



DISEÑO DE UN LABORATORIO PARA PRUEBAS DE CONTROLADORES
LÓGICOS PROGRAMABLES (PLCs)

PROYECTO DE GRADO

Gildardo Hernán Chávez Landázuri

Cód. 0749684

Director del trabajo de grado

José Isidro García Melo, PhD

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO DE CALI
2015



DISEÑO DE UN LABORATORIO PARA PRUEBAS DE CONTROLADORES
LÓGICOS PROGRAMABLES (PLCs)

PROYECTO DE GRADO

REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Gildardo Hernán Chávez Landázuri

Cód. 0749684

Director del trabajo de grado

José Isidro García Melo, PhD

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO DE CALI

2015

Nota de aceptación

Aprobado por el comité de trabajos de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle, para optar por el título de Ingeniero Mecánico.

JOSÉ ISIDRO GARCÍA MELO

Director del Proyecto

Firma jurado

Firma jurado

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado principalmente a mis padres, ya que sin sus esfuerzos y apoyo no habría sido posible llegar a este punto.

A mi madre Lidia Landázuri Q.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Gildardo H Chávez C.

Por siempre ser un apoyo incondicional y un gran ejemplo de ser humano.

A mis hermanas, Darly Chávez y Sandra Chávez por estar conmigo y apoyarme siempre, las quiero mucho.

A mis compañeros y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, y a todas esas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

A mis maestros quienes se tomaron el arduo trabajo de transmitirme sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al PhD-ingeniero José Isidro García Melo, director de este proyecto, por la orientación, el seguimiento, la supervisión continúa del mismo, pero sobre todo por la motivación y por sus enormes enseñanzas a lo largo de estos años.

Igualmente quiero agradecer a los demás profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle, los cuales contribuyeron en mi formación profesional.

A los ingenieros Alberto Enrique Loaiza, Jesús Filander Caratar Cháux ya que con el aporte de sus experiencias y sus consejos contribuyeron a realizar una parte de este trabajo.

Finalmente, a mis compañeros del grupo GIASP por su amistad y colaboración en el transcurso de este proyecto.

Un agradecimiento muy especial por la comprensión, paciencia y el ánimo recibido de mi familia y amigos.

A todos muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ANTECEDENTES.....	2
3	PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	5
4	OBJETIVOS.....	7
4.1	General	7
4.2	Específicos.....	7
5	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	8
5.1	Consulta del material bibliográfico.	8
5.2	Planteamiento de prácticas.	8
5.3	Diseño del banco.	9
5.4	Guías de laboratorio.....	9
6	MARCO TEÓRICO	10
6.1	Historia de los PLC.....	10
6.2	Controlador lógico programable	11
6.3	Hardware.....	12
6.3.1	La unidad de procesador o unidad central de procesamiento (CPU)	12
6.3.2	La fuente de alimentación.....	12
6.3.3	La unidad de programación	13
6.3.4	La unidad de memoria.....	13
6.3.5	Secciones de entrada y de salida.....	13
6.3.6	Diagramas Ladder o tipo escalera (LD)	13
6.3.7	Redes de Petri.....	14
6.4	ASPECTOS ERGONÓMICOS	16
6.4.1	Principios del diseño ergonómico de los puestos de trabajo	17
6.4.2	Fases en el diseño de un puesto de trabajo	18
6.4.3	Postura y posición de trabajo	19
6.4.4	Planos de trabajo.....	21
7	DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS	26

7.1	Concepción del puesto de trabajo	26
7.2	Montaje PLC siemens	29
7.2.1	Rack de montaje (bastidor).....	30
7.3	Tablero del banco	32
7.4	Montaje del banco	34
8	PRÁCTICAS DE LABORATORIO	36
8.1	PRÁCTICA 1. MODELADO DE SISTEMAS SECUENCIALES UTILIZANDO REDES DE PETRI	38
8.2	PRÁCTICA 2: TRANSFORMACIÓN DE REDES DE PETRI A LADDER.	46
8.3	PRÁCTICA 3: MANEJO DE SEÑALES DIGITALES O DISCRETAS	57
8.4	PRÁCTICA 4. MANEJO DE INSTRUCCIONES Y OPERACIONES CON SEÑALES ANALÓGICAS	63
8.5	PRÁCTICA 5.: MANEJO DE CONTADORES (COUNTERS).....	71
8.6	PRÁCTICA 6: TEMPORIZADORES (TIMERS).....	81
8.7	PRACTICA 7. Interfaz Hombre Maquina (HMI).....	88
9	CONCLUSIONES	103
10	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	104
11	BIBLIOGRAFÍA.....	105

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Procedimiento metodológico	8
Figura 2. Controlador lógico programable [10]	11
Figura 3. Sistema PLC [10]	12
Figura 4. Maneras de dibujar el mismo circuito eléctrico.....	14
Figura 5. Diagrama de una red de Petri	14
Figura 6. Percentiles antropométricos [16].	18
Figura 7 . Criterios para determinar la postura de trabajo [15].	21
Figura 8. Plano de trabajo sentado.[17]	22
Figura 9. Altura de trabajo en posición sentada, dada en cm (Según Stier) (medidas según Jürgens, 1975) [17].	23
Figura 10. Vista superior de un puesto de trabajo: espacios para controles manuales	24
Figura 11. Arcos de alcance horizontales en centímetros (INSHT) [15].	24
Figura 12. Características de diseño recomendadas para tableros de mando en las que los operadores trabajen en posición de sentado. Dichas características están diseñadas para que se adapten a personas entre los percentiles 5 y 95.(Van Cott y Kinkade, con modificaciones) [17].	25
Figura 13. Mesa de trabajo medidas en milímetros.....	26
Figura 14. Mesa trabajo vista lateral	27
Figura 15. Vista superior del banco de pruebas [19].	28
Figura 16. Vista lateral del banco de pruebas [19].	28
Figura 17. Componentes del PLC S7-300 [20].	29
Figura 18. Funcionamiento controlador PID.....	31
Figura 19. Tablero de mando (Direcciones).	33
Figura 20. Tablero de mando PLC (Grupo de componentes)	33
Figura 21. Elementos del tablero: a) Luces led b) Pulsadores c) Bananas Hembra 4mm-25A.....	34
Figura 22. a) Canaleta ranurada b) relay socket	35
Figura 23. Panel del banco de pruebas estructura.....	35
Figura 24. Estructura practicas laboratorio.....	36
Figura 25. Diagrama (red) de Petri.....	40
Figura 26. Transición habilitada mediante un arco inhibidor y arco normal [26].	41
Figura 27. Sistema de Manufactura	42
Figura 28. Diagrama (red) de Petri.....	43
Figura 29. Movimiento de un vagón	44
Figura 30. Diagrama del llenado de tanques de agua para incendios.....	45

Figura 31. Red de Petri	48
Figura 32. Transformación de transiciones segmentos 1-4.....	50
Figura 33. Transformación de transiciones segmento 5.....	51
Figura 34. Transformación de lugares segmento 6	51
Figura 35. Transformación de lugares segmento 7	52
Figura 36. Transformación de lugares segmentos 8-9	53
Figura 37. Transformación de lugares segmento 10	54
Figura 38. Transformación de acciones segmentos 11	54
Figura 39. Transformación de acciones segmentos 12-13.....	55
Figura 40. Movimiento de un vagón	56
Figura 41. Diagrama del llenado de tanques de agua para incendios.....	56
Figura 42. a) Botones Pulsadores b) Final de carrear a c) Servo Motor[30],[32],[33].	58
Figura 43. Representación de un botón pulsador en Step7 [34].	59
Figura 44. Esquema de contactos para controlar una cinta transportadora	60
Figura 45. Segmento 1 Control de una cinta transportadora.....	61
Figura 46. Segmento 2 Control de una cinta transportadora.....	61
Figura 47. Esquema de llenado de un depósito	62
Figura 48. Transformación de una medida a tensión [37].	64
Figura 49. Tensión mínima entregada por convertidor A/D de 11 bits [37].	65
Figura 50. Operaciones de conversión.....	67
Figura 51. Operaciones para escalado	68
Figura 52. Llamado al Bloque FC.....	68
Figura 53. Uso de la función SCALE	69
Figura 54. Indicaciones para el nivel de llenado.....	69
Figura 55. Control de llenado de un depósito mediante sensor analógico	70
Figura 56. Funcionamiento CTU	73
Figura 57. Funcionamiento "Contador ascendente - descendente":	76
Figura 58. Contador para vehículos	78
Figura 59. Líneas de generación de pulsos	78
Figura 60. Uso de un Contador	79
Figura 61. Control de arranque de motores [41].....	83
Figura 62. Segmento 1 Control de arranque del motor 1	84
Figura 63. Segmento 2 Control de arranque del motor 2	84
Figura 64. Segmento 3 Control de arranque del motor 3	85
Figura 65. Mezclado de químicos.....	86
Figura 66. Alimentador de maderas	87
Figura 67. Sistema Human Machine Interface (HMI), PLC y Proceso.....	89
Figura 68. Bloque de programa.....	91

Figura 69. Simulador S7-PLCSIM Simatic	91
Figura 70. Arbol de proyecto	91
Figura 71. Lista de dispositivos	92
Figura 72. Agregar imagen raíz.....	93
Figura 73. Espacio de trabajo SIMATIC WinCC	94
Figura 74. Elementos básicos de WinCC.....	94
Figura 75. Crear un evento a botón.....	95
Figura 76. Asignar variable a botón.....	95
Figura 77. Tabla de variables HMI	96
Figura 78. Animación lámpara indicadora	96
Figura 79. Color de visualización lámpara indicadora	97
Figura 80. Elementos básicos insertar depósito.....	97
Figura 81. Librería de depósitos disponibles en WinCC.....	98
Figura 82. Elemento barra.....	98
Figura 83. Configuración elemento barra	98
Figura 84. Elemento campo de Entrada/Salida	99
Figura 85. Configuración Elemento campo de Entrada/Salida.....	99
Figura 86. Esquema depósito HMI	100
Figura 87. Cinta transportadora.....	101
Figura 88. Diagrama del llenado de tanques de agua para incendios.....	101

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Datos antropométricos obtenidos por el NHS [15].	18
Tabla 2. Diagrama tabular[24].	39
Tabla 3. Declaración de variables para Lugares	48
Tabla 4. Declaración de variables para Transiciones.....	49
Tabla 5. Declaración de variables para Acciones.....	49
Tabla 6. Operaciones lógicas con bits.....	59
Tabla 7. Tabla de variables Y direcciones.....	60
Tabla 8. Variables del nivel de llenado de un depósito bloque FC	67
Tabla 9. Variables del nivel de llenado de un depósito bloque.....	68
Tabla 10. Parámetros de la instrucción "Contador ascendente"	73
Tabla 11. Parámetros de la instrucción "Contador ascendente - descendente"	76
Tabla 12. Variables Estándar	90

1 INTRODUCCIÓN

La educación en ingeniería se enfrenta a desafíos y oportunidades interesantes, particularmente en el área de enseñanza de la ingeniería mecánica. Debido a la naturaleza altamente aplicada, interviene en procesos de: mecanizado, generación, transformación y utilización de energía mecánica, térmica, neumática, e hidráulica., proyectos para la construcción de máquinas, equipos agroindustriales y automatización y control. Los estudiantes necesitan un entorno de laboratorio concreto, que sea lo más cercano posible a la situación real, para aplicar y asimilar conceptos de automática, que contribuyan al desarrollo de habilidades [1]. Adicionalmente, las industrias requieren de ingenieros y los recién graduados esperan acceder a un mercado laboral donde se requiere que los graduados de ingeniería posean habilidades y competencias sólidas. Así, los ingenieros mecánicos entran a un mercado de trabajo y se encuentran con desventajas considerables para adquirir habilidades de alta tecnología [2]. En este contexto, los laboratorios educativos son una de las alternativas de aprendizaje relevantes para adquirir conocimiento en el área de la ingeniería. En diferentes universidades se pueden encontrar una gran variedad de módulos para la enseñanza de la automática, como placas y estaciones, tales como en la Universidad de Carolina del Sur [3]. Sin embargo, en el ámbito local (Universidad del Valle), la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIME) carece de un laboratorio consolidado para la enseñanza de la automática. Por esta razón, este proyecto de grado se propone el diseño de un banco de pruebas para realizar prácticas de laboratorio de controladores lógicos programables (PLCs). La propuesta aquí reflejada describe los elementos utilizados en la elaboración de una asignatura basada en proyectos de laboratorio para el curso Automatización de sistemas de manufactura con código 780111M del programa de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

2 ANTECEDENTES

Muchas universidades ofrecen cursos de formación en automática para estudiantes de pregrado y posgrado. Estos cursos combinan la teoría, experimentos prácticos y aplicaciones de la tecnología, beneficiando enormemente a los estudiantes universitarios. Ellos impulsan el plan de estudios a la vanguardia de la enseñanza de la ingeniería y responden directamente a la formación y la educación de retos del tercer milenio. Por ejemplo, en la referencia [3] se presenta un compendio de iniciativas de varias universidades, tal es el caso del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carolina del Sur en donde trabaja en un proyecto para mejorar la educación de los estudiantes de ingeniería automática. Así, se establece un curso para enseñar PLCs a los estudiantes ingeniería mecánica; El curso consta de cuatro componentes principales: (a) enseñanza en el aula; (b) tarea; (c) laboratorio; d) proyecto. La instrucción en el aula se centra en inculcar en los alumnos los conocimientos básicos relacionados con la programación y el uso del controlador. La enseñanza en el aula presenta conceptos formales; Parte se realiza en un laboratorio de computación, donde los estudiantes interactúan con el software de simulación.

La tarea centra a los estudiantes en comprensión y la retención de conceptos en un estilo de autoaprendizaje, y consiste en que los estudiantes sigan ejemplos y ejercicios propuestos en áreas en las cuales se desempeñan como practicantes profesionales; el profesor estipula la fecha en la cual serán enviadas a través de correo electrónico para ser calificadas y reenviadas por los profesores auxiliares. El laboratorio consta de cinco sesiones que gradualmente los estudiantes de programación de controladores contemplan a través del uso de sus diversas funciones, tales como puertos paralelos, comunicación en serie, tiempos de evento (detección y generación), cuenta revoluciones para motor DC, control de motor paso a paso, y conversión analógica-digital. El punto culminante de este curso es un mes de proyecto en el que los estudiantes trabajan en pares con el fin de lograr el desarrollo, diseño, codificación, construcción y demostración de un sistema de

manufactura haciendo uso de un controlador programable de su elección. El proyecto culmina con un informe escrito, una presentación oral, y una demostración práctica [4].

Otra iniciativa es el laboratorio educativo de automática en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Clemson, el cual se creó a través de los continuos esfuerzos de la facultad, el personal, los estudiantes y los patrocinadores industriales. Cuenta un conjunto de equipos multidisciplinarios que permiten explorar y familiarizarse por medio de experimentos de laboratorio con la instrumentación, sensores, actuadores y controladores en tiempo real [2]. Por otra parte, el plan de estudios de Automática de la Universidad Estatal de San José contiene cinco cursos y un laboratorio que cubren los fundamentos de la automática, la aplicación de la automática en el diseño y fabricación, y las manos en la experiencia práctica de laboratorio. Complementariamente [5], la Universidad de Stanford ofrece una secuencia de cuatro trimestres de clases Automática a nivel de posgrado y un curso de un trimestre similar a nivel de pregrado. La propuesta de automática de la Universidad de Washington es una secuencia de cinco cursos y dos electivas incluyen cursos técnicos en el control, instrumentación y computación embebida. Adicionalmente, la educación en automática en la Universidad Nacional de Changwon en Corea es peculiar porque cinco departamentos diferentes combinaron sus esfuerzos y establecieron un curso básico de Automática. Otra oferta es presentada en el curso de Automática de la Universidad Estatal de Iowa, la cual se centra en los sistemas de fluidos. Por otra parte, la carrera de automática avanzada en la Universidad Estatal de Pennsylvania se centra más en el diseño de productos inteligentes y los estudiantes trabajan en varios subsistemas de un complejo vehículo explorador robótico. La carrera de automática en el MIT se centra en experiencias de laboratorio, que enseñan la integración de las disciplinas eléctricas con la ingeniería mecánica para el diseño y manufactura de productos y procesos. En la educación de Automática en el Instituto Federal Suizo de Tecnología, Zurich, los estudiantes trabajan en un sistema de robot móvil real en el curso. El curso abarca la robótica, cinemática y dinámica, control, sistemas de

microprocesadores, programación en tiempo real, técnicas de producción, la visión artificial, sensores y actuadores. Finalmente, la Escuela Woodruff de Ingeniería Mecánica en el Instituto de Tecnología de Georgia ofrece un curso de Mecatrónica a nivel de posgrado; el cual se centra en la aplicación de los microprocesadores y microcontroladores en sistemas mecánicos con un fuerte énfasis en materias prácticas en las que se trabaje en laboratorio [3].

3 PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Debido al crecimiento acelerado de la electrónica, la informática y las industrias de tecnología de la información, ha surgido una brecha entre las enseñanzas de la educación de ingeniería no eléctrica tradicional (por ejemplo, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Ingeniería Química, etc.) los graduados deben tener conocimientos y habilidades en esta área para acceder al mercado laboral. Esto, debido a dispositivos y aparatos basados en microcontroladores que se encuentran presentes en una variedad de ámbitos industriales [4]. Sin embargo, una correcta integración de tecnología, tales como, robótica, transportadores, sensores y controladores lógicos programables en los procesos de fabricación y manipulación de materiales entre otros, requieren de ingenieros con conocimientos técnicos y experiencia en estos sistemas [1]. De esta forma, estudiantes de ingeniería mecánica y de otras ingenierías tienen la necesidad de una experiencia práctica para aumentar su capacidad y la confianza en la dificultad de aprender y aplicar conceptos eléctricos y electrónicos, especialmente durante la fase de realización de un proyecto de automática [4]. En este contexto, considerando que los laboratorios enriquecen la educación de un estudiante de ingeniería, preparando para sus actividades profesionales, estos futuros profesionales deben utilizar los laboratorios para participar activamente en la solución de problemas de ingeniería, aprendiendo cómo se aplica la teoría o integrando áreas diferentes del conocimiento, como la mecatrónica [6]. Los estudiantes, generalmente, no van a un laboratorio a adquirir datos para el diseño de algún producto o para agregar un conocimiento nuevo a la humanidad. Los estudiantes principalmente, van a un laboratorio para aprender algún tema específico o para fortalecerlo. Por otra parte, el uso de los laboratorios por parte de los estudiantes, especialmente los de pregrado, está centrado en una actividad complementaria de refuerzo práctico de los conceptos adquiridos en clases teóricas [7]. Adicionalmente, las prácticas de laboratorio permiten desarrollar habilidades experimentales a los estudiantes, capacidad para trabajar en equipos y comunicarse eficazmente, aprender del fracaso y ser responsable de sus propios

resultados. Específicamente, el laboratorio de Controladores lógicos programables (PLC), brinda herramientas al estudiante para el diseño, el análisis y la implementación de procesos basados en cursos como el de electrónica análoga, electrónica digital y mediciones eléctricas. Cada una de estas áreas necesita la definición de prácticas de laboratorio. Sin embargo, en la EIME el área de automática carece de un laboratorio idóneo donde se puedan aplicar y fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en las clases. Por tales razones se hace necesaria la implementación de un laboratorio educacional para alcanzar dichos objetivos. En este contexto, la proyección de estos laboratorios hace posible aplicar los conocimientos básicos de la automática, como son los controladores lógicos programables, sensores, actuadores y microcontroladores, entre otros; beneficiando al estudiantado del programa para un futuro laboral como ingenieros mecánicos. La disponibilidad de los cursos de automática en el plan de estudios de ingeniería ayuda a preparar a los estudiantes para el mundo laboral global [2].

4 OBJETIVOS

4.1 General

Diseñar un banco de laboratorio de controladores lógicos programables (PLCs) para el curso Automatización de sistemas de manufactura dictado por la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle, el cual será orientado a fortalecer los conceptos aprendidos en clase.

