizando lenguaje Ladder.

La lectura de esta documentación es de carácter obligatorio por parte de los estudiantes previo a la realización de las prácticas de laboratorio que han sido desarrolladas utilizando este módulo didáctico.

2. Seguridad

El módulo está diseñado de tal modo que resulte un seguro manejo del equipo, siempre que se utilice de modo correcto. Sin embargo, la responsabilidad de la seguridad queda en manos del personal que está maniobrando y utiliza el módulo. Antes de efectuar cualquier servicio o técnica de operación, el usuario debe observar las normas de seguridad.

- ✓ Lea y comprenda todas las precauciones y advertencias de seguridad antes de poner en funcionamiento el módulo.
- ✓ Si no se observan las instrucciones, procedimientos y precauciones de seguridad indicados en este manual, aumentará la posibilidad de producirse accidentes o lesiones.
- ✓ No ponga nunca en funcionamiento el módulo si no está en condiciones de seguridad.
- ✓ No intente poner en marcha el módulo si sabe que no está en condiciones de seguridad.

- ✓ Si el módulo se encuentra en situación de falta de seguridad, coloque avisos de peligro y desconecte el cable de conexión eléctrica del módulo para que no se pueda poner en marcha hasta eliminar la falta de seguridad.
- ✓ Asegúrese de que el módulo esté protegido contra cualquier uso no autorizado, utilizando señales siempre que sea necesario.

2.1 Parada de emergencia

Familiarícese con la ubicación del breaker principal de parada de emergencia. Los dispositivos de control de desactivación de emergencia deben utilizarse en situaciones de EMERGENCIA ÚNICAMENTE.

No utilice los dispositivos de desactivación de emergencia para efectuar una parada normal.

No arranque el módulo hasta no haber ubicado y corregido el problema que haya requerido de una parada de emergencia

2.2 Uso de EPP (Equipo de Protección Personal)

- Utilice siempre los equipos de protección personal mientras esté trabajando con en el módulo.
- Use gafas protectoras, guantes y otros equipos de protección, según requiera del módulo.
- Cuando se trabaja cerca de un motor en funcionamiento, lleve dispositivos protectores para los oídos para evitar lesiones auditivas.
- No vista con ropa amplia o joyas que se puedan enganchar en los mandos de control u otras partes del motor.
- Nunca ponga líquidos en el módulo energizado, no energizado o recipientes de vidrio. Los recipientes de vidrio se pueden romper.
- Utilice las soluciones de limpieza con cuidado.
- Informe de cualquier daño necesario al instructor o encargado de laboratorio para que ellos realicen sustitución o reparación del daño.

- No realice ninguna energización del módulo sin la autorización del instructor asignado.



2.3 Extintor de incendios

Los equipos eléctricos asociados con el módulo pueden ser inflamables. La manipulación correcta y adecuada en la manipulación de estos equipos reduce drásticamente el riesgo de incendio. Sin embargo, para completar la seguridad deben mantenerse cerca del módulo un extintor de incendios totalmente cargado. El personal debe estar familiarizado con el funcionamiento del extintor de incendios. Inspeccione el extintor de incendios y realice las tareas de mantenimiento correspondientes regularmente. Respete las recomendaciones de la placa de instrucciones.

2.4 Señales de peligro

Asegúrese de que todos los mensajes de seguridad sean legibles. Limpie los mensajes de seguridad o sustitúyalos si resulta imposible leerlos o si las ilustraciones no son visibles.



Tierra



Advertencia consulte el manual



Sacudida

2.5 Primeros auxilios en caso de sacudida eléctrica

No toque a la víctima con las manos sin guantes hasta que se haya desconectado la fuente de electricidad. Si es posible, desconecte el suministro eléctrico. De lo contrario, desenchufe el cable o aléjelo del cuerpo de la víctima. Si esto no es

posible, colóquese sobre un material aislante seco y arrastre a la víctima lejos del cable, preferiblemente por medio de un material aislante tal como madera seca. Si la víctima respira, colóquela en la posición de recuperación. Si la víctima está inconsciente, lleve a cabo los siguientes procedimientos de reanimación:

Abrir el paso de aire:

Eche hacia atrás la cabeza de la víctima y levántele la barbilla. Retire cualquier objeto que se encuentre en la boca o en la garganta, tales como prótesis dentales, tabaco o chicle.

Respiración:

Compruebe si la víctima respira observando el movimiento del pecho, auscultándola o sintiendo su aliento.

Circulación:

Compruebe si existe pulso en el cuello o en la muñeca de la víctima.

Si la víctima no respira, pero tiene pulso:

Pince firmemente la nariz de la víctima. Aspire profundamente y con los propios labios selle los de la víctima. Sople lentamente en la boca de la víctima observando cómo se eleva su pecho. Deje que el pecho descienda completamente. Proporcione 10 aspiraciones por minuto. Si se ha de abandonar la víctima para buscar ayuda, efectúe primeramente la operación anterior 10 veces y vuelva lo antes posible para continuar con la respiración boca a boca.

Compruebe el pulso cada 10 respiraciones. Cuando la víctima recupere la respiración, colóquela en la posición de recuperación descrita al final de esta sección.

Si la víctima ni respira ni tiene pulso:

Solicite asistencia médica. Efectúe dos respiraciones y comience la compresión pectoral del modo siguiente: Coloque la parte inferior de la palma de la mano a una distancia de dos dedos por encima de la unión de la caja torácica con el

esternón. Coloque la otra mano sobre la primera y entrelace los dedos. Manteniendo los brazos extendidos, empuje hacia abajo 4-5 cm (1,5-2 pulga.) 30 veces seguidas a un régimen de 100 por minuto. El tiempo entre que se empuja y se suelta la caja torácica debe ser el mismo.

Repita el ciclo (2 respiraciones, 30 compresiones) hasta que llegue la asistencia médica.

Si el estado de la víctima mejora, compruebe el pulso y continúe con las respiraciones. Compruebe el pulso cada 10 respiraciones.

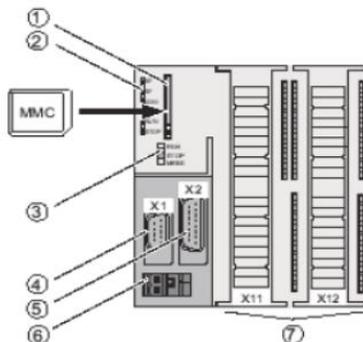
3. Recomendaciones para instalación y manejo

Escoger una ubicación para el módulo puede resultar la parte más importante del procedimiento de instalación. A la hora de hacerlo, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Ventilación adecuada, apertura de entrada de aire e iluminación.
- Protección ante elementos como puedan ser el agua, precipitación de las personas, inundación de agua, temperaturas bajo cero o calor excesivo.
- Protección ante el impacto de objetos que puedan caer como un equipo eléctrico a la par.

4. Datos técnicos del SIMATIC PLC S7-300

4.1 CPU 31XC



1. Ranura de Micro Memory Card con expulsor

Estas CPU's no traen memorias integradas, es imprescindible el uso de la Memory Card.

2. Indicadores de estado y de error.

- SF (rojo) Indicador de error de Hardware, fallo del firmware del equipo, instrucción de programa incorrecta, asignación de parámetros de sistema erróneos, errores aritméticos internos, errores de tiempo, Flash-Eprom externa errónea, fallo de la batería, fallo de acceso a la periferia (no para la periferia integrada en la CPU).
- BF (rojo) Error de bus
- DC5V (verde) Alimentación de 5 Voltios para CPU y para el bus S7-300, correcta.
- FRCE(amarillo) Petición de forzado permanente activo.
- RUN (verde) CPU en estado Run.
- STOP (amarillo) CPU en estado Stop

3. Selector de modo de operación.

- RUN El autómata ejecuta el programa.
- STOP El autómata NO ejecuta el programa.
- MRES Borrado total del programa. Requiere una secuencia especial de operación

4. Interface Multipunto MPI

- La interface MPI es el enlace entre la CPU y la computadora (187 kb) o para comunicar una red MPI.
- La velocidad de transmisión es de 187,5 Kb
- Utilizando esta interfaz de comunicación se realiza la programación del PLC, el módulo didáctico incluye el adaptador adecuado para dicha comunicación con la computadora, se presenta en la siguiente imagen. No debe usarse con otro modelo o marca.

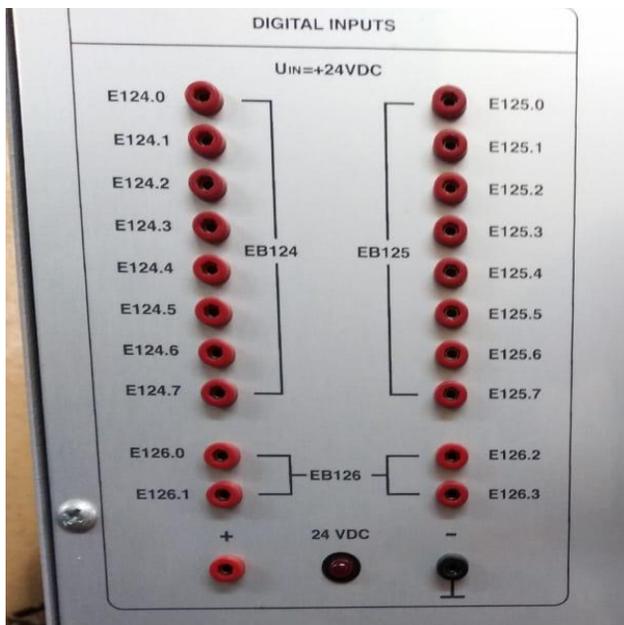


- **Interface para Profibus DP**

Mediante este conector se puede conectar el autómata a una red profibus, ya sea como master o como esclavo.

- **Conexión Alimentación**

En estos bornes se realiza la alimentación de la CPU a 24 V DC que le será proporcionada por una fuente de alimentación. En el módulo esta conexión ya está realizada de forma interna hacia la fuente.



5. Listas de elementos del modulo

5.1 Entradas digitales

Este módulo contiene 20 entradas digitales las cuales operan en 24VDC y pueden ser configuradas como tipo Sinking o Sourcing. Las entradas están divididas en 3 grupos de la siguiente forma:

- 8 entradas en el grupo EB124 (Direcciones E124.0-E124.7)

- 8 entradas en el grupo EB125 (Direcciones E125.0-E125.7)
- 4 entradas en el grupo EB126 (Direcciones E126.0-E126.3)

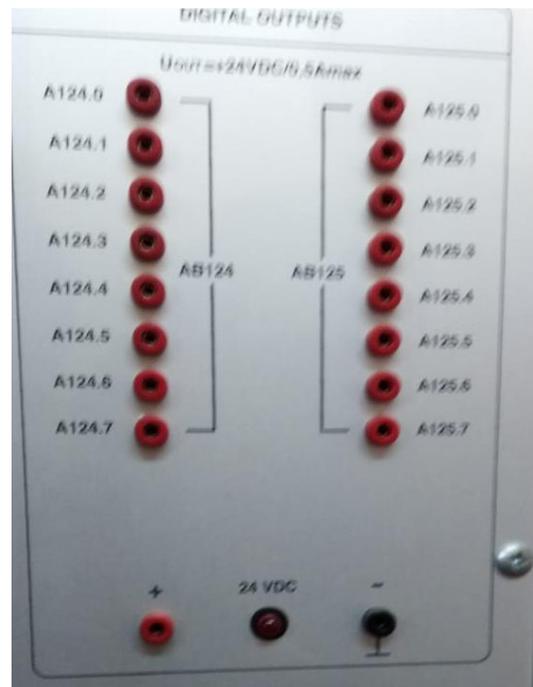
Cada entrada está debidamente señalizada con su dirección en el panel.

Las entradas de digitales pueden configurarse como entradas de interrupción. Si se configuran como entradas de alarma, no se utilizarán como a entradas normales.

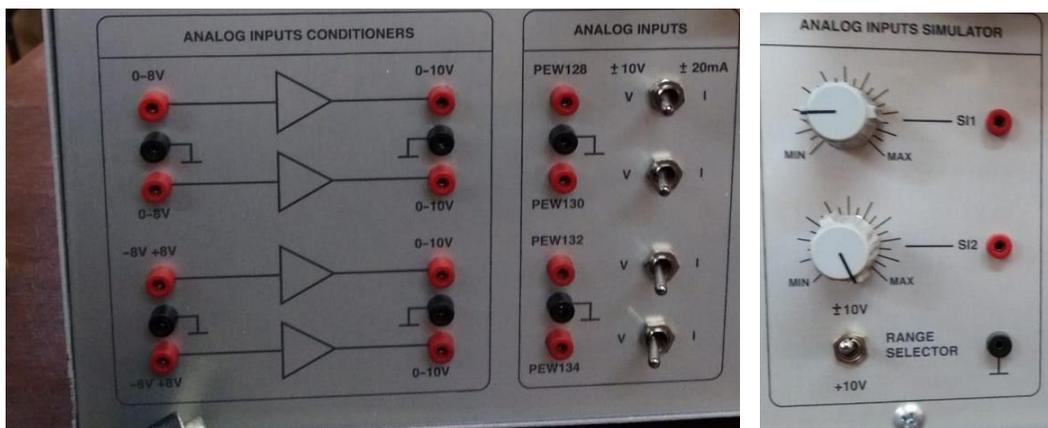
5.2 Salidas digitales

Este módulo contiene 16 salidas digitales las cuales operan en 24VDC con una corriente máxima de 0.5 A, son del tipo transistor por lo que para controlar dispositivos AC, se debe hacer uso de un relé externo. Las salidas están divididas en 2 grupos de la siguiente forma:

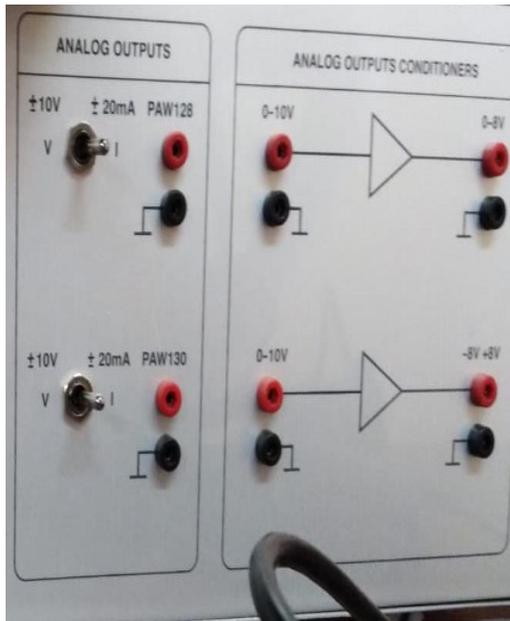
- 8 salidas en el grupo AB124 (Direcciones A124.0-A124.7)
- 8 salidas en el grupo AB125 (Direcciones A125.0-A125.7)



5.3 Entradas analógicas, acondicionador y simulador



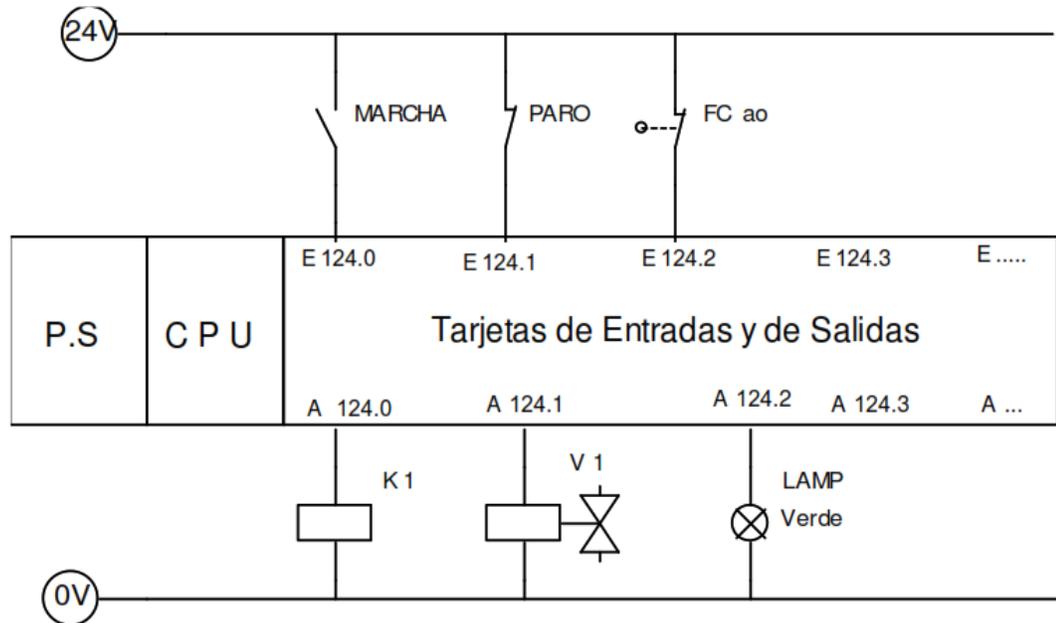
5.4 Salidas analógicas



Con el objetivo de poder funcionar con varios tipos de actuadores este módulo contiene 2 salidas analógicas las cuales pueden ser configuradas usando el switch al lado de cada entrada para trabajar con voltaje o corriente según sea la necesidad, si se selecciona voltaje el rango de la señal deberá ser de $\pm 10V$, por otro lado, al trabajar con corriente la entrada analógica puede operar con señales en un rango de $\pm 10ma$. Las direcciones para cada salida son: PAW128, PAW130.

6. Conexiones de E/S al PLC y contactos N.O, N.C.

Al introducir la tecnología de los PLC a la automatización, la lógica cableada que se realizaba con pulsadores, relés, temporizadores, se sustituye mediante programación por lo que toda la lógica se realiza en el PLC y solo es necesario hacer las conexiones directas de las Entradas y las Salidas, a como se observa en la figura. **Nota: estas conexiones cambian cuando se trata de sensores con 3 conductores, y dependerán si son del tipo sourcing o sinking, cabe destacar que el PLC puede soportar ambos tipos.**



Los 0-24 V son de la propia Fuente de alimentación (PS) del PLC si el consumo no es elevado; en caso contrario, las salidas del PLC irían a relés y a través de los contactos de estos, se hace la alimentación externa de las válvulas, lámparas, etc.

Muchos de los programadores novatos, en Ladder, tienen la tendencia a usar el mismo tipo de contacto (N.O o N.C) en el diagrama Ladder que corresponde al switch (sensor) de campo alambrado al canal de entrada. Mientras lo anterior es cierto en muchos casos, no es la mejor forma de pensar acerca del concepto.

- Un switch normalmente abierto (NO) no requiere un  en la lógica Ladder.
- Un switch normalmente cerrado (NC) no requiere un  en la lógica Ladder.

El PLC solamente sabe una cosa acerca de la entrada discreta: si la misma está on (cerrada) u off (abierta). El PLC no sabe cosa alguna acerca de cómo el switch está alambrado en el campo; si el mismo es N.O mantenido abierto, N.O mantenido cerrado, N.C mantenido abierto, N.C mantenidos cerrado, o cualquier otra combinación.

Por ejemplo, los switches de seguridad son generalmente switches normalmente cerrados (N.C), pero el contacto en la lógica Ladder que se refiere a dicho switch es generalmente un contacto N.O.

Sin importar el tipo de switch en el campo, el principio que se debe recordar es:

Si se quiere "ACCION" (turn on) cuando el switch esté cerrado, use



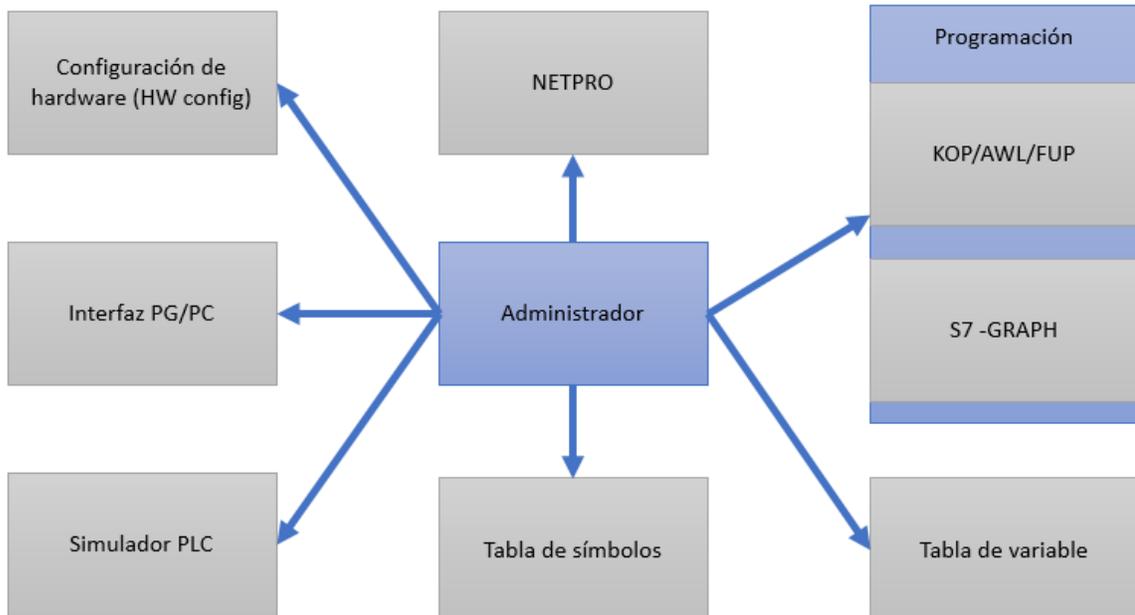
Si se quiere "ACCION" (turn on) cuando el switch esté abierto, use

7. Introducción a STEP-7

STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. STEP 7 forma parte del software industrial SIMATIC. El software estándar STEP 7 presenta las siguientes variantes:

- STEP 7-Micro/DOS y STEP 7-Micro/WIN para aplicaciones independientes sencillas en sistemas de automatización SIMATIC S7-200
- STEP 7 para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 con funciones ampliadas y ampliable con los productos de software opcionales integrados en el Software Industrial SIMATIC.

El entorno del software STEP 7 se divide en los siguientes paquetes:



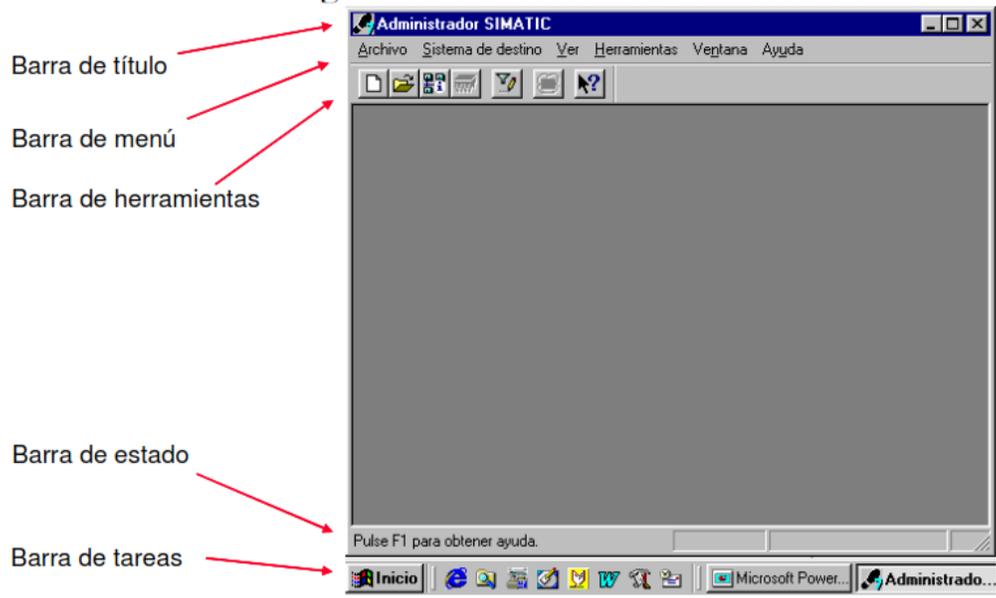
8. Instalación y arranque STEP-7

Es fácil de instalar porque se debe abrir el archivo autoejecutable, y seguir el asistente de instalación que es bastante intuitivo. Una vez instalado el programa STEP-7, aparece en el escritorio el icono un icono con el nombre de Administrador Simatic es a través de este que se accede a los diferentes programas y entornos de programación de los PLC de la serie S7-300.



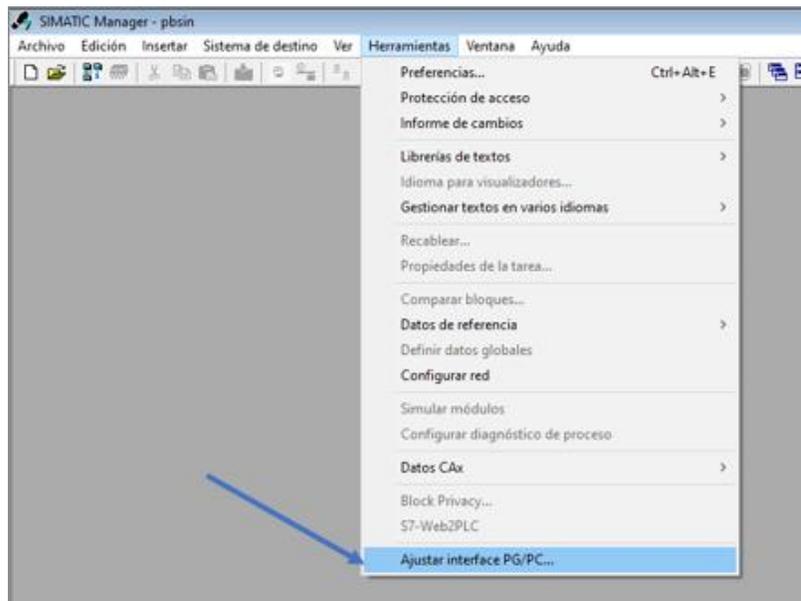
Administrador SIMATIC

Al abrirlo se accede al entorno de STEP-7 como se muestra a continuación:



9. Configuración de interfaz de comunicación

Para poder comunicar el PLC S7-300 con el software es necesario primero realizar la configuración de la interfaz de comunicación se recomienda hacer esto antes de la realización de cada proyecto. Con el PLC conectado a la computadora por medio del cable MPI, se selecciona la opción "Ajustar interface PG/PC" en el apartado herramientas.



En la nueva ventana, la configuración por defecto es “ninguna interfaz de comunicación”, esta se debe cambiar por la opción “PC Adapter.Auto.1” de esta manera se configurará de forma automática la comunicación mediante la interfaz MPI.



10. Creación de proyectos

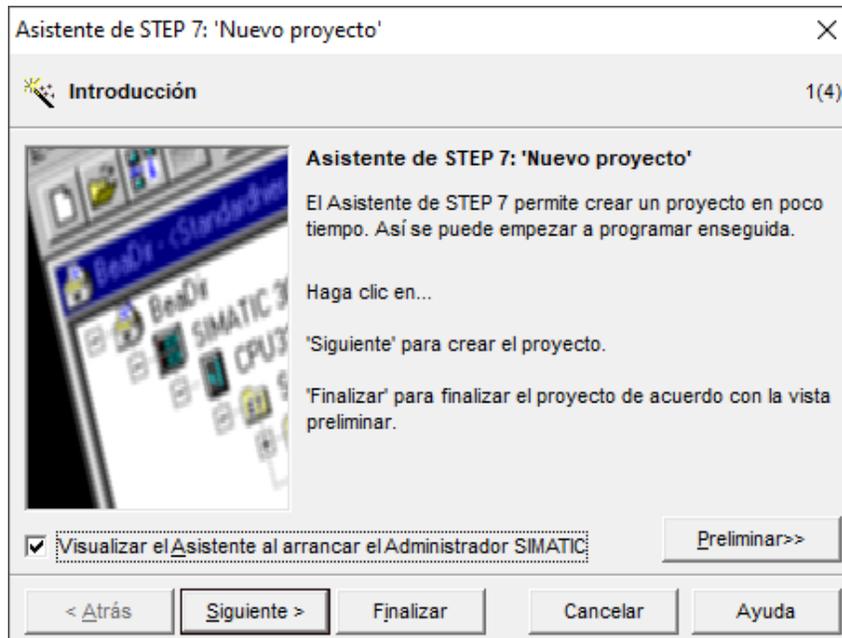
Para crear un proyecto, se puede hacer de dos formas:

1. Siguiendo las instrucciones del asistente, el cual se ejecuta de forma automática siempre que se abra el programa (aunque también puede desactivarse dicha opción), haciendo la configuración básica de forma automática.
2. Realizando de forma manual todas las configuraciones.

Si usa el asistente en la primera ventana se disponen de varias opciones.