4.2 Específicos

- Plantear las guías de laboratorio para las siguientes practicas:
 - Transformación de un modelo en redes de Petri a lenguaje Ladder
 - Manejo de señales digitales
 - Manejo de señales análogas
 - Manejo de interrupciones y temporizadores
 - Estructuración de una aplicación de automatización con PLC
 - Comunicación MPI e Profibus.
 - Sistemas SCADA
- Diseñar la estructura del banco que permita la instalación de los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos que facilite la realización las prácticas antes mencionadas.
- Desarrollar una interfaz gráfica que facilite el desarrollo de las pruebas de laboratorio.
- Construir un banco de trabajo.
- Verificar el funcionamiento en hardware y software.

5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.

En el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 1 se observa el procedimiento metodológico que se siguió para culminar el proyecto, a continuación se describirán cada uno de los pasos.

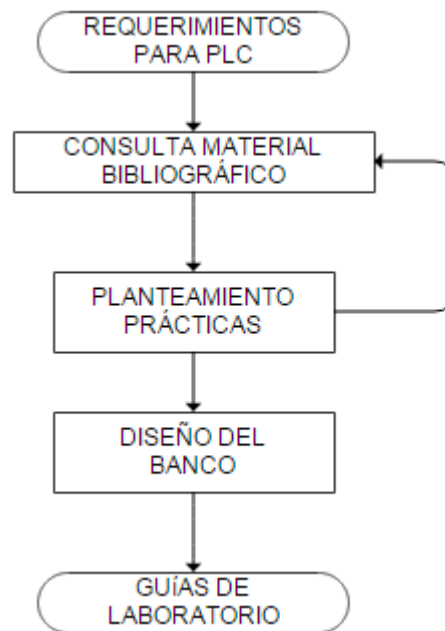


Figura 1. Procedimiento metodológico

5.1 Consulta del material bibliográfico.

En esta etapa se hizo una revisión bibliográfica para establecer los requisitos necesarios para el control y manejo de los PLCs. Adicionalmente, conceptualizó en modelado de procesos en Redes de Petri, lenguaje de programación en Ladder, transformación del modelo en redes de Petri a lenguaje de programación Ladder.

5.2 Planteamiento de prácticas.

En esta etapa se plantearon las guías de laboratorio definidas en los objetivos específicos utilizando el ambiente TIA Portal V.12 Siemens, tales como: transformación de un modelo en redes de Petri a lenguaje Ladder, manejo de señales digitales, manejo de señales análogas, manejo de interrupciones y

temporizadores, estructuración de una aplicación de automatización con PLC, comunicación MPI e Profibus, sistemas SCADA.

5.3 Diseño del banco.

En esta etapa se diseñaron el chasis y el tablero teniendo en cuenta estudios ergonómicos.

5.4 Guías de laboratorio

En esta etapa se plantearon un conjunto de prácticas que en conjunto con el diseño del banco integran el laboratorio para Automatización de sistemas de manufactura de la escuela de Ingeniería Mecánica (EIME).

6 MARCO TEÓRICO

Los objetivos del curso de automatización de sistemas de manufactura son proporcionar a los estudiantes una práctica interdisciplinaria motivadora, con enfoque práctico, fomentar el trabajo en equipo, y hacer que los estudiantes presenten diseños técnicos para diferentes públicos y en diversos medios de comunicación [3]. En este contexto, considerando el uso tradicional de los PLCs, se recomienda su enseñanza en el contexto de automatización de los sistemas industriales [2]. Esto debido a que con el uso del PLC en un proyecto se gana agilidad, ya que es posible crear y simular el sistema tantas veces como sea necesario. Por lo tanto, se puede ahorrar tiempo, el riesgo de errores y se reduce la complejidad, puede ser reconfigurado usando los mismos elementos [8].

6.1 Historia de los PLC

Los PLC fueron introducidos a finales de 1960, como respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana. El fabricante de automóviles General Motors estaba interesado en la aplicación de las computadoras para reemplazar la secuencia de relés utilizados en el control de sus fábricas de autos automáticos. En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisiones automáticas de General Motors) propuso un concurso para una propuesta del reemplazo electrónico de los sistemas cableados. Dos empresas independientes, Bedford Associates (más tarde llamada Modicon) y Allen Bradley (ahora propiedad de Rockwell) respondieron a las especificaciones de General Motors. La propuesta ganadora vino de Bedford Associates de Boston, Massachusetts. El primer PLC, se le llamó Modicon 084, debido a que fue el proyecto ochenta y cuatro de Bedford Associates. Bedford Associates creó una nueva compañía nueva dedicada al desarrollo, manufactura, venta y servicio para este nuevo producto: Modicon (MODular DIgital CONTroller o Controlador Digital Modular). (Actualmente grupo Schneider Electric). Una de las personas que trabajó en ese proyecto fue Dick Morley, quien es considerado actualmente como el "padre" del PLC; quien patentó el término PLC, fue la marca Allen Bradley en 1974;

El Dr. Odo J. Struger, fallecido en 1998, se considera el “padre” de sus PLC’s. El Dr. Struger, de origen Austriaco, trabajó para la empresa A & B durante 40 años y colaboró activamente en el desarrollo del estándar IEC 1131-3 [9].

6.2 Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable (PLC) es una forma especial de controlador basado en un microprocesador que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y para implementar funciones tales como la lógica, la secuenciación, temporización, recuento y aritmética para controlar máquinas y procesos y está diseñado para ser operado por ingenieros con conocimiento limitado en las computadoras y los lenguajes de computación. No están diseñados para que sólo los programadores puedan crear o cambiar los programas. Los diseñadores del PLC han pre-programado para que al programa de control se pueda introducir en un formulario simple y bastante intuitivo [10], ver figura 2.

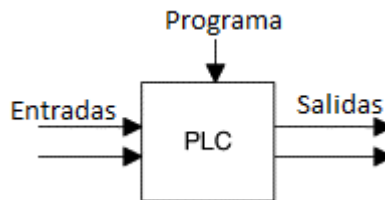


Figura 2. Controlador lógico programable [10]

Los PLCs tienen la gran ventaja ya que el mismo controlador se puede utilizar con una amplia gama de sistemas de control. Para modificar un sistema de control y las reglas que se van a utilizar, todo lo que es necesario es que un operador clave en un conjunto diferente de instrucciones. No hay necesidad de volver a cablear. El resultado es un sistema flexible, rentable que se puede utilizar con los sistemas de control, que pueden variar bastante ampliamente en su naturaleza y complejidad.

PLCs son similares a las computadoras, pero mientras que los ordenadores están optimizados para tareas de cálculo y visualización, PLCs están optimizados para tareas de control y soportar ambientes industriales.

Así los PLCs Son resistentes y están diseñados para soportar vibraciones, temperatura, humedad y ruido; Hay interfaz para las entradas y salidas ya dentro

del controlador, Son fáciles de programar y tienen un lenguaje de programación fácil de entender que se refiere principalmente a las operaciones lógicas y de conmutación.

6.3 Hardware

Normalmente, un sistema de PLC tiene como componentes funcionales básicos la unidad de procesador, memoria, la unidad de fuente de alimentación, la sección de interfaz de entradas/salidas, interfaz de comunicaciones, y el dispositivo de programación. La Figura 3 muestra la disposición básica.

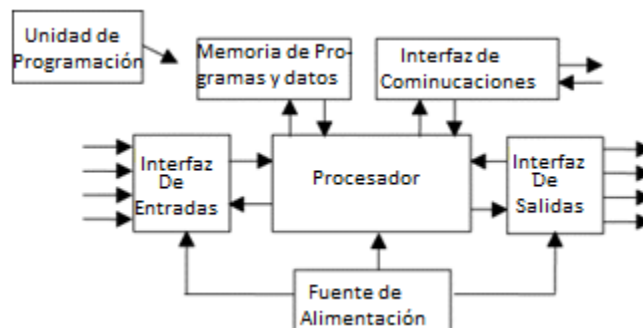


Figura 3. Sistema PLC [10]

6.3.1 La unidad de procesador o unidad central de procesamiento (CPU)

Es la unidad que contiene el microprocesador; esta unidad interpreta las señales de entrada y lleva a cabo las acciones de control de acuerdo con el programa almacenado en su memoria, la comunicación de las decisiones como señales de acción a las salidas.

6.3.2 La fuente de alimentación

Es necesaria para convertir la tensión alterna de red a la baja tensión de corriente continua (5 V) necesario para el procesador y los circuitos de entrada y módulos de interfaz de salida.

6.3.3 La unidad de programación

Se utiliza para introducir el programa deseado en la memoria del procesador. El programa se desarrolla en el dispositivo y luego se traslada a la unidad de memoria del PLC.

6.3.4 La unidad de memoria

Es en donde el programa es almacenado para ser usado por el microprocesador y tomar acciones de control en función del estado de las entradas, de acuerdo con el programa establecido y controlar las salidas correspondientes.

6.3.5 Secciones de entrada y de salida

Es en donde el procesador recibe la información de los dispositivos externos y comunica la información a los dispositivos externos. Las entradas pueden por lo tanto ser de interruptores u otros sensores tales como células fotoeléctricas, sensores de temperatura, sensores de flujo, o similares. Las salidas pueden ser las bobinas del motor de arranque, válvulas de solenoide, o cosas similares [10].

6.3.6 Diagramas Ladder o tipo escalera (LD)

La programación en LD es similar al diseño de un circuito eléctrico basado relé. Los primeros autómatas estaban compitiendo con equipos de control existentes basados en circuitos de relé cableados, y por lo tanto adoptaron un lenguaje similar al de los esquemas de diseño de estos circuitos eléctricos con el fin de aliviar la plataforma de aceptación por parte de los técnicos existentes. Como introducción a LD, considere el diagrama de cableado simple para un circuito eléctrico en la Figura 4a. El diagrama muestra el circuito de encendido o apagado de un motor eléctrico; se puede volver a dibujar este diagrama de una manera diferente, utilizando dos líneas verticales para representar los carriles de alimentación de entrada y de colocar el resto del circuito entre ellos. La Figura 4 b muestra el resultado; ambos circuitos tienen el interruptor en serie con el motor, el cual se alimenta con energía eléctrica cuando el interruptor está cerrado, el circuito mostrado en la Figura 4 (b) se denomina un LD.

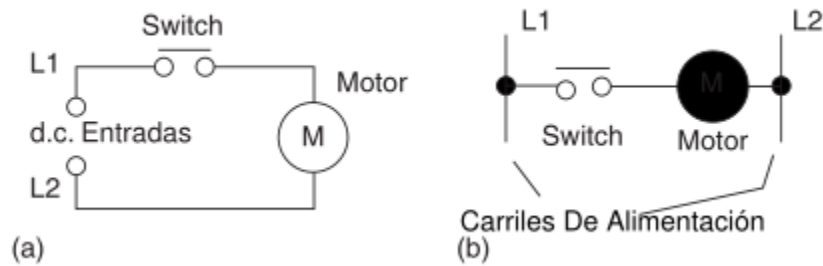


Figura 4. Maneras de dibujar el mismo circuito eléctrico

Una referencia que presenta en detalle la programación LD es [10].

6.3.7 Redes de Petri.

Las redes de Petri se definieron en los años 1960 del siglo XX por Carl Adam Petri. Son una generalización de la teoría de autómatas que permiten expresar eventos concurrentes. Y se definen como uno de los varios lenguajes de modelación matemática de sistemas distribuidos. Esta red es un grafo bilateral dirigido, formado por lugares, transiciones y arcos dirigidos, así como por marcas que ocupan posiciones, como se observa en la Figura 5. Las transiciones (es decir, acontecimientos que pueden ocurrir, se representan por barras rectangulares), los lugares (es decir, las condiciones), se representan por círculos y los arcos dirigidos describen los lugares que son pre- y/o poscondiciones para cada una de las transiciones (estas se simbolizan con las flechas) [11].

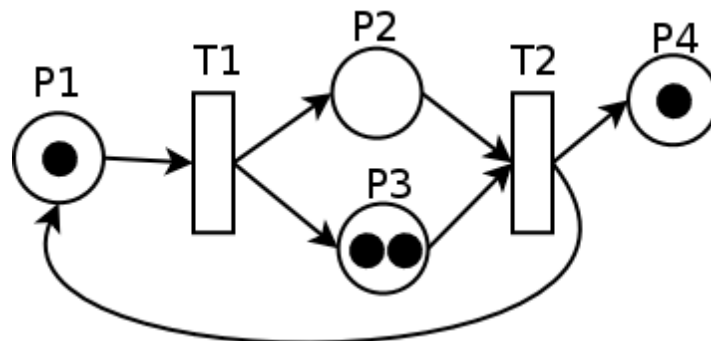


Figura 5. Diagrama de una red de Petri

Los arcos conectan un lugar a una transición o una transición a un lugar. No puede haber arcos entre lugares ni entre transiciones. Los lugares contienen un número cualquiera de muestras. Los lugares en los cuales un arco se conecta a una transición se llaman los lugares de entrada de la transición. Las transiciones se disparan, es decir consumen muestras de una posición de inicio y producen muestras en una posición de llegada. Una transición está habilitada si tiene muestras en todas sus posiciones de entrada [11].

Formalmente, una Red de Petri se define como una quintupla:

$$PN = (P, T, F, W, M_0) \quad (1.1)$$

Donde:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ es un conjunto finito de lugares.
- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ es un conjunto finito de transiciones.
- $F \subset (P \times T) \cup (T \times P)$ es un conjunto de arcos dirigidos.
- $W: F \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ es una función de pesos de los arcos.
- $M_0: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ es el marcado inicial de la red.
- $P \cap T = \emptyset$ y $P \cup T \neq \emptyset$.

El marcado inicial de una red de Petri son las muestras que posee cada lugar de la red en su inicio. Una Red de Petri con la estructura (P, T, F, W) sin especificar su marcado inicial se denota por N . Por otro lado, una red de Petri con un marcado inicial dado es denotado por $PN = (N, M_0)$. El comportamiento de los sistemas puede describirse en términos de sus estados y sus cambios. En las Redes de Petri, el estado del sistema, o mejor dicho, el marcado cambia de acuerdo con las siguientes reglas de disparo o transición:

- Se dice que una transición se habilitada si cada lugar de entrada p de t se marca con al menos $w(p, t)$ muestras, donde $w(p, t)$ es el peso del arco de p a t .
- Una transición habilitada puede o no ser disparada (esto depende solamente del carácter no determinístico del evento).
- El disparo de una transición t habilitada remueve $w(p, t)$ muestras de cada lugar de entrada p de t y agrega $w(t, p)$ muestras a cada lugar de salida p de t , donde $w(t, p)$ es el peso de los arcos de t a p .

En su forma más básica, las muestras que circulan en una red de Petri son todas idénticas. Se puede definir una variante de las redes de Petri en las cuales las muestras pueden tener un color (una información que las distingue), un tiempo de activación y una jerarquía en la red. Así, una red de Petri puede modelar un sistema de evolución en paralelo compuesto de varios procesos que cooperan para la realización de un objetivo común [32]. Donde varias aplicaciones de esta herramienta se presentan en automatización de sistemas de manufactura se pueden ver en las referencias [12], [13], [14].

6.4 ASPECTOS ERGONÓMICOS

Un espacio de trabajo adecuado es aquél que garantiza a las personas que lo ocupan la realización de su trabajo con seguridad y confort, de forma que no tengan que esforzarse.

La concepción del puesto debe contemplar, al menos, los siguientes criterios: altura y alejamiento de los planos de trabajo, aprovisionamiento y evacuación de piezas, espacio de trabajo y accesibilidad y, por último, dimensiones y emplazamiento de mandos y señales. La valoración de cada criterio está en función de diferentes variables.

La altura y alejamiento de los planos de trabajo están en función de la altura respecto con respecto al suelo, de la profundidad y la longitud lateral. El aprovisionamiento y evacuación de piezas está en función de la altura de recogida de las piezas y de la distancia lateral a partir del plano medio. El espacio de trabajo y accesibilidad del puesto están en función de los obstáculos de materiales y la comodidad gestual del trabajador. Los mandos y señales están en función de las dimensiones, emplazamientos y objetivos para los que son diseñados.[15]

6.4.1 Principios del diseño ergonómico de los puestos de trabajo

Desde el punto de vista de la ergonomía, el diseño del puesto de trabajo se puede llevar a cabo siguiendo: la norma UNE 81-425-91, que recoge las recomendaciones de la norma ISO 6385 "*Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo*"; y el procedimiento establecido en la norma UNE-EN 614- "*Seguridad en máquinas. Principios de diseño ergonómico*". En este sentido y con la finalidad de estudiar los principios del diseño ergonómico de los puestos de trabajo, se clasifican en: *principios generales, principios antropométricos y biomecánicos y principios relacionados con el espacio de trabajo*.

Las características del espacio y los medios de trabajo deben concebirse teniendo en cuenta el proceso de trabajo y las medidas del cuerpo humano. El espacio de trabajo se debe adaptar a la persona y en particular a sus características antropométricas y biomecánicas [15].

Los sistemas antropométricos estudian principalmente el cuerpo humano, su constitución y sus componentes, así como la relación existente entre sus dimensiones, el diseño del puesto, las prendas de protección personal y el entorno laboral. Las dimensiones a medir, denominadas variables antropométricas, pueden ser estructurales y funcionales.

Existe variabilidad entre las dimensiones del cuerpo de diferentes personas, debida a factores como la edad, género y etnia de las mismas. Esta variabilidad hace que sea necesario medir a la población de personas que usará un elemento, de tal manera que se diseñe el mismo basado en los rangos en los que se mueven cada una de las medidas de cada persona que conforma dicha población. Para esto, se deben expresar las medidas de una población específica de trabajadores en tablas que muestren para cada una, la desviación estándar y los percentiles.

Los percentiles indican el porcentaje de personas entre la población (segmento) que tienen una dimensión corporal de cierto tamaño; en la

Figura 6 se muestra la representación gráfica de los datos antropométricos. La Tabla 1 muestra las medidas estructurales para hombres y mujeres en centímetros.

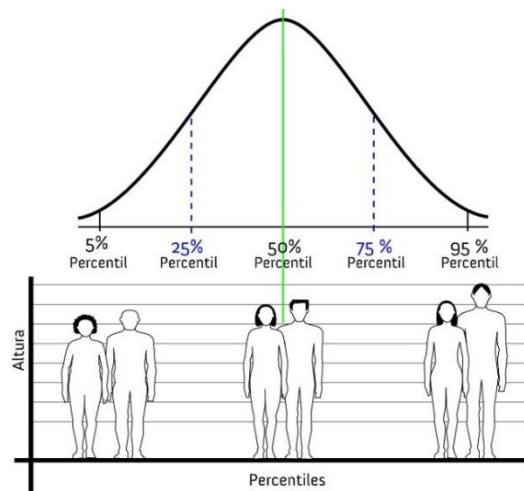


Figura 6. Percentiles antropométricos [16].

Tabla 1: Datos antropométricos obtenidos por el NHS [15].

Características estructurales	Hombres Percentil			Mujeres Percentil		
	5	50	95	5	50	95
1 Altura.	162	173	185	150	160	170
2 Altura sentado, erguido.	84	91	97	79	85	91
3 Altura sentado, normal.	80	87	93	75	82	88
4 Altura de la rodilla.	49	54	59	46	50	55
5 Altura poplítea.	39	44	49	36	40	45
6 Altura del codo en descanso.	19	24	30	18	23	28
7 Separación brazo muslo.	11	15	18	10	14	18
8 Longitud nalga – rodilla.	54	59	64	52	57	63
9 Longitud nalga – poplíteo.	44	50	55	43	48	53
10 Anchura de hombro a hombro.	35	42	51	31	38	49
11 Anchura de asiento.	31	36	40	31	36	43
12 Peso	58	75	98	47	62	90

6.4.2 Fases en el diseño de un puesto de trabajo

En el diseño de los puestos de trabajo, considerando la gran variedad de tareas que se pueden realizar, los medios con que se ejecutan y las diferencias individuales de las personas, se haría muy difícil fijar un diseño idóneo, si no se consideran una serie de estándares mínimos que lo condicionan. Cualquier diseño de un puesto de trabajo, debe contemplar dichos estándares.

Basados en las características de la legislación existente y en concreto, en las normas de carácter técnico reconocidas (ISO, EN, UNE), se definen los aspectos o estándares que se debe considerar para realizar el diseño de un puesto de trabajo:

- Postura y posición de trabajo.
- Planos de trabajo.
- Zona de alcance de los miembros superiores.
- Ajuste correcto de los medios de trabajo.
- Optimización de la disposición de los medios de trabajo.
- Planificación correcta de los métodos de trabajo.
- Condiciones de seguridad del espacio de trabajo.
- Campos visuales.