- Una Casilla para activar o desactivar la ejecución automática del asistente. Una vez desactivada la casilla, si necesitamos utilizar el asistente de nuevo lo tenemos que hacer desde el Administrador: Archivo -> Asistente -> “Nuevo proyecto”

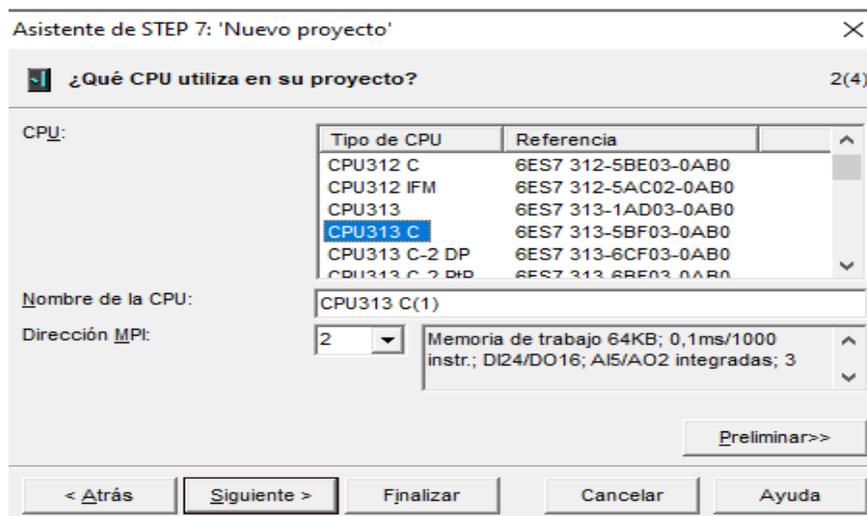
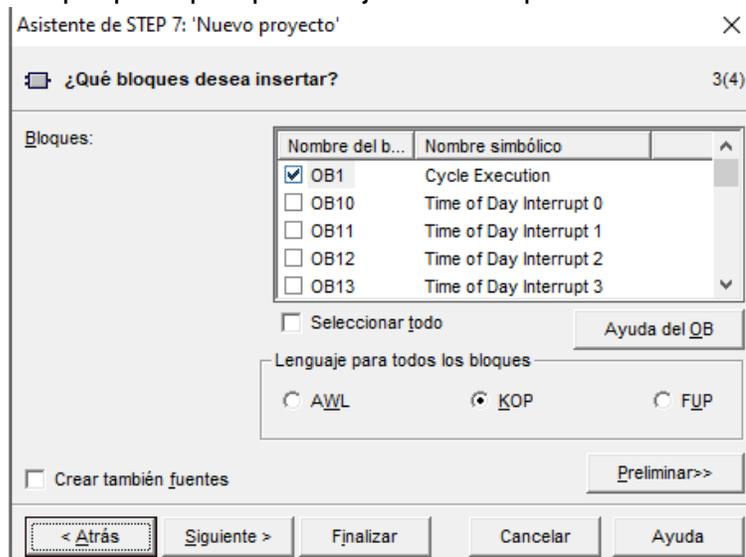
- Botón Preliminar: Este botón permite visualizar la configuración actual del proyecto que se está creando
- Botón Siguiente: Permite ir pasando a las diferentes pantallas para configurar el proyecto.
- Botón Finalizar: Se da por finalizada la configuración del proyecto que se está creando. Si se acciona este botón sin introducir ningún dato o antes de finalizar, toma los datos que por defecto tiene introducidos el Administrador.
- Botón Cancelar: se cierra el asistente sin crear ningún proyecto y permite abrir uno creado con anterioridad.



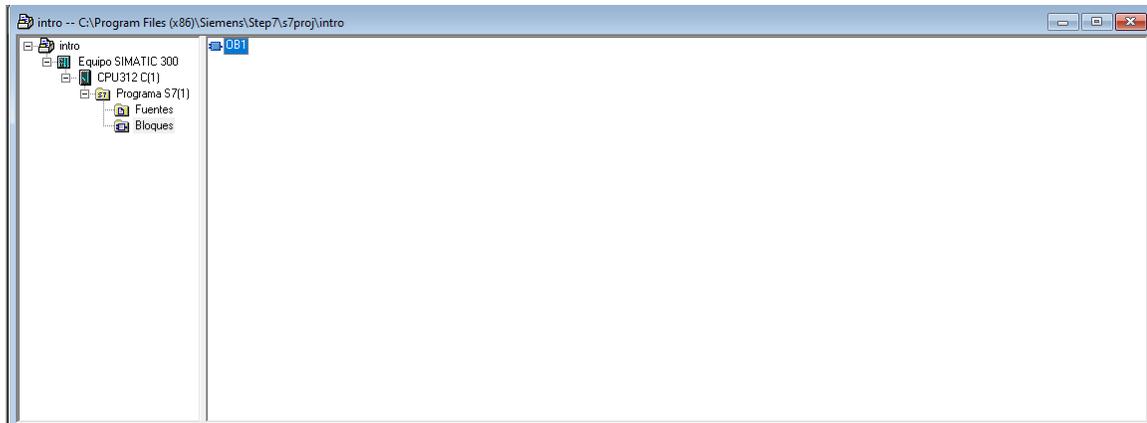
El proyecto se guarda en una carpeta con el nombre del proyecto, y por defecto en la ruta: C:\Archivos de programa\Siemens\Step7\s7proj\nombre proyecto, dentro de esta carpeta hay varias subcarpetas y archivos, entre los cuales está el archivo de auto arranque, accesible únicamente desde el Administrador SIMATIC, (no se puede arrancar desde el explorador de Windows).

Al presionar el “botón siguiente” se debe seleccionar el modelo de la CPU la cual está reflejada en la esquina superior izquierda del PLC, en el módulo didáctico la CPU es CPU313C. Y la dirección del MPI por defecto es el numero 2 pero puede ser cualquiera desde 2 a 31.

Al presionar el “botón siguiente” se debe seleccionar los bloques de organización para la programación del PLC. Como mínimo se debe tener el OB1, que es el bloque principal que se ejecuta siempre.



Luego abajo se debe seleccionar el lenguaje de programación por lo que selecciona la opción KOP que sería programación en lenguaje Ladder. Al finalizar simplemente se agrega el nombre al proyecto y se presiona finalizar. Quedando de la siguiente manera.

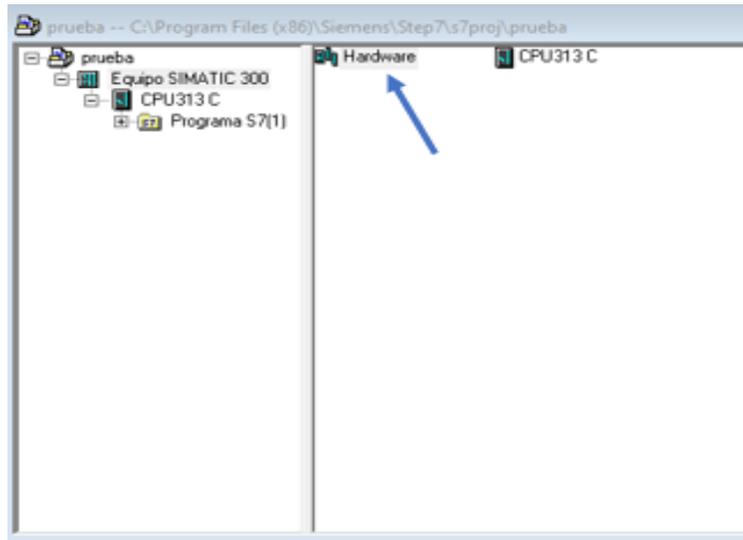


11. Configuración de Hardware en S7300

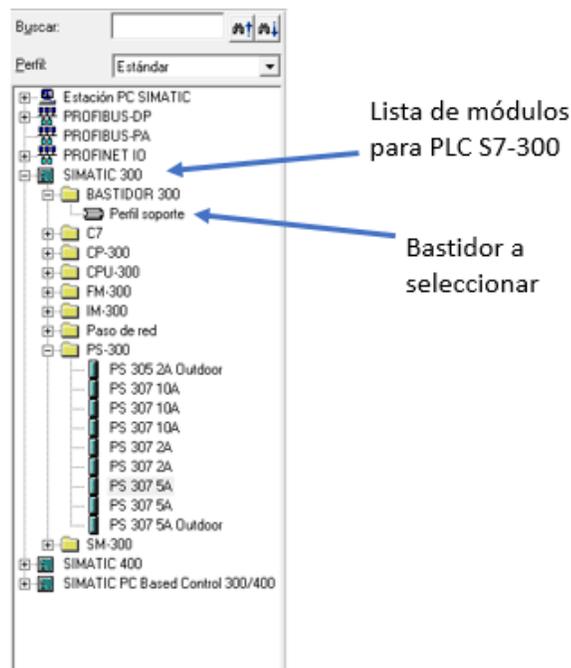
Nota: Este procedimiento se recomienda solo sea realizado por el responsable de laboratorio o un docente los conocimientos necesarios de la tecnología. Este procedimiento se pretende que sea realizado como tarea de mantenimiento a en caso de que se hay tenido que realizar la sustitución de un módulo del PLC, o algún cambio en el firmware de la CPU.

Para la realización de las practicas por parte de los estudiantes, se recomienda que realicen la descarga de la configuración ya existente en el PLC, pues los módulos que constituyen el PLC S7-300 en modulo didáctico, CPU, entradas, salidas, fuente no pueden ser cambiados. En la sección 11 se detallará este procedimiento.

Para configurar el hardware así que se selecciona la opción “Equipo SIMATIC” y luego la opción “Hardware” para abrir la ventana de configuración.



En esta ventana aparece Bastidor o Rack del PLC S7-300, sino aparece se selecciona en la lista para el SIMATIC300 que aparece al lado izquierdo de la ventana. Se debe tener cuidado en esta configuración de seleccionar los módulos con la serie correspondiente con los que se cuentan físicamente, para evitar problemas de funcionamiento.

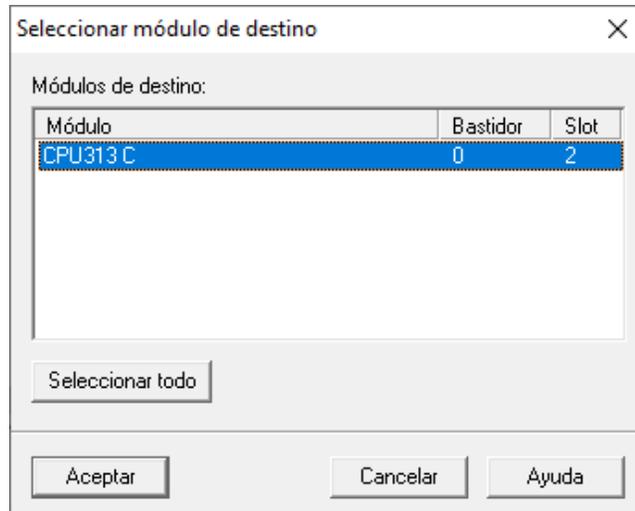


Los primeros slots del Bastidor están reservados para módulos específicos a como se detalla a continuación:

- En primer Slot está reservado para la fuente, para agregarlo basta con seleccionarla de la lista de módulos para el SIMATIC300, las fuentes están identificadas por la categoría PS-300.
- El segundo Slot es el del CPU, el cual ya está configurado, en este caso el módulo cuenta con la CPU313C, esta CPU cuenta integrado con 24 entradas digitales, 16 salidas digitales, 5 entradas analógicas, 2 salidas analógicas y un módulo contador.
- El tercer slot es un reservado para intercomunicación.
- Los siguientes slots pueden ser configurados para diferentes propósitos, por ejemplo: el slot número 4 se puede configura como un módulo de adicional de entradas, seleccionando el elemento de la lista de módulos para el SIMATIC300, las entradas digitales están identificadas por la categoría DI-300.

Una vez configurado esto se presiona la opción de “guardar y compilar”, conectamos el PLC y se presiona la opción de “Cargar en modulo” en la barra de herramientas, abrirá una venta donde seleccionamos a que dispositivo queremos cargar la configuración, se selecciona la dirección de MPI 2 para la CPU y luego se da clic en aceptar.

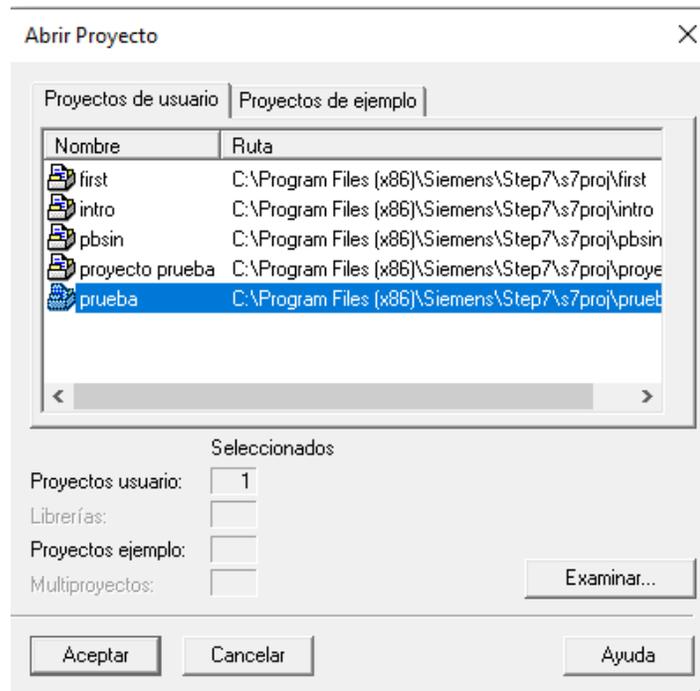
Si la carga ha sido exitosa, los leds del PLC quedaran fijos en color verde esto indica que no ha ocurrido ningún error y que la CPU se encuentra funcionando de forma correcta. Con esto ya quedaría la configuración del PLC finalizada para pasar a la programación del proceso.



12. Descargar configuración Hardware en PLC

Si el PLC ya contiene una configuración de hardware previamente cargada de algún proyecto anterior, y el hardware no se ha modificado puede usarse dicha configuración sin tener que realizar todas las configuraciones del inciso 11.

Para esto únicamente ya con el proyecto creado por el asistente y el PLC conectado mediante MPI, se selecciona la opción "Equipo SIMATIC" y luego la opción "Hardware" para abrir la ventana de configuración. En esta ventana se selecciona la opción "Cargar en PG" de la barra de herramientas. En la nueva ventana únicamente se debe seleccionar en que proyecto se quiere descargar la configuración de hardware y dar clic en aceptar.



13. Programación en Simatic STEP7

13.1 Estructura de programa

El software de programación Simatic STEP 7 permite realizar la programación del PLC en diferentes estructuras, en dependencia de la complejidad del proceso a automatizar.

- **Programa Lineal.** Todo el programa se encuentra en un módulo (OB1) con todas las instrucciones juntas. Este modelo se asemeja a un esquema de relés, que se reemplaza por un controlador lógico programable. La CPU procesa las instrucciones individuales y da un resultado de entradas y de salidas en cada ciclo de scan.
- **Programa Dividido.** El programa está dividido en bloques, cada bloque solo contiene el programa para resolver una tarea parcial. Es posible dividir aún más el programa en segmentos dentro de un bloque. Se puede generar plantillas de segmento para segmentos del mismo tipo. El bloque de organización OB 1 contiene instrucciones que llaman a los otros bloques en una secuencia definida.

- **Programa Estructurado.** Un programa estructurado contiene bloques con parámetros, llamados bloques parametrizables. Estos bloques se diseñan para que puedan usarse de forma universal. Cuando se llama a un bloque parametrizable, se le da los parámetros actuales (las direcciones exactas de entradas y salidas, así como los valores de los parámetros).

Esta propiedad de poder estructurar el programa de usuario, es decir, subdividirlo en distintas partes aporta las siguientes ventajas:

- Los programas de gran tamaño se pueden programar de forma clara
- Se pueden estandarizar determinadas partes del programa
- Se simplifica la organización del programa
- las modificaciones del programa pueden ejecutarse más fácilmente
- Se simplifica el test del programa, ya que puede ejecutarse por partes
- Se simplifica la puesta en marcha.

Los tipos de bloques que se pueden utilizar son resumidos en la siguiente tabla:

Bloque	Descripción
Bloques de organización (OB)	Los bloques de organización (OB's) constituyen la interfase entre el sistema operativo del PLC y el programa de usuario. El programa completo puede almacenarse en el OB, que es ejecutado cíclicamente por el sistema operativo (programa lineal) o puede dividirse y almacenarse en distintos bloques (programa estructurado).
Bloques de función del sistema (SFBs) y funciones de sistema (SFCs)	Los SFB y SFCs están integrados en la CPU S7, permitiéndole acceder a importantes funciones del sistema.

Bloques de función (FB)	Básicamente, los bloques de función ofrecen la misma funcionalidad que las funciones. La diferencia radica en que los bloques de función poseen su propia área de memoria en forma de bloques de datos de instancia. Como resultado, los bloques de función están concebidos para tareas muy repetitivas o funcionalidades complejas, como tareas de control en lazo cerrado.
Funciones (FC)	Una función (FC) contiene parte de la funcionalidad del programa. Es posible programar funciones a las que se les pueda asignar parámetros. Como resultado, las funciones también se pueden utilizar para tareas repetitivas o funcionalidades complejas tales como cálculos.
Bloques de datos de instancia (DBs de instancia)	Al llamarse a un FB/SFB, los DBs de instancia se asocian al bloque. Los DBs de instancia se generan automáticamente al efectuarse la compilación.
Bloques de datos (DB)	Los DBs son áreas de datos para almacenar los datos de usuario. Adicionalmente a los datos asociados a un determinado bloque de función, se pueden definir también datos globales a los que pueden acceder todos los bloques.

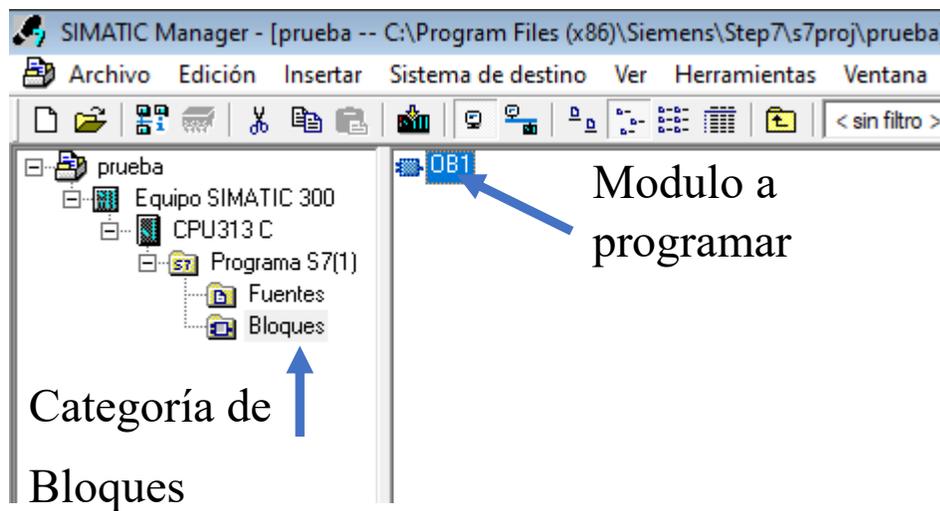
En la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de bloques de organización:

Tipo de alarma	Bloque de organización	Prioridad
Ciclo libre	OB 1	1
Alarmas horarias	OB 10 a OB 17	2
Alarmas de retardo	OB 20 a OB 23	3 a 6 respectivamente
Alarmas cíclicas	OB 30 a OB 38	de 7 a 15 respectivamente
Alarmas de proceso	OB 40 a OB 47	16 a 23 respectivamente
Alarmas DPV1	OB 55 a 57 OB 57	2
Alarmas de multiprocesamiento	OB 60 25	25
Alarmas de sincronía al ciclo	OB 61 a OB 64	25
Error de redundancia	OB 70 y OB 72	25 y 28 respectivamente
Errores asíncronos	OB 80 a OB 87	25
Ciclo no prioritario	OB 90	1
Rearranque completo (Arranque en caliente)	OB 100	27
Rearranque normal	OB 101	27
Arranque en frío	OB 102	27

Errores síncronos	OB 121 a OB 122	Prioridad del OB que ha ocasionado el error
-------------------	-----------------	---

13.2 Programación en Leguaje Ladder

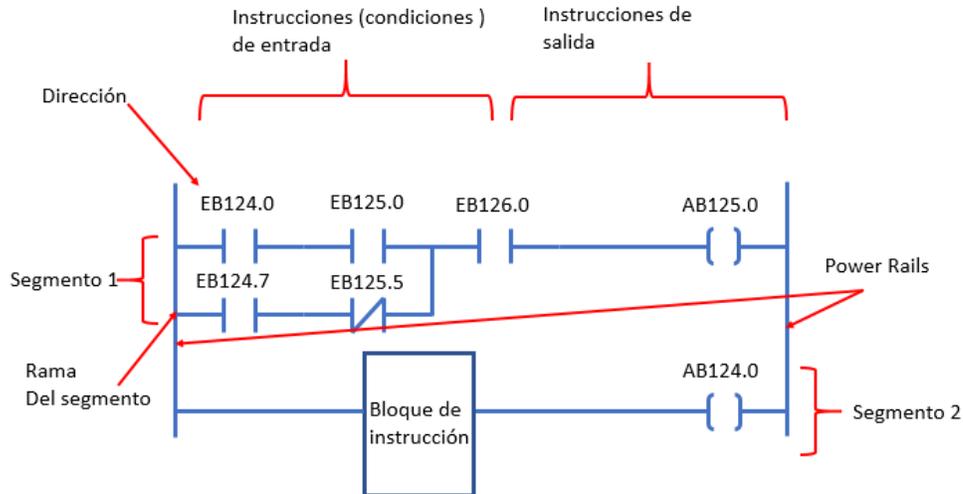
Para realizar la programación del PLC dada las diferentes estructuras que pueden desarrollarse en el administrador existe una categoría llamada bloques, en esta categoría se insertan todo el módulo a programar del PLC, como mínimo siempre se debe contar con el módulo OB1, dado que es el módulo de organización principal sin los demás módulos no pueden ser ejecutados y en programación lineal este contiene toda la instrucción del proceso.



Para programar cada módulo basta con dar doble clic sobre el para abrir el entorno de programación, este entorno soporta 3 lenguajes de programación KOP (lenguaje Ladder), FUP (diagrama de funciones) y AWL (lista de instrucciones). En lenguaje se puede seleccionar al momento de la creación del proyecto con el asistente, o en las propiedades del módulo dando clic derecho y luego seleccionando propiedades del objeto. Este manual se centrará en el Lenguaje Ladder.

La programación de un PLC mediante lógica Ladder consiste en la elaboración de un programa de manera similar a como se dibuja un circuito de contactos eléctricos. El diagrama de escalera consta de dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación. Los circuitos se disponen como líneas horizontales llamadas segmentos, es decir, como si fueran los peldaños de una

escalera, mientras que las instrucciones de entradas y salidas son representadas como contactos y bobinas respectivamente. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de diagrama Ladder.



En un diagrama Ladder, la energía fluye desde la izquierda hacia la derecha, aunque no hay un flujo de energía real, debe existir un camino continuo a través de los contactos para energizar la bobina de salida. En el segundo segmento del diagrama introduce el concepto de las instrucciones “bloque de función”. Cualquier instrucción que no es un contacto o una bobina es llamada “bloque de función” debido a su apariencia en el diagrama. Las instrucciones de bloque de función más comunes son temporizadores, contadores, comparación, y operaciones de cálculo. Instrucciones de bloque de funciones más avanzadas incluyen secuenciadores, registros de desplazamiento, y operaciones FIFO.

13.3 Entorno de programación

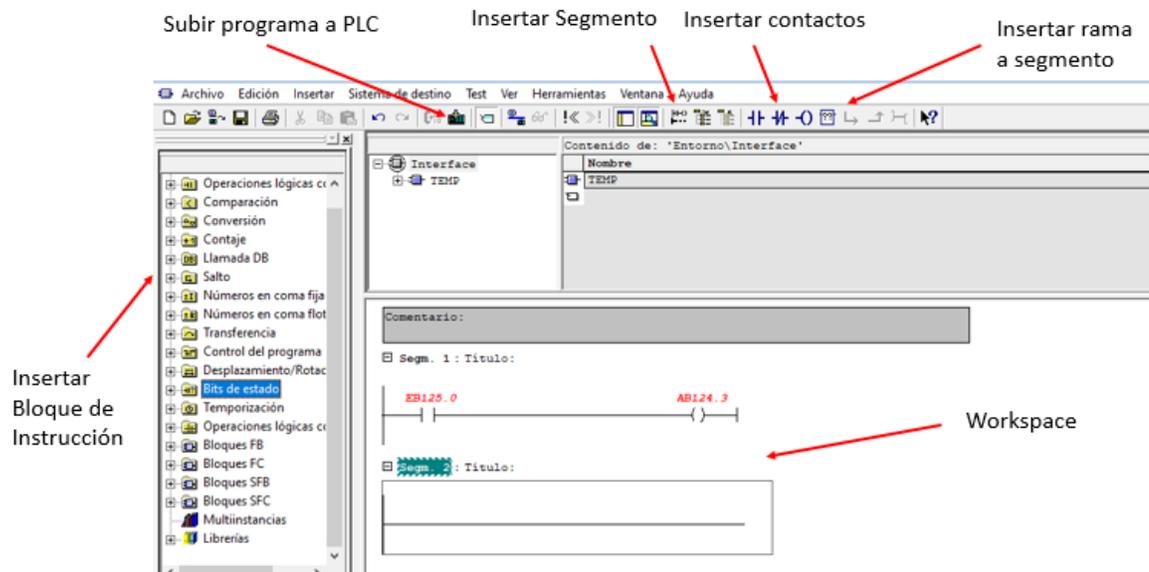
Una vez se seleccionado el módulo a programar se abre el entorno de programación, el entorno de programación es bastante simple e intuitivo. Cuenta con una Workspace en donde se desarrollará el diagrama Ladder del módulo correspondiente.

Para el desarrollo del diagrama en la barra de herramientas se cuenta con las siguientes opciones seleccionar las funciones de contactos, estas son contacto N.O, contacto N.C y bobina. En caso de conexiones en paralelo para un segmento

se encuentra las opciones “insertar rama” y “cerrar rama”. Para crear más circuitos en caso de que se requieran (segmentos horizontales) en la barra de herramienta se selecciona la opción “segmento”. En caso de instrucciones más complejas a la izquierda del entorno de programación se encuentran los bloques de programación organizados por categoría.

Para cargar el programa al PLC basta con tener contactado el PLC a la computadora por MPI, haber configurado correctamente la interfaz de comunicación a como se detalla en el inciso 9 de esta manual y presionar el botón subir de la barra de herramientas en el entorno de programación. Si el PLC se encuentra en modo Run enviara una notificación que pasara al PLC a modo STOP, se da clic en aceptar y carga el programa al finalizar se brindara una notificación indicando que la carga fue exitosa.

En la siguiente figura se muestra el entorno de programación y señalizados los elementos esenciales para el desarrollo de cualquier proyecto en lenguaje Ladder.



13.4 Simulación de PLC en Simatic Step-7

Para poder realizar la simulación de los programas desarrollados, se necesita la instalación de un programa adicional que no viene incluido en el instalador del Simatic Step-7. Este programa se llama PLC SIM el cual en términos simples consiste en un PLC virtual, que permite simular una conexión MPI para trabajar

en conjunto con Simatic Step-7, siendo transparente a varios módulos especialmente el entorno de programación.

Sin embargo, es controlado desde la ventana del administrador Simatic. En la barra de herramientas se encuentra la opción de activar y desactivar la simulación, si no se encuentra instalado correctamente el PLCSIM dicha opción aparecerá deshabilitada. **Nota: Dado que es invisible al entorno de programación al momento de cargar el programa en un PLC asegúrese que este desactivado para evitar conflictos de comunicación.**



Al activar el simular se abrirá una nueva ventana con el PLC Virtual para la simulación, de inicio solo contiene la CPU genérica la cual presenta 3 estado, RUN-P, RUN, STOP de operación, antes de cargar el programa desde el entorno de programación se debe asegurar que el PLC este en STOP, Una vez configurado para iniciar la simulación, bastara con dar clic en RUN para que inicie la simulación.

Antes de poder realizar simulaciones se deben hacer configuraciones previas pues como se mencionó anteriormente en principio solo se cuenta con la CPU:

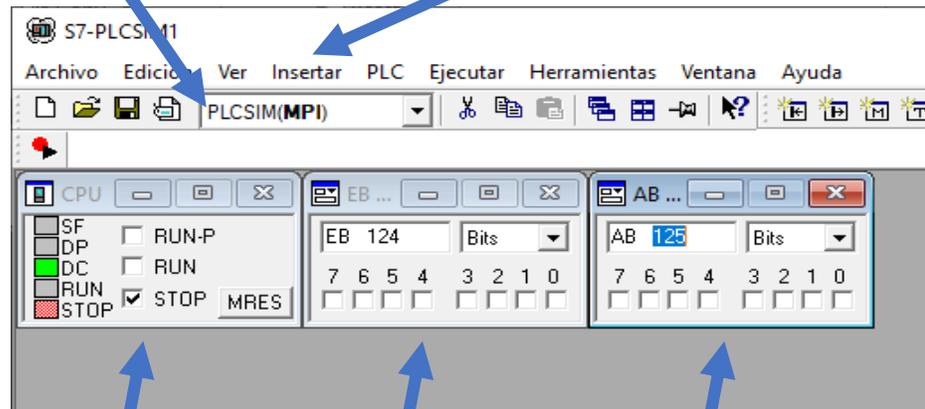
- La primera es la configuración de la comunicación, en lugar de hacerlo desde el administrador de Simatic Step-7 se hace desde el simulador, la comunicación a seleccionar es PLCSIM(MPI)
- La siguiente configuración es agregar las entradas y salidas a la CPU, para ello en la barra de herramientas se da clic en "Insertar" y se puede insertar un módulo de 1Byte para entradas o salidas, además pueden agregar

temporizadores y contadores. Una vez agregados se debe asignar la dirección de memoria, se recomienda usar las mismas direcciones del kit didáctico EB124, EB125 para entradas digitales y AB124, AB125 para salidas digitales

Nota: Dado que la simulación es bastante sencilla consiste únicamente en la activación de las entradas presionando cada bit del puerto, para notar si las salidas son activadas de acuerdo con la lógica programada. Una de las desventajas de este simulador es la carencia de poder realizar simulaciones de entradas y salidas analógicas.