A continuación, se hallarán los parámetros de diseño relevantes para la estructura del Banco de Pruebas, de acuerdo con la normativa establecida y con los puntos antes mencionados, siempre teniendo en cuenta que el trabajo se debe concebir de manera que tienda a evitar todo esfuerzo inútil o excesivo de los músculos, las articulaciones, ligamentos y de los aparatos circulatorio y respiratorio entre otras [15].

6.4.3 Postura y posición de trabajo

La *postura* se define como la disposición espacial de todos los segmentos corporales cabeza, columna, brazos, piernas, etc. Existen dos tipos de postura: la *estática* y la *dinámica*. La *postura estática* es aquella en la que se mantienen los ángulos relativos entre distintos segmentos corporales. La *postura dinámica* es la composición alternada y secuencial de distintas posturas estáticas.

Cualquier postura lleva consigo un esfuerzo músculo-esquelético generalizado, que supone una mayor o menor carga postural (gasto energético). Los esfuerzos musculares puestos en juego se deben situar entre los límites fisiológicos satisfactorios. Los movimientos corporales deberán seguir un ritmo natural. Posturas, esfuerzos musculares y movimientos se deberán armonizar entre sí.

Desde el punto de vista ergonómico, el estudio para conseguir la conjunción entre una postura adecuada, la distancia del trabajador y cualquier punto de su campo de acción, está en función de tres elementos:

- El tamaño de los detalles a observar.
- Las zonas de alcance adecuadas, altura del plano de trabajo, holgura para los miembros inferiores.
- Los esfuerzos a aportar en los puntos a alcanzar o en los objetos a manipular (piezas a producir o controlar útiles de mano o instrumentos de medida, etc.).

Las posiciones más estudiadas, por ser las más habituales, son de pie, sentado y una composición de ambas, de pie-sentado, posición muy utilizada, sobre todo en tipos de trabajo con necesidad de que la persona esté erguida, pero que debido a la gran permanencia del trabajador en ella, es necesario que éste pueda descansar.

La norma AENOR 35104, presenta las líneas para una elección correcta de la posición de una persona en una tarea determinada (Figura 7), y recoge los diferentes parámetros a considerar: tipo de puesto, grado de manipulación de cargas, etc.

En las dos posiciones más utilizadas, de pie y sentado, existen ventajas e inconvenientes, hecho que algunas veces no facilita la determinación de la posición idónea del trabajo. Aunque hay que recordar que al ser la posición sentada más estable, y por tanto, con menor gasto energético, el 75% de los puestos de trabajo actuales se diseñan para esta posición. Sin embargo, esta posición genera tensiones en la columna y mala circulación al nivel de los muslos, principalmente por el mal diseño del asiento, al obligar a las personas a mantener posturas flexionadas y presión sobre los muslos [15].

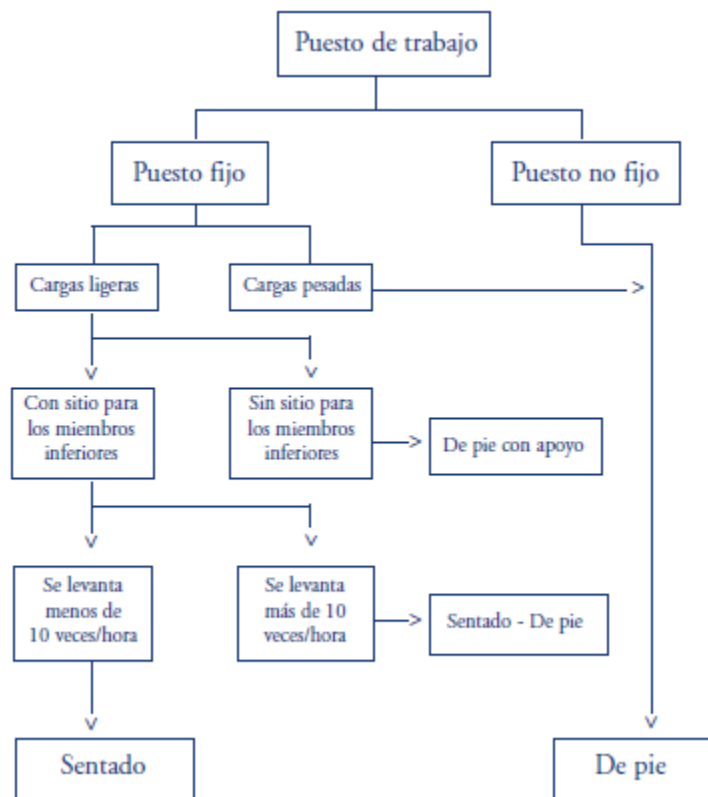


Figura 7 . Criterios para determinar la postura de trabajo [15].

6.4.4 Planos de trabajo

Dentro del espacio de trabajo o área tridimensional que envuelve a un trabajador, la mayor parte de las actividades se realizan en la superficie o plano horizontal de trabajo. El plano horizontal de trabajo está determinado, principalmente, por dos tipos de dimensiones: la altura del plano y las zonas de alcance apropiadas.

6.4.4.1 *Plano horizontal de trabajo en posición sentado*

En este caso, la altura del plano o superficie de trabajo (mesa, banco de trabajo, etc.) está relacionada con el trabajo en posición sentada, con la naturaleza de la tarea, con la altura del asiento, con el espesor de la superficie de trabajo y con el grosor del muslo (Figura 8). En este tipo de trabajo, la distancia entre el plano de trabajo y el asiento determina la postura a adoptar. Los pies se deben poder acomodar fácilmente con un apoyo adecuado.

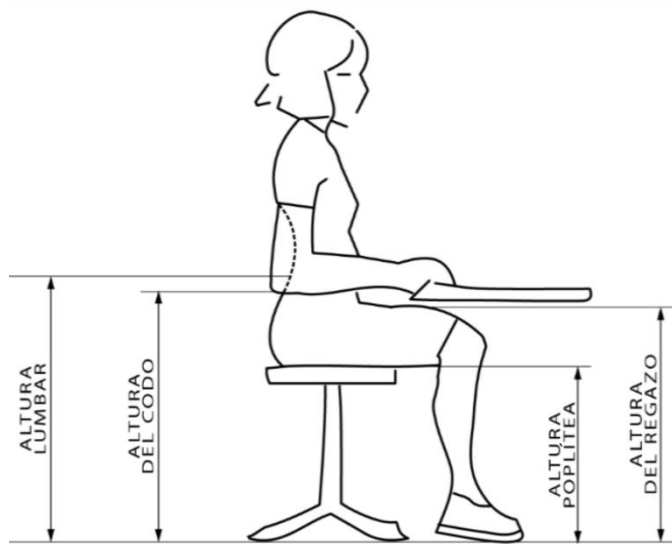


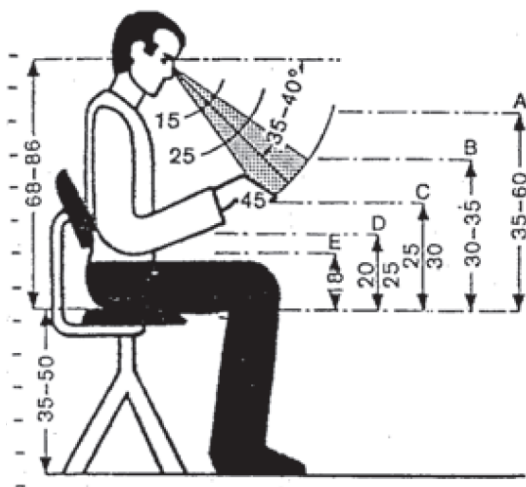
Figura 8. Plano de trabajo sentado.[17]

En la Figura 8. Se observan las medidas estándares para el puesto de trabajo en posición sentado.

6.4.4.2 Dimensiones del puesto laboral para el trabajo de sentado

En trabajos de control, montaje y operación es necesario alcanzar un compromiso entre las buenas condiciones visuales y una postura cómoda de los brazos, la parte superior de estos debe colgar en lo posible en posición vertical.

Por otra parte, una mesa o escritorio normales debe proporcionar a la persona que trabaja la posibilidad de apoyarse en ella su torso, sin que sea necesario inclinar este hacia adelante en la Figura 9 se sugieren las dimensiones.



A. ALTURA DEL OBJETO EN TRABAJOS DE PRECISIÓN.
B. ALTURA DE LA HERRAMIENTA EN TRABAJO MECÁNICO . TRABAJOS MANUALES CON CONTROL VISUAL.
C. ESCRITORIO.
D. MESA PARA TECLADO. TRABAJO MANUAL SIN CONTROL VISUAL PRECISO, PERO CON LIBERTAD PARA LOS CODOS.
E. ESPACIO MÍNIMO PARA LAS RODILLAS.

Figura 9. Altura de trabajo en posición sentada, dada en cm (Según Stier) (medidas según Jürgens, 1975) [17].

6.4.4.3 Zona de alcance de los miembros superiores

Uno de los aspectos biomecánicos antropométricos más importantes es el alcance adecuado de los miembros superiores, ya que una disposición de los elementos dentro de la denominada área de trabajo (zona delimitada por el arco horizontal y vertical del alcance del brazo), permitirá realizar, con menos esfuerzo, los diferentes movimientos de manipulación requeridos, evitando los movimientos forzados que impliquen patologías corporales a largo plazo.

Cualquiera que sea el plano de trabajo, se deben considerar, principalmente, tres parámetros:

1. Alcance máximo de la mano (con una postura estirada del brazo).
2. Alcance adecuado de la mano (con una postura flexionada de brazo).
3. Alcance con ambas manos (área adecuada de ambas manos).

En la Figura 10 se muestran las zonas de trabajo horizontal, en la cual se puede observar las zonas adecuadas de trabajo, como las vedadas.

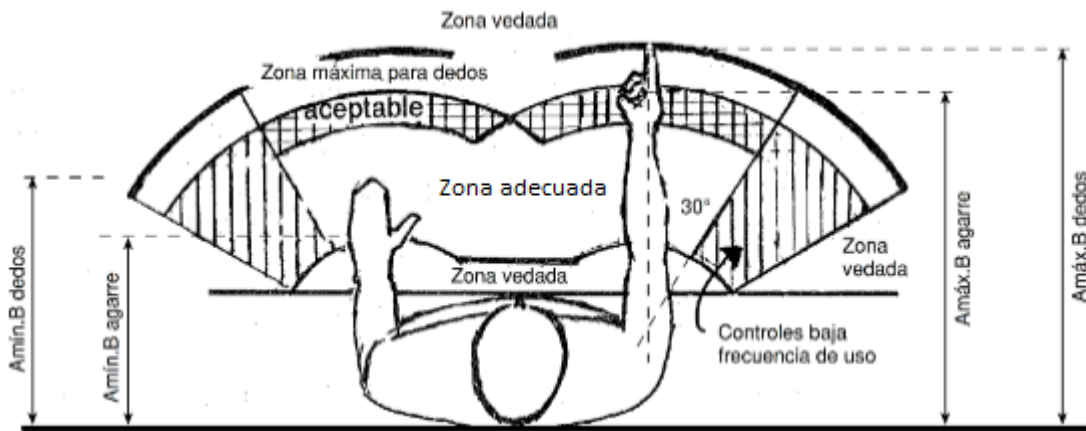


Figura 10. Vista superior de un puesto de trabajo: espacios para controles manuales

En la Figura 11 se observan los arcos y los alcances con las dimensiones recomendadas para hombres y mujeres comprendidos en el percentil 5

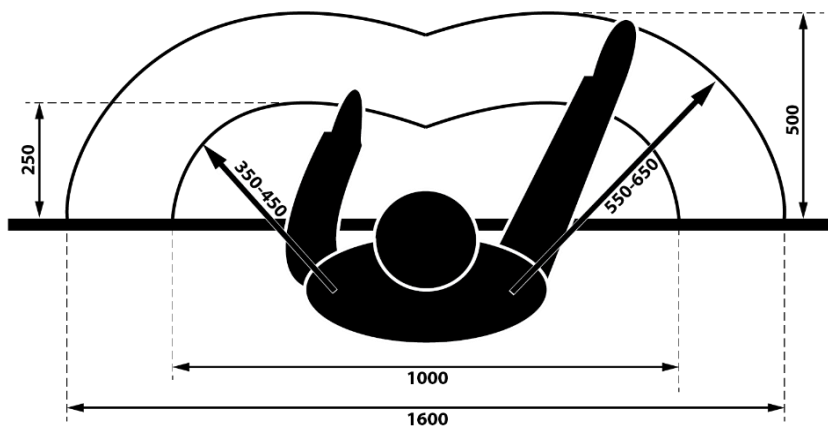


Figura 11. Arcos de alcance horizontales en centímetros (INSHT) [15].

6.4.4.4 **Tableros de mando**

Los tableros de mando, son utilizados por operadores de diversos tipos de sistemas, incluyen visualizadores y controles. Según Van Cott y Kinkade, las características de diseño recomendadas para operadores que trabajen sentados, correspondiéndose con trabajadores del percentil 5 y 95 se ilustran en la Figura 12.

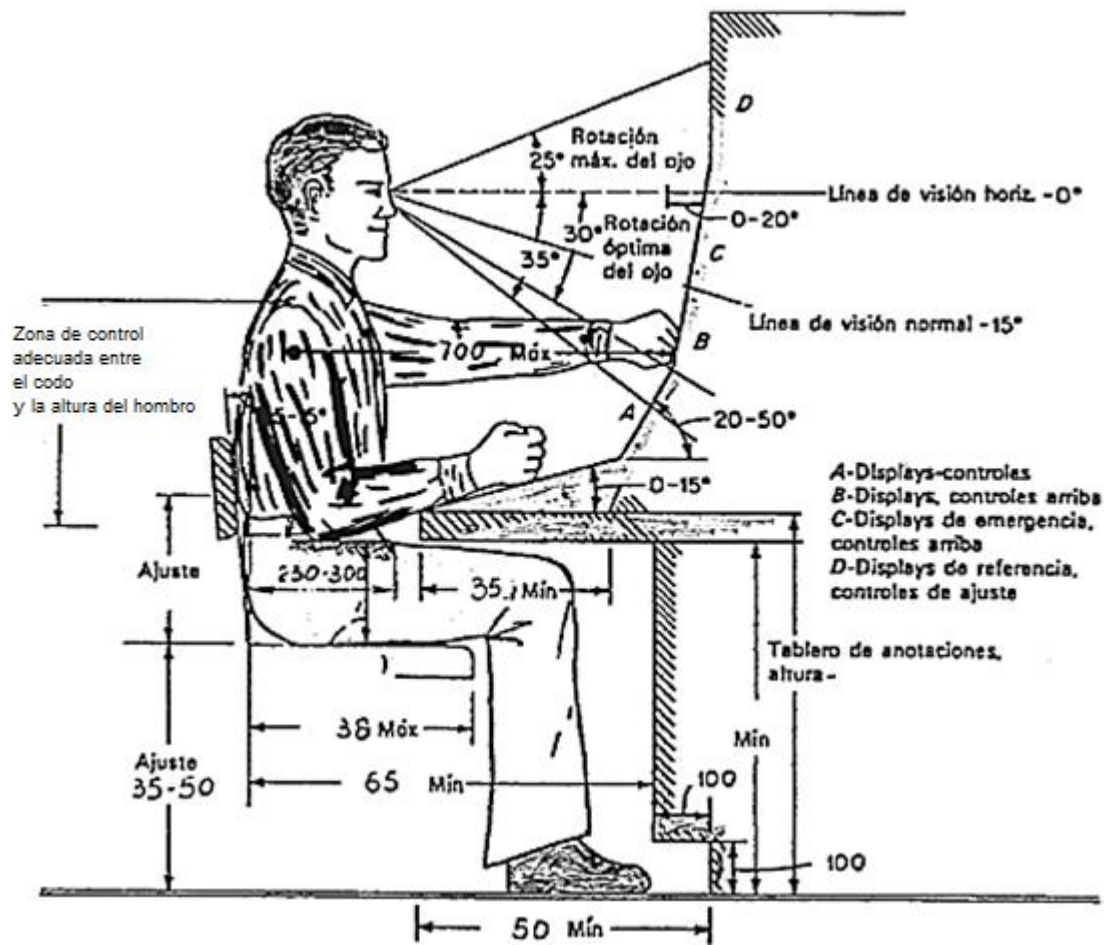


Figura 12. Características de diseño recomendadas para tableros de mando en las que los operadores trabajen en posición de sentado. Dichas características están diseñadas para que se adapten a personas entre los percentiles 5 y 95. (Van Cott y Kinkade, con modificaciones) [17].

7 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas se diseñó considerando aspectos ergonómicos, puesto que el objetivo principal de la ergonomía es la adaptación de las máquinas y puestos de trabajo al hombre. Las ventajas de la ergonomía pueden reflejarse de muchas formas distintas: en la productividad y en la calidad, en la seguridad y la salud, en la fiabilidad, en la satisfacción con el trabajo y en el desarrollo persona [37].

7.1 Concepción del puesto de trabajo

7.1.1.1 Especificaciones de la estructura del banco

En esta sección se presenta la especificación más relevante de las dimensiones de la mesa del banco de pruebas, de acuerdo con los requerimientos ergonómicos expuestos, anteriormente (Figura 11 y Figura 12) para las especificaciones de detalle ver referencia [19].

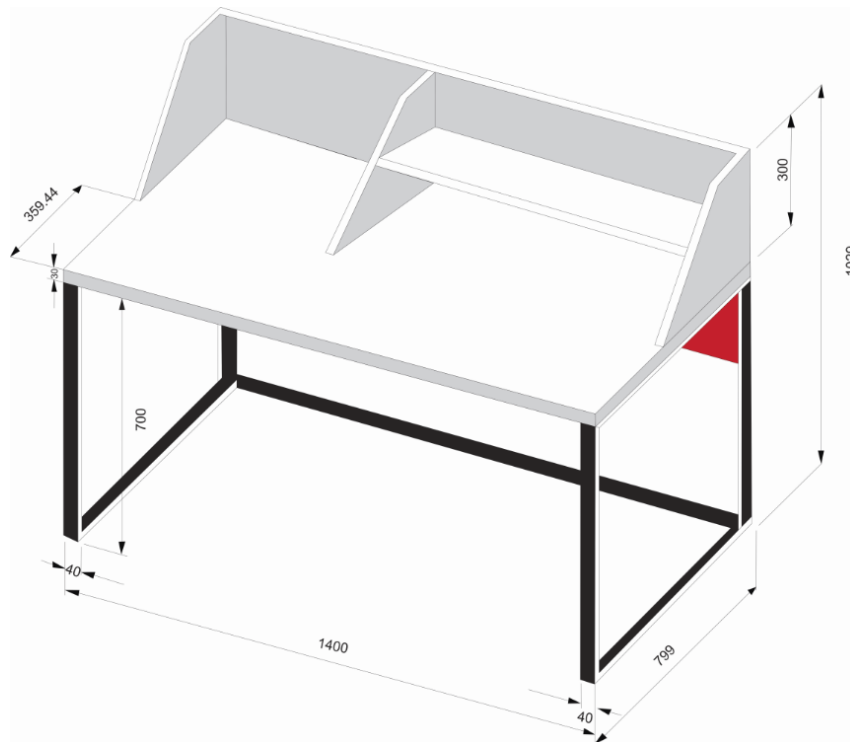


Figura 13. Mesa de trabajo medidas en milímetros

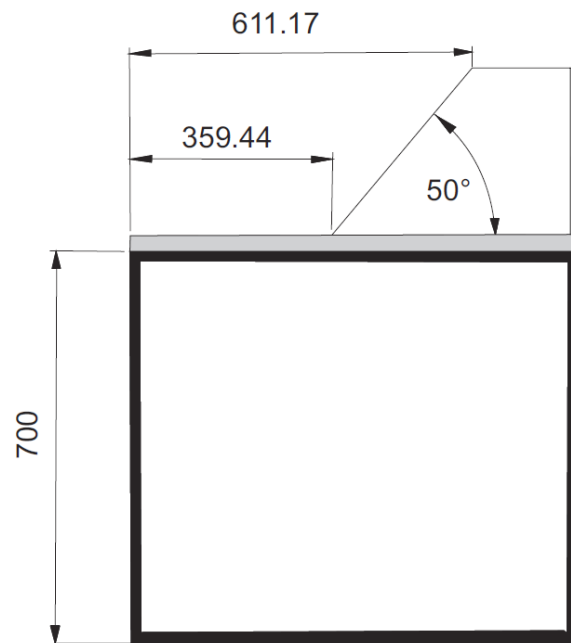


Figura 14. Mesa trabajo vista lateral

La Figura 13. Muestra el espacio de trabajo donde se observan las dimensiones respecto a las dimensiones ergonómicas requeridas. En la Figura 14 se muestran las medidas de acuerdo con las dimensiones recomendadas en la Figura 11 y en la Figura 14 .

La mesa se diseñó de 1400 milímetros de largo como se puede observar en la Figura 13, lo cual está dentro de los parámetros sugeridos en la Figura 11 que sugiere no exceder los 1600 milímetros de largo.

En Figura 12 se observa que la superficie de trabajo debe estar comprendida entre 0° y 15° , y el panel entre 20° y 50° . Por lo tanto la mesa cuenta con una superficie de trabajo de 0° (Figura 13), esto para evitar deslizamientos en los elementos colocados en ella; también cuenta con un panel a 50° (Figura 14), esto para hacer más fácil el montaje de los elementos y dar más área de trabajo en la superficie de la mesa.

Las vistas, superior y lateral de la mesa del banco de pruebas son mostradas en la Figura 15 y Figura 16.

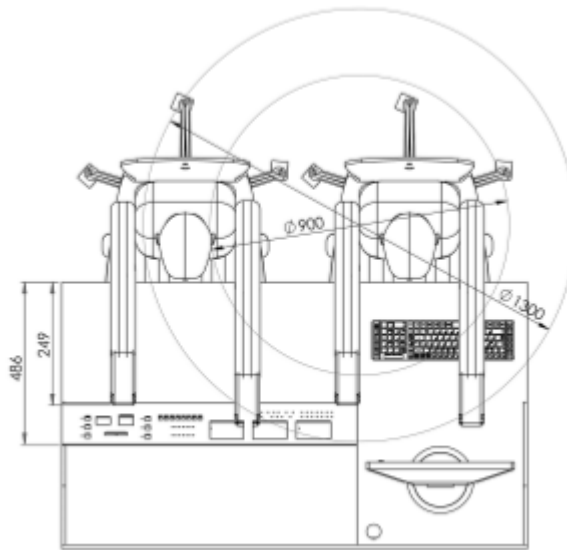


Figura 15. Vista superior del banco de pruebas [19].

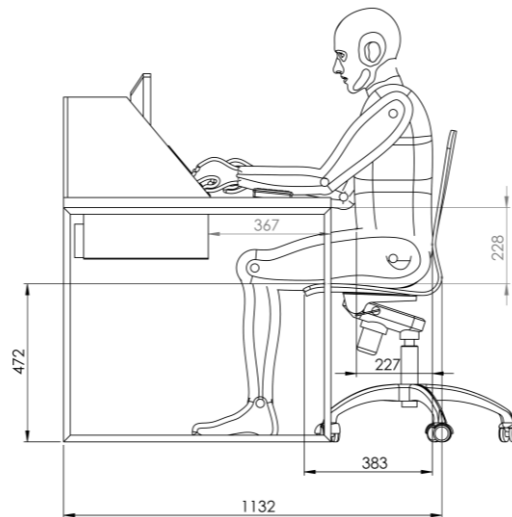


Figura 16. Vista lateral del banco de pruebas [19].

7.1.1.2 **Colores de la Mesa del Banco de Pruebas**

Para la mesa se escogieron el color blanco (Figura 13) ya que este color representa la paz y la serenidad, y para hacer contraste se escogió el color rojo puro, el cual es el color institucional; quedando así una combinación blanco – rojo.

7.2 Montaje PLC siemens

El montaje de los diversos módulos de PLCs se realiza en slots ubicados en un rack o bastidor (Figura 17).

Los módulos básicos de un PLC son:

- Fuente de potencia
- CPU
- Interfaces de entrada y salida

Dependiendo del modelo y la marca, existen en el mercado racks de diversos tamaños, como por ejemplo 4, 6, 8, 12, 14 y 16 slots. Según la aplicación se debe escoger el tamaño adecuado. Es posible instalar un módulo de ampliación, el que permite la conexión de un rack adicional.

Otros módulos existentes son:

- Módulos de comunicaciones (TCP/IP, DH+, etc.)
- Módulos de control de redundancia
- Módulos para conexión de racks remotos
- Módulos de interfaz hombre-máquina (teclado, monitores, etc.)
- Módulos de almacenamiento de información
- Módulos controladores PID

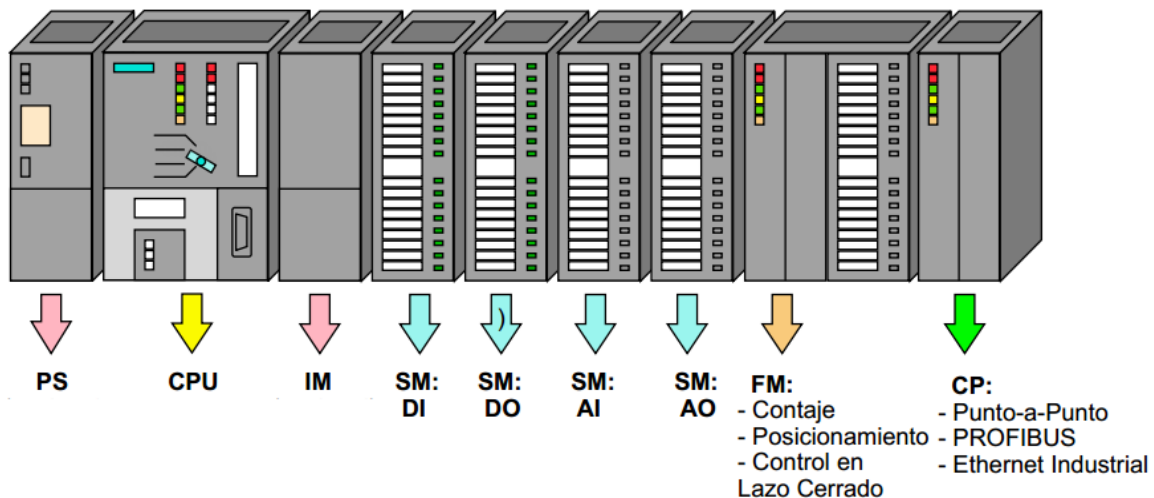


Figura 17. Componentes del PLC S7-300 [20].

7.2.1 Rack de montaje (bastidor)

Contiene los siguientes módulos:

- PS Fuente de alimentación 24V DC
- CPU
- IM interfaz de conexión con racks
- SM módulo de adaptación de señales
 - Entradas digitales (SM-DI).
 - Salidas digitales (SM-DO).
 - Entradas analógicas (SM-AI).
 - Salidas analógicas (SM-AO)
- FM módulo de función (controla procesos independientemente de CPU)
 - Reguladores PID.
 - Encoders
- CP módulo de comunicaciones (profibus y ethernet).[43]

7.2.1.1 **Módulos de comunicaciones**

Permite la conexión del PLC a otros sistemas de información, tales como computadores y otros PLC. Existen por ejemplo redes tipo DataHiway para establecer una red de PLC conectados a un computador Host, utilizada comúnmente en sistemas de control distribuido.

7.2.1.2 **Módulos de control de redundancia**

Se utilizan para asegurar la operación de un módulo redundante en caso de fallas. Generalmente se utiliza redundancia para el módulo de fuente de alimentación y el CPU.

7.2.1.3 **Módulos para conexión de racks remotos**

En muchas aplicaciones los sensores y los actuadores están localizados a gran distancia del PLC. En estos casos se utilizan los racks remotos, los que se conectan

por medio de un cable al rack central del PLC. Se alcanzan distancias hasta de 300 metros.

Para establecer esta comunicación se utiliza un módulo denominado canal controlador de entradas y salidas (IOCC) en el rack local y otro llamado controlador de base (DBC) en el rack remoto, al que se le puede conectar otro rack remoto, estableciéndose así una arquitectura distribuida con distintos niveles de jerarquía

7.2.1.4 **Módulos de interfaz hombre-máquina**

Se utilizan para establecer la comunicación entre el PLC y el usuario. En la mayoría de los casos se emplea con este fin, un computador PC conectado a través de un cable USB-Serial, desde el cual se puede programar el PLC y ver los estados de los registros internos y los puntos de entrada/salida. En otros casos se usa un Hand held monitor, que es un dispositivo pequeño con teclas funcionales y pantalla de caracteres.

7.2.1.5 **Módulos de almacenamiento de información**

Por lo general se utilizan medios de almacenamiento magnéticos tales como cintas y discos, en los que se puede guardar información de los valores de los puntos de entrada/salida y registros internos.

7.2.1.6 **Módulos controladores PID**

Se utilizan en el control de procesos, en el que se pretende igualar una variable de salida de un proceso a una variable de referencia (Figura 18).

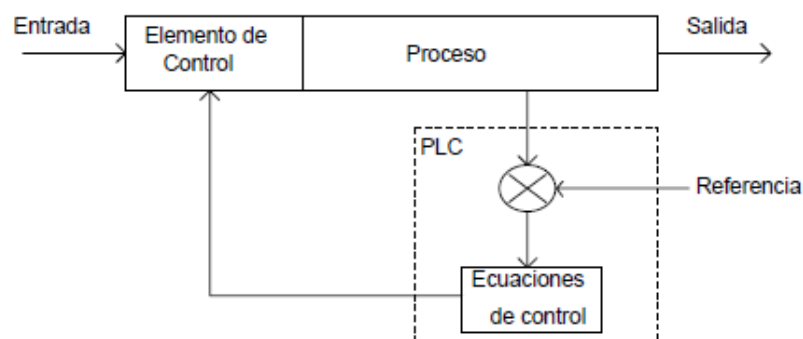


Figura 18. Funcionamiento controlador PID

7.2.1.7 Puntos de entrada/salida

Los puntos del PLC son las entradas/salidas físicas que éste puede manejar. Cada punto tiene su representación interna en la memoria del PLC, en la que se utilizan números para identificarlos. Por lo general los módulos de entrada/salida vienen configurados en grupos de 8 puntos y pueden llegar hasta 1024, ampliables a más. Los puntos de entrada son designados como I0, I1, I2, I3..., mientras que los puntos de salida se identifican como Q0, Q1, Q2, Q3...

La asignación de entradas y salidas se efectúa por medio del dispositivo de programación del PLC. Por lo general se utiliza un PC con interfaz gráfica que permita visualizar el diagrama escalera RLL (Relay Ladder Logic).

7.2.1.8 Registro imagen

Es un área de memoria del PLC reservada para mantener el estado de todas las entradas y salidas. Este registro se actualiza en forma permanente. Existen diversos registros:

- **Registro imagen discreto**

Corresponde a localizaciones de bits, donde se almacena el estado de todas las entradas/salidas digitales.

- **Registro imagen de relé control**

Son localizaciones de memoria de bits donde se guarda el estado de los Relés control.

- **Registro imagen de palabra**

Consiste en localizaciones de memoria, donde se registra el valor de cada palabra de entrada y salida.

En la programación de un PLC se utiliza también registros internos, que son de gran ayuda para almacenar datos intermedios [20].

7.3 Tablero del banco

En la Figura 19 se expone el panel de trabajo que interactuará con los estudiantes, el cual está fabricado en una lámina de acrílico de 3 milímetros de espesor, los

cortes realizados en este se deberán hacer con láser debido a las formas complejas que este presenta. El panel de trabajo también cuenta con indicaciones de los puntos de entrada y salida del PLC.

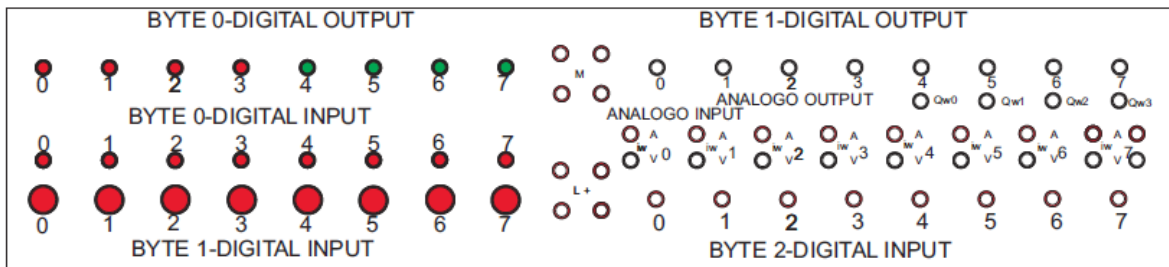


Figura 19. Tablero de mando (Direcciones).

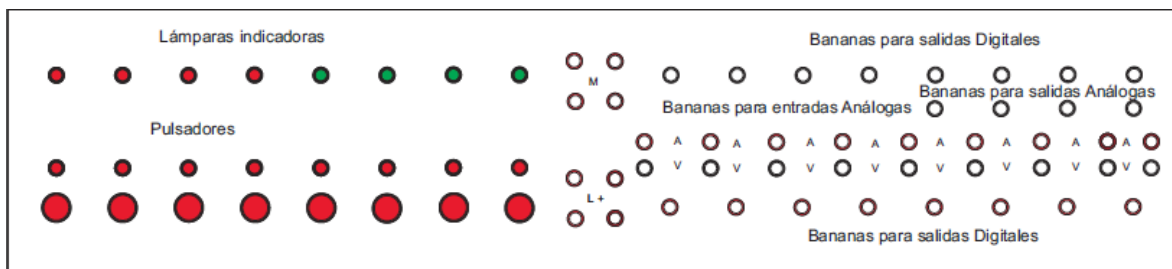


Figura 20. Tablero de mando PLC (Grupo de componentes)

En la Figura 20 se presenta el panel dividido en grupos, en la parte superior se encuentran las lámparas indicadoras, para simular salidas digitales; En la parte inferior, los botones de color rojo son pulsadores para entrar señales digitales al PLC; las bananas M pertenecen a la línea de masa, las bananas L+ son para tomar la línea de corriente positiva.

En la parte superior derecha se encuentran las bananas para salidas digitales; junto a estas se encuentran las salidas analógicas; en la parte inferior se encuentran bananas para entradas analógicas tanto para corriente y voltaje; en la parte inferior se encuentran las salidas digitales de byte 2 de las salidas del PLC, los elementos que contiene el tablero se muestran en la Figura 21.



Figura 21. Elementos del tablero: a) Luces led b) Pulsadores c) Bananas Hembra 4mm-25A

7.4 Montaje del banco

En la Figura 23 se presenta el montaje final del banco el cual debe tener como mínimo los módulos básicos; teniendo en cuenta que se pueden adicionar módulos para otros requerimientos o funcionalidades.

Para cablear las señales del PLC se usaron 1.90 mts por señal con un calibre de 18 mm y para las líneas M y L se usa aproximadamente 7.00 mts con un calibre de 22 mm.

Para realizar el cableado se deben seguir las recomendaciones hechas por el fabricante (SIEMENS) en diferentes manuales de SIMATIC S7-300 Sistemas de automatización y Datos técnicos de los módulos mayor información ver los anexos o manuales del fabricante [22].

Para ocultar y proteger los cables se usa canaleta (Figura 22 a) la cual otorga seguridad y con su utilización se evita que los cables queden sueltos, lo cual generaría diversos riesgos; tales como la posibilidad de enredarse con la consecuente daños en el sistema de cableado, hasta el peligro inherente a cualquier cable conductor de electricidad, esto es, que la cobertura se dañe y quede expuesto un fragmento que pudiera afectar a una persona que lo tocara sin querer. El tamaño de estas depende de la cantidad de cables que deban cubrir. Lo recomendable es que el tamaño sea un 20% superior al de los cables, para evitar que estén muy

apretados unos contra otros. También es apropiado separar al menos mediante un tabique los cables que conducen distintas frecuencias.

Con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos por sobrecargas se ha provisionado de un interruptor automático (Figura 22 b) (disyuntor) RELAY SOCKET-14FF-1Z-C2. más información en la referencia [23].



Figura 22. a) Canaleta ranurada b) relay socket

Para evitar el fácil acceso y la manipulación no deseada del PLC y los diferentes elementos eléctricos se provee al banco con una tapa acrílica con llave.



Figura 23. Panel del banco de pruebas estructura

8 PRÁCTICAS DE LABORATORIO

En esta sección del documento se presentan las guías de las prácticas desarrolladas, Donde, las prácticas de laboratorio están orientadas a aprovechar los bancos de PLCs como herramienta educativa para su utilización en el curso automatización de sistemas de manufactura: En este contexto se plantearon un conjunto de prácticas, de menor a mayor complejidad, tales como señales digitales, análogas, contadores, temporizadores, Scada, en las que se incorporan algunas simulaciones, para que el alumno pueda realizarlas de forma gradual afianzando de esta manera sus conocimientos (Figura 24).



Figura 24. Estructura practicas laboratorio

Para el desarrollo de las prácticas se sugiere al estudiante como gestor de su propio conocimiento la revisión de los manuales: SIMATIC Esquema de contactos (KOP) para S7-300, WinCC_Advanced / Comfort V12, Comunicación con SIMATIC y desarrollar de tutoriales de programación de PLCs siemens s7-300.

Cada práctica de laboratorio está conformada por dos partes fundamentales: la guía de laboratorio y el informe de laboratorio consta de los siguientes ítems principales:

- Tema
- Introducción
- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Metodología

Consideraciones respecto a la elaboración y presentación

- Los informes de trabajo deben ser presentados por cada grupo de trabajo de manera independiente.
- La entrega de los mismos debe hacerse en la fecha y hora que el asistente o profesor lo indique.
- Cada laboratorio debe entregarse impreso y enviado en formato digital a través del correo electrónico en la fecha y hora estipulada.
- Los informes deben tener una correcta presentación por lo cual se aconseja tener en cuenta ciertos parámetros de orden y pulcritud.
- Los informes deben elaborarse con base a las normas ICONTEC.
- Cada informe debe tener básicamente la siguiente estructura:
 - *Resumen en inglés:* este señala un esquema general durante la práctica de laboratorio los resultados y las herramientas utilizadas para su desarrollo.
 - *Introducción:* breve descripción de los conceptos básicos debidamente referenciados utilizados en el desarrollo de la práctica haciendo énfasis en su importancia para la solución de problemas planteados.
 - *Desarrollo de la etapa de procedimiento:* incluye la presentación de resultados (graficas, simulaciones, diagramas, entre otros) y el análisis de los mismos.
 - *Conclusiones:* comentarios relacionados con el análisis de los resultados obtenidos en toda la práctica de laboratorio [24].

Consideraciones respecto a la evaluación:

La evaluación de cada informe se divide de la siguiente manera:

10% el desarrollo resumen y la introducción

40% la etapa de procedimiento

40% las simulaciones

10% las conclusiones

8.1 PRÁCTICA 1. MODELADO DE SISTEMAS SECUENCIALES UTILIZANDO REDES DE PETRI

INTRODUCCIÓN:

Actualmente, una alta variedad de procesos industriales se automatizan utilizando controladores lógicos programables (PLC). Para sistemas simples, es común especificar las aplicaciones computacionales utilizando métodos heurísticos. Sin embargo, la especificación de sistemas complejos requiere de procedimientos de modelado y simulación con el objetivo de analizar el comportamiento. De esta forma, hay una necesidad de desarrollar una metodología que integre una herramienta, como las redes de Petri.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Lograr que el estudiante se familiarice con las técnicas y herramientas para el modelado de sistemas dinámicos a eventos discretos, utilizando la red de Petri.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Desarrollar en el estudiante:

- La habilidad de identificar los componentes básicos para el modelado de sistemas a eventos discretos.
- Lograr que el estudiante diseñe, modele y visualice el comportamiento de un sistema dinámico aplicado a un sistema de manufactura.

METODOLOGÍA:

El objetivo de crear un modelo y simularlo es que se pueda investigar el sistema nuevo antes de programarlo. Esto es una ventaja evidente, ya que se pueden evidenciar los errores de diseño, a través su comportamiento, realizar correcciones y hacer respectivas restricciones al modelo. Además de entender el proceso a

través de una descripción grafica proporciona al modelador una mejor comprensión del sistema modelado, los diseñadores pueden tener una mejor comprensión de concurrencia, sincronización, exclusión relacionadas en el control del sistema, los modelos pueden ser utilizados como una ayuda para la generación de programas de control en tiempo real.