Configuración

De comunicación



CPU
Estados de
operación

Entrada digital

Salida digital

B. FORMATO DE GUIAS DE LABORATORIO

FECHA: ___/___/___

GRUPO: _____

FACULTAD	CARRERA	AÑO	TEMA DE APRENDIZAJE
FTI	MECANICA	IV	
PRACTICA NO.	NOMBRE DE LA PRACTICA		DURACION (HORAS)
			2 Horas
FUNDAMENTOS			
OBJETIVOS			
ELEMENTOS		EQUIPOS DE MEDICION	
		EQUIPOS DE SEGURIDAD	

TRABAJO PREVIO		
PROCEDIMIENTO Y RECOMENDACIONES		
CONCLUSIONES		
INTEGRANTES	NUMERO DE CARNET	DOCENTE
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

C. GUIAS DE LABORATORIO Y DOCUMENTOS ADJUNTOS



FECHA: ____/____/____

GRUPO: _____

FACULTAD	CARRERA	AÑO	TEMA DE APRENDIZAJE
FTI	MECANICA	IV	
PRACTICA NO.	NOMBRE DE LA PRACTICA		DURACION (HORAS)
1	Introducción a la programación de PLC con lenguaje Ladder y Modulo didáctico PLC for process control mod EE-PCE		2 Horas

FUNDAMENTOS

Los PLC operan en base un programa que se encuentra grabado en su memoria. Por lo que uno de los aspectos más importante en la automatización de los procesos utilizando PLCs es el lenguaje de programación. La programación de un PLC mediante lógica Ladder consiste en la elaboración de un programa de manera similar a como se dibuja un circuito de contactos eléctricos.

El diagrama de escalera consta de dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación. Los circuitos se disponen como líneas horizontales llamadas segmentos, es decir, como si fueran los peldaños de una escalera, mientras que las instrucciones de entradas y salidas son representadas como contactos y boninas respectivamente.

En la práctica son muchos los procesos que implican el cambio de las salidas en dependencia de una función determinada que toma como parámetros las variables de entradas del sistema en un momento dado. A estos sistemas se les conoce como combinacionales.

Para realizar el modelado de los sistemas combinacionales para su posterior programación en lenguaje Ladder es necesario aplicar el Algebra de Boole. Esta se aplica sobre variables binarias, es decir aquellas que solo pueden adoptar dos valores que designaremos por 0 y 1. Entre dichas variables se definen dos operaciones que son la suma lógica u operación OR, la multiplicación lógica u operación AND y la negación lógica NOT.

Dado elementos de un circuito eléctrico son típicamente binarios, es decir pueden adoptar únicamente dos estados. Un interruptor puede estar abierto o cerrado, una bombilla puede estar encendida o apagada, un detector puede estar activado o desactivado, un motor puede estar conectado o desconectado. El primer estado (abierto, encendido, excitado, activado, conectado) Se representa por el valor 1 y el segundo estado (cerrado, apagado, desactivado, desconectado) por el 0. Las operaciones AND y OR definidas en el álgebra de Boole pueden ser implantadas mediante contactos y lenguaje Ladder.



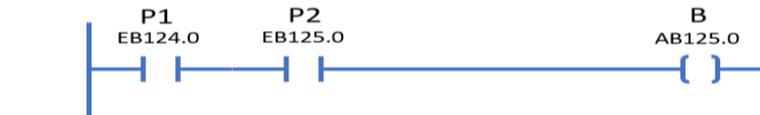
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none">➤ Explicar al estudiante las características del módulo didáctico basado en tecnología PLC➤ Enseñar las generalidades de la programación tipo Ladder.➤ Realizar simulaciones para la verificación del correcto funcionamiento de los programas escritos en lenguaje Ladder.➤ Mostrar el proceso de programación del módulo didáctico.	
ELEMENTOS	EQUIPOS DE MEDICION
<ol style="list-style-type: none">1. Modulo didáctico PLC for process control mod ee-pce.2. Bananas de conexión3. Base de distribución Power block4. Panel de entradas y salidas5. Juego de desarmadores6. Pinzas7. Llevar laptop por grupo	<ol style="list-style-type: none">1. Multímetro2. Pinza amperimétrica
	EQUIPOS DE SEGURIDAD
	<ol style="list-style-type: none">1. Lentes transparentes2. Zapatos con suela dieléctrica3. Guantes dieléctricos

TRABAJO PREVIO
<p>-El alumno deberá leer y estar familiarizado con el manual de usuario proporcionado de forma previa a la realización del laboratorio.</p> <p>- Crear un nuevo proyecto en SIMATIC STEP 7 realizar las configuraciones de Hardware de acuerdo con el PLC S7-300 del módulo didáctico PLC for process control mod ee, luego introduzca los siguientes programas en el bloque OB1 y compruebe su funcionamiento utilizando el simulador PLC SIM. Recuerde configurar las direcciones de los puertos de entrada y salida de acuerdo a lo establecido en el manual. Explique sus resultados</p>



1) Operación AND

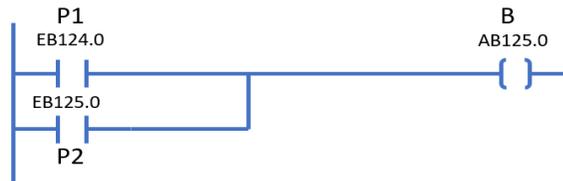
La salida AB125.0 debe activarse tan sólo si los dos interruptores conectados a las entradas EB124.0 y EB125.0 están cerrados. La solución Ladder se obtiene poniendo en serie dos contactos, con operandos EB124.0 y EB125.0, y la bobina AB125.0. De hecho, la combinación lógica AND, traducida al lenguaje Ladder, equivale a la serie de dos contactos: en la disposición en serie 'se lee' el cierre del circuito sólo



cuando ambos contactos están cerrados; de manera que esta es la única condición que activa la bobina.

2) Operación OR

La salida AB125.0 debe activarse si al menos uno de los interruptores conectados a las entradas EB124.0 y EB125.0 está cerrado. La solución ladder se obtiene poniendo en serie con la bobina AB125 el paralelo de dos contactos, con operandos EB124.0 y EB125.0. De hecho, la combinación lógica OR, traducida a un esquema de contactos, equivale al paralelo de dos contactos: a las cabezas del paralelo 'se lee' el cierre del circuito cuando al menos uno de los contactos está cerrado. Esta es pues la condición que conduce a



la activación de la bobina.

3) Operación AND con OR

Realizar $AB125.0 = (EB124.0 \text{ OR } EB124.1) \text{ AND } (EB124.2 \text{ OR } EB124.3)$.

Después de haber realizado los ejercicios anteriores, la solución ladder debería de ser intuitiva: se disponen en serie (AND) dos paralelos (OR) de contactos, conectando adecuadamente los operandos en correspondencia con estos y con la bobina.

4) Operación OR con AND

Realizar $AB125.0 = (EB124.0 \text{ AND } EB124.1) \text{ OR } (EB124.2 \text{ AND } EB124.3)$.

Donde los paréntesis, si bien no son necesarios dado que la operación AND tiene preferencia sobre la OR, se han añadido para mayor claridad.

5) Operación XOR

Realizar $AB125.0 = (EB124.0 \text{ XOR } EB124.1)$

La operación lógica XOR aplicada a dos variables booleanas da un resultado cierto cuando una y sólo una de las dos variables es cierta. Es decir, la bobina se activa tan sólo cuando una entrada está cerrada y la otra está abierta.



PROCEDIMIENTO Y RECOMENDACIONES

Ejercicio 1 - Limpiaparabrisas

Al desactivar el limpiaparabrisas de un automóvil en un día lluvioso, éste no se puede detener de inmediato en medio del cristal estorbando la visión, hay que esperar a que acabe su recorrido y se sitúe en la posición horizontal de reposo. Considérese el siguiente montaje: un interruptor NA conectado a la entrada I1 que activa el limpiaparabrisas, un motor que hace girar la escobilla conectado a la salida Q1 (para simplificar se supondrá que el motor gira en un solo sentido) y un final de carrera que detecta la llegada a la posición horizontal conectado a la entrada I2. Se desea un algoritmo tal que al desactivar el interruptor no detenga el limpiaparabrisas hasta que llegue a la posición horizontal.

Salvo si se indica lo contrario, se supondrá que los pulsadores son normalmente abiertos (NA). El cuadro resumen de las entradas y salidas a utilizar y de los dispositivos conectados a ellas es el siguiente:

Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Interruptor activación limpiaparabrisas	E 124.1	I1
Final carrera posición horizontal	E 124.2	I2
Motor giro limpiaparabrisas	A 125.0	Q1

Ejercicio 2 – Vaciado de tanque

Se desea controlar automáticamente el vaciado de un depósito en función del estado de un conjunto de detectores de nivel. El sistema consta de una bomba que extraerá el agua del depósito activada por la salida Q1 y de tres detectores de nivel conectados a las entradas I1, I2 e I3. El primer detector I1 corresponde al nivel superior e indica que el depósito está casi lleno, el segundo I2 indica un nivel de agua intermedio y el tercero I3 indica que el depósito está casi vacío.

Los tres sensores actuales del mismo modo son normalmente abiertos, es decir se activan si el agua llega a su altura y se ponen a cero si el agua está por debajo. Por último, se dispone de un interruptor conectado a la entrada I10 para indicar al sistema si se desea vaciar el depósito del todo (I10=1) o solo hasta la mitad (I10=0). La bomba se debe poner en marcha cuando el agua llegue al primer detector y seguir en funcionamiento hasta que el nivel se encuentre por debajo del segundo o del tercer detector en función de la posición del interruptor.

Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Detector de nivel superior	E 124.1	I1
Detector de nivel intermedio	E 124.2	I2
Detector de nivel inferior	E 124.3	I3
Interruptor: 0 vaciar medio; 1 vaciar completo	E 124.4	I10
Bomba de extracción	A 125.0	Q1



Ejercicio 3 – Rotación de bombillas

Se dispone de 3 pulsadores conectados a las entradas I1, I2 e I3 y 3 bombillas conectadas a las salidas Q1, Q2 y Q3. Se desea que al activar el pulsador 1 se encienda la bombilla 1 y se apague la 3, al pulsar el 2 se encienda la 2 y se apague la 1 y así sucesivamente. Se supone que los pulsadores se activarán en orden (1,2,3,1...).

Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Pulsador 1	E 124.1	I1
Pulsador 2	E 124.2	I2
Pulsador 3	E 124.3	I3
Bombilla 1	A 125.0	Q1
Bombilla 2	A 125.1	Q2
Bombilla 3	A 125.2	Q3

CONCLUSIONES

INTEGRANTES	NUMERO DE CARNET	DOCENTE
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Sistemas combinacionales

Un PLC es capaz de ejecutar una serie de instrucciones, un programa que además se puede modificar tantas veces como sea preciso, lo cual le proporciona una gran versatilidad y la posibilidad de adaptarlo a la resolución de muy diversos problemas. En la práctica son muchos los procesos implican el cambio de las salidas en dependencia de una función determinada que toma como parámetros las variables de entradas del sistema en un momento dado. A estos sistemas se les conoce como combinacionales.

Algebra de Boole

Para realizar el modelado de los sistemas combinacionales para su posterior programación en lenguaje Ladder es necesario aplicar el Algebra de Boole. Esta se aplica sobre variables binarias, es decir aquellas que solo pueden adoptar dos valores que designaremos por 0 y 1. Entre dichas variables se definen dos operaciones que son la suma lógica u operación OR, la multiplicación lógica u operación AND y la negación lógica NOT. La tabla de la verdad de cada una de ellas nos indica el resultado de dichas operaciones en función de los valores de entrada de las variables.

Operación OR $C=A+B$

A	B	C(A+B)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Operación AND $C=A*B$

A	B	C(A*B)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Operación NOT($A=!B$)

A	B
0	0
0	1

Es a partir de la combinación de estas 3 operaciones que se logra el modelado de diferentes procesos con N cantidad de entradas y N cantidad de salidas. Sin embargo, mucha de las funciones resultantes puede llegar a ser muy extensas lo que resultaría en una complicada implementación y programación por lo que se hace uso de las siguientes propiedades para simplificarlas lo máximo posible

- Teorema de idempotencia: $A + A = A$; $A \cdot A = A$
- Ley de involución: $(A')' = A$
- Propiedad conmutativa: $A + B = B + A$; $A \cdot B = B \cdot A$
- Propiedad asociativa: $A + (B + C) = (A + B) + C$; $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$
- Propiedad distributiva:
 $A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$; $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
- Teorema de absorción: $A + A \cdot B = A$; $A \cdot (A + B) = A$

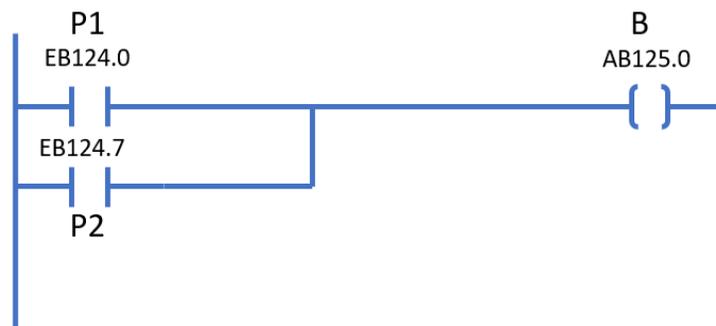
- Ley de de morgan: $(A + B)' = A' \cdot B'$; $(A \cdot B)' = A' + B'$
- Axioma del complemento: $A + A' = 1$; $A \cdot A' = 0$

Implementación de las ecuaciones lógicas en lenguaje Ladder

La programación de un PLC mediante lógica Ladder consiste en la elaboración de un programa de manera similar a como se dibuja un circuito de contactos eléctricos. El diagrama de escalera consta de dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación. Los circuitos se disponen como líneas horizontales llamadas segmentos, es decir, como si fueran los peldaños de una escalera, mientras que las instrucciones de entradas y salidas son representadas como contactos y bobinas respectivamente.

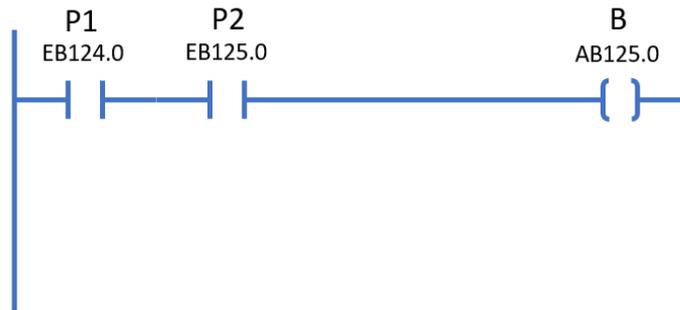
Dado elementos de un circuito eléctrico son típicamente binarios, es decir pueden adoptar únicamente dos estados. Un interruptor puede estar abierto o cerrado, una bombilla puede estar encendida o apagada, un detector puede estar activado o desactivado, un motor puede estar conectado o desconectado. El primer estado (abierto, encendido, excitado, activado, conectado) Se representa por el valor 1 y el segundo estado (cerrado, apagado, desactivado, desconectado) por el 0. Las operaciones AND y OR definidas en el álgebra de Boole pueden ser implantadas mediante contactos y escritos en lenguaje Ladder.

Operación OR



Dos contactos conectados en paralelo constituyen efectivamente una operación OR. Al activar el Contacto P1 se cierra la rama superior del circuito y se enciende la bobina B. Lo mismo sucederá si se activa solo P2 o si se activan los dos contactos simultáneamente Solo en el caso de que ambos pulsadores permanezcan abiertos la bobina estará apagada. Si identificamos P1, P2 y B con tres variables binarias se cumple la tabla de la verdad de la operación OR que se ha explicado anteriormente y se puede escribir de forma algebraica.

Operación AND



Se verifica fácilmente que este circuito cumple la tabla de la verdad de la operación AND. Si ninguno de los dos pulsadores está activado la bobina no se activará. Si se activa solamente P1 o P2 la bobina sigue desactivada. Se activará solo en el caso de que se active simultáneamente P1 y P2.



FECHA: ___/___/___

GRUPO: _____

FACULTAD	CARRERA	AÑO	TEMA DE APRENDIZAJE
FTI	MECANICA	IV	
PRACTICA NO.	NOMBRE DE LA PRACTICA		DURACION (HORAS)
2	Manejo de operaciones básicas (binarias temporización y contaje) con el PLC		2 Horas

FUNDAMENTOS

Las operaciones binarias (lógicas con bits) operan con dos dígitos, 1 y 0. Estos dos dígitos constituyen la base de un sistema numérico denominado sistema binario. Los dos dígitos 1 y 0 se denominan dígitos binarios o bits. En el ámbito de los contactos y bobinas, un 1 significa activado ("conductor") y un 0 significa desactivado ("no conductor"). Las operaciones lógicas con bits interpretan los estados de señal 1 y 0, y los combinan de acuerdo con la lógica de Boole. Estas combinaciones producen un 1 ó un 0 como resultado y se denominan "resultado lógico" (RLO). Las operaciones lógicas con bits permiten ejecutar las más diversas funciones.

Se dispone de las operaciones lógicas con bits siguientes:

- ---|--- Contacto normalmente abierto
- ---|/|--- Contacto normalmente cerrado
- ---(SAVE) Cargar resultado lógico (RLO) en registro RB
- XOR O-exclusiva
- ---() Bobina de relé, salida
- ---(#)-- Conector
- ---|NOT|--- Invertir resultado lógico (RLO)

Las siguientes operaciones reaccionan ante un RLO de 1:

- ---(S) Activar salida
- ---(R) Desactivar salida
- SR Desactivar flip-flop de activación
- RS Activar flip-flop de desactivación

Los temporizadores son funciones de programación que permiten el control de acciones específicas en función del tiempo, las funciones de temporización básicas son:

- TON: ON-DELAY (temporizador con retardo a la conexión)
- TOF: OFF-DELAY (temporizador con retardo a la desconexión)
- TP: MONOESTABLE

Se dispone de las operaciones de temporización siguientes:

- S_IMPULS Parametrizar y arrancar temporizador como impulso
- S_VIMP Parametrizar y arrancar temporizador como impulso prolongado
- S_EVERZ Parametrizar y arrancar temporizador como retardo a la conexión
- S_SEVERZ Parametrizar y arrancar temporizador como retardo a la conexión con memoria



- **S_ABRES** Parametrizar y arrancar temporizador como retardo a la desconexión
- ---(**SI**) Arrancar temporizador como impulso
- ---(**SV**) Arrancar temporizador como impulso prolongado
- ---(**SE**) Arrancar temporizador como retardo a la conexión
- ---(**SS**) Arrancar temporizador como retardo a la conexión con memoria
- ---(**SA**) Arrancar temporizador como retardo a la desconexión

En la programación es muy utilizada la operación del contador, para resolver muchas aplicaciones. Un contador es una función de cómputo que permite efectuar la cuenta de acontecimientos o impulsos. La cuenta se puede programar en forma progresiva (ascendente) o regresiva (descendente). La operación de conteo consiste en incrementar 1 al contenido del contador, mientras que la operación de descuento consiste en decrementar 1 al contenido del contador, ambos al presentarse un pulso o un acontecimiento.

Se dispone de las operaciones:

- **ZAEHLER** Parametrizar e incrementar/decrementar contador
- **Z_VORW** Parametrizar e incrementar contador
- **Z_RUECK** Parametrizar y decrementar contador
- ---(**SZ**) Poner contador al valor inicial
- ---(**ZV**) Incrementar contador
- ---(**ZR**) Decrementar contador

OBJETIVOS

- Familiarizarse con los elementos que posee el módulo didáctico.
- Aplicar los conocimientos de programación en los lenguajes KOP en la implementación de operaciones con bits.
- Implementar operaciones de temporización y de contaje en lenguaje KOP mediante el software SIMATIC STEP 7

ELEMENTOS	EQUIPOS DE MEDICION
<ol style="list-style-type: none"> 1. Modulo didáctico PLC for process control mod ee-pce. 2. Bananas de conexión 3. Base de distribución Power block 4. Panel de entradas y salidas 5. Contactores 6. Relé térmico 7. Motor trifásico 8. Relevador termomagnético 9. Juego de desarmadores 10. Pinzas 11. Llevar laptop por grupo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Multímetro 2. Pinza amperimétrica
	EQUIPOS DE SEGURIDAD
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gabacha blanca



2. Lentes transparentes
3. Zapatos con suela dieléctrica
4. Guantes dieléctricos

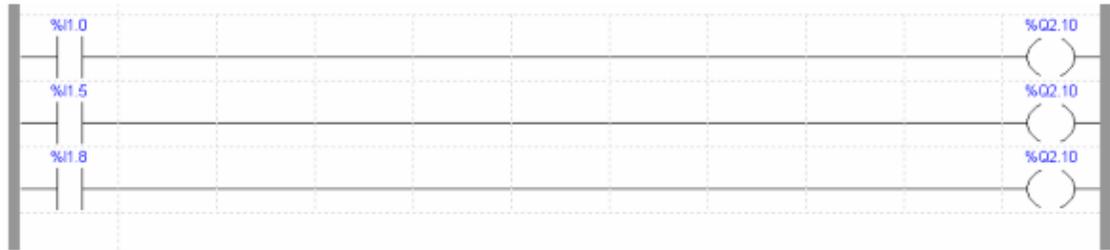
TRABAJO PREVIO

-El alumno deberá leer y estar familiarizado con el manual de usuario proporcionado de forma previa a la realización del laboratorio.

- Estudiar sobre las diferentes formas de implementación de las operaciones de temporización y contadores descritas en el apartado de fundamentos.

- Crear un nuevo proyecto en SIMATIC STEP 7 realizar las configuraciones de Hardware de acuerdo al PLC S7-300 del módulo didáctico PLC for process control mod ee, luego introduzca los siguientes programas en el bloque OB1 y compruebe su funcionamiento utilizando el simulador PLC SIM. Recuerde configurar las direcciones de los puertos de entrada y salida de acuerdo a lo establecido en el manual. Explique sus resultados

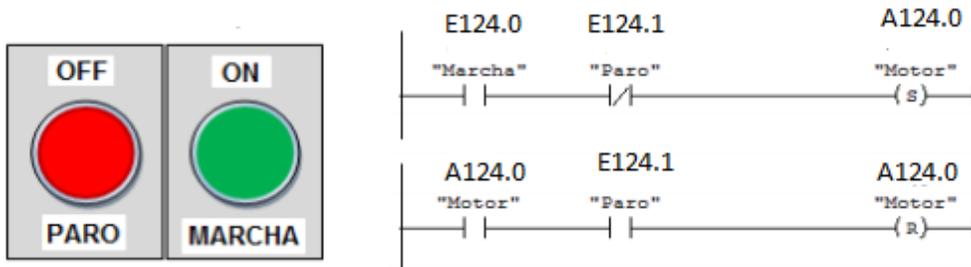
1)



2)



Se desea hacer un enclavamiento eléctrico, de manera que, con dos pulsadores, uno de marcha (E124.0) y otro de paro ((E124.1), se active o se desactive un motor (A124.0). Programe el bloque OB1 utilizando instrucciones SET, RESET y SR en SIMATIC STEP 7 y compruebe su funcionamiento utilizando el simulador PLC SIM.



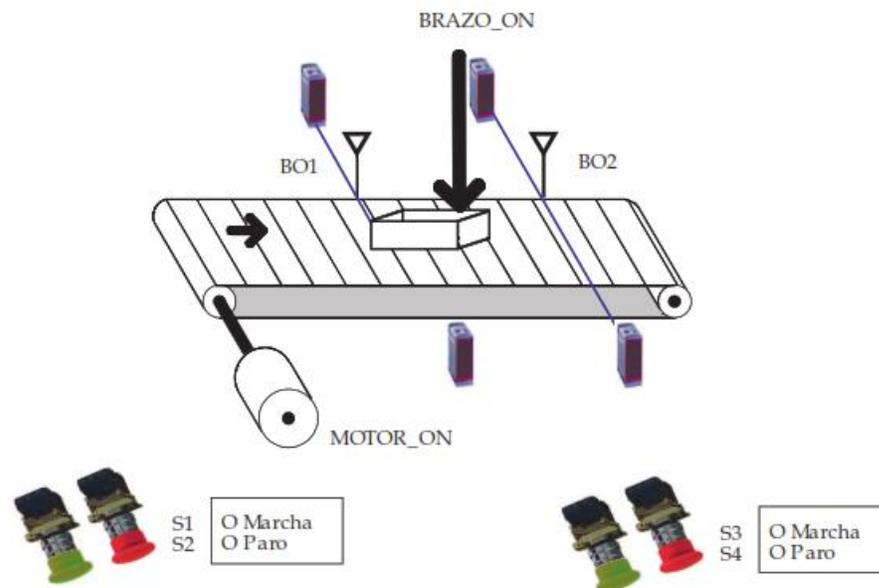


PROCEDIMIENTO Y RECOMENDACIONES

Actividad #1:

La figura muestra una cinta transportadora que se pone en marcha eléctricamente. Al principio de la cinta (es decir, en el extremo izquierdo) se encuentran dos pulsadores: S1 para MARCHA y S2 para PARO. Al final de la cinta (es decir, en el extremo derecho) se encuentran otros dos pulsadores: S3 para MARCHA y S4 para PARO. La cinta puede ponerse en marcha o pararse desde cualquiera de ambos pulsadores. La MARCHA accionará un motor mediante la señal MOTOR_ON.

La cinta está equipada con dos barreras ópticas (BO1 y BO2) concebidas para detectar la presencia de una pieza. Cuando una pieza se encuentre entre ambas barreras debe ser accionado un brazo que recoja la pieza en sentido ascendente. Este dispositivo será accionado mediante la señal BRAZO_ON.



Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Pulsador de marcha	E 124.1	S1
Pulsador de paro	E 124.2	S2
Pulsador de marcha	E 124.3	S3



Pulsador de paro	E 124.4	S4
Motor	A 125.0	MOTOR_ON
Barrera óptica	E 125.1	BO1
Barrera óptica	E 125.2	BO2
Brazo	A 125.1	BRAZO_ON

Realice la programación del PLC para resolver el problema propuesto. Antes de Realizar la carga del programa al PLC debe verificar el funcionamiento de este utilizando el simulador y el instructor debe verificar las conexiones.

Actividad #2

Utilizando el software SIMATIC STEP 7 y basándose en el proyecto creado en la actividad anterior modifique la programación realizada para introducir los siguientes elementos en el sistema de automatización.

Introduzca un contador software (Z0) que realice la operación de contaje del número de piezas generadas. Este contador debe ser inicializado a 0 cuando se produce la MARCHA y cuando el contador llegue a 10 detener la marcha.

Introduzca un retraso de 1,5 segundos al accionamiento de la salida BRAZO_ON. Esta señal debe estar activa únicamente durante 3 segundos. Para ello utilice tantos temporizadores como sean necesarios.

CONCLUSIONES

INTEGRANTES	NUMERO DE CARNET	DOCENTE
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		



FECHA: ___/___/___

GRUPO: _____

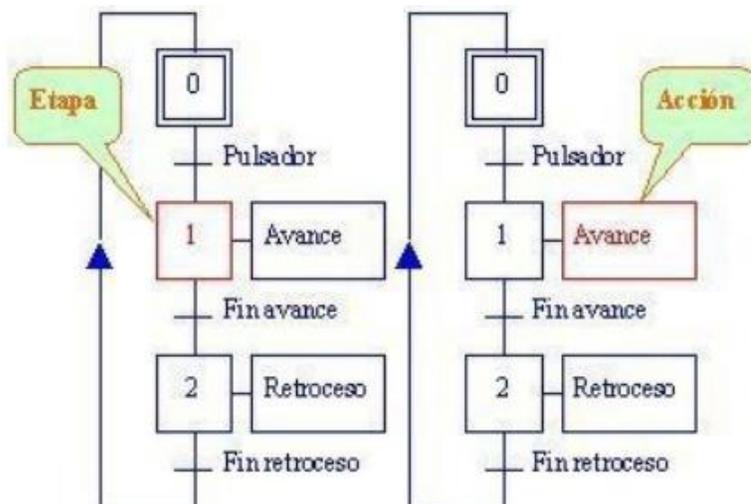
FACULTAD	CARRERA	AÑO	TEMA DE APRENDIZAJE
FTI	MECANICA	IV	
PRACTICA NO.	NOMBRE DE LA PRACTICA		DURACION (HORAS)
3	SISTEMAS SECUENCIALES		2 Horas

FUNDAMENTOS

En la práctica son muchos los procesos que implican la realización de una serie de actividades u operaciones, siguiendo una determinada secuencia. Dichas actividades y los dispositivos empleados para ejecutarlas pueden ser de índole muy diversa, incluyendo partes lógicas, analógicas, cálculos aritméticos, manipulación de datos, etc., pero el desarrollo del proceso consiste casi siempre en una sucesión encadenada de operaciones, cuya evolución se controla mediante unas condiciones de tipo lógico, que indican si el proceso puede continuar y cómo.