Las redes de Petri permiten describir de manera natural y sencilla los sistemas repetitivos de pequeña y gran complejidad.

Los pasos básicos para la construcción de una red de Petri son: Narrativa de operación, Diagrama tabular, Diagrama (red) de Petri.

La narrativa de operación presenta la descripción de la secuencia de operación de cada una de las unidades de la planta. Se informan los pasos y las condiciones que hay que seguir o evaluar para realizar el control del proceso (Tabla 2).

Nota: Es importante conocer bien la forma de operación del proceso para desarrollar una descripción adecuada del sistema.

El diagrama tabular está dado por una tabla que contiene la información asociada al funcionamiento del sistema.

Este diagrama es útil cuando se trabaja con procesos secuenciales y se recomienda no realizarlo para procesos concurrentes o paralelos.

Hay dos tendencias en el modelado de Redes de Petri que se enfocan en diferentes perspectivas: condiciones en los lugares y eventos en las transiciones, o condiciones en las transiciones y eventos en los lugares. Aunque no hay un consenso de cuál usar y cuál presenta las mayores ventajas, la preferencia es la de utilizar la primera, es decir, representar los elementos pasivos como lugares y elementos activos como transiciones [25].

Tabla 2. Diagrama tabular[25].

E	Estado/Evento	Acciones	Condiciones	ED

En la Tabla 2:

E: estado presente.

Estado: descripción del estado presente.

Acción: acciones que se realizan en el estado presente.

Condiciones: son los permisivos y/o las condiciones lógicas que permiten pasar de un estado a otro.

ED: estado siguiente que se va a ejecutar cuando las condiciones de salto se cumplan.

El diagrama o red de Petri es una representación gráfica (gráfico orientado) que está compuesta por los siguientes elementos (Figura 25):

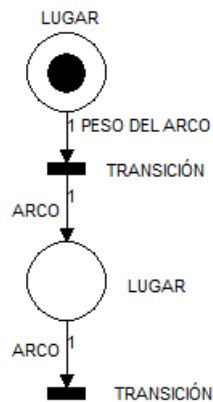


Figura 25. Diagrama (red) de Petri

- **Lugares:** se representa por círculos, representan estados posibles del sistema.
 - **Transiciones:** representadas por barras rectangulares, representan eventos o acciones que causan cambios de estado.
 - **Arcos:** se encargan de unir las transiciones con los lugares y viceversa. Cada arco dirigido posee un número que indica su peso, el cual determina la cantidad de marcas que consume de un lugar o deposita en un lugar, siempre y cuando se haya disparado una transición habilitada. Los arcos dirigidos sin número se entiende que consumen o depositan una marca.
- Hay tres tipos arcos: normal, test, inhibidor.
- Arco tipo test: activa la transición, pero no consume marca(s).

Los arcos inhibidores pueden utilizarse entre lugares y transiciones, y en esta dirección; el arco inhibidor resulta afirmativo en la ausencia de marca en el lugar antecedente (Figura 26).

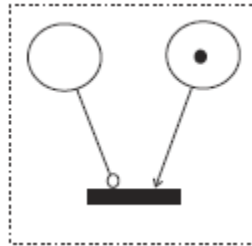


Figura 26. Transición habilitada mediante un arco inhibidor y arco normal [26].

- **Marcas:** se representan en forma gráfica como puntos negros que se ubican dentro de cada lugar y sirven para indicar cuales estados están activos.

El cambio de estado se indica a través del movimiento (evolución) del marcado, que se dirige de unos lugares a otros. Esta evolución la causada el disparo de una o más transiciones que están activadas. A continuación se desarrolla un ejemplo de la aplicación de las redes de Petri en sistemas de eventos discretos, aplicado en un sistema de manufactura flexible [26].

EJERCICIO EJEMPLO:

Modelo de brazo de robot. Este ejemplo considera un sistema de manufactura flexible (Figura 27) en donde se tiene un sistema de bandas transportadoras por donde arriban piezas para ser procesadas, a estas piezas las agarra un brazo robótico el cual las deposita en una máquina para su procesamiento.

Al finalizar el proceso, el brazo robótico vuelve a tomar la pieza para depositarla en una banda de salida [27].

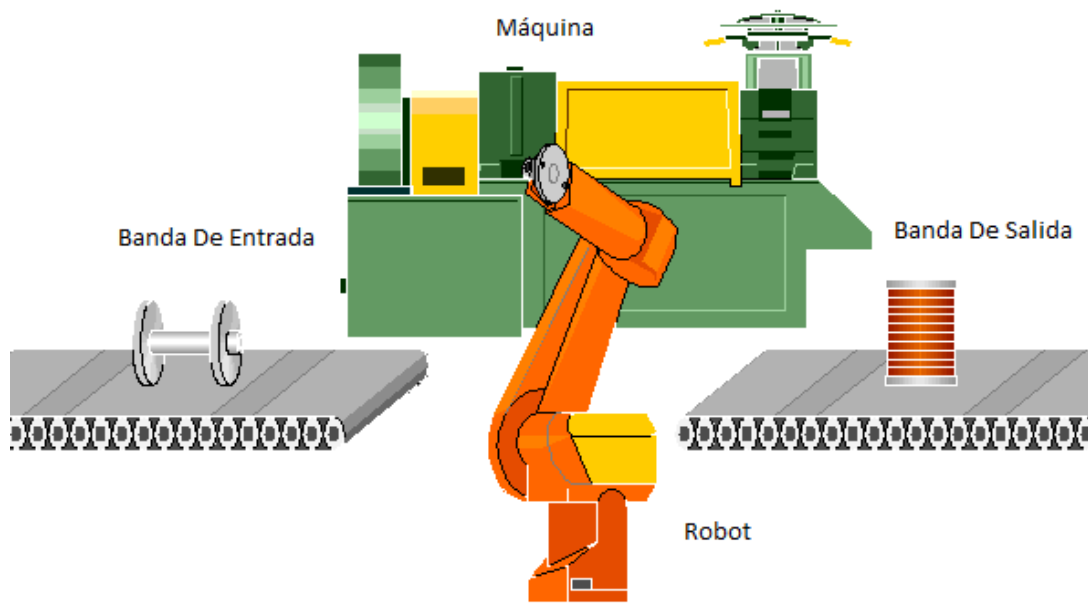


Figura 27. Sistema de Manufactura

La Figura 27 muestra un esquema del proceso productivo. Para este proceso de manufactura, se desea construir un modelo en red de Petri y hacer simulaciones con el fin de verificar el comportamiento.

La búsqueda de un software adecuado para editar y simular Redes de Petri es un proceso que consume gran cantidad de tiempo, debido a la disponibilidad de numerosos paquetes en la World Wide Web. Por ejemplo, la página “Petri Nets World” de la Universidad de Hamburgo [28], registra más de setenta herramientas de evaluación/simulación y cerca de dieciséis de ellas corresponden a herramientas para trabajar con Redes de Petri Coloreadas. La selección formal de un software implica que, con anterioridad, se debe definir una serie de requerimientos de evaluación tales como: desempeño, tamaño, fiabilidad, robustez, portabilidad, usabilidad, etc., sin embargo esto no es factible de realizar, por lo que se recurrirá al criterio de expertos y a los siguientes requerimientos:

El software debe ser de licenciamiento libre, compatible con el sistema operativo Windows y preferiblemente que se utilice en entornos académicos.

El software que da cumplimiento a las características anteriormente mencionadas es: HPSIM fue desarrollado por Henryk Anschuetz (Alemania). La adopción del mismo se debe a la simplicidad para su utilización, por la facilidad de instalación y bajos requerimientos de hardware y software, soporta sistemas operativos Windows y es de libre distribución para fines educativos e investigación. En HPSIM es relativamente fácil construir los modelos básicos de redes y provee:

Simulación paso a paso o continua, simulación estocástica, salida de los vectores de marcado a un archivo, simulación Lugar/Transición, lugares con capacidad limitada, diferentes tipos de arcos, transiciones temporizadas [29].

La Figura 28 muestra la modelización del sistema brazo de robot en una red de Petri la cual permite estudiar el comportamiento dinámico a través de la evolución de las marca(s).

HPSIM permite desarrollar gráficamente el modelo, simularlo, detectar errores y luego realizar los respectivos ajustes al modelo.

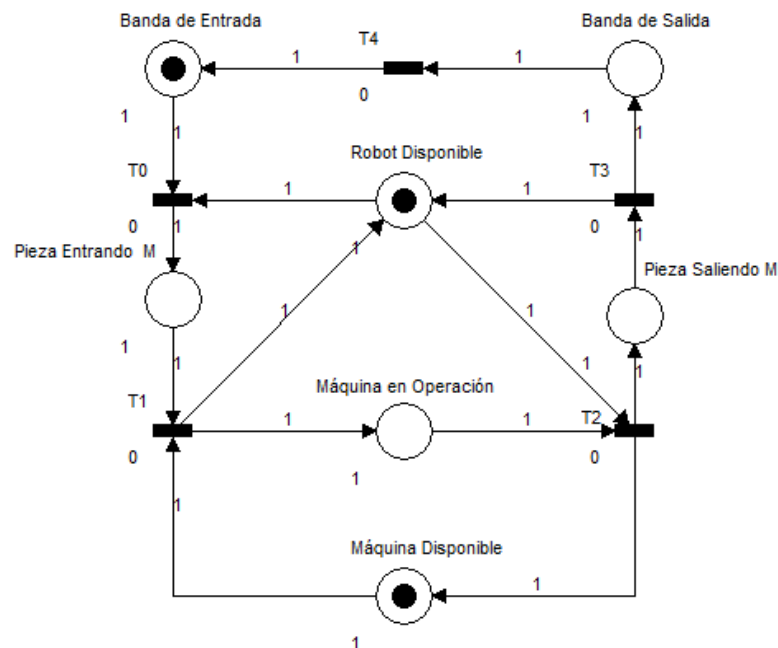


Figura 28. Diagrama (red) de Petri

RECURSOS

- PC con el programa de simulación Hp sim
- Para la elaboración de la práctica los estudiantes deben leer el tutorial Redes de Petri en el siguiente link.

http://sistemas.uniandes.edu.co/~isis1106/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=tutoriales:tutorial_redes_de_petri.pdf

Y observar el video Redes de Petri - Tutorial de HP Sim en la siguiente dirección:
<https://www.youtube.com/watch?v=7p1Q7TgvIno>

EJERCICIOS A DESARROLLAR

Control de vagón:

Se desea controlar el movimiento de un vagón en un sistema, tal como se muestra en la Figura 29:

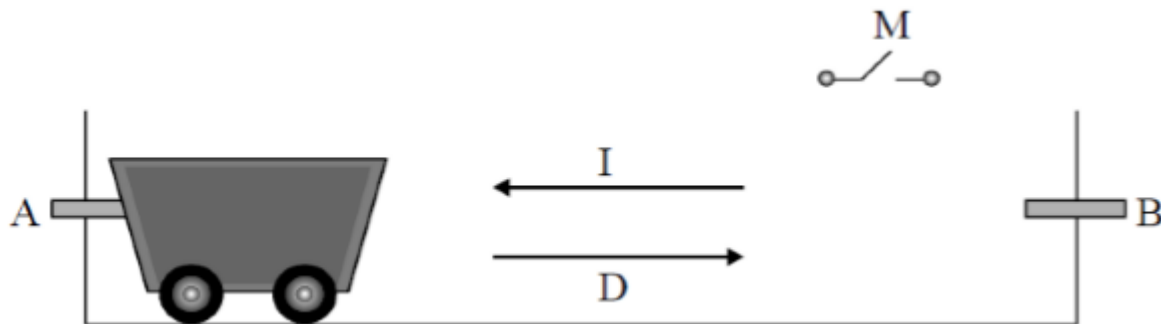


Figura 29. Movimiento de un vagón

El vagón se encuentra inicialmente en la posición A, donde un dispositivo detecta su presencia. Al presionar el interruptor M el vagón debe moverse a la derecha, activando el motor MD, hasta llegar a la posición B, donde otro dispositivo detecta la llegada del vagón. Al llegar a B, debe invertirse el sentido del movimiento, para lo cual debe apagarse el motor MD y encenderse el motor de movimiento hacia la izquierda MI. Al llegar el vagón a A, debe detenerse el sistema y quedar preparado para volver a funcionar al oprimirse el pulsador M.[29]

Control de nivel del tanque de agua para apagar incendios

Se debe controlar el nivel de agua del estanque principal, que se utiliza en caso de incendios. Este control se lleva a cabo con dos pozos (pozo 1 y pozo 2) y dos bombas. Tanto los pozos como el estanque poseen sensores de nivel, que gobiernan las bombas apagándolas y encendiéndolas (Figura 30) [20].

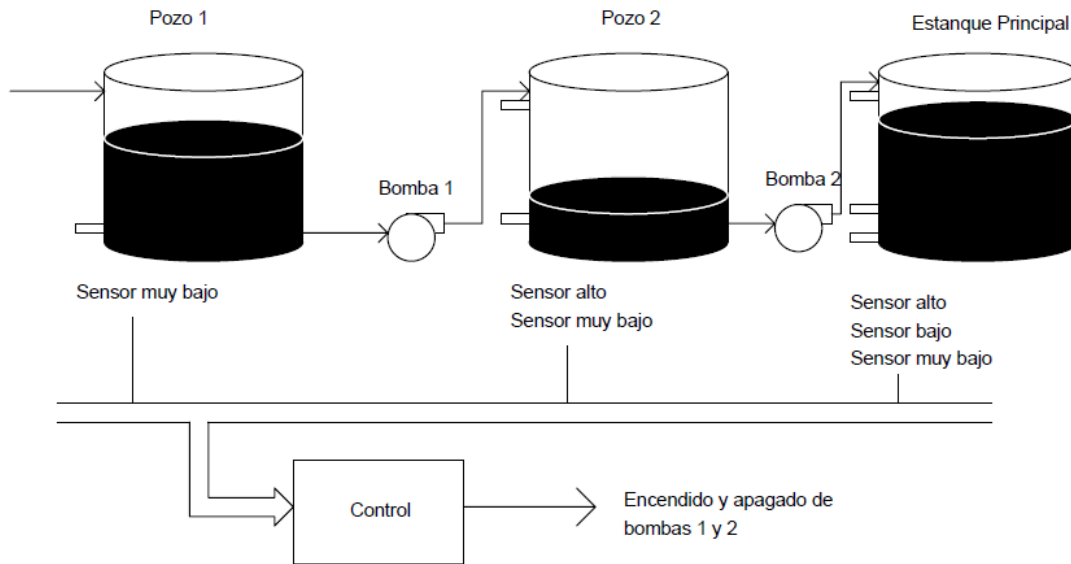


Figura 30. Diagrama del llenado de tanques de agua para incendios

8.2 PRÁCTICA 2: TRANSFORMACIÓN DE REDES DE PETRI A LADDER

INTRODUCCIÓN:

Considerando la complejidad de los sistemas de manufactura automatizada, se recomienda la elaboración de un modelo formal; las Redes de Petri son una herramienta muy útil en la especificación de sistemas complejos. Por otra parte, los lenguajes de programación para PLC se normalizan de acuerdo con la norma EIC 61131-3 que define los estándares de dos lenguajes gráficos y dos lenguajes textuales para PLC; Lista de instrucciones (IL); Texto estructurado (ST); Lenguaje escalera (LD); Diagrama de bloques funcionales (FBD) con elementos para organizar programas de computación paralela y secuencial.

Siendo el lenguaje tipo escalera, Ladder, el más comúnmente utilizado. De esta forma, se torna recomendable un procedimiento de transformación del modelo de análisis, en redes de Petri, hacia un modelo de implementación, en Ladder.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Relacionar la lógica de las redes de Petri con la programación conocida como lógica de escalera o lenguaje Ladder; e implementarlo en sistema de manufactura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Lograr que el estudiante se familiarice con las técnicas que actualmente se utilizan para llevar los modelos de la redes de Petri hacia el lenguaje de lógica de escalera.

Desarrollar en el estudiante:

- La habilidad de transformar los sistemas simulados en redes de Petri hacia lenguaje escalera o Ladder.
- Lograr que el estudiante desarrolle aplicaciones en TIA Portal V12 y simule el comportamiento del sistema de manufactura.

METODOLOGÍA:

TRANSFORMACIÓN DE REDES DE PETRI A LENGUAJE LADDER

Transiciones.

Para realizar la transformación de las transiciones hay que situarse en cada una de ellas de manera ordenada y secuencial y visualizar el conjunto de condiciones que permiten el cambio de un estado a otro (vemos las condiciones para que la transición este habilitada.) y a través de contactos de bobina plasmar el conjunto de condiciones.

Nota: En la lógica Ladder los lugares de la red de Petri se cambian por contactos de bobina normalmente cerrado (NC) o normalmente abiertos (NO).

Lugares:

Para realizar la transformación de los lugares hay que situarse en cada transición de manera ordenada y secuencial y observar lo que sucede al habilitar dicha transición, se pone una bobina set (S) en los lugares que ha pasado la marca o token y una bobina reset (R) en los lugares de donde ha evolucionado.

Acciones:

Para acciones ir al diagrama tabular y plasmar las acciones que se deben ejecutar al evolucionar dicho estado:

EJERCICIO EJEMPLO:

Modelo de brazo de robot. Este ejemplo considera un sistema de manufactura flexible (Figura 27) en donde se tiene un sistema de bandas transportadoras por donde arriban piezas para ser procesadas, a estas piezas las agarra un brazo robótico el cual las deposita en una máquina para su procesamiento.

Al finalizar el proceso, el brazo robótico vuelve a tomar la pieza para depositarla en una banda de salida [27].

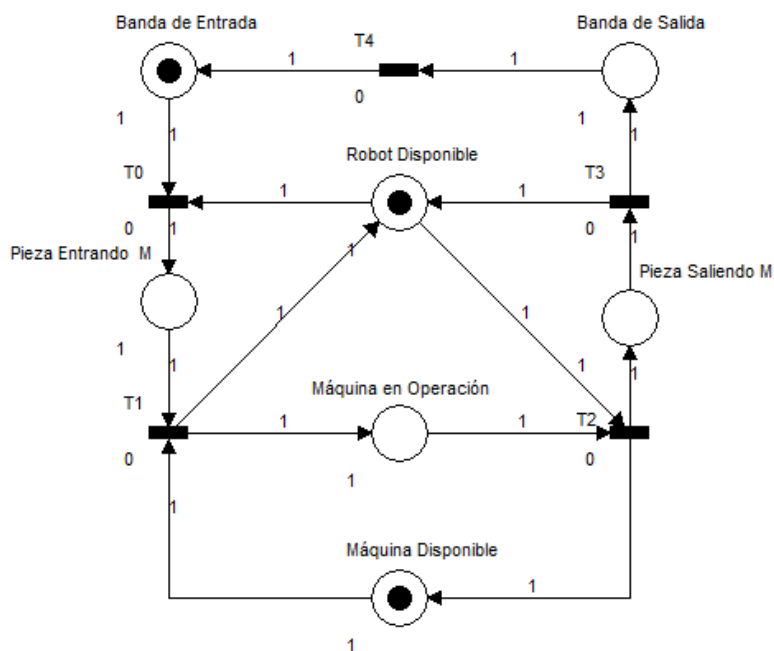


Figura 31. Red de Petri

La Figura 31 muestra la red de Petri del sistema brazo de robot la cual permite estudiar el comportamiento dinámico a través de la evolución de la(s) marca(s).

Tabla 3. Declaración de variables para Lugares

LUGARES			
	Nombre	Tipo de datos	Dirección
1	Banda_Entrada	Bool	%I136.0
2	Robot_Disponible	Bool	%I136.1
3	Pieza_Entrando_M	Bool	%I136.2
4	Maquina_Disponible	Bool	%I136.3
5	Maquina_Operacion	Bool	%I136.4
6	Pieza_Saliendo_M	Bool	%I136.5
7	Banda_Salida	Bool	%I136.6

En la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 se presenta la declaración de las variables para las: entradas, marcas y salidas en el programa TIA Portal V12 de Siemens. Las tablas constan de un nombre para cada variable, especificación del tipo de dato y la dirección en el PLC.

Durante la programación se accederá a las variables del PLC globales a través del nombre.