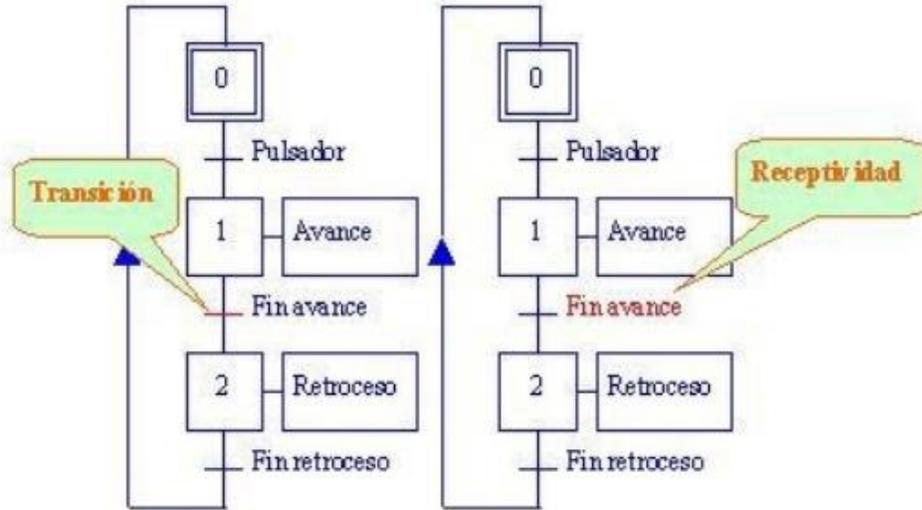
Un sistema combinacional es aquel en que las salidas en un instante sólo dependen de las entradas en aquel instante mientras que Un Sistema Secuencial, se diferencia de los sistemas combinacionales ya que sus salidas dependen de las variables de entrada y del propio estado inicial del sistema. Si se tiene en cuenta que cualquier estado puede ser tomado como estado inicial, se desprende que el sistema está en capacidad de memorizar todos y cada uno de los estados posibles. Dichos estados se almacenan en memoria mediante variables internas denominadas Variables de Estado. La denominación de sistema secuencial se debe precisamente a que el valor de las salidas depende de los estados de las entradas y de la secuencia anterior de estados en dichas entradas.

El GRAFCET (Graphe de commande etape-transition) es un método gráfico, evolucionado a partir de las redes de Petri que permite representar los sistemas secuenciales. Un GRAFCET es una sucesión de etapas. Cada etapa tiene sus acciones asociadas de forma que cuando aquella etapa está activa se realizan las correspondientes acciones; pero estas acciones no podrán ejecutarse nunca si la etapa no está activa.





Entre dos etapas hay una transición. A cada transición le corresponde una receptividad, es decir una condición que se ha de cumplir para poder pasar la transición. Una transición es válida cuando la etapa inmediatamente anterior a ella está activa. Cuando una transición es válida y su receptividad asociada se cumple se dice que la transición es franqueable.



OBJETIVOS

- Describir los elementos básicos del GRAFCET.
- Aplicar el GRAFCET en el diseño de sistemas secuenciales
- Implementar diseño de sistemas secuenciales en GRAFCET utilizando lenguaje Ladder

ELEMENTOS	EQUIPOS DE MEDICION
<ol style="list-style-type: none"> 1. Modulo didáctico PLC for process control mod ee-pce. 2. Bananas de conexión 3. Base de distribución Power block 4. Panel de entradas-salidas 5. Pulsadores N/C N/O 6. Juego de desarmadores 7. Pinzas 8. Llevar laptop por grupo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Multímetro 2. Pinza amperimétrica
	<p style="text-align: center;">EQUIPOS DE SEGURIDAD</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Gabacha blanca 6. Lentes transparentes 7. Zapatos con suela dieléctrica 8. Guantes dieléctricos

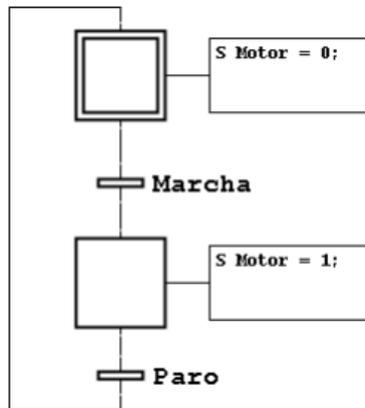


TRABAJO PREVIO

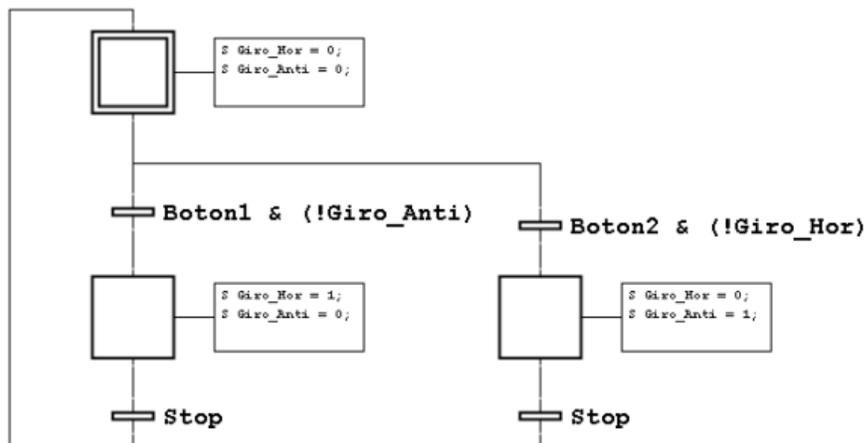
-El alumno deberá leer y estar familiarizado con la documentación teoría acerca de los sistemas secuenciales y el GRAFCET proporcionado de forma previa a la realización del laboratorio.

- Estudiar acerca del software JGrafchart, utilizado para la creación y simulación de sistemas secuenciales utilizando GRAFCET.

- Utilizando el software JGrafchar elabore y simule el siguiente GRAFCET para el arranque y paro de un motor. Elabore su equivalente en diagrama Ladder y simúlelo en PLCSIM.



Utilizando el software JGrafchar elabore y simule el siguiente GRAFCET que controla la inversión de giro de un motor DC. El sistema no debe permitir cambios automáticos de un giro a otro. Elabore su equivalente en diagrama Ladder y simúlelo en PLC SIM.



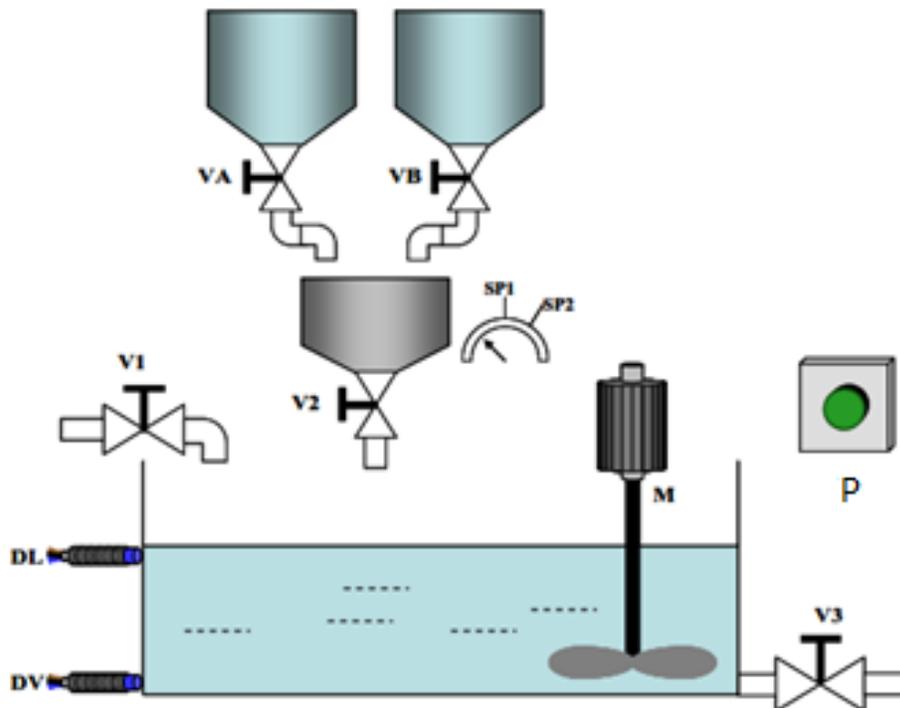


PROCEDIMIENTO Y RECOMENDACIONES

Actividad #1

- Lea detalladamente el problema indicado a continuación y elabore la solución que usted considere necesaria para resolver este ejercicio empleando el GRAFCET.
- Tome el diagrama funcional del GRAFCET y elabore su equivalente en diagrama Ladder.
- Realice la programación del PLC para resolver el problema propuesto. Antes de Realizar la carga del programa al PLC debe verificar el funcionamiento de este utilizando el simulador y el instructor debe verificar las conexiones.

Se quieren mezclar 2 productos con agua. Se llena el depósito de agua abriendo la válvula V1 hasta el nivel indicado por el sensor DL. La dosificación de los dos productos se realiza con una tolva acumulativa, se vierte el producto A sobre la tolva hasta que se alcanza un peso SP1 y a continuación se añade el producto B para conseguir el peso total de los 2 productos, SP2. Se abre la válvula de la tolva durante 10 segundos para dejar caer el contenido. Se realiza el proceso de mezclado durante 30 segundos accionando el agitador y se vacía el depósito abriendo la válvula V3 hasta que se desactive el sensor DV para poder iniciar un nuevo ciclo. El proceso se activa con un interruptor P.





Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Pulsador de inicio	E 124.1	P
Sensor de nivel superior	E 124.2	DL
Sensor de nivel inferior	E 124.3	DV
Indicador de Peso 1	E 124.4	SP1
Indicador de Peso 2	E 124.5	SP2
Válvula de agua	A 125.0	V1
Válvula de tolva acumulativa	A 125.1	V2
Válvula de salida	A 125.2	V3
Válvula para producto 1	A 125.3	VA
Válvula para producto 2	A 125.4	VB
Agitador	A 125.5	M

CONCLUSIONES

INTEGRANTES	NUMERO DE CARNET	DOCENTE
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

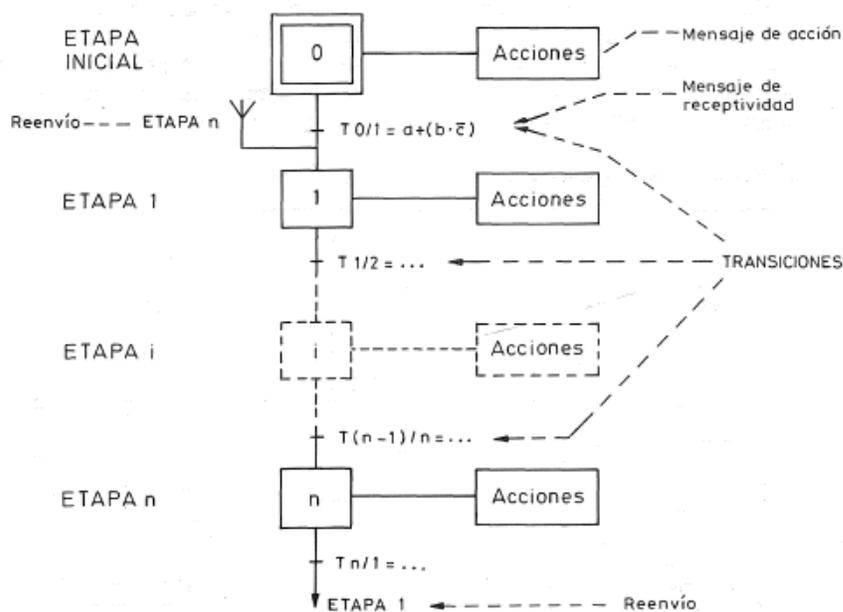
Sistemas secuenciales

En la práctica son muchos los procesos que implican la realización de una serie de actividades u operaciones, siguiendo una determinada secuencia. Dichas actividades y los dispositivos empleados para ejecutarlas pueden ser de índole muy diversa, incluyendo partes lógicas, analógicas, cálculos aritméticos, manipulación de datos, etc., pero el desarrollo del proceso consiste casi siempre en una sucesión encadenada de operaciones, cuya evolución se controla mediante unas condiciones de tipo lógico, que indican si el proceso puede continuar y cómo.

Un Sistema Secuencial, se diferencia de los sistemas combinacionales ya que sus salidas dependen de las variables de entrada y del propio estado inicial del sistema. Si se tiene en cuenta que cualquier estado puede ser tomado como estado inicial, se desprende que el sistema está en capacidad de memorizar todos y cada uno de los estados posibles. Dichos estados se almacenan en memoria mediante variables internas denominadas Variables de Estado. La denominación de sistema secuencial se debe precisamente a que el valor de las salidas depende de los estados de las entradas y de la secuencia anterior de estados en dichas entradas.

Grafcet

El Grafcet (**GRAPHe** de **Comande Etape-Transition** - stage transition) es diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento.



En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

Elementos del Grafcet

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones a realizar.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.

Etapas: Una etapa se caracteriza por un comportamiento invariable en una parte o en la totalidad de la parte de mando en dependencia del diseño una etapa puede estar activa o inactiva en determinados momentos. Las etapas se representan por un cuadrado con un número en su parte superior como identificación. La entrada y salida de una etapa aparece en la parte superior e inferior, respectivamente, de cada símbolo. El conjunto formado por el cuadrado y la extensión de las entradas y salidas constituye el símbolo completo de la etapa.

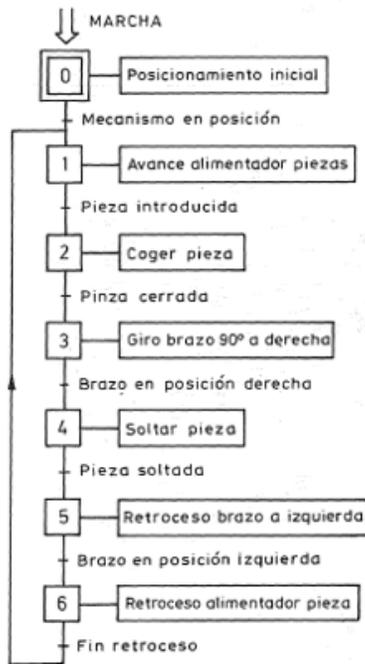
Cuando es necesario determinar la situación del Grafcet en un momento determinado, es muy cómodo identificar todas las etapas activas en ese momento, mediante un punto en la parte inferior de los símbolos de las etapas activas.

Las acciones asociadas a las etapas están descritas, literal o simbólicamente, en el interior de uno o varios rectángulos unidos al símbolo de la etapa a la que van asociados. Tanto las acciones asociadas a las etapas como las receptividades asociadas a las transiciones se pueden describir a dos niveles.

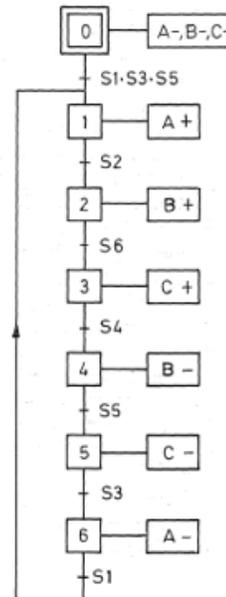
Nivel 1: no tienen en cuenta los elementos tecnológicos que implementan el órgano operativo y sólo se atienden a las especificaciones de tipo funcional. Se trata de describir las funciones del sistema.

Nivel 2: se especifican los aspectos tecnológicos del órgano operativo y de lo que le rodea y de las especificaciones operacionales del órgano de control.

Fase 1: GRAFCET funcional



Fase 2: GRAFCET con sensores y actuadores



Transiciones: Una transición indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se consume al cumplirse la condición de la transición (receptividad). Una transición puede estar validada o no validada. Se dice que está validada cuando todas las etapas inmediatamente unidas a esta transición están activas.

Una transición entre dos etapas se representa mediante una línea perpendicular a las uniones orientadas, también puede llevar una línea paralela a las uniones orientadas. Para facilitar la comprensión del Grafcet cada transición puede ir numerada a la izquierda de la línea perpendicular.

A cada transición va asociada una proposición lógica llamada receptividad que puede evaluada a verdadero o falso. Entre todas las informaciones disponibles en un momento determinado, la receptividad agrupa solamente aquellas que son necesarias para el cambio transición. La receptividad es en función de informaciones externas (entradas) o internas (estado de contadores, temporizadores, estados activos o inactivos de otras etapas). La receptividad va escrita literal o simbólicamente, preferentemente a la derecha del símbolo de la transición.

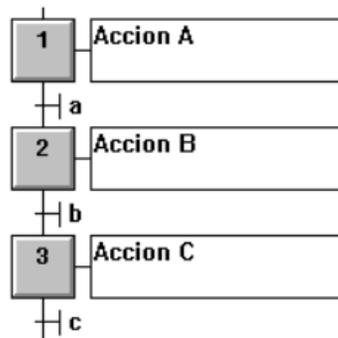
Uniones orientadas: Las uniones orientadas unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas. Señalan el camino de las evoluciones. Las uniones orientadas se representan mediante líneas horizontales o verticales. Las líneas oblicuas pueden ser empleadas excepcionalmente siempre que añadan claridad

al diagrama. Por convenio, el sentido de las evoluciones en un Grafcet es de arriba hacia abajo.

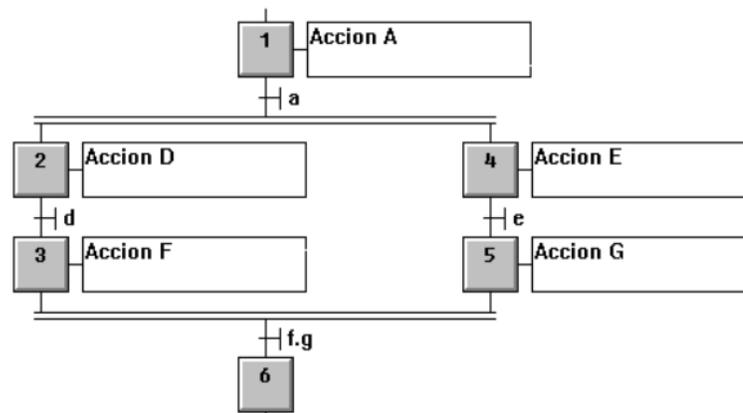
Estructuras Principales del Grafcet

Secuencia Única:

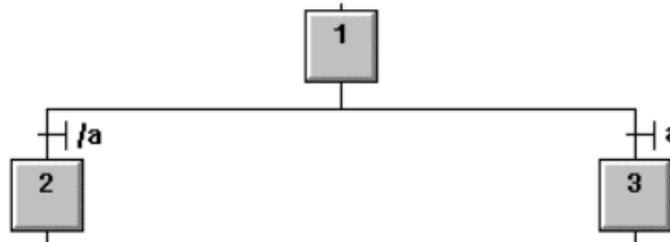
Una secuencia única se compone de una sucesión de etapas que son activadas una a continuación de otra. A cada Etapa le sigue solamente una transición y cada transición es validada por una sola etapa. Se dice que la secuencia está activa si al menos lo está una etapa. Por el contrario, se dice que está inactiva si todas las etapas están inactivas. Una secuencia lineal puede formar parte de una estructura más compleja



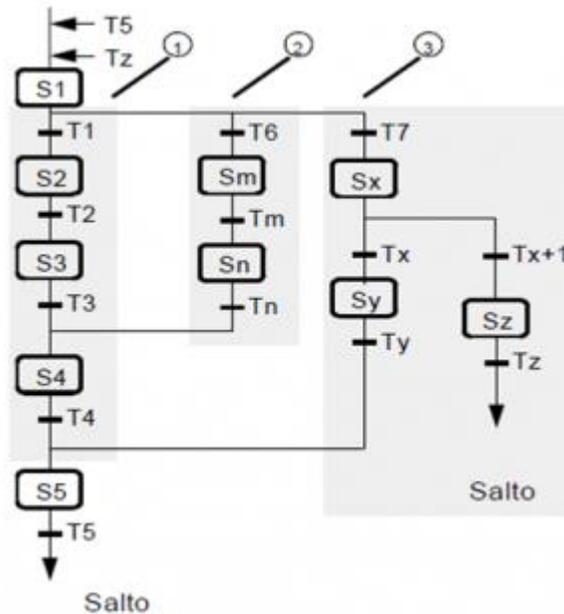
Secuencias Simultáneas: paralelismo estructural: Cuando una transición conduce a la activación de varias secuencias al mismo tiempo, se dice que son secuencias simultáneas. Después de la activación de estas secuencias, las evoluciones de las etapas activas en cada una de las secuencias son independientes. Para asegurar la sincronización de la desactivación de varias secuencias al mismo tiempo, generalmente se ponen etapas de espera recíproca.



Secuencias exclusivas: Para obtener una selección exclusiva entre varias evoluciones posibles a partir de una misma etapa, es necesario asegurar que todas las receptividades asociadas a las transiciones son exclusivas, es decir, no pueden ser verdaderas simultáneamente. Esta exclusión puede ser de orden físico (incompatibilidad mecánica o temporal), o de orden lógico (en la escritura de las receptividades).

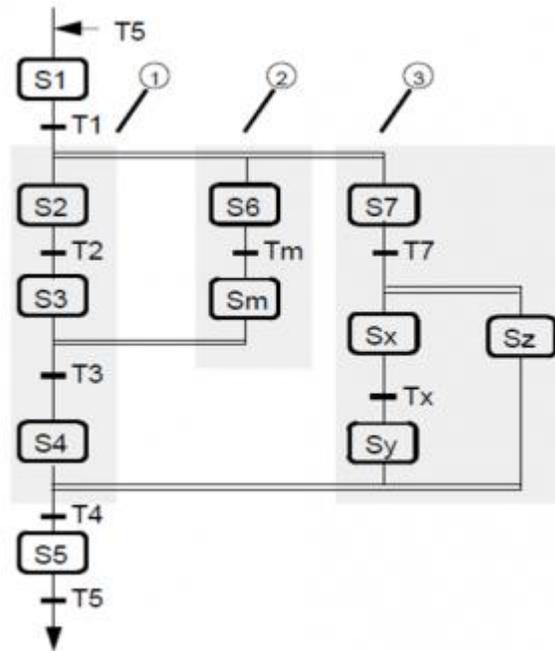


Convergencia y divergencia "O": Sólo se ejecutará aquella rama cuya transición sea la primera en activarse. Las ramas alternativas son cadenas O en las que sólo puede estar activa una rama en cada caso. Varias transiciones a la vez de distintas ramas la prioridad más alta la tendrá la transición que se encuentre más a la izquierda.

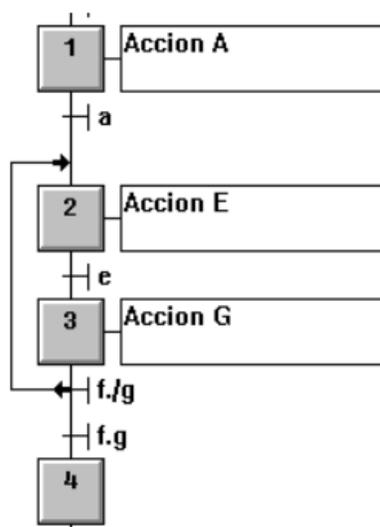


Convergencia y divergencia "Y": Las ramas derivadas se ejecutan simultáneamente y corresponden a una rama «Y». La divergencia en Y se utiliza cuando se necesita que el automatismo realice varias tareas simultáneas. La divergencia en Y se representa con una línea con doble trazo.

La convergencia es una estructura que tiene lugar cuando, después de un ciclo en el que se han desarrollado varias secuencias simultáneas, todas convergen en una sola activándose la siguiente etapa con una sola transición.



Salto de etapas y repetición de secuencia: El salto de etapas permite saltar una o varias etapas, por ejemplo, cuando las acciones a efectuar por estas etapas lleguen a ser inútiles o no tengan objeto. Por el contrario, la repetición de secuencia permite volver a comenzar la misma secuencia mientras que una condición establecida no sea cumplida.



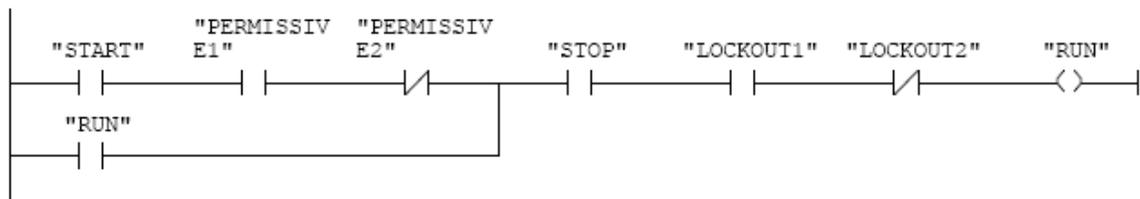
Grafcet a diagrama Ladder

Una vez que el GRACET ha sido elaborado, el mismo necesita ser implementado en diagrama Ladder. Hay muchas formas de lograr lo anterior. La técnica presentada utiliza solamente las instrucciones básicas de la lógica ladder para implementar la lógica de las etapas y transiciones. La técnica permite una fácil detección y corrección de errores ya que la lógica de las transiciones es diferente de la lógica que maneja las acciones de las etapas.

El programa (código) se divide en las siguientes secciones:

1. Escalón de START/STOP/PAUSA de toda la operación
2. Primer START
3. Transición entre las etapas
4. Acciones de las etapas

Sección 1: La forma general del escalón correspondiente al START/STOP/PAUSA de toda la operación es el siguiente:

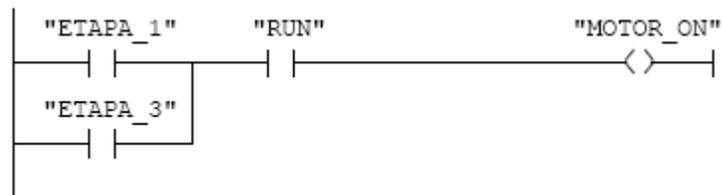


Una bobina interna (variable) denominada RUN controla toda la operación descrita en el GRAFCET.

- RUN será utilizada para desactivar (off) las salidas físicas que necesitan ser desactivadas cuando la operación entra en pausa.
- Ocasionalmente, RUN puede ser usada como parte de una condición de transición.
- Las condiciones opcionales 'permissives' deben ser satisfechas para permitir que la operación sea iniciada o reiniciada después de una condición anormal.
- Las condiciones opcionales "lockouts" causan que la operación se detenga, entre en pausa, previniendo, además, el restart.

modo que al cumplirse la condición activara la bobina permitiendo así la transición entre las diferentes etapas.

Sección 4: Los bits de memoria (bobinas internas) utilizados para las etapas son usados para controlar las acciones de las mismas. La lógica es mostrada en el siguiente esquema:



- El bit apropiado (correspondiente a una etapa) activa (ON) las salidas y temporizadores que pertenecen a la etapa.
- La bobina interna RUN también es usada como parte de las condiciones para aquellas acciones que deben ser desactivadas cuando la operación es pausada.

Por ejemplo, tomando como referencia la figura, la salida MOTOR_ON debe estar activa en las etapas 1 y 3. La bobina interna RUN desactiva la salida MOTOR_ON si la etapa 1 o 3 está activa y el botón de STOP es presionado para pausar la operación.

Cuando la acción es reiniciada (presionando el botón de START), entonces la salida MOTOR_ON es activada nuevamente. Si la bobina interna RUN es removida del escalón mostrado, entonces MOTOR_ON permanecerá ON cuando estando en la etapa 1 u 3 la operación sea pausada.

Debe notarse en la figura, que los bits correspondientes a las etapas 1 y 3 están en paralelo, lo que significa que el MOTOR_ON es una acción en las etapas 1 y 3. La salida MOTOR_ON está desactivada en cualquier otra etapa.

Modulo DB1

Las etapas y transiciones del graficet al momento de ser implementadas en lenguaje Ladder deben ser representadas como variables del tipo booleano, para poder utilizarlas en el módulo OB1 y escribir el programa del proceso. Es necesario definir estas variables en el módulo DB1 del PLC.

Un DB es un Bloque de Datos en el cual no se programa, solo se pueden almacenar datos que pueden ser leídos o escritos en otra parte del programa por algún bloque u operación. Existen 2 tipos de DB: DB de INSTANCIA y DB

GLOBAL; el primero está relacionado con un FB (bloque de función) y solo éste puede modificar sus valores, en cambio el DB Global puede ser escrito y leído por cualquier bloque.

En SIMATIC Step-7 para agregar el bloque DB1 en la categoría de bloques del administrador de proyecto se pueden ver todos los bloques que se están usando en el PLC. Por lo que basta presionar en la pestaña “Insertar” y escoger el bloque DB1.

En el entorno de configuración del bloque de DB1 se encuentra una tabla con los siguientes parámetros, Dirección, Nombre, Tipo, Valor inicial y Comentario. Los cuales al rellenarlo con la información correspondiente se define una variable a excepción de la Dirección pues esta se asigna de forma automática.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	RUN	BOOL	FALSE	Variable para arranque asignado por boton de arranque P
+0.1	ETAPA1	BOOL	FALSE	MOTOR DETENIDO
+0.2	ETAPA2	BOOL	FALSE	MOTOR ENCENDIDO
+0.3	TR12	BOOL	FALSE	
+0.4	TR21	BOOL	FALSE	
=2.0		END_STRUCT		



o con 11 bits. Así, 8 bits suponen una resolución de 256 áreas individuales y 11 bits, 2048 áreas individuales.