Tabla 4. Declaración de variables para Transiciones

TRANSICIONES			
	Nombre	Tipo de datos	Dirección
1	 T0	Bool	 %M136.0
2	 T1	Bool	%M136.1
3	 T2	Bool	%M136.2
4	 T3	Bool	%M136.3
5	 T4	Bool	%M136.4

Tabla 5. Declaración de variables para Acciones

ACCIONES			
	Nombre	Tipo de datos	Dirección
1	 Motor_Banda_Salida	Bool	 %Q136.0
2	 Motor_Banda_Entrada	Bool	%Q136.1
3	 Robot	Bool	%Q136.2
4	 Maquina	Bool	%Q136.3

TRANSFORMACIÓN DE TRANSICIONES

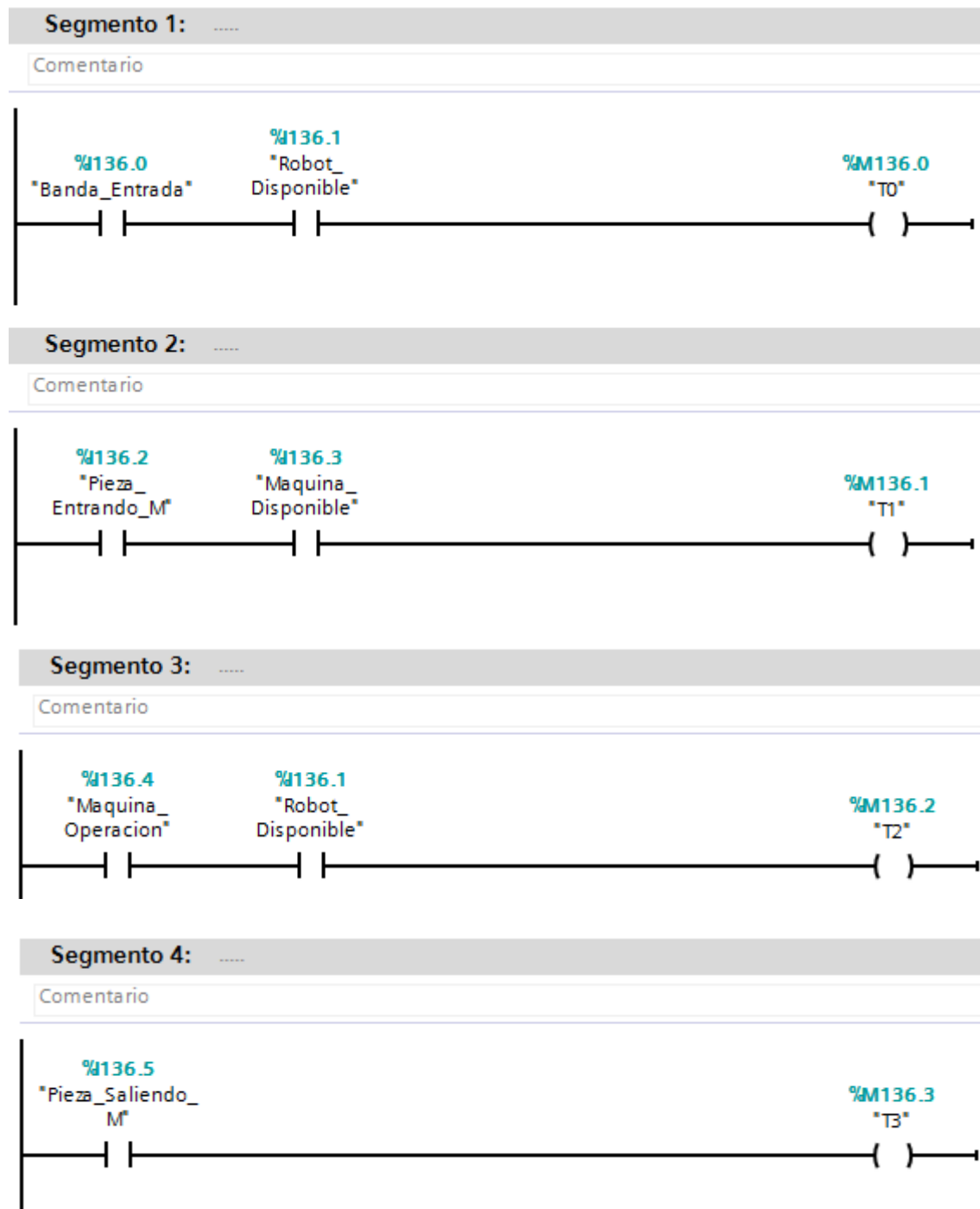


Figura 32. Transformación de transiciones segmentos 1-4

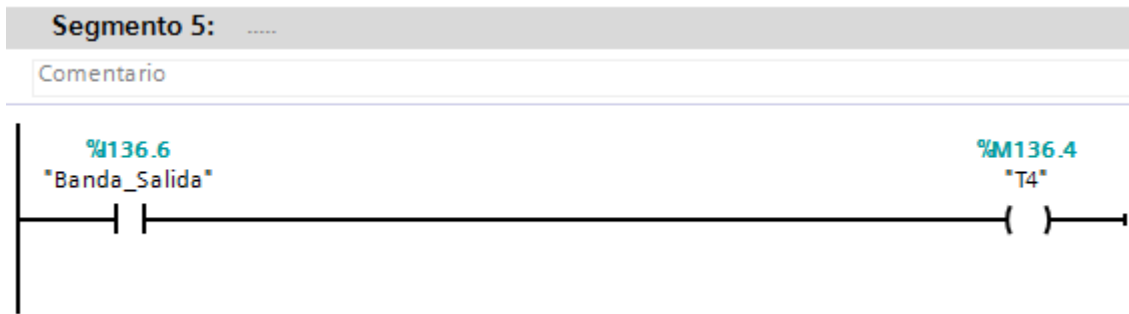


Figura 33. Transformación de transiciones segmento 5

Las Figura 32 y Figura 33 se representa un mapeo desde los lugares de entrada hacia el conjunto de transiciones de salida.

TRANSFORMACIÓN DE LUGARES

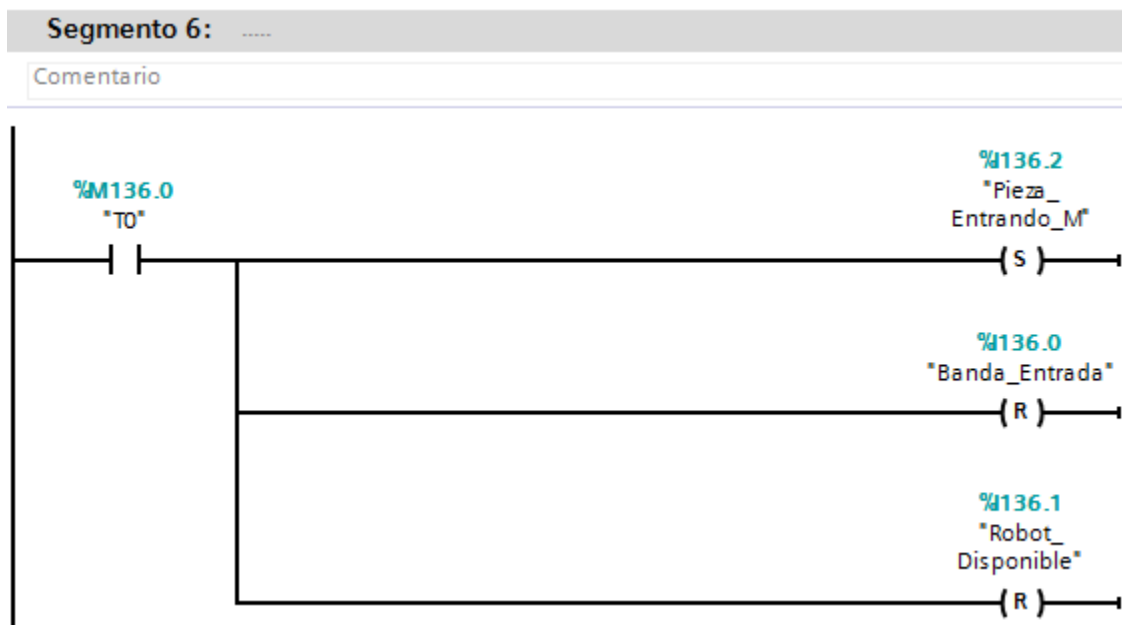


Figura 34. Transformación de lugares segmento 6

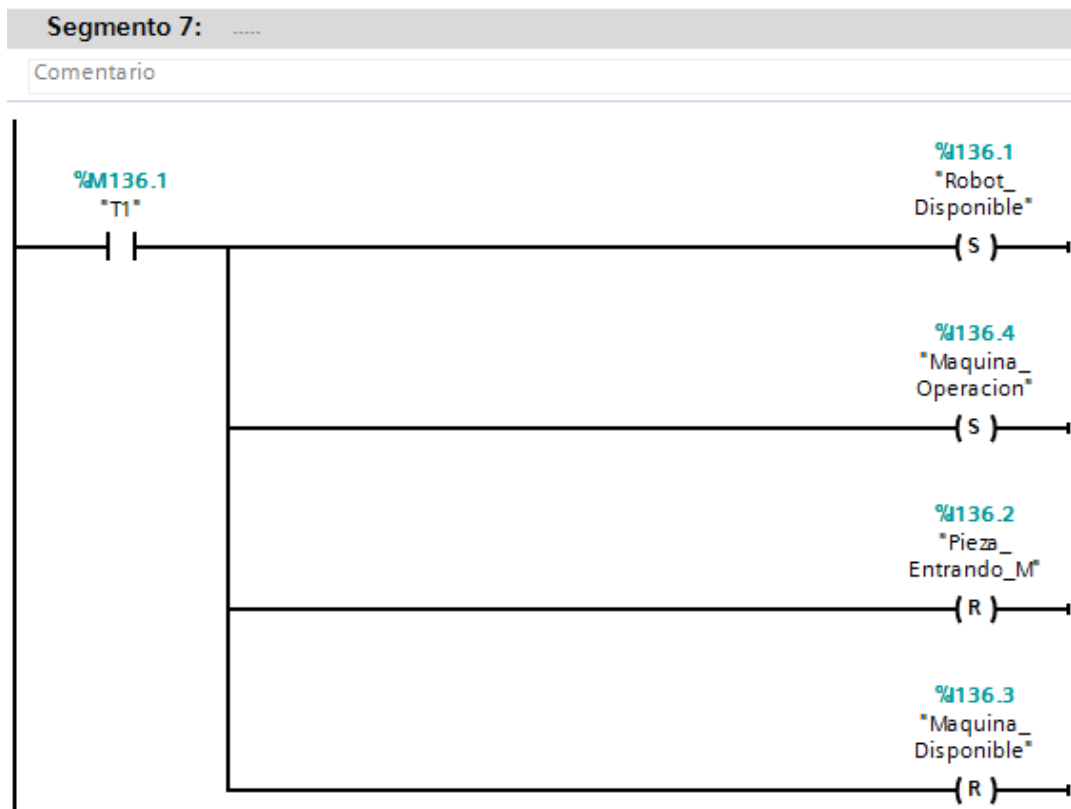


Figura 35. Transformación de lugares segmento 7

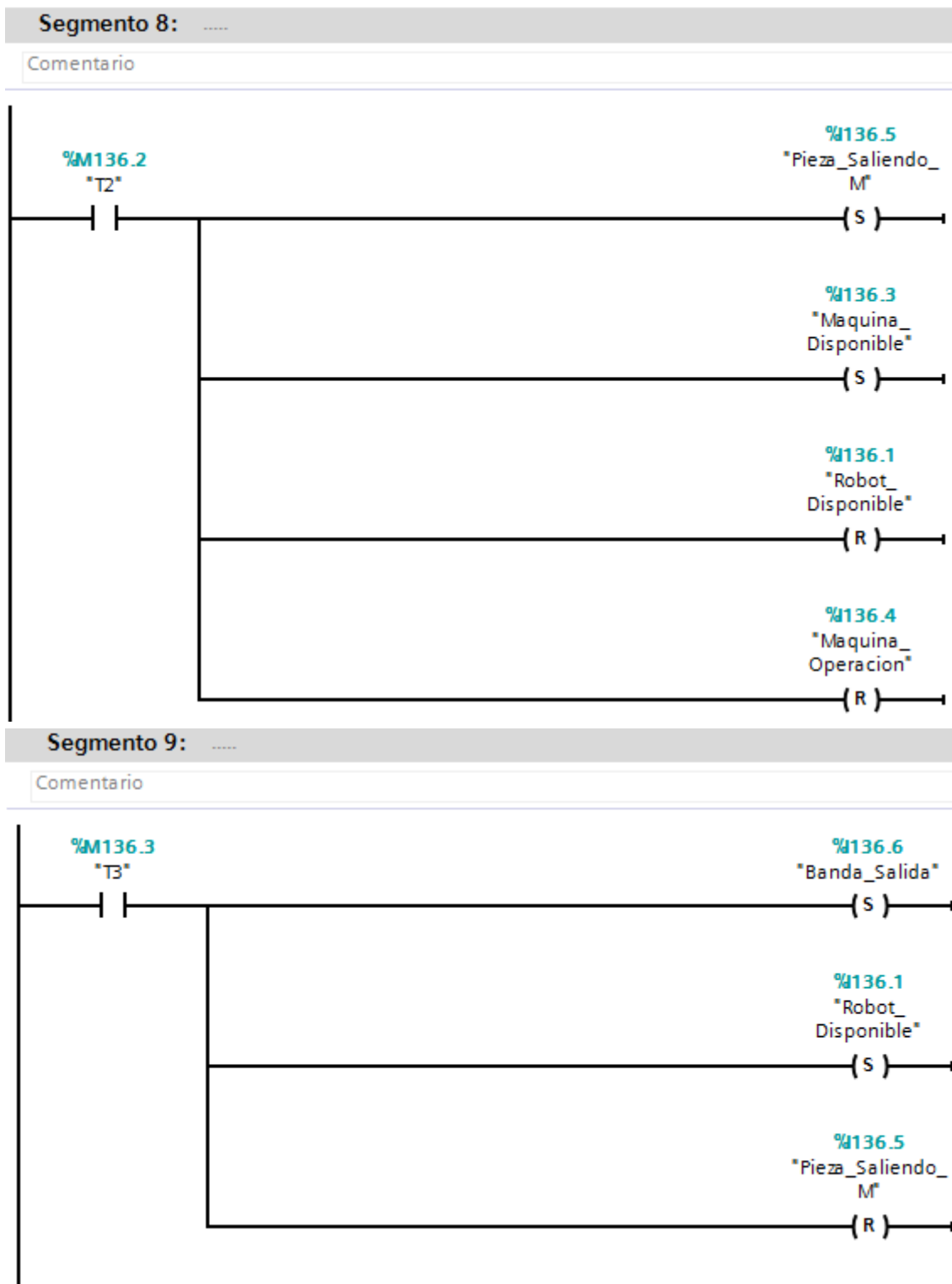


Figura 36. Transformación de lugares segmentos 8-9

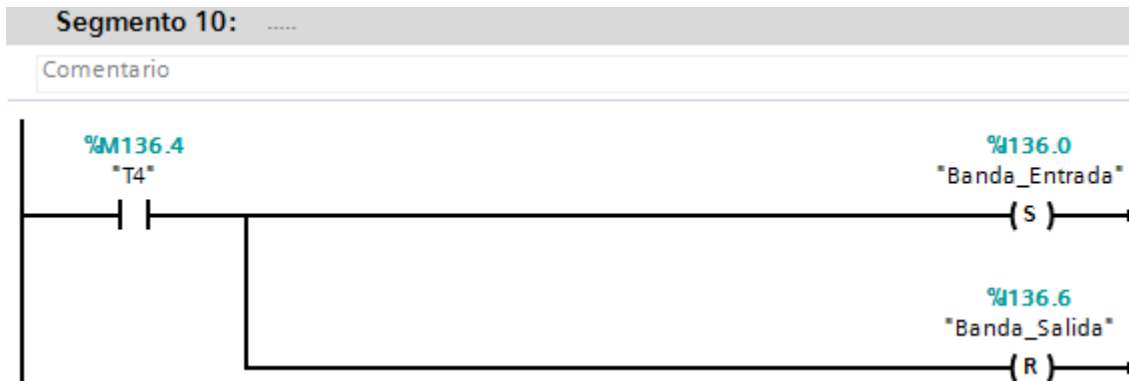


Figura 37. Transformación de lugares segmento 10

Las Figura 34-Figura 37, segmentos 6-10 representan un mapeo desde las transiciones hacia el conjunto de lugares; en los lugares donde la marca evoluciona se pone una bobina Set (S) y los lugares de donde ha evolucionado, una bobina Reset (R).

TRANSFORMACIÓN DE ACCIONES

Las acciones son asignadas a lugares llamados lugares de control; cuando una marca se deposita en un lugar de control, las acciones están permitidas; mediante las acciones se administran los recursos, tal es el caso de encender o apagar un motor, una lámpara, válvula y otros dispositivos de campo.

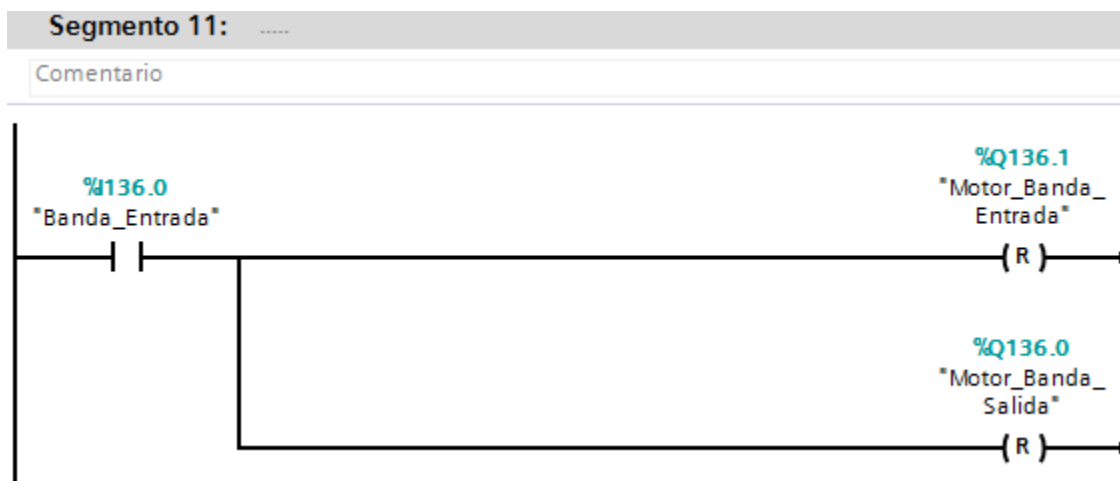


Figura 38. Transformación de acciones segmento 11

La Figura 38, segmento 11 permite controlar los motores que mueven a las bandas, cuando la maraca se posiciona en la banda de entrada los motores se apagan para que el brazo tome la pieza y la banda de salida ahorre energía.



Figura 39. Transformación de acciones segmentos 12-13

La Figura 39, segmento 12 permite controlar el funcionamiento del brazo robótico; El segmento 13 permite controlar el encendido y apagado de la máquina.

El sistema brazo de robot no se muestra "plenamente automatizado".

Nota:

Para la elaboración de la práctica los estudiantes deben haber realizado el Modelado de sistemas secuenciales utilizando redes de Petri (práctica1).

EJERCICIOS A DESARROLLAR

Control de vagón:

Se desea controlar el movimiento de un vagón en un sistema, tal como se muestra en la Figura 40.