OBJETIVOS

- Conocer cómo se realizan operación valores analógicos en el PLC y su diferencia con las operaciones binarias.
- Adquirir conocimientos de captura y generación de entradas y salidas analógicas respectivamente.
- Utilizar las instrucciones de escalado y normalización para las variables analógicas.

ELEMENTOS	EQUIPOS DE MEDICION
<ol style="list-style-type: none">1. Modulo didáctico PLC for process control mod ee-pce.2. Bananas de conexión3. Base de distribución Power block4. Panel de entradas-salidas5. Pulsadores N/C N/O6. Juego de desarmadores7. Pinzas8. Llevar laptop por grupo9. Modulo de pesaje10. Motor DC 12V	<ol style="list-style-type: none">1. Multímetro2. Pinza amperimétrica
	EQUIPOS DE SEGURIDAD
	<ol style="list-style-type: none">1. Lentes transparentes2. Zapatos con suela dieléctrica3. Guantes dieléctricos

TRABAJO PREVIO

-El alumno deberá leer y estar familiarizado con la documentación teoría acerca de señales analógicas, la configuración y uso las E/S analógicas del PLC S7-300 en el software STEP-7.

-1. Se cuenta con un sensor con un rango de medición de 0 a 10 V y mide el nivel de líquido en un depósito asumiendo que 0V significa que el depósito está totalmente vacío y 10V es para el depósito totalmente lleno necesita que se active una alarma cuando el nivel de líquido sea menor al 12% (1.2V), no utilice función SCALE únicamente comparando los bits leídos del ADC. Utilice PLC-SIM para comprobar el funcionamiento.



-2. Del ejercicio anterior se quiere conocer el nivel de líquido dentro del depósito en metros. Suponga que la altura del depósito es de 15m. Utilice la función SCALE para escalar la señal analógica de entrada en un intervalo de 0 a 15. De forma posterior configure una alarma que se active cuando el nivel de líquido sobre pase los 12.5m y otra cuando el nivel del líquido sea inferior a los 2m. Utilice PLC-SIM para comprobar el funcionamiento.

3. Se necesita controlar la velocidad de un motor mediante un variador de frecuencia. El variador tiene una consigna de 0- 10 Voltios. Con 0 voltios, el motor ira a 0 rpm y con 10 voltios, irá a 1500 rpm. Como dispositivo de entrada cuenta con un potenciómetro que varía su voltaje entre 0 y 5. Utilizando las funciones SCALE y UNESCALE controle la velocidad del motor a partir de la variación del potenciómetro. Compruebe su funcionamiento utilizando el simulador PLC SIM.

4. Realizar Grafcet, programación y simulación en PLC SIM de la actividad #3 de este laboratorio.

PROCEDIMIENTO Y RECOMENDACIONES

Actividad #1:

Utilizando el simulador de entrada analógica configurado en un rango de 0-10V y una luz piloto implemente el primer problema del trabajo previo.

Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Pulsador de inicio	PEW128(PEW752)	P
Alarma (Luz piloto)	A 125.0	A

Realice la programación del PLC para resolver el problema propuesto. Antes de Realizar la carga del programa al PLC debe verificar el funcionamiento de este utilizando el simulador y el instructor debe verificar las conexiones.

Actividad #2:

Utilizando el simulador de entrada analógica configurado en un rango de 0-10V y un motor DC proporcionado por el encargado implemente el tercer problema del trabajo previo.

Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Pulsador de inicio	PEW128 (PEW752)	P
Motor DC	PAW128 (PAW752)	M

Realice la programación del PLC para resolver el problema propuesto. Antes de Realizar la carga del programa al PLC debe verificar el funcionamiento de este utilizando el simulador y el instructor debe verificar las conexiones.

Actividad #3:

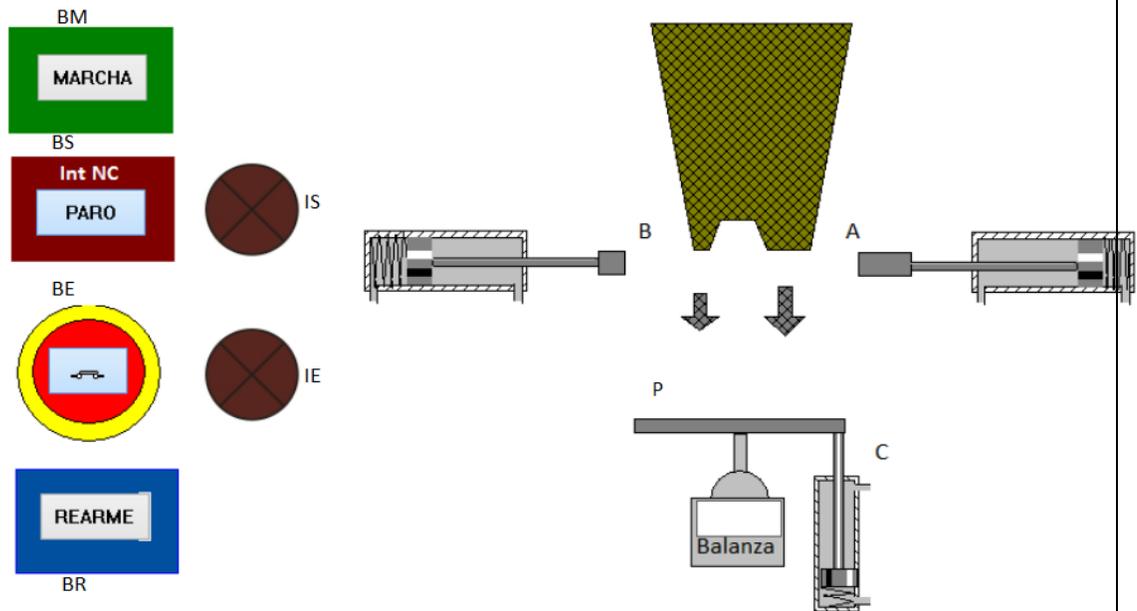
Se desea automatizar un proceso de pesado preciso de un producto sobre una báscula. La base sobre la que se vierte el producto pesa 1 Kg. Para verter el producto se dispone de una tolva con dos tajaderas neumáticas. La tajadera "A" vierte el producto de una forma rápida por su gran sección de paso mientras la "B" lo vierte de una forma más lenta por su sección de paso inferior. La tolva tiene un sensor de peso analógico calibrado capaz de pesar desde 0 hasta 80 Kg, la cual proporciona una señal a través de una interfaz de 0 a 10V DC. Además de un cilindro basculante para el vaciado de la báscula.

El proceso consiste en lo siguiente:

- Al pulsar el pulsador de marcha (BM), deben abrirse las tajaderas A Y B.



- Cuando se haya vertido 10 Kg(en la práctica de laboratorio usar de referencia 0.5Kg) de producto, deberá cerrarse la tajadera A.
- Cuando se haya vertido 12 Kg (en la práctica de laboratorio usar de referencia 0.6Kg) de producto, deberá cerrarse la tajadera B
- Alcanzado el peso deseado, se vacía la báscula por medio de un cilindro basculante “C”.
- El vaciado se efectúa durante 10 segundos.
- En ese momento se desactiva el cilindro basculante para que la báscula recupere la posición inicial.
- Durante cualquier momento del proceso, si se pulsa la parada de emergencia (BE) se deberán cerrar las tajaderas A y B y/o parar el vaciado de la báscula.
- Además, se indicará mediante la activación de una luz roja (IE) de parada de emergencia.
- Al pulsar rearme (BR) el sistema vaciará la báscula durante 10 segundos y volverá al estado de reposo, independientemente del estado en el que se produjese la parada.
- Durante cualquier momento del proceso, si se pulsa el pulsador de paro (BS) se deberá parar el proceso y activar una luz de paro (IS). Se saldrá de esta situación al pulsar Marcha. El sistema volverá a continuar donde estaba y se apagará la luz de paro.



Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Pulsador de marcha	E 124.1	BM
Pulsador de paro	E 124.2	BS
Pulsador de emergencia	E 124.3	BE
Pulsador de rearme	E 124.4	BR
Indicador de emergencia	A 124.5	IE
Indicador de paro	A 124.6	IS
Tajadera mayor diámetro	A 125.1	A
Tajadera de menor diámetro	A 125.2	B
Cilindro Basculante	A 125.3	C



Módulo de pesaje	PEW128 (PEW752)	P
------------------	-----------------	---

Realice la programación del PLC para resolver el problema propuesto. Antes de Realizar la carga del programa al PLC debe verificar el funcionamiento de este utilizando el simulador y el instructor debe verificar las conexiones.

CONCLUSIONES

INTEGRANTES	NUMERO DE CARNET	DOCENTE
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

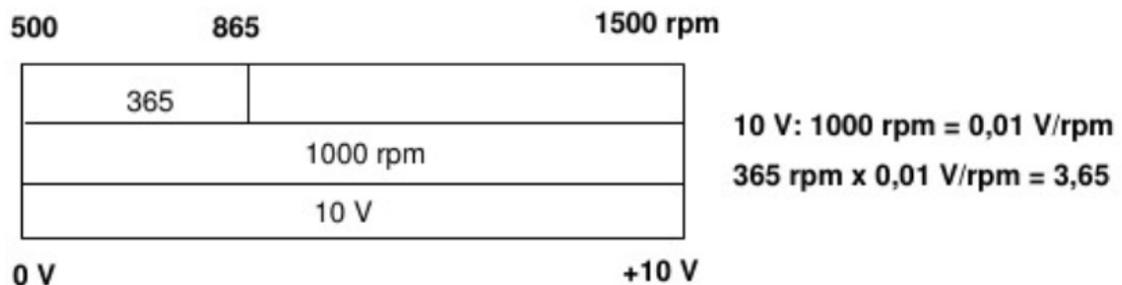
Señales analógicas

A diferencia de una señal binaria para el PLC, que solo puede adoptar los estados de señal 1 para 24 V y 0 para 0V, las señales analógicas pueden adoptar cualquier valor dentro de un rango determinado. Un ejemplo típico de sensor analógico es un potenciómetro. En función de la posición del botón rotativo, se puede ajustar cualquier resistencia hasta un valor máximo.

Ejemplos de magnitudes analógicas en la tecnología de control:

- Temperatura -50 ... +150 °C
- Caudal 0 ... 200 l/min
- Velocidad 500 ... 1500 rpm, etc.

Estas magnitudes se transforman con un transductor de medida en voltajes, corrientes o resistencias eléctricas. Si se desea, por ejemplo, registrar una velocidad, el rango de velocidad de 500 ... 1500 rpm se puede convertir en un rango de tensión de 0 ... +10 V con un transductor de medida. A una velocidad medida de 865 rpm, el transductor de medida emitiría un valor de voltaje de +3,65 V. A como se muestra en la siguiente imagen.

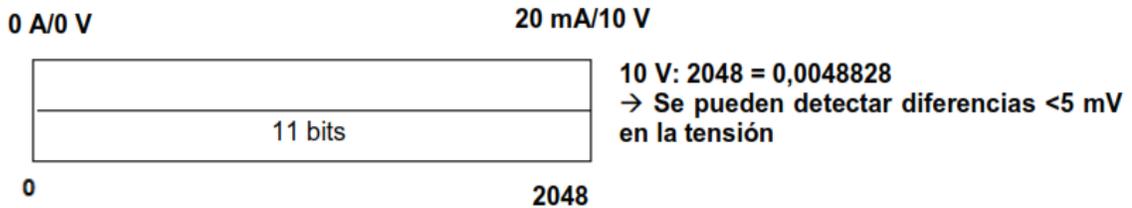


Estos voltajes, intensidades y resistencias eléctricas se conectan a un módulo analógico que digitaliza esta señal para su posterior procesamiento en el PLC.

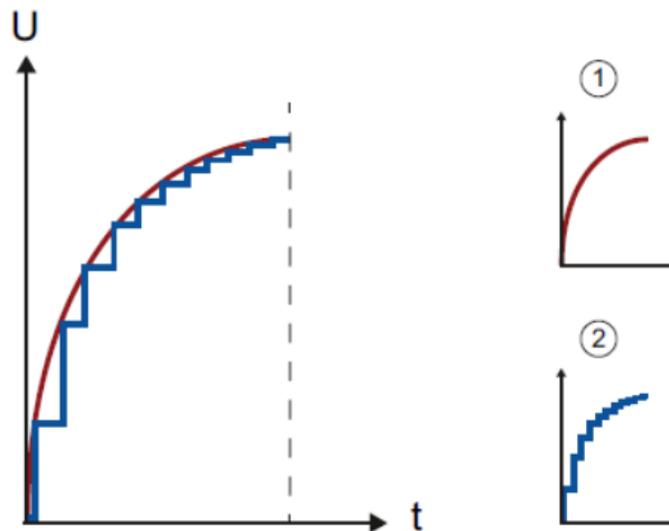
Si se procesan magnitudes analógicas con un PLC, el valor de voltaje, corriente o resistencia leído debe convertirse en información digital. Esta transformación se denomina conversión analógica-digital (conversión A/D). Esto significa que, por ejemplo, el valor de voltaje de 3,65 V se almacena como información en una serie de posiciones binarias. Cuantas más posiciones binarias se utilicen para la representación digital, más fina será la resolución.

Si, por ejemplo, únicamente se dispone de 1 bit para el rango de voltaje 0 ... +10 V, solo se podría hacer una afirmación: si la tensión medida se encuentra en el rango 0 ... +5 V o en el rango +5 V ... +10 V. Con 2 bits, el rango ya se puede dividir en cuatro áreas individuales, es decir, 0 ... 2,5 / 2,5 ... 5 / 5 ... 7,5 / 7,5 ... 10

V. Los convertidores A/D habituales en la tecnología de control trabajan con 8 o con 11 bits. Así, 8 bits suponen una resolución de 256 áreas individuales y 11 bits, 2048 áreas individuales.



En el PLC S7-300 el resultado de esta conversión es siempre una palabra de 16 bits. El ADC (convertidor analógico digital) integrado utilizado con el módulo de entrada analógica digitaliza la señal analógica que se quiere capturar y se aproxima a su valor mediante una curva en escalera. Los parámetros más importantes de un ADC son su resolución y la velocidad de conversión.



Bornero y cableado de las E/S analógicas integradas en la CPU 313C.

Estos modelos integran 5 E/S, con una resolución de 15 bits + signo y un tiempo de conversión por canal de 1ms. Aparte de la configuración que se haga de las E/S en el programa, se deberán cablear los terminales en función de que se trabaje en modo voltaje o en modo corriente. Existe aislamiento galvánico entre los canales y la CPU, pero NO entre las distintas E/S.

Norma	Posicionamiento	X11				DI estándar	Entrada de alarma
		1			Ø 21		
AI (Ch0)	V	2 Ø	PEWx+0	DI+2.0	Ø22	X	X
	I	3 Ø		DI+2.1	Ø23	X	X
	C	4 Ø		DI+2.2	Ø24	X	X
AI (Ch1)	V	5 Ø	PEWx+2	DI+2.3	Ø25	X	X
	I	6 Ø		DI+2.4	Ø26	X	X
	C	7 Ø		DI+2.5	Ø27	X	X
AI (Ch2)	V	8 Ø	PEWx+4	DI+2.6	Ø28	X	X
	I	9 Ø		DI+2.7	Ø29	X	X
	C	10 Ø		4M	Ø30		
AI (Ch3)	V	11 Ø	PEWx+6		Ø31		
	I	12 Ø			Ø32		
	C	13 Ø			Ø33		
PT 100 (Ch4)		14 Ø	PEWx+8		Ø34		
		15 Ø			Ø35		
AO (Ch0)	V	16 Ø	PAWx+0		Ø36		
	A	17 Ø			Ø37		
AO (Ch1)	V	18 Ø	PAWx+2		Ø38		
	A	19 Ø			Ø39		
		20 Ø	MANA		Ø40		

En la tabla se reproducen los valores en función de la resolución de la tarjeta. Al ser de 11 bits tendremos que las medidas se irán incrementando en valores de 16 unidades (10 hex en hexadecimal). Esto es, los 32768 valores que admite el canal irán ‘saltando’ de 16 en 16 (total de 2048 valores posibles para 11 bits de resolución).

Resolución en bits (+ signo)	Unidades		Valor analógico	
	Decimal	Hexadecimal	Byte alto	Byte Bajo
8	128	80 _H	Signo 0000000	1xxxxxxx
9	64	40 _H	Signo 0000000	01xxxxxx
10	32	20 _H	Signo 0000000	001xxxxx
11	16	10 _H	Signo 0000000	0001xxxx
12	8	8 _H	Signo 0000000	00001xxx
13	4	4 _H	Signo 0000000	000001xx
14	2	2 _H	Signo 0000000	0000001x
15	1	10 _H	Signo 0000000	00000001

Tipos de Conexión a entradas Analógicas:

Existen dos partes en una lectura analógica: la parte correspondiente al módulo de entradas analógicas del PLC, y la correspondiente al propio transductor o sensor que genera la magnitud.

Desde el punto de vista del módulo del PLC puede ser:

Entrada analógica activa: es la que se encarga de dar la energía a la conexión entre el transductor y la sonda, ya sea para que exista tensión (0-10 V) o corriente (4-20 mA). Se denomina a estas configuraciones “dos hilos”.

Entrada analógica pasiva: es la que no genera ni tensión ni corriente en sus extremos, limitándose a recoger la medida esperada y convertirla a un valor digital. Se denomina a estas configuraciones “a cuatro hilos”.

Rangos de medida de voltaje

La más utilizada en la industria es 0-10V. El PLC SIMATIC S7 300 posee el rango +/-10V. El inconveniente de este tipo de lectura es que al ser un voltaje las distancias entre el PLC y el sensor son relativamente cortas para evitar errores producto de la atenuación en la señal.

Nota: Se debe tener en cuenta que el rango de trabajo del ADC abarca un intervalo mayor a los +/-10V (rango nominal) debido a que se reserva un margen por exceso en caso de que la señal de entrada exceda los +/-10V.

Sistema		Rango de medición de tensión				
dec.	hex.	±10 V	±5 V	±2,5 V	±1 V	
32767	7FFF	11,851 V	5,926 V	2,963 V	1,185 V	Rebase por exceso
32512	7F00					
32511	7EFF	11,759 V	5,879 V	2,940 V	1,176 V	Margen de saturación
27649	6C01					
27648	6C00	10 V	5 V	2,5 V	1 V	
20736	5100	7,5 V	3,75 V	1,875 V	0,75 V	
1	1	361,7 µV	180,8 µV	90,4 µV	36,17 µV	
0	0	0 V	0 V	0 V	0 V	Rango nominal
-1	FFFF					
-20736	AF00	-7,5 V	-3,75 V	-1,875 V	-0,75 V	
-27648	9400	-10 V	-5 V	-2,5 V	-1 V	
-27649	93FF					Margen de saturación por defecto
-32512	8100	-11,759 V	-5,879 V	-2,940 V	-1,176 V	
-32513	80FF					Rebase por defecto
-32768	8000	-11,851 V	-5,926 V	-2,963 V	-1,185 V	

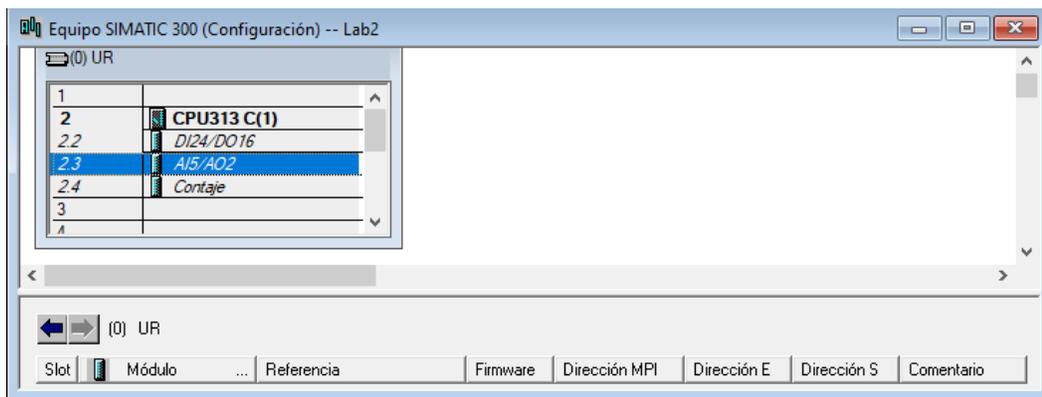
Rangos de medidas de intensidad de corriente

Dentro de las medidas de intensidad de corriente se suelen utilizar principalmente dos tipos: 0-20 mA. y 4-20 mA. Las medidas por intensidad es el más utilizado en la lectura analógica, ya que permite grandes distancias al ser la lectura por corriente, y a la vez es fácil reconocer la rotura del hilo, ya que por debajo de 4 mA indica el mal funcionamiento del sensor.

Sistema		Rango de medición de Intensidad		
dec.	hex.	de 0 a 20 mA	de 4 a 20 mA	
32767	7FFF	23,70 mA	22,96 mA	Rebase por exceso
32512	7F00			
32511	7EFF	23,52 mA	22,81 mA	Margen de saturación
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	
20736	5100	15 mA	16 mA	Rango nominal
1	1	723,4 nA	4 mA + 578,7 nA	
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			Margen de saturación por defecto
-4864	ED00	-3,52 mA	1,185 mA	
-4865	ECFF			Rebase por defecto
-32768	8000			

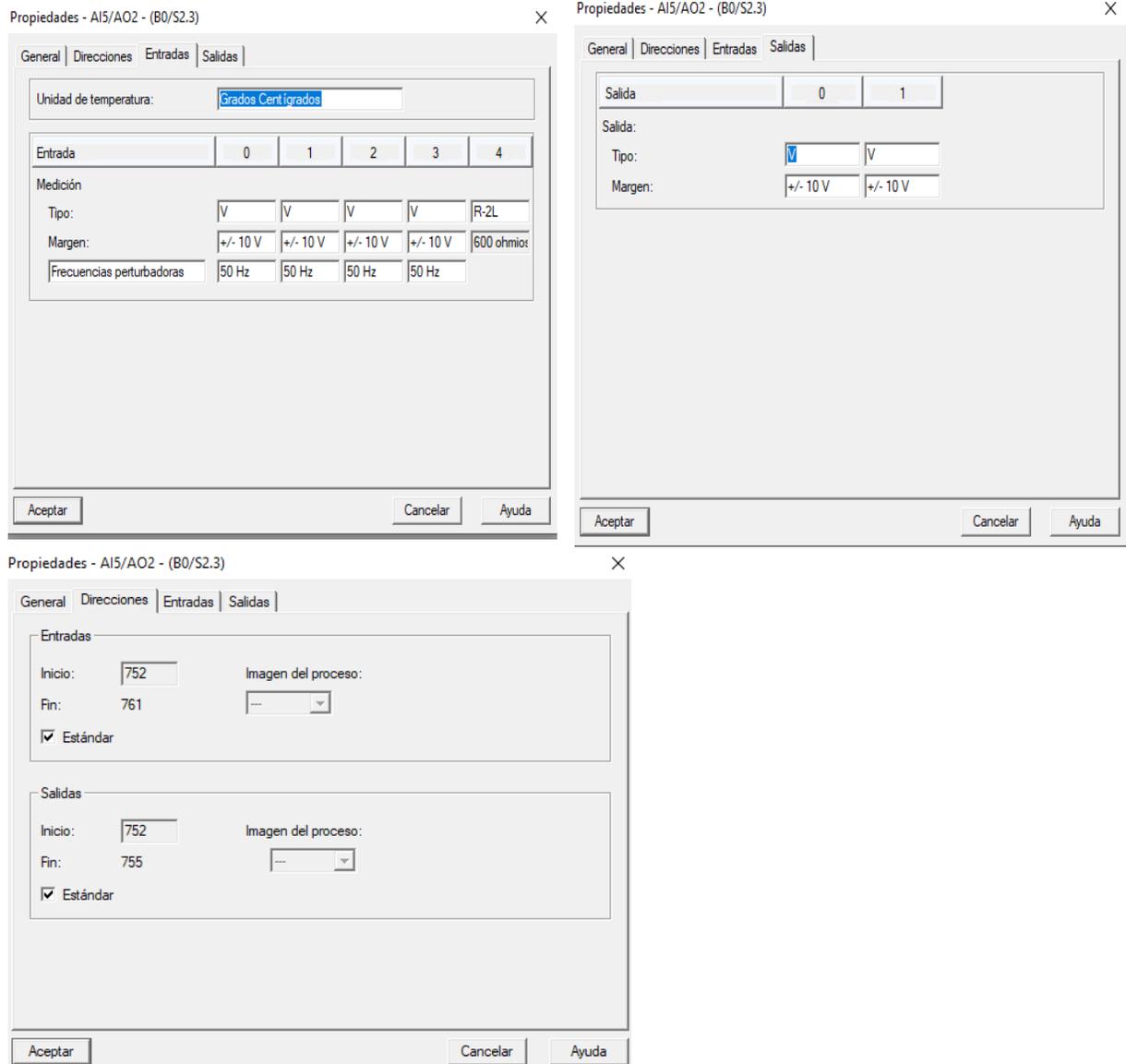
Configuración de las entradas / salidas analógicas integradas en CPU313-C en Simatic-Step 7.

Para configurar las entradas analógicas y salidas analógicas, se debe ir a la configuración del hardware y en el slot de la de la CPU (slot 2) seleccionar el módulo AI5/AO2.



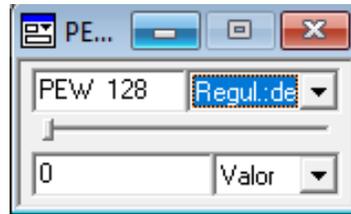
Una vez dentro de las configuraciones del módulo, la primera configuración a realizar son las direcciones, esto se hace deshabilitando la opción “Estandar” e introduciendo únicamente la primera dirección de entrada y la primera a dirección de salida que para el módulo didáctico son PEW752 y PAW752 respectivamente. En el módulo didáctico se encuentran etiquetados como PEW128 y PAW128.

La siguiente configuración son las entradas analógicas las cuales se configuran de forma independiente seleccionando la magnitud a medir (voltaje o corriente) y el rango de trabajo. **Nota: La entrada 4 esta reservada exclusivamente para una RTD.**



La última configuración son las salidas analógicas que de igual forma se configuran de forma independiente seleccionando la magnitud a medir y el rango de trabajo.

Para la simulación de las E/S analógicas utilizando PLCSIM, se insertan de igual forma que las E/S digitales, se sustituye la dirección por la correspondiente de la E/S y se cambia el formato bits por “Regul. Dec” o “Regul. Ent”.



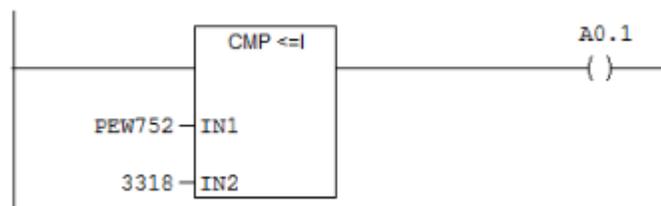
Uso de las señales analógicas.

Una vez determinados los canales en los que se encuentran los valores de las entradas analógicas, su programación se reduce a trabajar con las palabras, teniendo en cuenta los valores que pueden adoptar en función del tipo de señal. Los valores nominales están entre -27648 y +27648, aunque el rango de la señal es más amplio ya que incluye los rebases y desbordamientos (-32768 a +32767).

Por ejemplo, los potenciómetros que funcionan como simuladores de señal analógica integrados en el módulo poseen un rango de operación 0 a 10 V si representaran el nivel de líquido de un depósito y se quisiera que se activase una alarma cuando el nivel estuviera por debajo del 12% (1,2V). Se tendría que calcular el valor que correspondiente, con una simple regla de 3.

$$Valor_{1,2V} = \frac{1,2-27648}{10} = 3318$$

Por tanto, bastaría con hacer la comparación (INT) con ese valor y activar la señal de alarma correspondiente. Mo se muestra en la imagen.



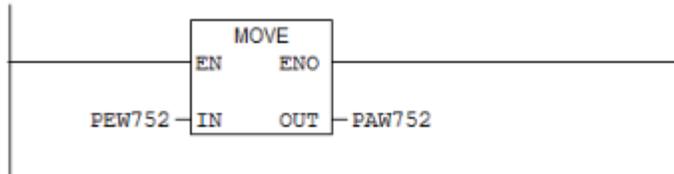
Cuando el valor de la entrada analógica este por debajo de 3318 (equivalentes a 1,2 V medidos en el sensor), se activará la salida de alarma de nivel bajo A0.1. Si el depósito tuviera una altura de 15 metros, donde el sensor detectaría 0 V para el depósito vacío y 10 V para el depósito lleno, el nivel de alarma se activaría cuando el depósito bajase de 1,8 metros (los 1,2 voltios del sensor).

Estos tipos de cálculos pueden ser algo laboriosos y dados a confusiones. Existen una serie de funciones integradas que facilitan el trabajo con señales analógicas. De esta forma en vez de con los valores de conversión, trabajando directamente

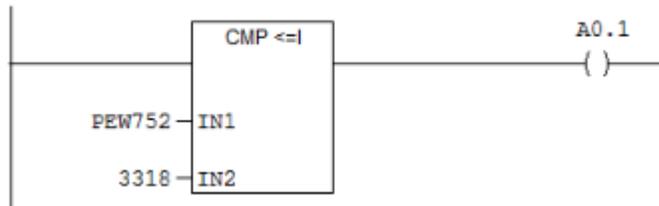
con los valores de magnitud medida, escalados al rango de trabajo que está midiendo el sensor. Las cuales se explican a continuación:

Funciones básicas para E/S analógicas en lenguaje Ladder.