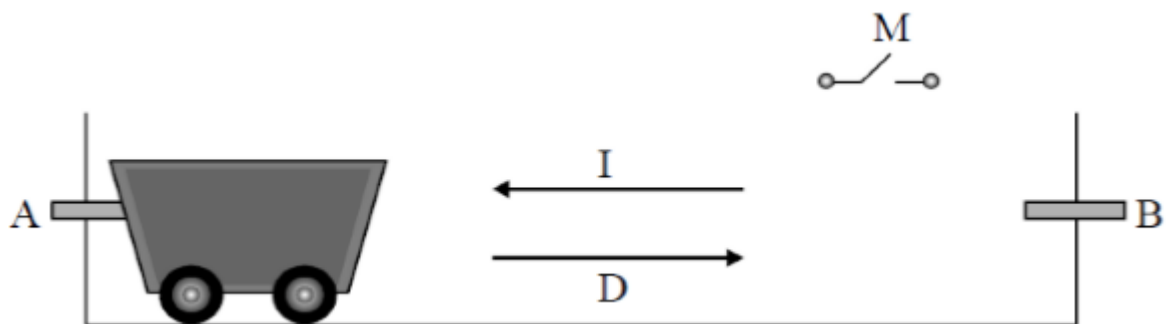


Figura 40. Movimiento de un vagón

El vagón se encuentra inicialmente en la posición A, donde un dispositivo detecta su presencia. Al presionar el interruptor M el vagón debe moverse a la derecha, activando el motor MD, hasta llegar a la posición B, donde otro dispositivo detecta la llegada del vagón. Al llegar a B, debe invertirse el sentido del movimiento, para lo cual debe apagarse el motor MD y encenderse el motor de movimiento hacia la izquierda MI. Al llegar el vagón a A, debe detenerse el sistema y quedar preparado para volver a funcionar al oprimirse el pulsador M.

Control de nivel del tanque de agua para apagar incendios

Se debe controlar el nivel de agua del estanque principal, que se utiliza en caso de incendios. Este control se lleva a cabo con dos pozos (pozo 1 y pozo 2) y dos bombas. Tanto los pozos como el estanque poseen sensores de nivel, que gobiernan las bombas apagándolas y encendiéndolas Figura 41 [20].

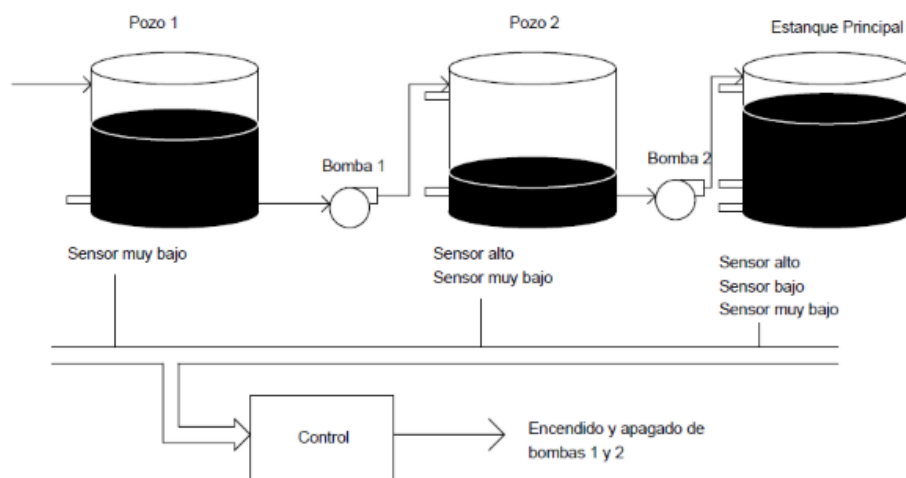


Figura 41. Diagrama del llenado de tanques de agua para incendios

8.3 PRÁCTICA 3: MANEJO DE SEÑALES DIGITALES O DISCRETAS

INTRODUCCIÓN:

La puesta eficaz en funcionamiento de los PLC pasa necesariamente por una correcta conexión de los elementos, tales sensores, pulsadores, llaves, selectores, swiches, actuadores, motores entre otros. La importancia del conocimiento de las características de entradas del PLC, hace que pueda quedar comprendida plenamente, y el estado de ellas va a depender del proceso con el que se estén trabajando. Existen dos tipos de señales, que pueden ser digitales o discretas y análogas. Las más utilizadas son las digitales, por su inmunidad al ruido, aislamiento eléctrico y costo.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Identificar el tipo de señal de funcionamiento de diferentes dispositivos de campo en el PLC.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Manejo de operaciones lógicas con bits.
- Lograr que el estudiante identifique el tipo de dato con el cual funcionan los dispositivos de campo.
- Lograr que el estudiante desarrolle aplicaciones en TIA Portal V12 visualice el comportamiento del sistema.

METODOLOGÍA:

Las señales digitales o discretas son un tipo de señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones, interruptores, finales de carrera y

servomotores, entre otros, Figura 42, son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas se envían usando la tensión o la intensidad de corriente, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de corriente continua en la E/S donde valores mayores a 22V representan un On, y valores menores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

Operaciones lógicas con bits

Las operaciones 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 diversas funciones.

Las operaciones más utilizadas en programación se muestran en la Tabla 6



Figura 42. a) Botones Pulsadores b) Final de carrera c) Servo Motor[30],[32],[33].

Tabla 6. Operaciones lógicas con bits

Nemotécnica alemana	Operación	Descripción
— —	Operaciones lógicas con bits	Contacto normalmente abierto (operando)
— / —	Operaciones lógicas con bits	Contacto normalmente cerrado (operando)
—()	Operaciones lógicas con bits	Bobina de relé (salida)
—(R)	Operaciones lógicas con bits	Desactivar bobina
—(S)	Operaciones lógicas con bits	Activar bobina

En la Tabla 6 se encuentran las operaciones más usadas con bits (lógica booleana) en Step 7. La mayor parte de los programas se realizan a través de la lógica booleana entre mezclada en algunos casos con operadores de otro tipo o bloques de función.

La Figura 43 ilustra la representación en Step 7 de un pulsador normalmente cerrado (N C), al conectarle una bobina de salida la línea de instrucción se mostrara iluminada (verde) indicando que este contacto está cerrado, si el botón es pulsado interrumpirá el flujo de corriente y la línea de instrucción se mostrara (azul).

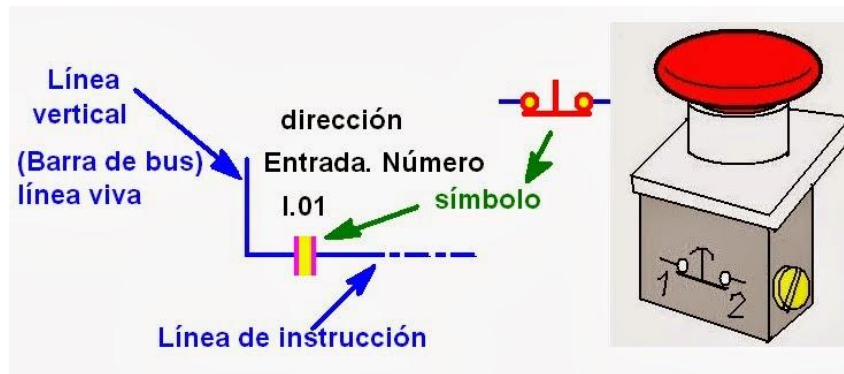


Figura 43. Representación de un botón pulsador en Step7 [34].

EJERCICIO EJEMPLO

Control de una cinta transportadora

La Figura 44 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 (start) y S2 para PARO (stop). 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 extremos. Asimismo, el sensor S5 detiene la cinta cuando un paquete alcanza el final de la cinta.

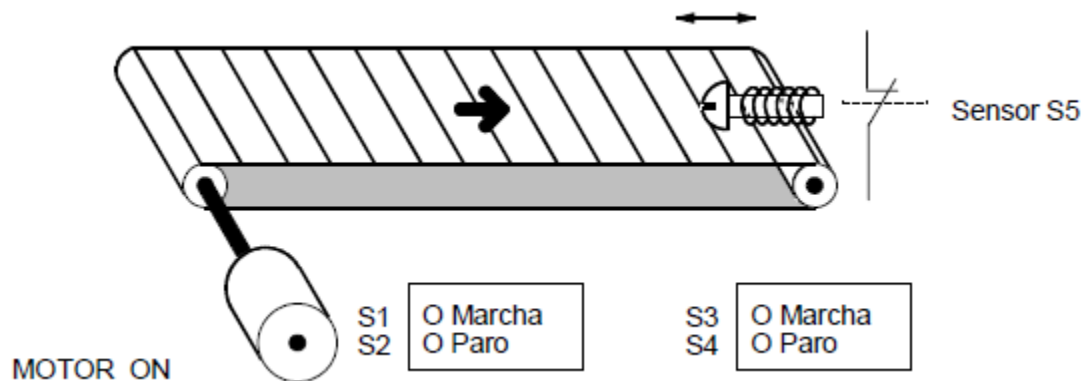


Figura 44. Esquema de contactos para controlar una cinta transportadora

Tabla 7. Tabla de variables y direcciones

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
	Pulsador de Marcha	Bool	%I136.1
	Pulsador de Paro	Bool	%I136.2
	Pulsador de Marcha(2)	Bool	%I136.3
	Pulsador de Paro(2)	Bool	%I136.4
	Sensor	Bool	%I136.5
	Motor	Bool	%Q136.1

En Tabla 7 se presenta la declaración de las variables para las: entradas y salidas en el programa TIA Portal V12, usadas en la programación de la cinta transportadora mostrada en la Figura 44

En la Figura 45 Pulsando cualquiera de los pulsadores de marcha se pone el motor en marcha.



Figura 45. Segmento 1 Control de una cinta transportadora

En la Figura 46 Pulsando cualquiera de los pulsadores de paro o abriendo el contacto normalmente cerrado al final de la cinta se desconecta el motor [34].



Figura 46. Segmento 2 Control de una cinta transportadora

EJERCICIO A DESARROLLAR

Llenado de un depósito

Se desea controlar el llenado de un depósito de manera que la *Electro válvula1* y la bomba se activen para el llenado del depósito cuando el nivel del sensor este bajo y que se desactiven cuando el sensor este indicando nivel alto.; La *Electro válvula2* debe activarse cuando el nivel este alto. Para el control, se dispone de un sensor de nivel digital. El nivel alto corresponde a 1 y nivel bajo a 0 (Figura 47) [36].

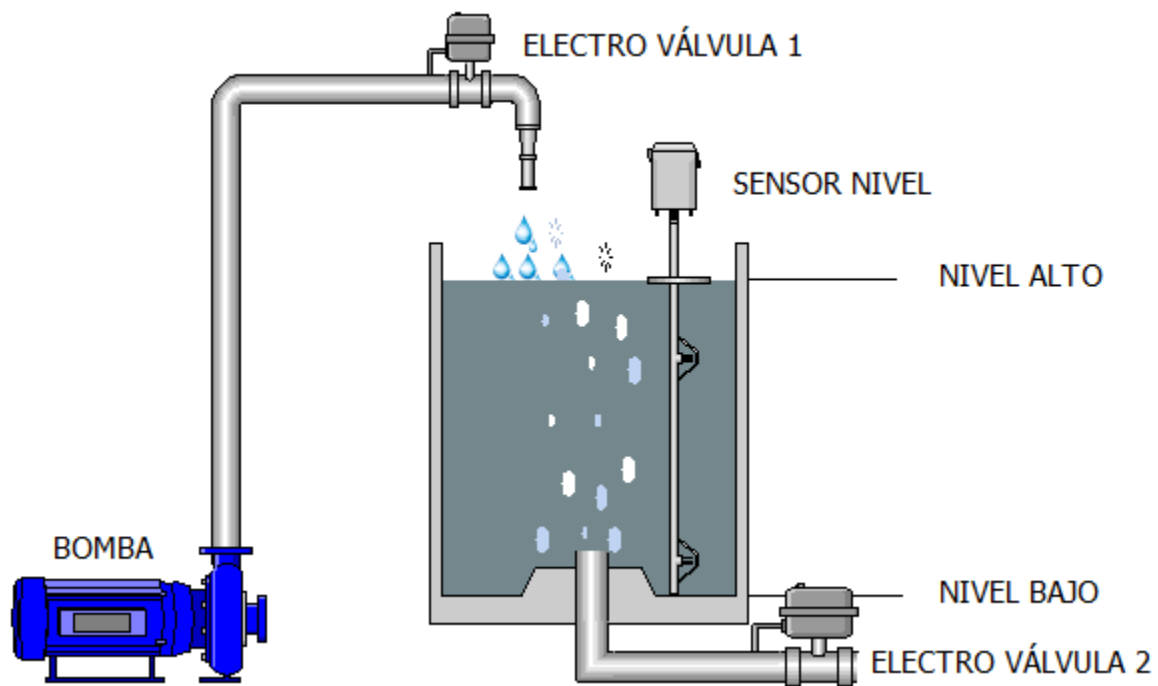


Figura 47. Esquema de llenado de un depósito

8.4 PRÁCTICA 4. MANEJO DE INSTRUCCIONES Y OPERACIONES CON SEÑALES ANALÓGICAS

INTRODUCCIÓN:

Las señales analógicas toman la forma de una señal variable continuamente en el tiempo y dentro de un rango predefinido. Ya que la CPU del PLC solo es capaz de funcionar internamente usando señales digitales, al conectar entradas analógicas o salidas analógicas requiere componentes de hardware especiales, como conversores análogo a digital (DAC) o conversores digital a análogo (ADC) o circuitos acondicionadores de señal que permitan trabajar una variable análoga en los rangos establecidos en los protocolos internacionales.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Pretender que el alumno realice una configuración de PLC basada en un autómata S7-300 de SIEMENS con CPU 314C-2 PN/DP O CPU 315F-2 PN/DP. Y acondicione una señal análoga mediante el uso de bloques de programa e instrucciones básicas; Conversión, Funciones matemáticas y Operaciones de Comparación. Y lo aplique a sistemas dinámicos a eventos discretos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Desarrollar en el estudiante:

- La habilidad de realizar operaciones básicas en el TIA Portal V12.
- Lograr que el estudiante visualice, compare el funcionamiento de la función SCALE y el escalado de una señal mediante el uso de bloques de programa y funciones

METODOLOGÍA:

Señales analógicas

A diferencia de una señal binaria, que solo puede adoptar los estados de señal "Tensión presente +24V" y "Tensión no presente 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 tensiones, intensidades o resistencias eléctricas. Si se desea, p. ej., registrar una velocidad, en el rango de velocidad de 500... 1500 rpm se puede convertir a 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 tensión de +3,65 V (Figura 48).

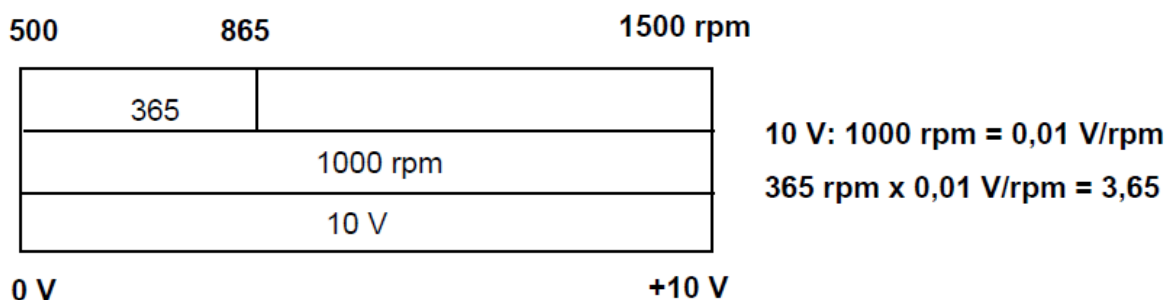


Figura 48. Transformación de una medida a tensión [37].

Estas tensiones, intensidades y resistencias eléctricas se conectan a un módulo analógico que digitaliza esta señal.

Si se procesan magnitudes analógicas con un PLC, el valor de tensión, intensidad o resistencia leído debe convertirse en información digital. Esta transformación se denomina conversión analógica-digital (conversión A/D). Esto significa que, p. ej., el valor de tensión 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 tensión 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

Así, 8 bits suponen una resolución de 256 áreas individuales y 11 bits, 2048 áreas individuales (Figura 49).



Normalizar valores analógicos

Del mismo modo, habitualmente la salida analógica en la palabra de salida de periferia tiene lugar después de haber normalizado el valor de salida.

En los programas STEP 7, para la normalización se recurre a las operaciones aritméticas.

Para que estas se realicen con la mayor exactitud posible, para la normalización deben transformarse los valores al tipo de datos REAL, para minimizar los errores de redondeo.[37]

EJERCICIO EJEMPLO

Vigilancia del nivel de llenado de un depósito

Para este ejemplo se implementara una vigilancia del nivel de llenado en el TIA Portal.

Un sensor mide el nivel de llenado en un depósito y lo transforma en una señal de tensión de 0-10 Voltios (V).

0 V corresponden a un nivel de llenado de 100 litros y 10 V, a un nivel de llenado de 1000 litros.

Este sensor está conectado a la primera entrada analógica de SIMATIC S7-300.

A continuación, esta señal debe leerse en una función FC1 y normalizarse.

A continuación, deben programarse una vigilancia y una indicación para el máximo nivel de llenado permitido de 990 litros, y una vigilancia para el mínimo nivel de llenado permitido de 110 litros [37].



Para crear bloque FC ir al Árbol del Proyecto Bloque de programa Agregar nuevo bloque doble clic

 Bloque_1 [FC1]

Declarar las variables

Tabla 8. Variables del nivel de llenado de un depósito bloque FC

Nombre	Tipo de datos
▼ Input	
■ Entrada	Int
■ Ymax	Real
■ Ymin	Real
■ Xmax	Real
■ xmin	Real
▼ Output	
■ Escalamiento	Real
▼ InOut	
■ <Agregar>	
▼ Temp	
■ Registro1	DInt
■ Registro2	Real
■ Registro3	Real
■ Registro4	Real
■ Registro5	Real
■ Registro6	Real
■ Registro7	Real
▼ Return	
■ Bloque_1	Void

En la Tabla 8 se presenta la declaración de las variables locales para una interpolación a través de operaciones.

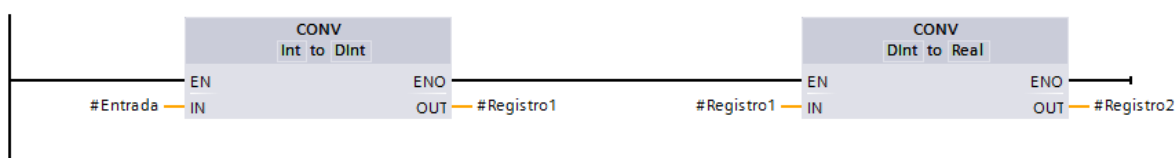


Figura 50. Operaciones de conversión

En la Figura 50 se ha Insertado instrucciones básicas de conversión, para pasar de entero a doble entero y de doble entero a real.

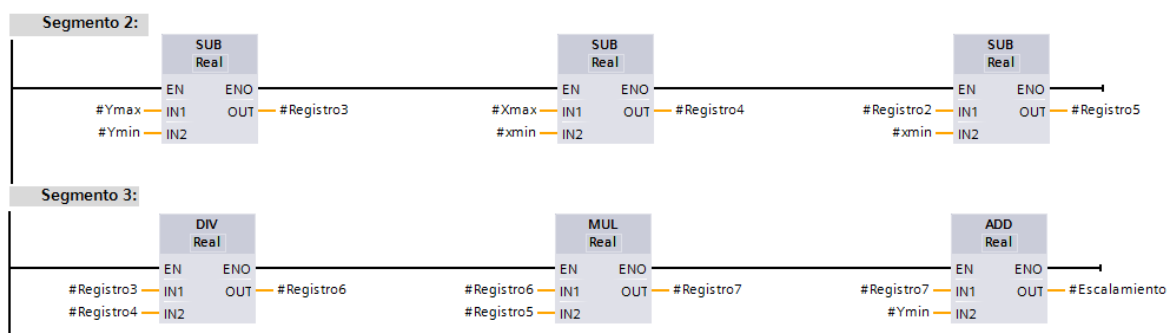


Figura 51. Operaciones para escalado

En la Figura 51 se ha Insertado funciones matemáticas de: restar, dividir, multiplicar y sumar.

Tabla 9. Variables del nivel de llenado de un depósito bloque

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
DI	Nivel_Mlnimo	Bool	%Q136.0
DI	nivel	Int	%IW136
DI	Nivel_Maximo	Bool	%Q136.3
DI	Valor_Real	Real	%MD136
DI	valorerror	Word	%MW140
DI	mx+b	Real	%MD142

En la Tabla 9 se presenta la declaración de las variables globales para la escalar una señal analógica través de operaciones y de la función SCALE.