Move: El contenido de la entrada PEWxx puede ser copiada hacia una variable o a la salida analógica PAWxx.



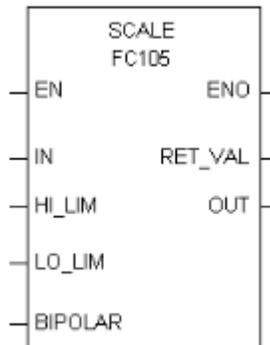
CMP: compara el valor de una entrada analógica con un valor de referencia (u otra entrada analógica) y activa una salida digital si se cumple la condición



establecida.

Función SCALE (escalado de una entrada analógica)

La función SCALE sirve para escalar el valor de una entrada analógica que por defecto es bits entre dos valores (máximo y mínimo) por ejemplo escalarlo a unidades de ingeniería, unidad de medida, porcentajes. También se puede escalar cualquier otro registro que no sea una entrada analógica.



La función SCALE usa la siguiente formula:

$$OUT = [((float (IN) - K1) / (K2 - K1)) * (HI_LIM - LO_LIM)] + LO_LIM$$

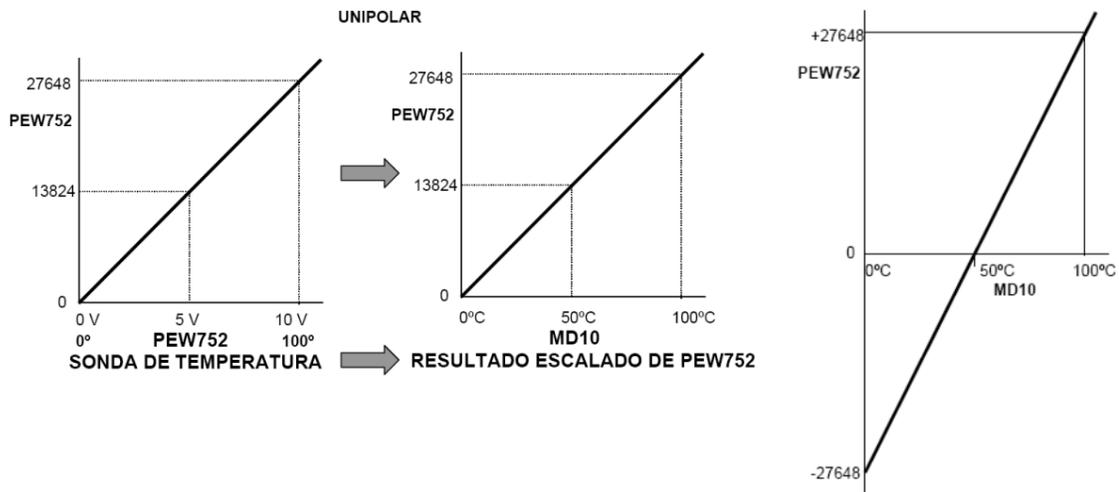
Las constantes K1 y K2 son el límite inferior y superior del ADC en bits. dependiendo de si el valor de entrada es BIPOLAR (-27648 a +27648) o UNIPOLAR (0 a 27648).

Parámetros:

- **EN:** Cuando se tiene un 1 se ejecuta la función. Si hay un 0, la función es saltada (no se ejecuta).
- **IN:** Valor de entrada (número de entrada analógica). Formato entero 16 bits INT.
- **HI_LIM:** Valor máximo deseado de salida (OUT). Número REAL, doble palabra o constante (32 bits).
- **LOW_LIM:** Valor mínimo deseado de salida (OUT). Número REAL, doble palabra o constante.
- **BIPOLAR:** cuando se tiene 0 se trabaja con valores entre 0 y 27648. Entrada analógica de 0 a 10 V. Si se tiene un 1 se trabaja con valores entre -27648 y +27648. Entrada analógica de -10V a +10 V.
- **OUT:** Valor de salida escalado entre el valor máximo y mínimo. Formato REAL.
- **ENO:** Salida digital para indicar que la entrada analógica esta fuera de los límites establecidos. 1 si existe error y 0 cuando el escalado se realizó correctamente.
- **RET_VALUE:** Registro de error. W#16#0000 si el escalado se ha hecho correctamente. W#16#0008 si la entrada analógica esta fuera del límite máximo o mínimo.

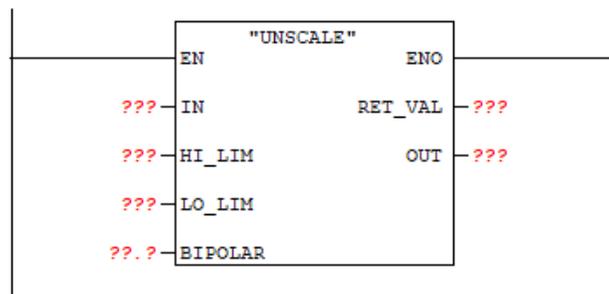
Nota: Se puede efectuar la conversión escalar inversa programando los límites de tal forma que el valor en el campo límite inferior sea mayor que el valor en el campo límite superior (LO_LIM > HI_LIM). En esta conversión escalar inversa, el valor de la salida disminuye cuando aumenta el valor de la entrada.

Gráficamente tendremos la función SCALE como una recta proporcional entre el valor de la señal analógica y los límites entre los que aplicamos la función. Por ejemplo, para una temperatura entre 0 °C y 100 °C, tanto con un sensor de 0 a 10 V, como en el caso BIPOLAR de +/- 10V. A como se muestra en la siguiente imagen



Función UNSCALE (desescalado de una salida analógica)

La función UNSCALE realiza el proceso inverso de la función SCALE, sirve para desescalar un valor (máximo y mínimo) de un registro sobre una salida Analógica. También se puede desescalar cualquier otro registro que no sea una salida analógica



Los parámetros que utiliza la función son los siguientes:

Parámetros:

- **EN:** Cuando se tiene un 1 se ejecuta la función. Si hay un 0, la función es saltada (no se ejecuta).
- **IN:** Valor de entrada Registro en formato REAL 32 bits.
- **HI_LIM:** Valor máximo deseado del valor de entrada (IN). Número REAL, doble palabra o constante.
- **LOW_LIM:** Valor mínimo deseado del valor de entrada (IN). Número REAL, doble palabra o constante.

- **BIPOLAR:** • BIPOLAR: cuando se tiene 0 se da valores a la salida entre 0 y 27648. Salida analógica entre 0 a 10 V. Si se tiene un 1 se da valores a la salida entre -27648 y +27648. Salida analógica de -10V a +10 V.
- **OUT:** Valor de salida escalado. Formato INT 16 bits.
- **ENO:** Salida digital para indicar que el valor de IN esta fuera de los límites establecidos. 1 si existe error y 0 cuando el proceso se realizó correctamente.
- **RET_VALUE:** Registro de error. W#16#0000 si el desescalado se ha hecho correctamente. W#16#0008 si el valor de entrada IN esta fuera del límite máximo o mínimo



FECHA: ___/___/___

GRUPO: _____

FACULTAD	CARRERA	AÑO	TEMA DE APRENDIZAJE
FTI	MECANICA	IV	
PRACTICA NO.	NOMBRE DE LA PRACTICA		DURACION (HORAS)
5	Sensores y control de banda transportadora		2 Horas

FUNDAMENTOS

Uno de los elementos principales de la automatización industrial son los detectores o sensores dado que aportan información sobre el proceso de forma que permite las decisiones adecuadas de control en cada parte de un proceso.

La clasificación de los sensores es muy amplia y depende del criterio. Las publicaciones técnicas generalmente clasifican los sensores siguiendo el criterio del campo de aplicación del sensor. Son importantes para los usuarios que buscan solucionadores de problemas para su aplicación. Para los técnicos, existen criterios de clasificación adicionales y altamente significativos. Uno de los criterios evidentemente se refiere al principio de funcionamiento del sensor resistivo, inductivo, capacitivo, magnético.

Sensores inductivos

Son sensores cuyo principio de funcionamiento es la variación de reluctancia, en este caso la inductancia que indica la magnitud de flujo magnético debido a una corriente eléctrica. Estos son utilizados medir variables de entrada como posición, nivel, distancia, velocidad, aceleración y ángulo, además propiedades de un objeto, como material, grosor, acabado superficial, entre otros.

Interruptor de final de Carrera

Son dispositivos electromecánicos que detectan la posición de un elemento móvil mediante un accionador vinculado mecánicamente a un conjunto de contactos. Cuando un objeto entra en contacto con el accionador, el dispositivo opera los contactos para cerrar o abrir una conexión eléctrica. Son muy habituales en la industria para detectar la llegada de un elemento móvil a una determinada posición

Motores paso a paso

Los motores paso a paso son motores eléctricos que se alimenta con corriente directa y están diseñados con el objetivo de realizar movimientos con gran precisión. Están compuesto de múltiples bobinas e imanes que permiten que el rotor se mueva dando pasos angulares. El tipo de alimentación de un motor paso a paso depende de cómo se encuentra configurada la estructura de sus bobinas, está se puede clasificar en unipolar y bipolar.

Unipolar: Son motores que poseen comúnmente 6 cables para su alimentación. El devanado se divide en dos fases que cuentan con un tap central dando resultado a 4 bobinas en total (2 por cada fase). Para su manejo se cambia la corriente suministrada de una bobina a otra en cada fase.

Bipolar: Son motores que cuentan con 4 cables para su alimentación. Están conformados por dos fases y cada una de ellas por una bobina. La puesta en marcha y operación se logra al invertir la corriente en cada fase en una secuencia y orden específico.

TRABAJO PREVIO



El controlador es el circuito que se encarga de alimentar directamente las bobinas del motor con el voltaje, corriente y polaridad apropiada. La estructura del driver varía principalmente de acuerdo al tipo de motor, unipolar o bipolar, que se desea manejar. Existen motores paso a paso a los cuales se debe aplicar una alimentación unipolar, se puede efectuar con circuitos de conmutación sencillos; y otros que requieren una alimentación bipolar, involucran un circuito electrónico como la configuración puente H por la necesidad de invertir la corriente en las fases del motor

Modulación por ancho de pulso

es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Esta acción tiene en cuenta la modificación del proceso de trabajo de una señal de tipo periódico. Puede tener varios objetivos, como tener el control de la energía que se proporciona a una carga o llevar a cabo la transmisión de datos.

Si el ciclo de trabajo es del 25% se pasa el 25% de su periodo arriba y el 75% abajo. El periodo es lo que dura la onda sin repetirse. Por eso se va repitiendo con el tiempo porque el periodo se repite durante todo el tiempo. El periodo es la suma de la parte alta y baja una vez, cuando vuelve a subir ya es otro periodo y la onda vuelve a empezar otra vez.

Salida de tren de pulso

PTO es usado para un posicionamiento o un control precisos de la velocidad. Un pulso hace girar el motor en una cantidad fraccionaria.

PTO se diferencia de PWM pues proporciona una salida de onda cuadrada (50% del ciclo de trabajo) o un número específico de pulsos y un tiempo de ciclo especificado. Mientras PWM proporciona una salida de tiempo de ciclo fijo con una variable ciclo de trabajo.

OBJETIVOS

- Integrar el uso de sensores en diferentes procesos industriales
- Entender el uso sensores de 3 hilos basado en transistores PNP y NPN
- Estudiar el comportamiento de técnicas de control como PWM y PTO.
- Implementar el control de motores paso a paso a través de PWM mediante el software SIMATIC STEP 7.

ELEMENTOS	EQUIPOS DE MEDICION
<ol style="list-style-type: none"> 1. Modulo didáctico PLC for process control mod ee-pce. 2. Bananas de conexión 4. Modulo de entrada-salidas 5. Finales de carrera 6. Juego de desarmadores 7. Pinzas 8. Llevar laptop por grupo 9. Sensores inductivos 10. Banda transportadora 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Multímetro 2. Pinza amperimétrica 3. Osciloscopio
	EQUIPOS DE SEGURIDAD
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lentes transparentes 2. Zapatos con suela dieléctrica 3. Guantes dieléctricos



-El alumno deberá leer y estar familiarizado con la documentación teoría acerca de sensores y generación de señales PWM en el software STEP-7.

-1. Comprobar el funcionamiento de los sensores: Crear un nuevo proyecto en SIMATIC STEP 7 y cree un programa que lea el estado de cada entrada digital a las que están conectadas los sensores y que transmita este estado a su respectiva salida digital.

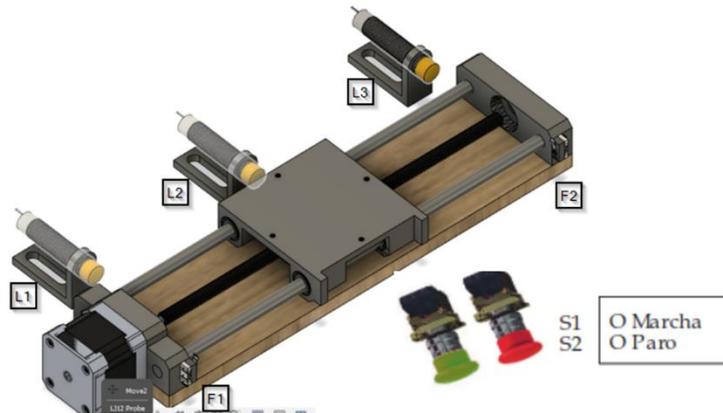
Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Sensor inductivo 1	E 124.1	L1
Sensor inductivo 2	E 124.2	L2
Sensor inductivo 3	E 124.3	L3
Final de carrera 1	E 124.4	F1
Final de carrera 2	E 124.5	F2
Luz piloto 1	A 124.1	I1
Luz piloto 2	A 124.2	I2
Luz piloto 3	A 124.3	I3
Luz piloto 4	A 124.4	I4
Luz piloto 5	A 124.5	I5

-2. Cree un programa que produzca un tren de pulso con un frecuencia de 10Hz haciendo uso de temporizadores. Esta salida estará habilitada cuando la entrada digital E 124.1 se encuentre activa. Observe la señal producida haciendo uso del osciloscopio. ¿Cuál es la frecuencia mas alta que se puede obtener haciendo uso de este método?

3. Haciendo uso de la función SFB49 "Pulse" genere una señal PWM con una frecuencia de 200Hz. Observe la señal producida haciendo uso del osciloscopio. ¿Explique qué ocurre si en el módulo contaje se disminuye el periodo establecido? Manteniendo un periodo constante de 20ms, varíe ahora la duración del pulso, ¿explique qué ocurre con la frecuencia y con el ancho del pulso?



Actividad #1: La banda transportadora está equipada con 2 finales de carrera para detectar cuando la bandeja llegue a los extremos y así desactivar el motor evitando daños por sobregiro, además de dos pulsadores para activar y desactivar la banda. Se requiere que cuando se presione el botón de marcha la banda transportadora se active hasta llegar al extremo, de volverse a presionar el botón de marcha se debe cambiar la dirección de giro del motor y activar la banda hasta que la bandeja llegue al otro extremo. En caso de que se presione el botón de Stop la bandeja debe regresar a su posición inicial.



Componente del sistema	Dirección absoluta	Símbolo
Sensor inductivo 1	E 124.1	L1
Sensor inductivo 2	E 124.2	L2
Sensor inductivo 3	E 124.3	L3
Final de carrera 1	E 124.4	F1
Final de carrera 2	E 124.5	F2
botón de marcha	E 125.1	S1
botón de Paro	E 125.1	S2

Realice la programación del PLC para resolver el problema propuesto. Antes de Realizar la carga del programa al PLC debe verificar el funcionamiento de este utilizando el simulador y el instructor debe verificar las conexiones.

Actividad #2: Utilizando el software SIMATIC STEP 7 y basándose en el proyecto creado en la actividad anterior modifique la programación para que la detección de la bandeja sea realizada por los sensores inductivos en lugar de los sensores finales de carrera.

Introduzca un retraso de 5 segundos deteniendo la banda cuando la bandeja llegue a la posición central haciendo uso del sensor inductivo L2.

Reemplace el botón de marcha por un sistema de pesaje, es decir la banda transportadora se activará si en la báscula se encuentra un peso mayor al umbral determinado.

CONCLUSIONES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA
Managua, Nicaragua

INTEGRANTES	NUMERO DE CARNET	DOCENTE
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Sensores PNP y NPN

En los procesos de automatización es común utilizar diversos tipos de sensores, entre ellos los sensores de proximidad, los cuales son utilizados por las máquinas para captar señales e interactuar con el mundo real, al igual como lo hace un ser humano. Existen dos tipos de salidas para esos tipos de sensores PNP y NPN. Por ello, es importante conocer sus diferencias porque podrían ser clave en la elección de un PLC. Además, de necesitar diseñar esquemas y vías de cableado, entender la diferencia entre un transistor y otro es vital.

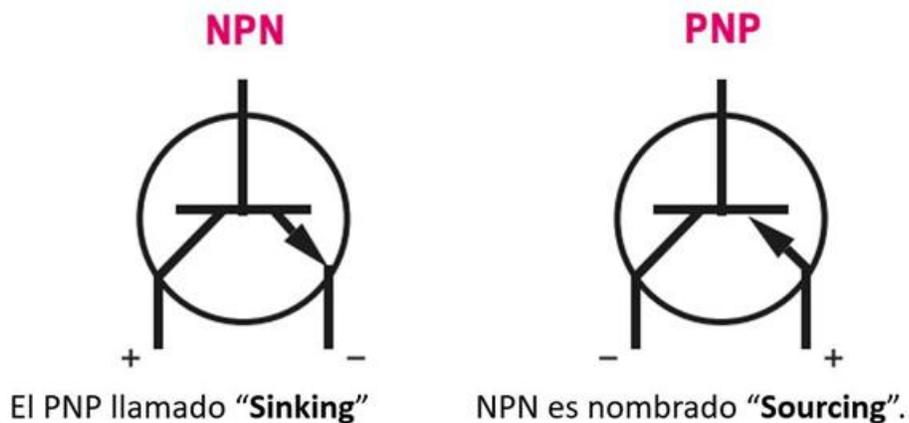
PNP y NPN no tienen nada que ver si el sensor tiene salida normalmente abierto (NO) o normalmente cerrado (NC), para seleccionar un sensor PNP versus un sensor NPN debes tener en cuenta el tipo de circuito en el que vas a usar el sensor.

Una de las diferencias más relevantes entre PNP y NPN radica en el diseño único de sus circuitos interiores, el tipo de transistor que se utiliza y su salida. Ambos sensores se diferencian por la forma en que asignan la energía.

Como el voltaje en PNP y NPN, ambos tienen corrientes opuestas en la salida. En su propio diseño podemos observar que:

- En el transistor NPN la corriente de salida fluye desde el colector al emisor.
- En el transistor PNP la corriente de salida fluye desde el emisor al colector.

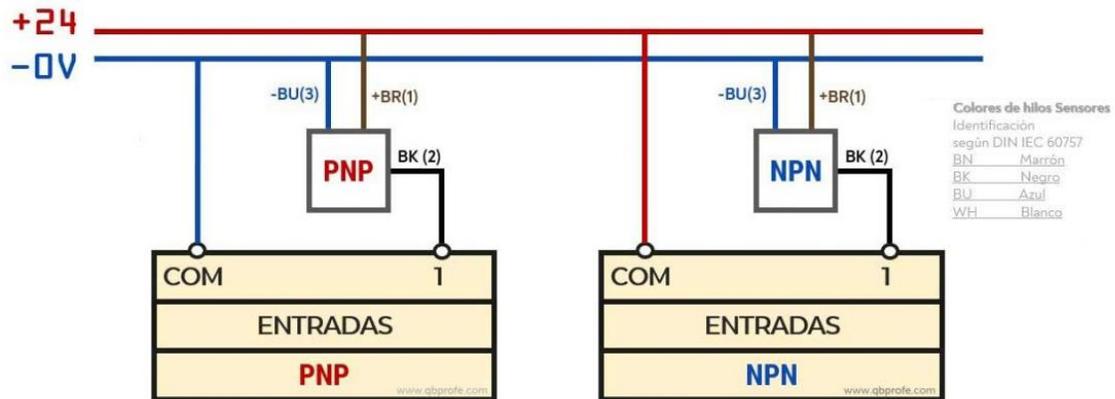
Nota: Los transistores NPN y PNP tienen cada uno tres conductores, un colector, una base y un emisor, como se muestra en la imagen de debajo, Figura 1. En los diagramas de circuitos el emisor siempre aparece como una flecha. La flecha apunta hacia un transistor NPN y hacia un transistor PNP.



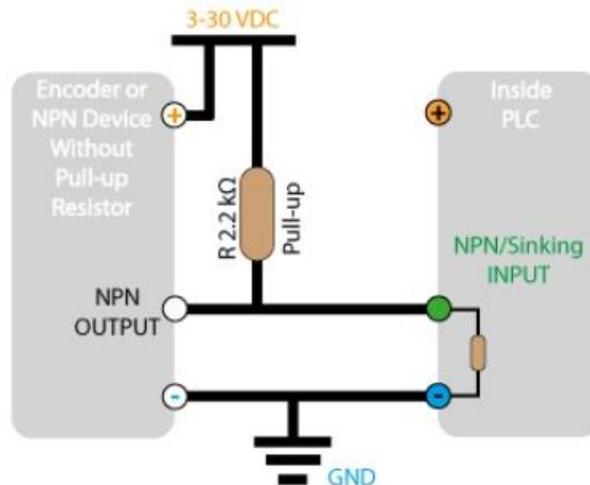
Existen diferentes factores que puedes considerar para seleccionar el tipo de sensor PNP y NPN, entre ellos:

- Circuito de control a implementar
- Tipo de Salida del sensor
- Tipo de entrada que recibe el PLC
- Velocidad de conmutación

Cableado de Entradas/Salidas NPN y PNP a un de PLC.



Sin embargo, este tipo de conexión afecta todo el puerto de entradas digitales. Pues la terminal COM (es común a todas las entradas). El terminal común de las entradas del módulo didáctico está conectado a GND por lo que se estaría limitando a solo sensores del tipo PNP. Sin embargo, es posible hacer uso de sensores NPN agregando una conexión del tipo pull-

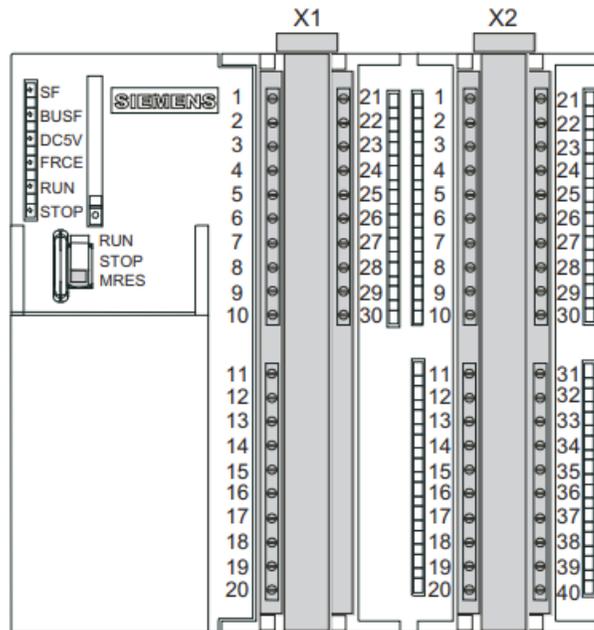


up

Modulación del ancho de pulso en S7-300.

Conexiones y pines dedicados

En la figura se representa la disposición básica de los conectores en las CPUs con dos conectores (X1 y X2) tomando como ejemplo la CPU 314C-2 DP.



Asignación de conectores de la CPU 313C (conector X2)

conexión	Nombre/ Dirección	Modulo didáctico	Modulación del ancho de pulso
3	DI + 0.1	E124.1	0/no usar
4	DI + 0.2	E124.2	Canal 0: puerta de hardware
6	DI + 0.4	E124.4	0/no usar
7	DI + 0.5	E124.5	Canal 1: puerta de hardware
9	DI + 0.7	E124.7	0/no usar
12	DI + 1.0	E125.0	Canal 2: puerta de hardware
22	DO+0.0	A124.0	Canal 0 : Salida
23	DO+0.1	A124.1	Canal 1 : Salida
24	DO+0.2	A124.2	Canal 2 : Salida

Parametrización

La parametrización permite ajustar la función de contaje a sus necesidades particulares. Las pantallas de parametrización son fáciles de utilizar y autoexplicativas

La parametrización se lleva a cabo en pantallas de parametrización y se guarda en la base de datos del sistema en la CPU. Una parte de los parámetros pueden modificarse en estado RUN de la CPU a través de la interfaz del SFB

Condición previa al acceso a una pantalla de parametrización es haber creado un proyecto en el que poder guardar la parametrización.

Procedimiento de parametrización

1. Inicie el Administrador SIMATIC y abra la configuración de hardware de su proyecto.
2. Haga doble clic en el submódulo "Contaje" (Count) de su CPU. Accederá al cuadro de diálogo "Propiedades".
3. Parametrice el submódulo "Contaje" y finalice la pantalla de parametrización pulsando "Aceptar".
4. Guarde su proyecto en HW Config mediante "Equipo > Guardar y compilar".
5. Cargue los datos de parametrización en la CPU cuando ésta se encuentre en estado STOP con el comando "Sistema de destino > Cargar en módulo...". Los datos se encuentran ahora en la base de datos del sistema en la CPU.
6. Reinicie la CPU.

Existe una ayuda integrada en las pantallas de parametrización que presta ayuda al usuario durante este proceso. Dispone de las siguientes opciones para acceder a esta ayuda:

- Pulsar la tecla "F1" en las áreas correspondientes.
- Haciendo clic en el botón de ayuda en cada una de las pantallas de parametrización.

Parámetros básicos

Parámetros	Descripción	Rango de valores	Valor predet
Formato de salida	Formato de la salida para la salida	<ul style="list-style-type: none"> • Por mil • Valor analógico S7 	Por mil
Base de tiempo	Base de tiempo para <ul style="list-style-type: none"> • Retardo a la conexión • Duración del período • Duración mínima del impulso 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,1 ms • 1,0 ms 	0,1 ms
Retardo a la conexión	Tiempo que transcurre desde el inicio de la secuencia de salida hasta la salida del impulso.	0 – 65535	0
Duración del período	Define la longitud de la secuencia de salida	Base de tiempo 0,1 ms: de 4 a 65535	20 000

	compuesta por duraciones y pausas de impulsos.	<ul style="list-style-type: none"> Base de tiempo 1 ms: de 1 a 65535 	
Duración mínima del impulso	<p>Se ignorarán los impulsos de salida y las pausas de impulso que sean menores que la duración mínima de impulso.</p> <p>Cuando la base de tiempo sea 1 ms y el valor 0, se ajustará la duración mínima de impulso interna a 0,2 ms.</p>	<p>Base de tiempo 0,1 ms: 2 hasta duración del período/2</p> <ul style="list-style-type: none"> Base de tiempo 1 ms: De 0 a duración del período/2 	2
Puerta HW	<p>Sí: Control de puerta a través de la puerta SW y puerta HW.</p> <p>No: Control de puerta sólo a través de la puerta SW.</p>	<p>Sí</p> <p>No</p>	No
Frecuencia de filtro de la puerta HW	La frecuencia de filtro de la señal de puerta HW se puede graduar de forma escalonada. El valor máximo depende de la CPU utilizada: Este caso CPU-313C	30, 10, 5, 2, 1 kHz	30 kHz
Alarma de proceso: abrir la puerta HW	Cuando se abre la puerta hardware se genera una alarma de proceso si está abierta la puerta software.	<p>Sí</p> <p>No</p>	No

Funciones en el programa de usuario

Estas funciones se controlan desde el programa de usuario. Para ello, llame los siguientes bloques de función del sistema:

- Modulación del ancho de pulso SFB PULSE (SFB 49)

Los SFB se encuentran en la "Standard Library" bajo "System Function Blocks". El acceso a los SFB se realiza a través de los correspondientes DB instancia.

En el DB instancia se encuentran los parámetros del SFB. Es posible acceder a los parámetros a través de:

- El número de DB y la dirección absoluta en el bloque de datos.
- El número de DB y la dirección simbólica en el bloque de datos.

Los parámetros más importantes para la función están interconectados adicionalmente en el bloque. Es posible asignar a los parámetros de entrada un valor directamente en el SFB o consultar los parámetros de salida.

Para cada canal deberá acceder siempre con el mismo DB instancia al SFB, ya que el DB instancia contiene los estados necesarios para el procesamiento interno del SFB.

No se permite el acceso de escritura a las salidas del DB instancia.

El SFB debe abrirse cíclicamente (por ejemplo OB1).

Si ha programado un SFB en su programa, no podrá abrir de nuevo el mismo SFB en otra parte del programa con diferente tipo de prioridad, ya que el SFB no debe cancelarse a sí mismo.

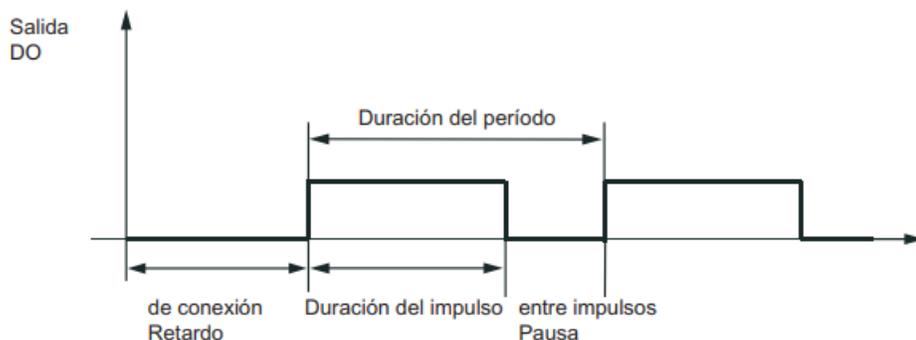
Ejemplo: No se permite el acceso simultáneo a un SFB en el OB1 y en el OB de alarma.

Descripción de las funciones de modulación del ancho de pulso

El valor de salida predeterminado (OUTP_VAL) es transformado por la CPU en una secuencia de impulsos con la correspondiente relación impulso/pausa (modulación del ancho de pulso). La secuencia de impulsos se emite una vez transcurrido el retardo a la conexión parametrizado en la salida digital DO (secuencia de salida).

Datos técnicos de la secuencia de impulsos

- Frecuencia de salida De 0 a 2,5 kHz
- Duración mínima de impulso 200 μ s

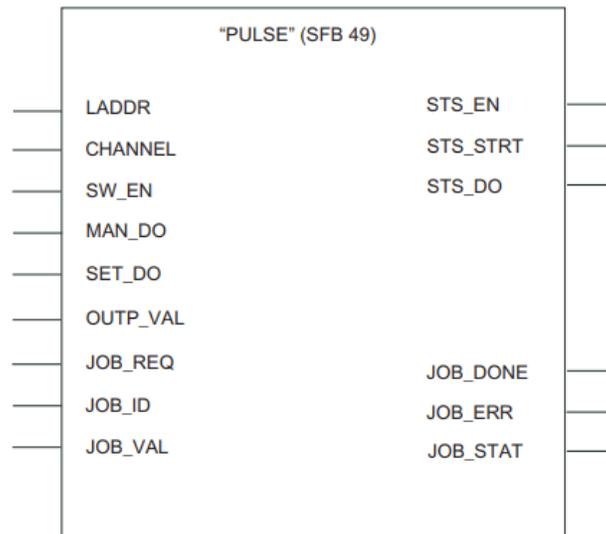


Control de la modulación del ancho de pulso desde el programa de usuario

Utilice el SFB PULSE (SFB 49) para controlar la modulación del ancho de pulso desde el programa de usuario.

Las siguientes funciones están disponibles:

- Iniciar/detener con la puerta software SW_EN
- Habilitar/controlar la salida DO
- Leer bits de estado
- Introducción del valor de salida
- Peticiones de escritura y lectura de registros



Parámetros de entrada

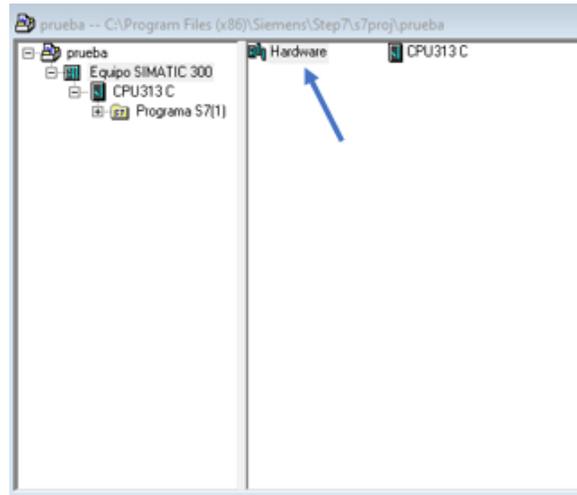
- **LADDR:** Dirección E/S del submódulo que ha definido previamente en "HW Config".
- **CHANNEL:** Número de canal
- **SW_EN:** Puerta software, permite habilitar o desactivar la salida PWM
- **MAN_DO:** Habilitación del control manual de la salida, activa la salida, pero sin realizar modulación PWM.
- **SET_DO:** Forzar salida, permite controlar la salida, en conjunto a **SW_EN**
- **OUTP_VAL:** Preajuste del valor de salida, se puede variar el ancho de pulso de la señal de salida.

Parámetros de salidas

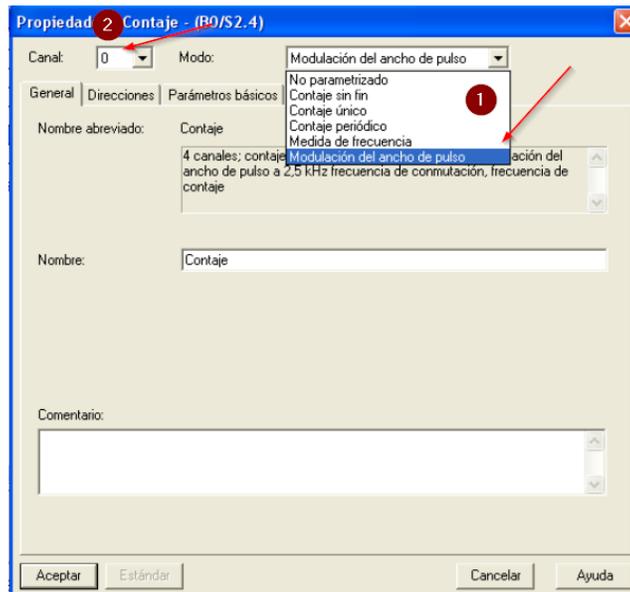
- **STS_EN:** Estado de la habilitación
- **STS_STRT:** Estado puerta hardware (entrada de inicio)
- **STS_DO:** Estado salida

Configuración Modulación de ancho de pulso:

- Se crea un nuevo proyecto, con la configuración de hardware necesaria para el módulo didáctico.
- Se selecciona la opción “Equipo SIMATIC” y luego la opción “Hardware” para abrir la ventana de configuración,

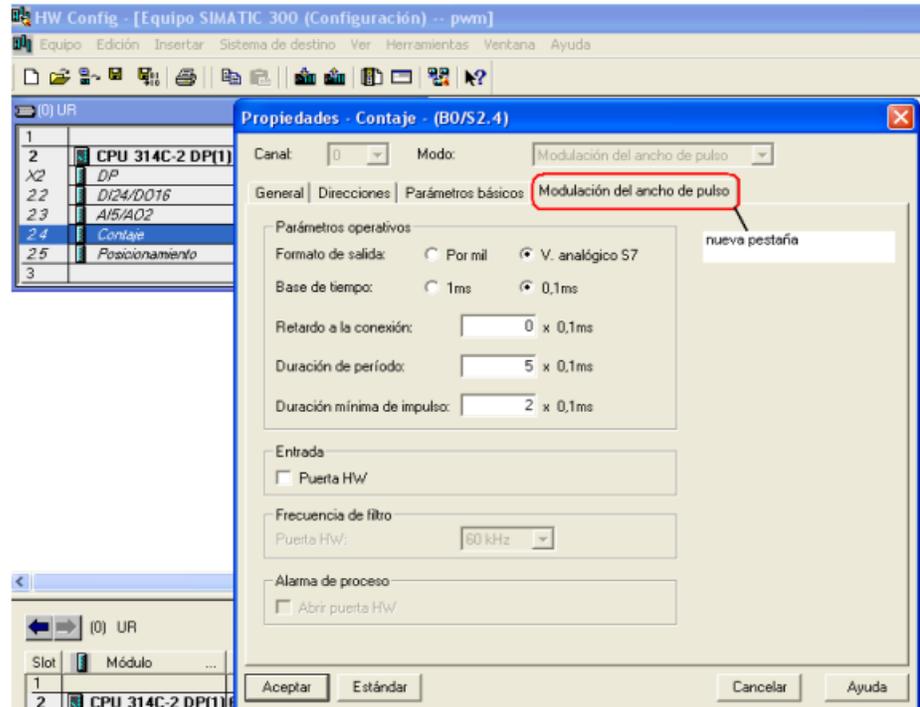


- En esta ventana aparece Bastidor o Rack del PLC S7-300, se selecciona el slot 2.4 que es para el módulo de contaje, y luego se selecciona modulación de ancho de pulso. Y Se selecciona el canal con el que se desea trabajar que este caso será con el canal cero el cual hace referencia al primer bit de salida del módulo integrado de salidas digitales.

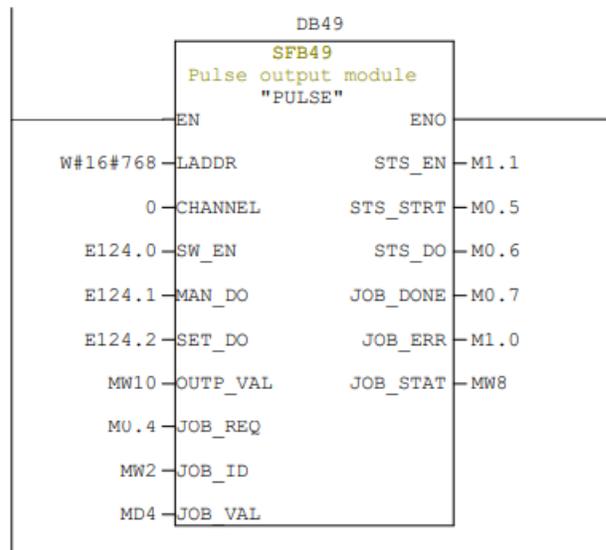


- Al seleccionar el canal aparecerá una nueva pestaña en la ventana con el título de modulación de ancho de pulso, al hacer clic en esta pestaña se tiene acceso a los parámetros de configuración. Tales como el retardo a la conexión, duración del periodo (parámetro importante para definir la

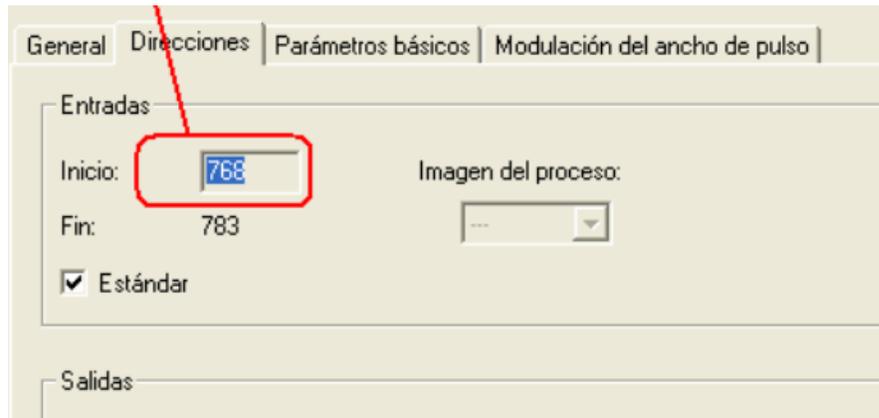
frecuencia, periodo es el valor inverso a la frecuencia), duración mínima del impulso (ciclo de trabajo, no puede ser mayor a la duración del periodo)



- Una vez configurado el modulo de contaje a nivel de hardware, se puede hacer uso de esta funcionalidad a nivel de software, en el módulo OB1se agrega la función SFB49-Pulse. Esta función necesita que se le asocie con un bloque de datos de instancia, puede ser DB49. Se procede a configurar la función SFB49 a como se muestra en la imagen.



Nota: el valor de dirección en el parámetro LADDR se obtiene en la pestaña de direcciones en el módulo de contaje.



The image shows a software configuration window with four tabs: 'General', 'Direcciones', 'Parámetros básicos', and 'Modulación del ancho de pulso'. The 'Direcciones' tab is selected. Under the 'Entradas' section, there are two input fields: 'Inicio' with the value '768' and 'Fin' with the value '783'. The 'Inicio' field is highlighted with a red rectangular box, and a red arrow points from the text above to this box. To the right of these fields is a dropdown menu labeled 'Imagen del proceso:'. Below the 'Entradas' section is a checked checkbox labeled 'Estándar'. At the bottom of the window, there is a section for 'Salidas'.

D. FORMATOS DE EVALUACION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
 DEPARTAMENTO DE ENERGETICA

Formato de evaluación cualitativa en base al desempeño observado en cada una de las prácticas de la guía de laboratorios implementada al grupo de estudiantes. Se estableció una escala de evaluación la cual consiste en Nulo (N), Regular (R), Bueno (B), Muy Bueno (MB) y Excelente (E).

Parámetros	Evaluación				
	Grupo:				
	Lab 1	Lab 2	Lab 3	Lab 4	Lab 5
Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.					
La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.					
Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.					
Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.					
Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.					
Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.					
Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.					
Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.					
Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.					
El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio					
Se observó el trabajo en equipo.					
Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.					
Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.					
Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.					
La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.					

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA

Formato de evaluación cuantitativa en base al desempeño observado en cada una de las prácticas de la guía de laboratorios implementada al grupo de estudiantes. Se establecieron 3 parámetros cada uno con diferente peso dentro de la evaluación siendo los siguientes “conocimiento” = 25%, “Aplicación del conocimiento” = 75%, “Actitud” =5.

EVALUACION					
Guía No.				Grupo:	
	%	1-4	5-7	8-10	NOTA
CONOCIMIENTO	25	Conocimiento deficiente de los fundamentos teóricos	Conocimiento y explicación incompleta de los fundamentos teóricos	Conocimiento y explicación completa de los fundamentos teóricos	
APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO	70	Cumple con uno de los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> • Realizo el trabajo previo. • Realiza la simulación de la práctica. • Implementa de forma correcta la práctica. 	Cumple con dos de los criterios	Cumple con los tres criterios	
ACTITUD	2.5	Es un observador pasivo	Participa ocasional o constantemente, pero sin coordinarse con su compañero	Participa propositiva e integralmente en toda la práctica	
	2.5	Es ordenado; pero no hace un uso adecuado de los recursos	Hace un uso adecuado de los recursos, respeta las pautas de seguridad, pero es desordenado.	Hace un manejo responsable y adecuado de los recursos conforme a pautas de seguridad e higiene.	
Total	100				

E. RESULTADO DE EVALUACIONES APLICADAS

E.1 Memoria de resultados de evaluaciones Cualitativas aplicadas a los estudiantes

Tabla #1 Evaluaciones realizadas a los estudiantes por cada parametro

Alumno	Parametro	Lab 1	Lab 2	Lab 3	Lab 4	Lab 5
Alumno 1	Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	MB	B	MB	B	B
Alumno 1	La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	B	MB	B	B	MB
Alumno 1	Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	R	B	B	MB	R
Alumno 1	Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	B	B	R	MB	B
Alumno 1	Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	R	B	R	B	R
Alumno 1	Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	MB	MB	B	MB	B
Alumno 1	Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	MB	E	MB	MB	E
Alumno 1	Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	MB	MB	MB	MB	MB
Alumno 1	Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	MB	E	MB	MB	MB
Alumno 1	El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	E	MB	B	MB
Alumno 1	Se observó el trabajo en equipo.	E	MB	E	MB	MB
Alumno 1	Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	MB	E	E	MB
Alumno 1	Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	MB	MB	B	MB	E
Alumno 1	Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	MB	MB	MB	MB	E
Alumno 1	La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	MB	MB	B	MB	E
Alumno 2	Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	B	MB	E	MB	MB
Alumno 2	La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	MB	E	MB	B	E
Alumno 2	Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	MB	B	E	MB	B
Alumno 2	Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	MB	B	E	MB	E

Alumno 2	Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	E	MB	B	MB	E
Alumno 2	Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	B	E	MB	MB	MB
Alumno 2	Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	E	E	MB	MB	E
Alumno 2	Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	E	MB	MB	E	E
Alumno 2	Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	E	E	B	MB	MB
Alumno 2	El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	E	MB	B	E
Alumno 2	Se observó el trabajo en equipo.	MB	MB	E	MB	E
Alumno 2	Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	E	E	E	MB
Alumno 2	Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	B	E	MB	MB	E
Alumno 2	Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	B	MB	E	E	MB
Alumno 2	La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	E	MB	MB	MB	E
Alumno 3	Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	MB	E	MB	MB	E
Alumno 3	La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	E	MB	MB	MB	E
Alumno 3	Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	MB	E	E	MB	MB
Alumno 3	Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	MB	B	E	MB	MB
Alumno 3	Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	MB	B	E	B	E
Alumno 3	Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	MB	MB	E	MB	E
Alumno 3	Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	MB	E	E	MB	MB
Alumno 3	Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	E	MB	E	MB	E
Alumno 3	Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	MB	E	B	MB	E
Alumno 3	El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	E	MB	B	B
Alumno 3	Se observó el trabajo en equipo.	E	MB	E	MB	E
Alumno 3	Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	MB	E	E	MB
Alumno 3	Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	B	B	E	MB	E
Alumno 3	Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	MB	MB	B	MB	E

Alumno 3	La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	MB	MB	E	MB	E
Alumno 4	Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	MB	MB	MB	MB	MB
Alumno 4	La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	B	MB	MB	B	E
Alumno 4	Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	MB	B	B	MB	B
Alumno 4	Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	MB	B	MB	MB	E
Alumno 4	Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	MB	MB	E	E	MB
Alumno 4	Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	MB	E	E	MB	E
Alumno 4	Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	MB	E	MB	MB	E
Alumno 4	Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	MB	E	E	E	E
Alumno 4	Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	MB	E	MB	MB	MB
Alumno 4	El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	E	MB	E	MB
Alumno 4	Se observó el trabajo en equipo.	E	MB	E	E	MB
Alumno 4	Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	MB	E	E	MB
Alumno 4	Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	MB	MB	MB	MB	E
Alumno 4	Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	E	MB	E	MB	E
Alumno 4	La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	MB	MB	E	MB	E
Alumno 5	Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	E	E	MB	E	E
Alumno 5	La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	E	MB	E	E	E
Alumno 5	Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	E	E	E	MB	E
Alumno 5	Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	E	MB	E	MB	E
Alumno 5	Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	E	E	E	E	E
Alumno 5	Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	E	E	E	E	E
Alumno 5	Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	E	E	E	E	E
Alumno 5	Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	E	E	E	E	E

Alumno 5	Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	E	E	E	E	E
Alumno 5	El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	E	E	E	E
Alumno 5	Se observó el trabajo en equipo.	E	E	E	E	E
Alumno 5	Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	E	E	E	E
Alumno 5	Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	E	E	E	E	E
Alumno 5	Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	MB	E	E	E	E
Alumno 5	La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	MB	MB	E	MB	E
Alumno 6	Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	MB	E	E	E	MB
Alumno 6	La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	E	E	MB	MB	MB
Alumno 6	Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	E	E	E	MB	MB
Alumno 6	Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	MB	E	E	MB	E
Alumno 6	Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	MB	E	MB	MB	E
Alumno 6	Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	MB	MB	E	MB	MB
Alumno 6	Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	MB	E	MB	MB	MB
Alumno 6	Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	MB	MB	E	E	MB
Alumno 6	Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	MB	E	MB	E	MB
Alumno 6	El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	MB	MB	E	MB
Alumno 6	Se observó el trabajo en equipo.	E	MB	MB	E	MB
Alumno 6	Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	MB	MB	MB	MB
Alumno 6	Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	MB	MB	MB	MB	E
Alumno 6	Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	MB	MB	MB	MB	E
Alumno 6	La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	MB	MB	E	MB	E
Alumno 7	Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	MB	MB	MB	B	B
Alumno 7	La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	B	MB	B	B	B

Alumno 7	Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	R	B	B	R	R
Alumno 7	Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	B	MB	MB	MB	B
Alumno 7	Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	MB	MB	B	B	B
Alumno 7	Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	MB	MB	B	B	B
Alumno 7	Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	MB	B	MB	B	B
Alumno 7	Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	MB	MB	B	B	B
Alumno 7	Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	MB	MB	MB	MB	MB
Alumno 7	El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	B	MB	B	B
Alumno 7	Se observó el trabajo en equipo.	B	MB	B	MB	B
Alumno 7	Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	B	MB	B	B	MB
Alumno 7	Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	MB	B	B	MB	B
Alumno 7	Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	MB	B	MB	MB	B
Alumno 7	La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	MB	B	B	MB	B

Tabla #2 Calculo de Moda para determinar la evaluación final cuantitativa por cada laboratorio.

Alumno	lab 1	lab 2	lab 3	lab 4	lab 5
Alumno 1	MB	MB	MB	MB	MB
Alumno 2	E	E	E	MB	E
Alumno 3	MB	E	E	MB	E
Alumno 4	MB	MB	E	MB	E
Alumno 5	E	E	E	E	E
Alumno 6	MB	MB	MB	MB	MB
Alumno 7	MB	MB	B	B	B

Tabla #3 Calculo de Moda para determinar la evaluación final cuantitativa por cada parámetro.

Parámetro	lab_1	lab_2	lab_3	lab_4	lab_5
Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	MB	E	MB	E	E
La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	E	MB	MB	B	E
Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	MB	B	E	MB	MB
Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	MB	B	E	MB	E
Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	MB	E	E	E	E
Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	MB	MB	E	MB	E
Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	MB	E	MB	MB	E
Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	MB	MB	E	E	E
Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	MB	E	MB	MB	MB
El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	MB	E	MB	B	E
Se observó el trabajo en equipo.	E	MB	E	MB	E
Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	MB	E	E	MB
Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	MB	E	E	MB	E
Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	MB	MB	E	MB	E
La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	MB	MB	E	MB	E

E.2 Memoria de resultado de evaluaciones Cuantitativas aplicadas a los estudiantes

APELLIDOS Y NOMBRES	LAB1	LAB2	LAB3	LAB4	LAB5	Promedio por alumno
Alumno 1	85	90	85	85	90	87
Alumno 2	90	100	95	85	100	94
Alumno 3	85	100	95	90	100	94
Alumno 4	85	85	95	85	90	88
Alumno 5	95	100	95	100	95	97
Alumno 6	85	90	85	85	85	86
Alumno 7	80	80	70	70	70	74
Promedio por laboratorip	86.43	92.14	88.57	90	85.71	

E.3 Memoria de resultado de encuesta de satisfacción

Tabla #1 Preguntas del 1 al 4

Alumno	1. ¿Cuál es el nivel de satisfacción respecto Teoría explicada en las guías de laboratorio?	2. ¿Cuál es el nivel de satisfacción en la parte práctica que obtuvo con las guías de laboratorio?	3. ¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorio acerca de los PLC	4. ¿Cómo fue el contenido de las guías de laboratorios?
Alumno 1	Satisfecho	Muy Satisfecho	Muy Significativo	Oportuno
Alumno 2	Satisfecho	Satisfecho	Muy Significativo	Oportuno
Alumno 3	Muy Satisfecho	Satisfecho	Muy Significativo	Muy oportuno
Alumno 4	Satisfecho	Satisfecho	Significativo	Muy oportuno
Alumno 5	Muy Satisfecho	Satisfecho	Significativo	Oportuno
Alumno 6	Satisfecho	Satisfecho	Significativo	Oportuno
Alumno 7	Muy Satisfecho	Muy Satisfecho	Significativo	Oportuno

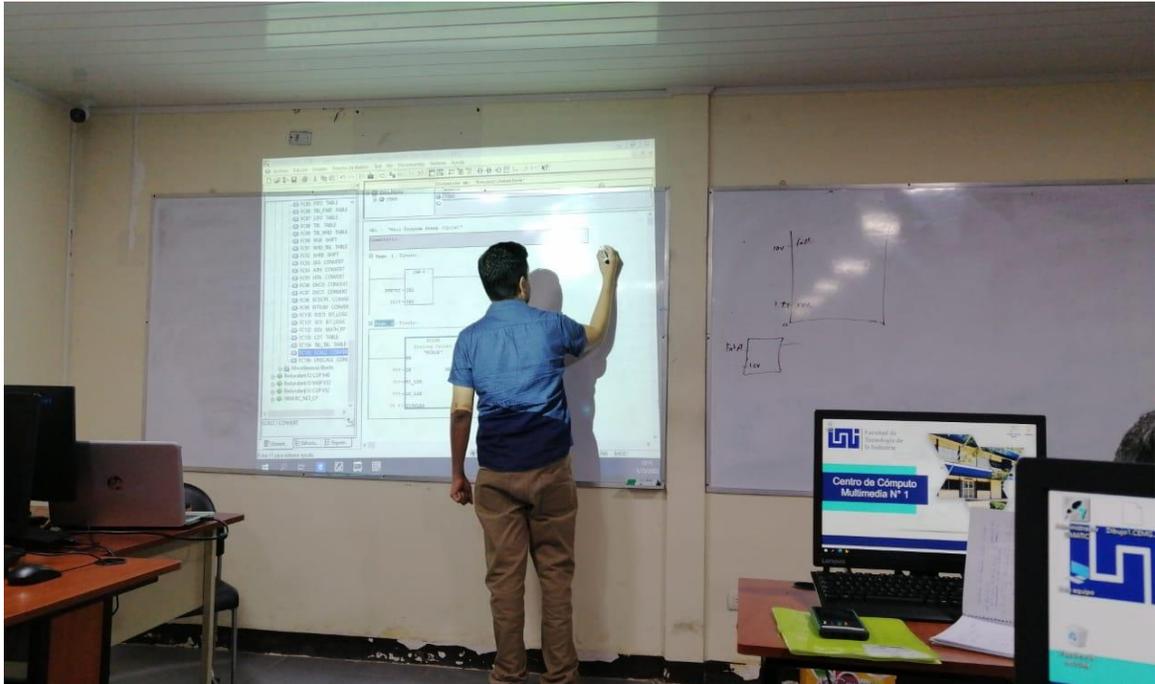
Tabla #2 Preguntas del 5 al 7

Alumno	5. ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #1?	6. ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #2?	7. ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #3?
Alumno 1	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Alumno 2	Necesario	Necesario	Necesario
Alumno 3	Suficiente	Suficiente	Necesario
Alumno 4	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Alumno 5	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Alumno 6	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Alumno 7	Suficiente	Suficiente	Necesario

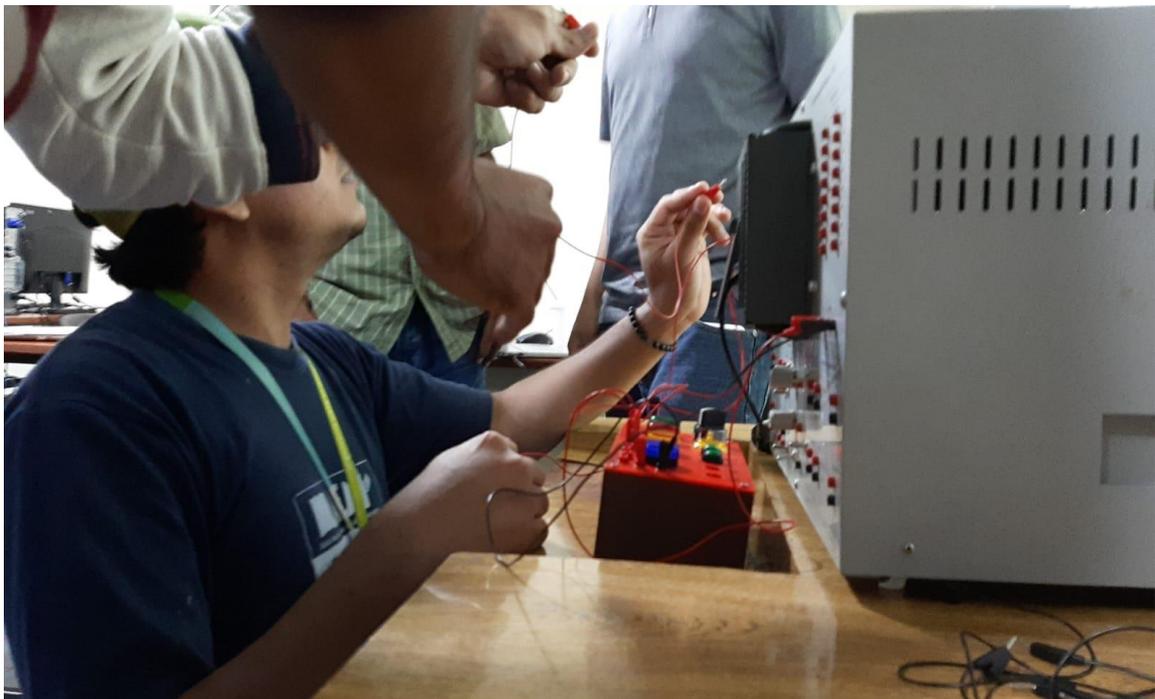
Tabla #3 Preguntas del 8 al 9

Alumno	8. ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #4?	9. ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio #5?
Alumno 1	Necesario	Necesario
Alumno 2	Necesario	Necesario
Alumno 3	Necesario	Necesario
Alumno 4	Suficiente	Suficiente
Alumno 5	Necesario	Necesario
Alumno 6	Suficiente	Suficiente
Alumno 7	Necesario	Necesario

F. Fotografías del curso impartido a docentes del departamento de energética.



F.1 explicación de contenido teórico de guía de laboratorio guía #2



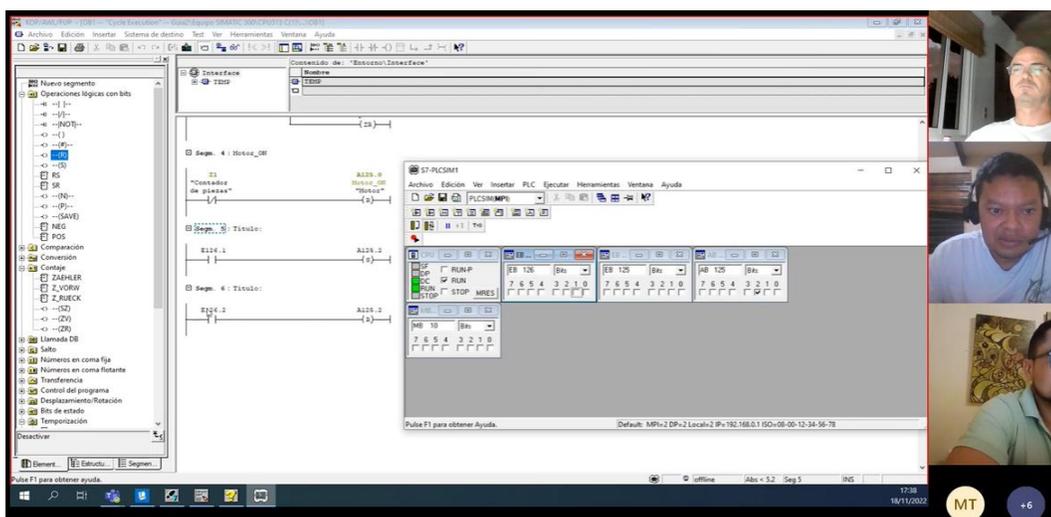
F.2 implementación de guía de laboratorio #1



F.3 explicación de contenido teórico de guía de laboratorio guía #3



F.4 explicación de contenido teórico de guía de laboratorio guía #3



F.5 Video conferencia acerca del uso de simulador integrado en Semantic-step 7

G. CONSTANCIA DE CULMINACION EXTENDIDA POR FTI

Managua, 15 de febrero 2023

MSc. Luis Alberto Chavarría Valverde
Decano
Facultad de Tecnología de la Industria

Su despacho

Aprovecho la oportunidad para saludarle cordialmente y exponer lo siguiente:

Por este medio hago constar que la monografía titulada **"DESARROLLO DE LABORATORIOS EN CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES UTILIZANDO EL MÓDULO DIDÁCTICO PLC FOR PROCESS CONTROL MOD EE-PCE QUE CONTRIBUYA AL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERIA MECÁNICA"** de los Brs. Julio Xavier Escola Incer y Jilver Uriel Sevilla Sevilla, han culminado con éxito la puesta en marcha del Módulo PLC EE-PCE y la elaboración de las guías con su posterior capacitación docente del Departamento de Energética.

Me suscribo, agradeciendo de antemano su atención.

Atentamente,




MSc. Mary Triny Gutiérrez Mendoza
Jefe del Departamento de Energética
Facultad de Tecnología de la Industria
mary.gutierrez@fti.uni.edu.ni



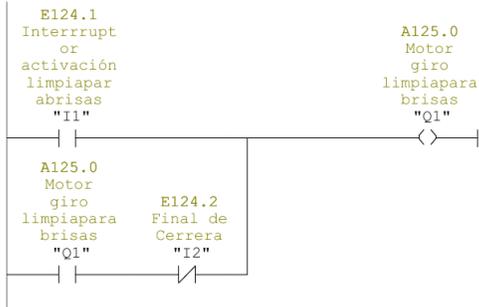
C.c: Máster Ing. Augusto César Palacios
Archivo MTGM/mtgm

Decano de Facultad de Electrotecnia y Computación

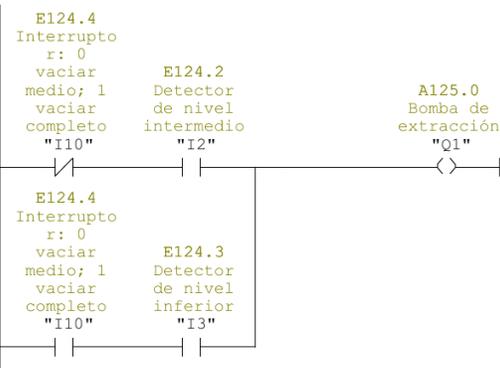
H. SOLUCIÓN DE LAS GUÍAS EN SIMATIC STEP 7

Guia 1

Segm.: 1 Guia 1 Ejercicio 1 - Limpiaparabrisas



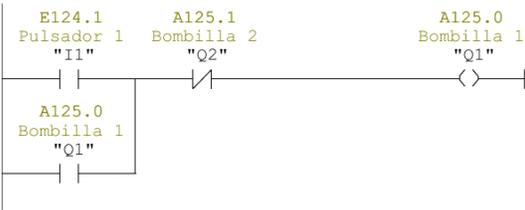
Segm.: 1 Guia 1 Ejercicio 2 - vaciado de tanque



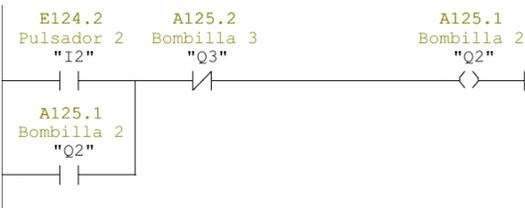
Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Guia 1 Ejercicio 3 - Rotación de bombillas

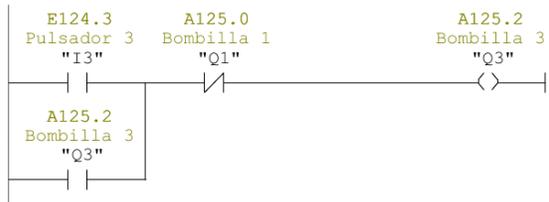
Segm.: 1 Bombilla 1



Segm.: 2



Segm.: 3

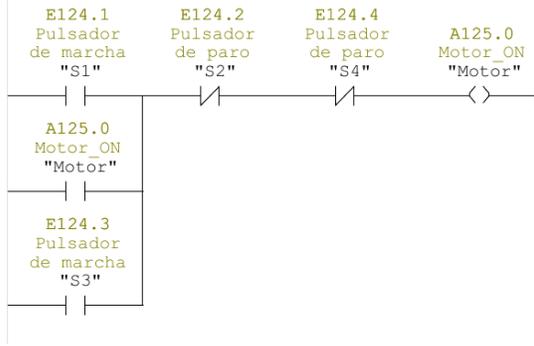


Guia 2 Actividad 1

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Guia 2 Actividad 1

Segm.: 1 Motor_ON



Segm.: 2

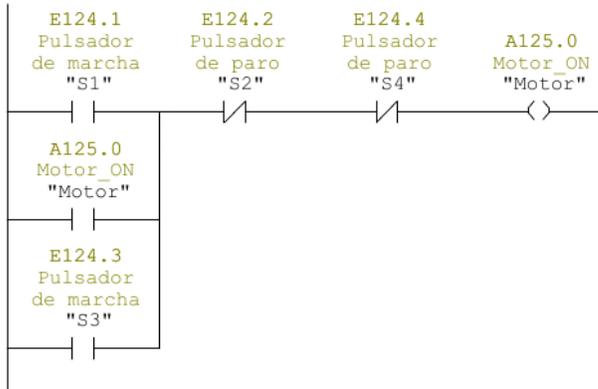


Guia 2 Actividad 2

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

En este segmento se realiza el control de marcha y paro de la banda transportadora

Segm.: 1 Control de la banda transportadora

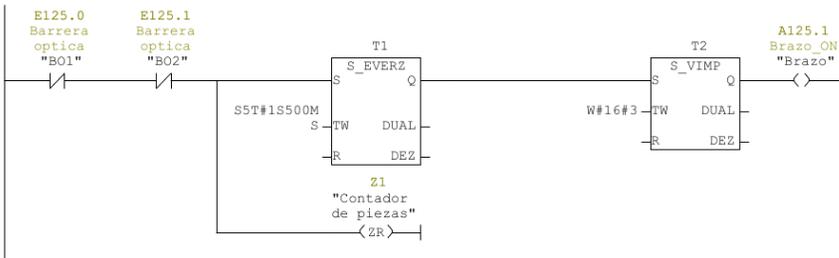


Segm.: 2



Segm.: 3 Brazo_ON

Este segmento controlará el brazo, lo activará cuando se detecte una pieza entre las dos barreras ópticas



Segm.: 4



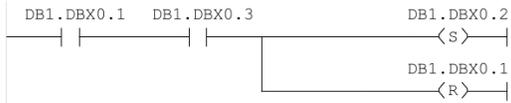
Guia 3 Actividad 1

Bloque: OBI "Main Program Sweep (Cycle)"

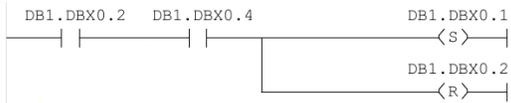
Segm.: 1 FIRST_START



Segm.: 2 TRANSICION 1 A 2



Segm.: 3 TRANSICION 2 A 1



Segm.: 4 Etapa 1 activacion de actuadores



Segm.: 5 Etapa 2 activacion de actuadores



Segm.: 6 Condicion de transicion relacion con entradas



Segm.: 7 Condicion de transicion relacion con entradas

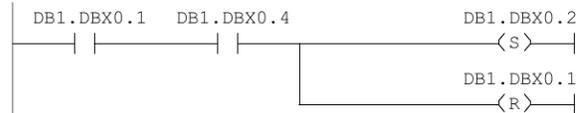


Guia 3 Actividad 2

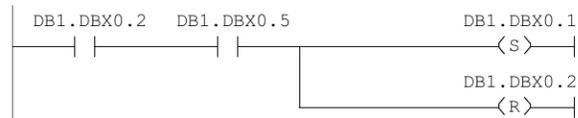
Segm.: 1 FIRST_START



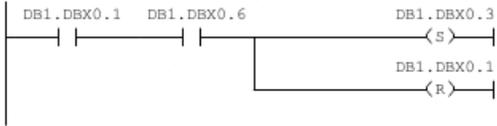
Segm.: 2 TRANSICION 1 A 2



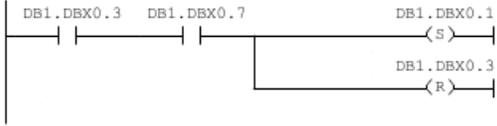
Segm.: 3 TRANSICION 2 A 1



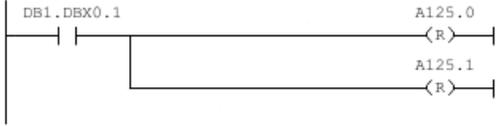
Segm.: 4 TRANSICION DE 1 A 3



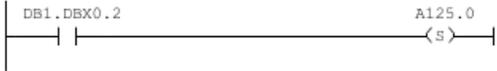
Segm.: 5 TRANSICION DE 3 A 1



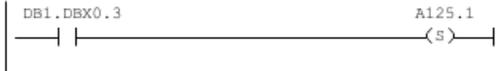
Segm.: 6 Etapa 1 activacion de actuadores



Segm.: 7 Etapa 2 activacion de actuadores



Segm.: 8 ETAPA 3 ACTIVACION DE ACTUADORES



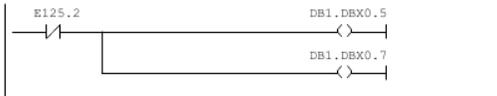
Segm.: 9 Condicion de transicion relacion con entradas boton de sentido h



Segm.: 10 Condicion de transicion relacion con entradas de sentido ah



Segm.: 11 Condicion de transicion relacion con entradas stop (boton NC)



Guia 3 Actividad 3

OB1 - <offline>

"Cycle Execution"

Nombre:

Familia:

Autor:

Versión: 0.1

Versión del bloque: 2

Hora y fecha Código:

29/11/2022 17:58:18

Interface:

15/02/1996 16:51:12

Longitud (bloque / código / datos): 00624 00462 00020

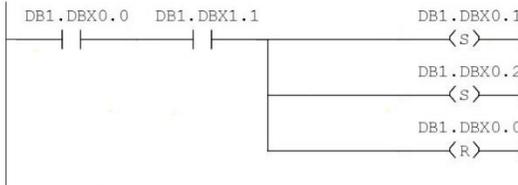
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

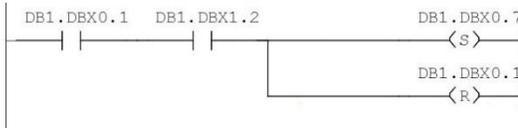
Segm.: 1 FIRST START



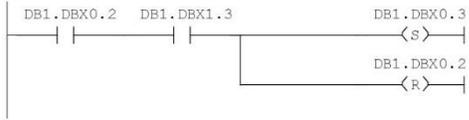
Segm.: 2 TRANSICION DE 0 a 1 y 2



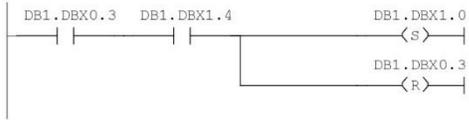
Segm.: 3 TRANSICION DE 1 A 7



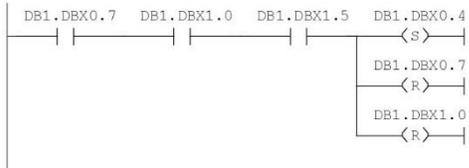
Segm.: 4 TRANSICION DE 2 A 3



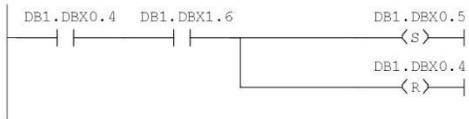
Segm.: 5 TRANSICION DE 3 A 8



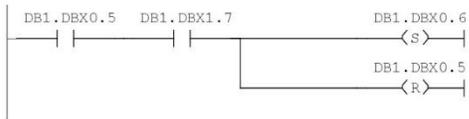
Segm.: 6 TRANSICION DE 7 Y 8 A 4



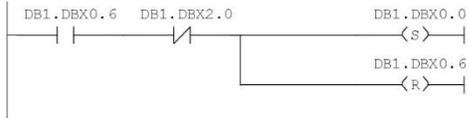
Segm.: 7 Transicion de 4 a 5



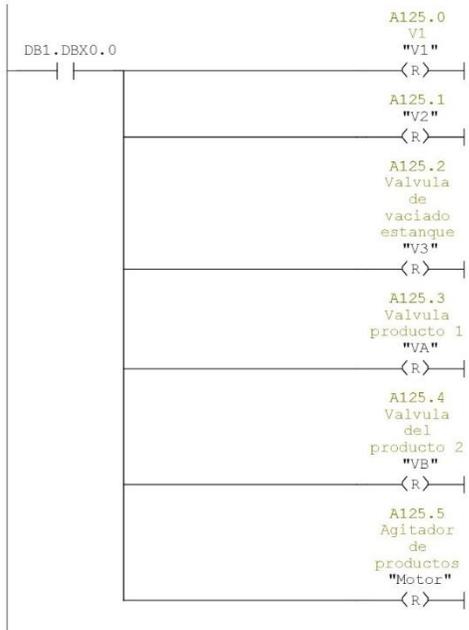
Segm.: 8 TRANSICION DE 5 A 6



Segm.: 9 TRANSICION DE 6 A 0



Segm.: 10 ETAPA 0 INICIALIZACION DE ACTUADORES



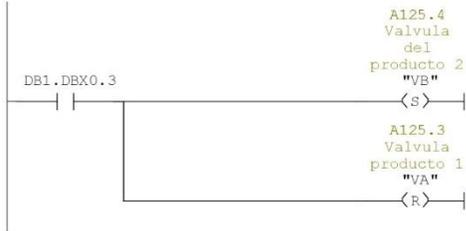
Segm.: 11 Etapa 1 activacion v1



Segm.: 12 Etapa 2 activacion VA



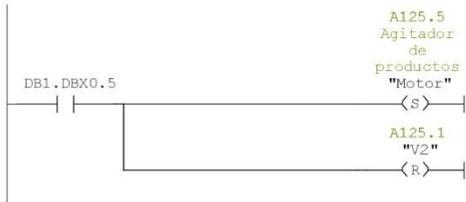
Segm.: 13 ETAPA 3 ACTIVACION DE VB



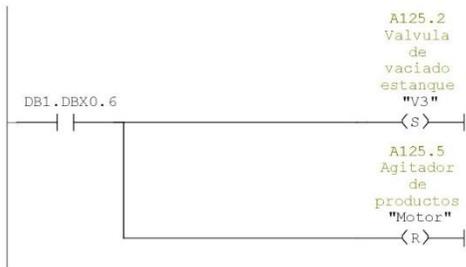
Segm.: 14 ETAPA 4 activacion de V2



Segm.: 15 ETAPA 5 activacion de motor



Segm.: 16 ETAPA 6 activacion V3



Segm.: 17 ETAPA 7 desactivacion de V1



Segm.: 18 ETAPA 8 desactivacion de VB



Segm.: 19 Relacion de transicion con entradas TR0 a 1y2



Segm.: 20 Relacion de transicion con entradas TR1 a 7



Segm.: 21 Relacion de transicion con entradas TR2 a 3



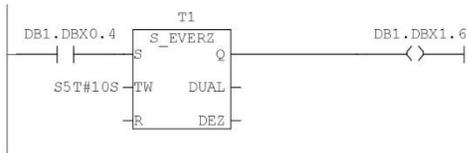
Segm.: 22 Relacion de transicion con entradas TR3 a 8



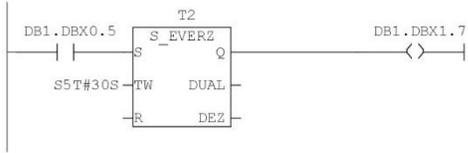
Segm.: 23 Relacion de transicion con entradas TR7 y 8 a 4



Segm.: 24 Relacion de transicion con temporizacion TR4 a 5



Segm.: 25 Relacion de transicion con temporizacion TR5 a 6



Segm.: 26 Relacion de transicion con entradas TR6 a 0

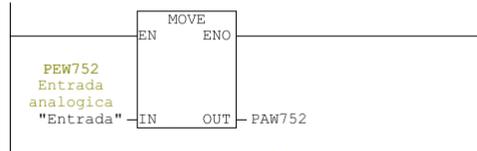


Guia 4 Actividad 1-2

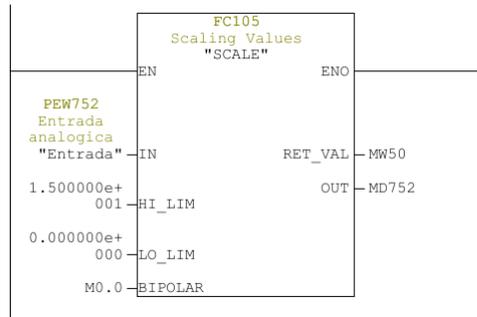
Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Actividad 1 (Inciso 1 y 2) trabajo previo

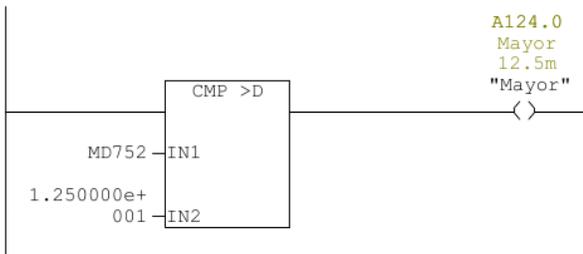
Segm.: 1 Segmento para comprobar entrada y salida analogica



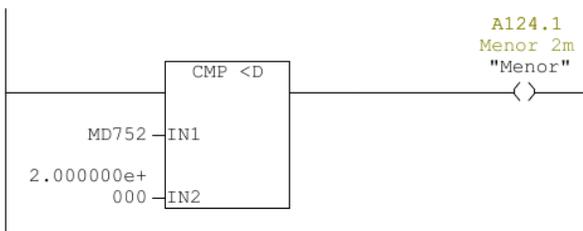
Segm.: 2



Segm.: 3



Segm.: 4 Menor 2m



Guia 4 Actividad 3

SIMATIC

Guia4\Equipo

01/03/2023 22:01:34

SIMATIC 300\CPU313 C(1)\...\OB1 - <offline>

OB1 - <offline>

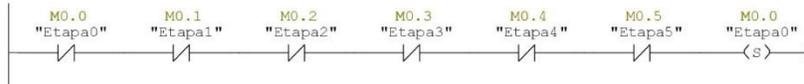
"Cycle Execution"

Nombre: Familia:
Autor: Versión: 0.1
Hora y fecha Código: Versión del bloque: 2
 01/03/2023 22:01:11
Interface: 15/02/1996 16:51:12
Longitud (bloque / código / datos): 00494 00338 00030

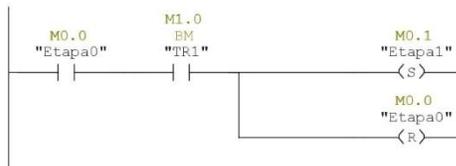
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
 Guia 4 Actividad 3

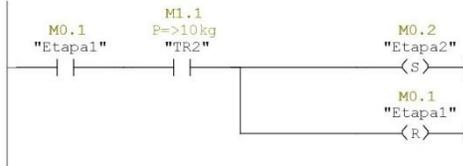
Segm.: 1 Etapa inicial



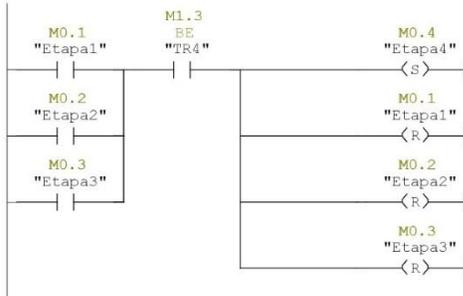
Segm.: 2 Transición de Etapa 0 a Etapa 1



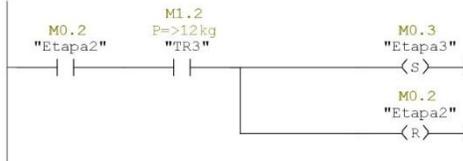
Segm.: 3 Transición de Etapa 1 a Etapa 2



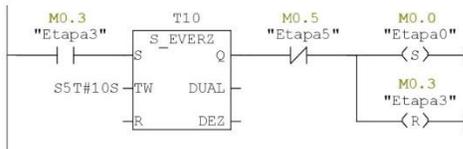
Segm.: 4 Transición de Etapa 1 2 y 3 a Etapa 4



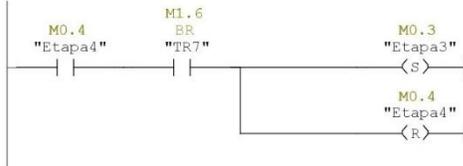
Segm.: 5 Transición de Etapa 2 a Etapa 3



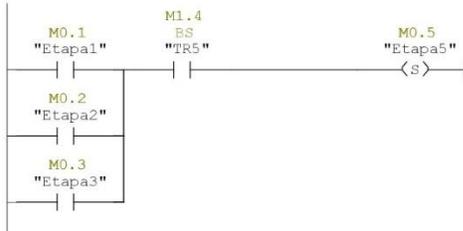
Segm.: 6 Transición de Etapa 3 a Etapa 0



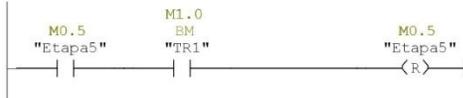
Segm.: 7 Transición de Etapa 4 a Etapa 3



Segm.: 8 Transición de Etapa 1 2 3 a Etapa 5



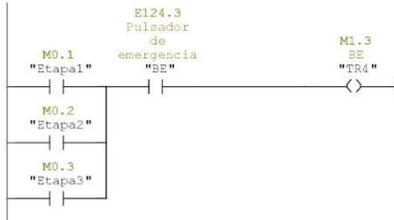
Segm.: 9 Transición de Etapa 5 a Etapas 1 2 3



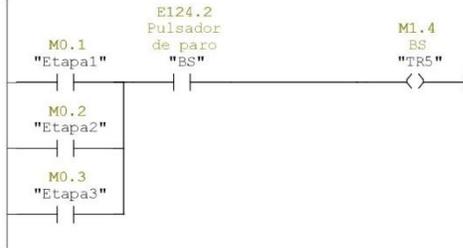
Segm.: 10 Condición Boton de Marcha Etapa 0



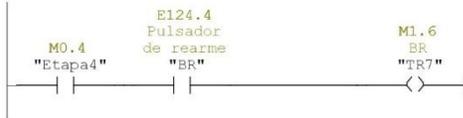
Segm.: 11 BE



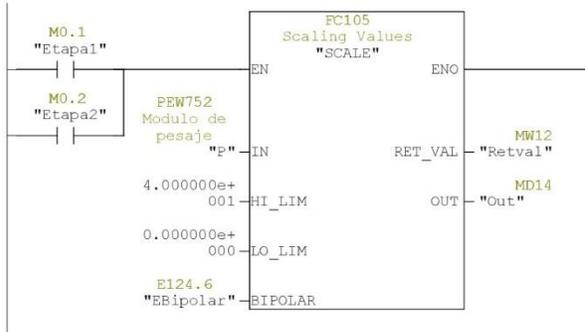
Segm.: 12 BS



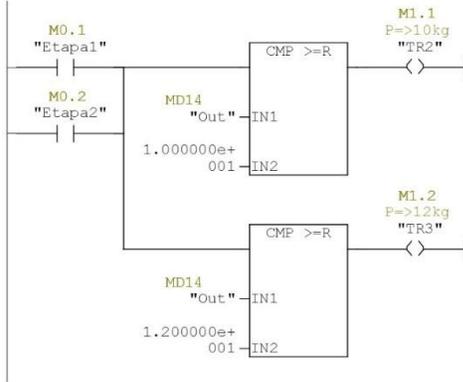
Segm.: 13 BR



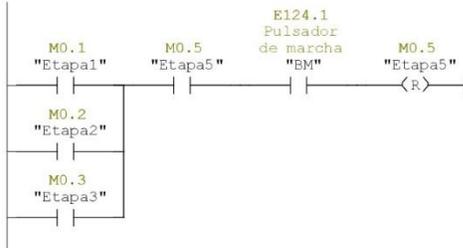
Segm.: 14 Escalamiento de señal analógica de entrada



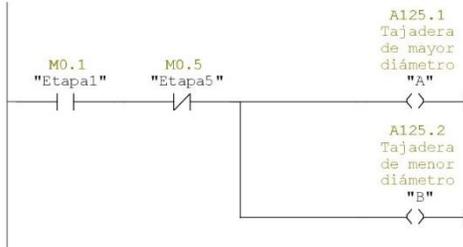
Segm.: 15 P=>10kg y P=>12kg



Segm.: 16 Boton de Marcha cuando está activa Etapa 5



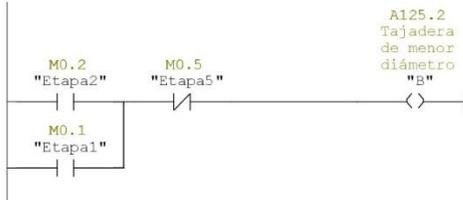
Segm.: 17 Acciones Etapa 1



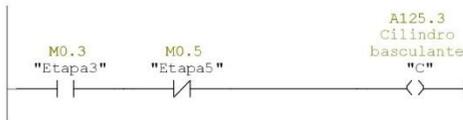
Segm.: 18 Acciones Etapa 1



Segm.: 19 Acciones Etapa 2



Segm.: 20 Acciones Etapa 3



Segm.: 21 Acciones Etapa 4



Segm.: 22 Acciones Etapa 5

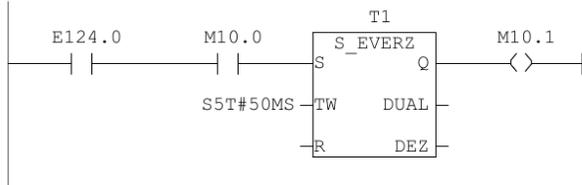


Guia 5 Actividad 1

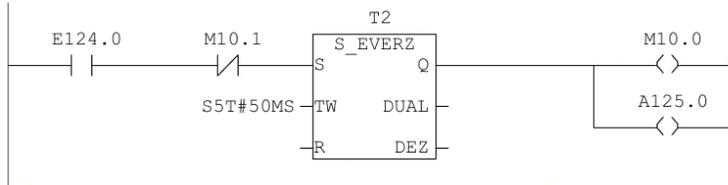
Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Temporizadores para producir tren de pulsos a 10Hz

Segm.: 1



Segm.: 2



Guia 5 Actividad 2

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Programa de solución a la guía 5 actividad 2

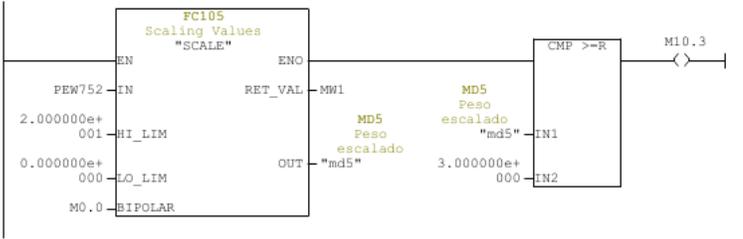
Segm.: 1 Señal de control de dirección



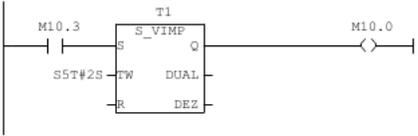
Segm.: 2 Señal de control de dirección



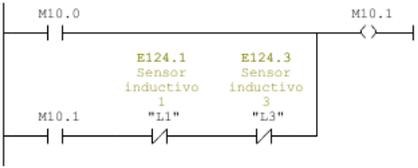
Segm.: 3 Comparación de peso, si es mayor o igual al peso seteado en IN2



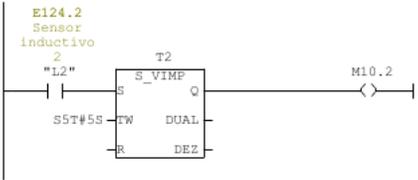
Segm.: 4 M10.3 reemplaza a Boton de marcha



Segm.: 5



Segm.: 6 Retardo de 5 segundo cuando la banda pasa por L2 (sensor 2)



Segm.: 7 Señal habilitación de motor paso a paso



Segm.: 8