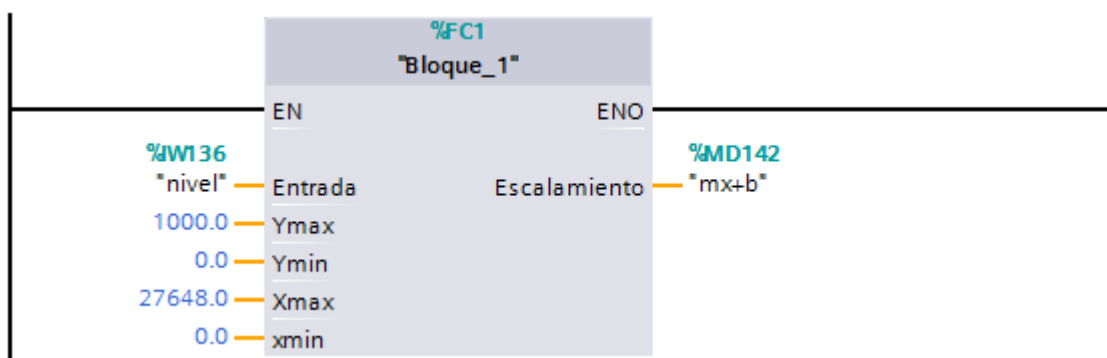


Figura 52. Llamado al Bloque FC

En la Figura 52 muestra el llamado al bloque [FC1] desde el bloque de programa Main [OB1]. De lo contrario, el bloque no se ejecutaría.

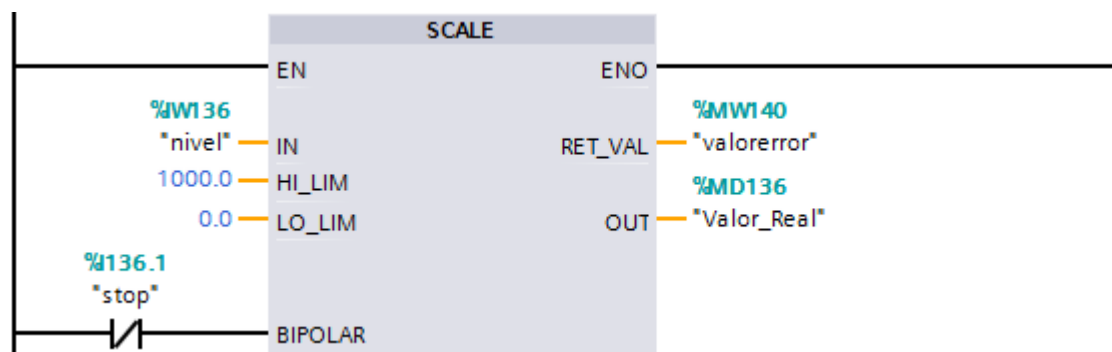


Figura 53. Uso de la función SCALE

La Figura 53 muestra la interpolación a través de instrucciones básicas de conversión con la función SCALE.

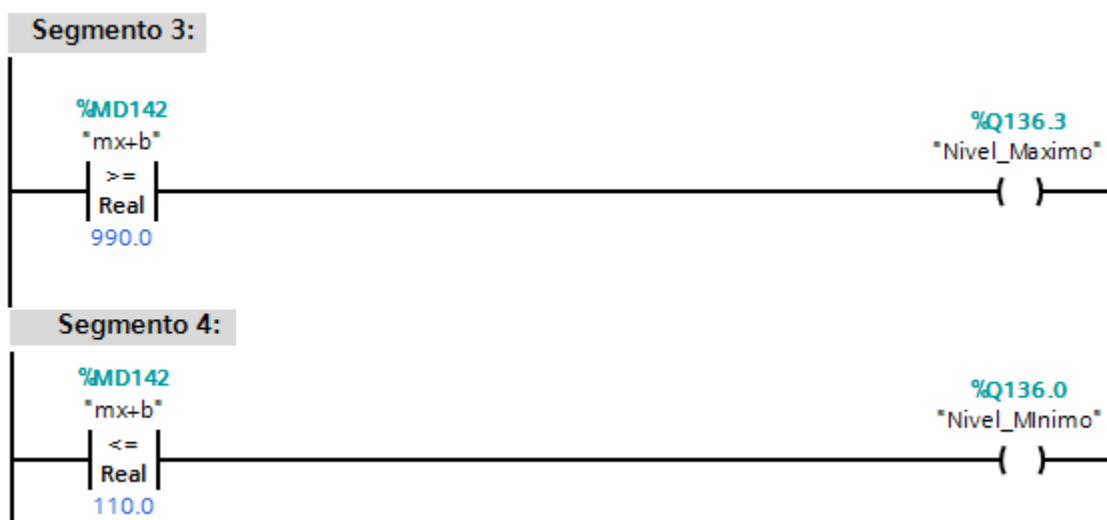


Figura 54. Indicaciones para el nivel de llenado

En la Figura 54 se muestra las indicaciones para nivel de llenado si el nivel > 990 litros muestra que el nivel es máximo y si el nivel es < 110 litros muestra el nivel es mínimo.

EJERCICIO A DESARROLLAR

Control de llenado de un depósito mediante sensor analógico

Se desea supervisar el llenado de un depósito de manera que la electroválvula EV1 se active para el llenado del depósito cuando a éste le queden tan sólo 50 litros, y que se desactive cuando tenga 950 litros. Para el control, se dispone de un sensor de nivel analógico calibrado para la lectura entre 0 y 1000 litros. La señal que entrega el sensor de nivel está comprendida entre 0 y 10 V para los niveles mínimo y máximo respectivamente (Figura 55) [35],[36].

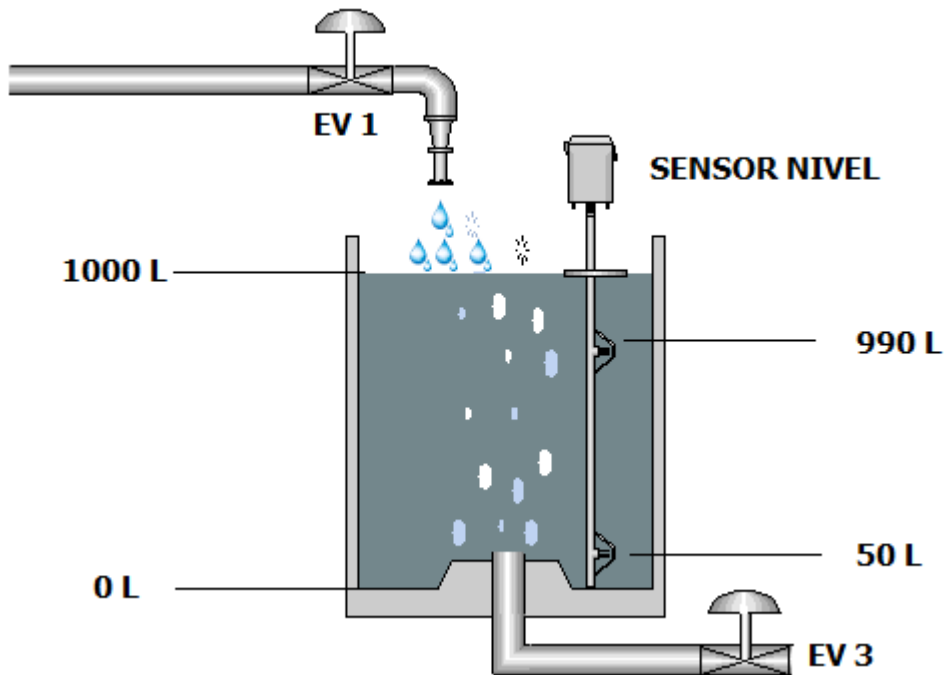


Figura 55. Control de llenado de un depósito mediante sensor analógico

Se deben escalar los valores mediante la función SCALE y crear un bloque FC para realizarlo mediante operaciones.

El estudiante debe simular y realizar capturas en el TIA Portal.

8.5 PRÁCTICA 5.: MANEJO DE CONTADORES (COUNTERS)

INTRODUCCIÓN:

El PLC Simatic S7-300 ofrece al usuario un conjunto de instrucciones que permiten llevar la cuenta de cuántos eventos se producen durante la ejecución del programa de control, esto es, cuántas veces una señal (una marca, una entrada, una variable, etc.) cambia de valor.

Un contador es una función de cómputo que permite efectuar la cuenta de acontecimientos o en efecto impulsos. La cuenta se puede programar en forma progresiva (ascendente) o regresiva (descendente). La operación de 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. La función del contador, permite activar salidas o memorias internas, en el momento que su registro de coincide con el valor presente previamente definido. Por otro lado si el registro es diferente al valor presente la salida asociada al contador no se activara.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el funcionamiento de los contadores en el TIA Portal V12 e implementarlos en sistemas de manufactura.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Desarrollar en el estudiante:

- La habilidad de identificar los componentes básicos de los contadores en PLC.
- La habilidad de establecer diferencias entre los contadores del PLC.
- La habilidad de aplicar los contadores a sistemas de manufactura.

METODOLOGÍA

Contadores

Los contadores usados en PLC's comparan los valores de cuenta acumulada con valores preestablecidos para controlar circuitos de funciones. Aplicaciones de control que usan contadores comúnmente incluyen alguna de las siguientes funciones:

- Contar hasta alcanzar un valor preestablecido y hacer que un evento ocurra.
- Hacer que algún evento ocurra hasta alcanzar el valor preestablecido.

CTU: Contador ascendente

La instrucción "Contador ascendente" incrementa el valor de la salida CV. Cuando el estado lógico de la entrada CU (contaje adelante) cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y el valor actual de conteo de la salida CV se incrementa en uno. La primera vez que se ejecuta la instrucción, el valor actual de conteo de la salida CV está a cero. El valor de conteo se incrementa cada vez que se detecta un flanco de señal ascendente, hasta alcanzar el valor límite superior del tipo de datos (INT) indicado en la salida CV. Cuando se alcanza el valor límite superior, el estado lógico de la entrada CU deja de tener efecto en la instrucción.

El estado del contador se puede consultar en la salida Q. El estado lógico de la salida Q se determina por el parámetro PV (valor de preselección). Si el valor actual de conteo es mayor o igual al valor del parámetro PV, la salida Q adopta el estado lógico "1". En todos los demás casos, el estado lógico de la salida Q es "0". En el parámetro PV también se le puede asignar un valor constante.

El valor de la salida CV se pone a cero cuando el estado lógico de la entrada R cambia a "1". Mientras la entrada R tenga el estado lógico "1", el estado lógico de la entrada CU no tendrá efecto alguno en la instrucción [38].

El siguiente ejemplo muestra el funcionamiento de la instrucción:

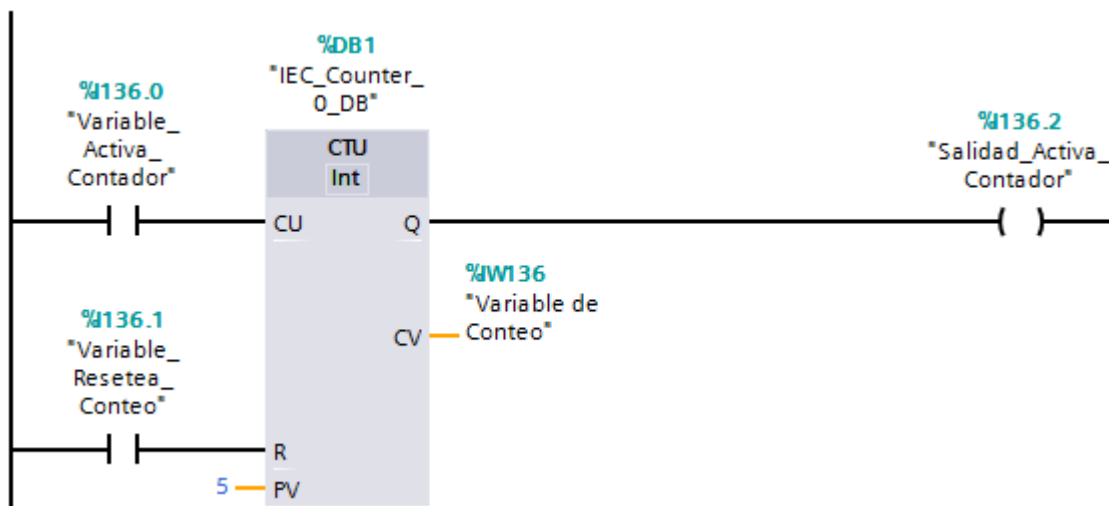


Figura 56. Funcionamiento CTU

Tabla 10. Parámetros de la instrucción "Contador ascendente"

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
CD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L o constante	Entrada de conteo
LD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L, P o constante	Entrada de carga
PV	Input	INT	I, Q, M, D, L, P o constante	Valor con el que se activa la salida Q.
Q	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado del contador
CV	Output	INT	I, Q, M, D, L, P	Valor actual de conteo

CTD: Contador descendente

La instrucción "Contador descendente" decrementa el valor en la salida CV. Cuando el estado lógico de la entrada CD cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y el valor actual de conteo de la salida CV se decrementa en uno. Al ejecutar la instrucción por primera vez, el valor de conteo del parámetro CV se pone al valor del parámetro PV. Cada vez que se detecta un flanco de señal ascendente, el valor de conteo se decrementa hasta alcanzar el valor límite inferior del tipo de datos (INT) indicado. Cuando se alcanza el valor límite inferior, el estado lógico de la entrada CD deja de tener efecto en la instrucción.

El estado del contador se puede consultar en la salida Q. Si el valor actual de conteo es menor o igual a cero, la salida Q adopta el estado lógico "1". En todos los demás casos, el estado lógico de la salida Q es "0". En el parámetro PV también se puede indicar una constante.

El valor de la salida CV se pone al valor del parámetro PV cuando el estado lógico de la entrada LD cambia a "1". Mientras la entrada LD tenga el estado lógico "1", el estado lógico de la entrada CD no tendrá efecto alguno en la instrucción.

El funcionamiento de la instrucción es similar a la Figura 56 y Tabla 10.

CTU: Contador ascendente – descendente

Con la instrucción "Contador ascendente - descendente" se incrementa y decrementa el valor de conteo en la salida CV. Cuando el estado lógico de la entrada CU cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), el valor actual de conteo se incrementa en uno y se deposita en la salida CV. Cuando el estado lógico de la entrada CD cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), el valor de conteo de la salida CV se decrementa en uno. Si en un ciclo del programa se detecta un flanco de señal ascendente en las entradas CU y CD, el valor actual de conteo no se modifica en la salida CV.

El valor de conteo se puede seguir incrementando hasta alcanzar el valor límite superior del tipo de datos (INT) indicado en la salida CV. Una vez alcanzado el valor límite superior, el valor de conteo ya no se incrementa al detectarse un flanco de

señal ascendente. Cuando se alcanza el valor límite inferior del tipo de datos indicado (INT), ya no se decrementa el valor de conteo.

Si el estado lógico de la entrada LD cambia a "1", el valor de conteo de la salida CV adopta el valor del parámetro PV. Mientras la entrada LD tenga el estado lógico "1", el estado lógico de las entradas CU y CD no tendrá efecto alguno en la instrucción. El valor de conteo se pone a cero si el estado lógico de la entrada R cambia a "1". Mientras la entrada R tenga el estado lógico "1", un cambio del estado lógico de las entradas CU, CD y LD no tendrá efecto alguno en la instrucción "Contador ascendente - descendente".

El estado del contador ascendente se puede consultar en la salida QU. Si el valor actual de conteo es mayor o igual al valor del parámetro PV, la salida QU adopta el estado lógico "1". En todos los demás casos, el estado lógico de la salida QU es "0". En el parámetro PV también se puede indicar una constante.

El estado del contador descendente se puede consultar en la salida QD. Si el valor actual de conteo es menor o igual a cero, la salida QD adopta el estado lógico "1". En todos los demás casos, el estado lógico de la salida QD es "0" [38].

La Figura 57 y la Tabla 11 muestran el funcionamiento de la instrucción.

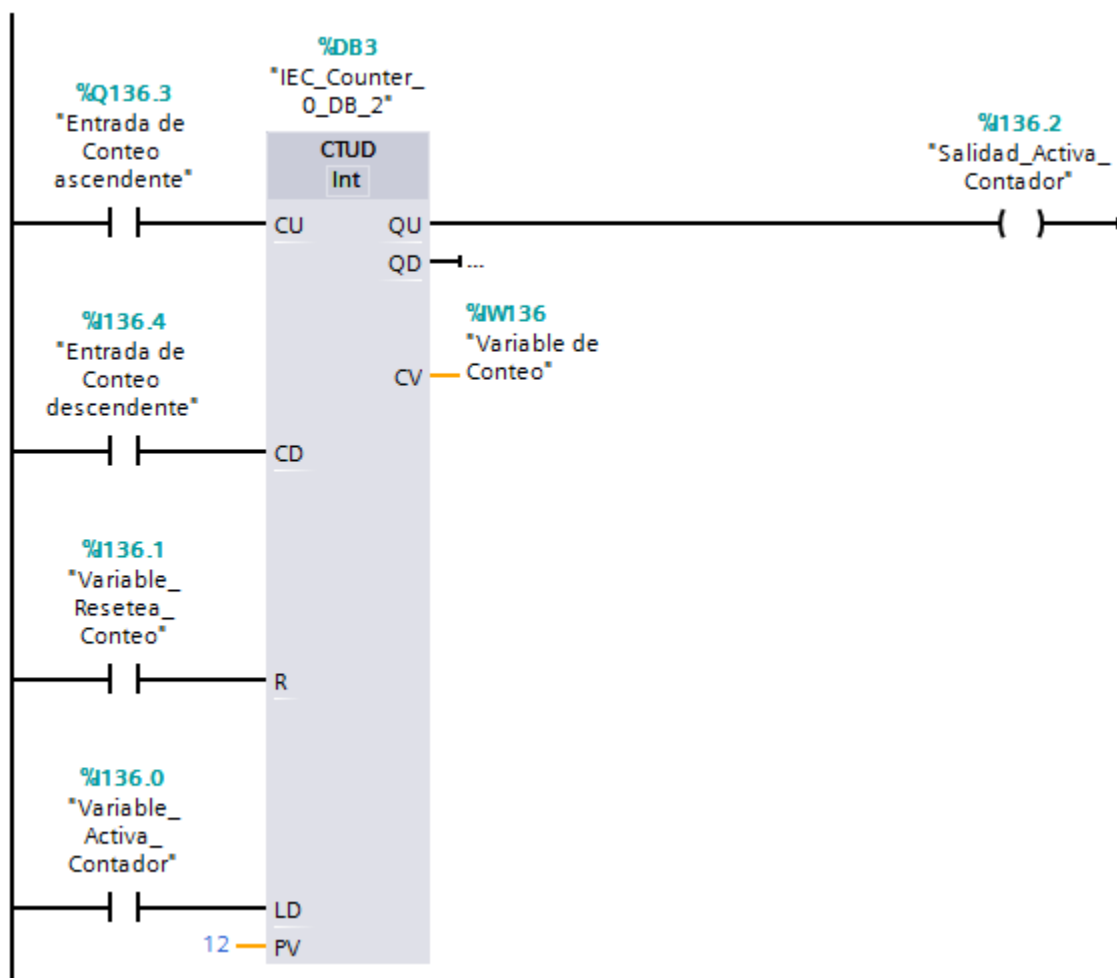


Figura 57. Funcionamiento "Contador ascendente - descendente":

Tabla 11. Parámetros de la instrucción "Contador ascendente - descendente"

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
CU	Input	BOOL	I, Q, M, D, L o constante	Entrada de conteo ascendente
CD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L o constante	Entrada de conteo descendente

R	Input	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C, P o constante	Entrada de reset
LD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L, P	Entrada de carga
PV	Input	INT	I, Q, M, D, L, P o constante	Valor con el que se activa la salida QU.
QU	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado de los contadores ascendentes
QD	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado de los contadores descendentes
CV	Output	INT	I, Q, M, D, L, P	Valor actual de conteo

EJERCICIO EJEMPLO

Contador para vehículos

Un contador se puede usar para contar el número de vehículos en un estacionamiento (Figura 58). Conforme los vehículos entran por la puerta de entrada el contador incrementa su cuenta. Conforme salen los vehículos por la puerta de salida, el contador decrementa su cuenta, tal que, cuando el estacionamiento se llena, un aviso en la entrada es encendido [39].

La capacidad máxima del parqueadero es de doce autos.



Figura 58. Contador para vehículos

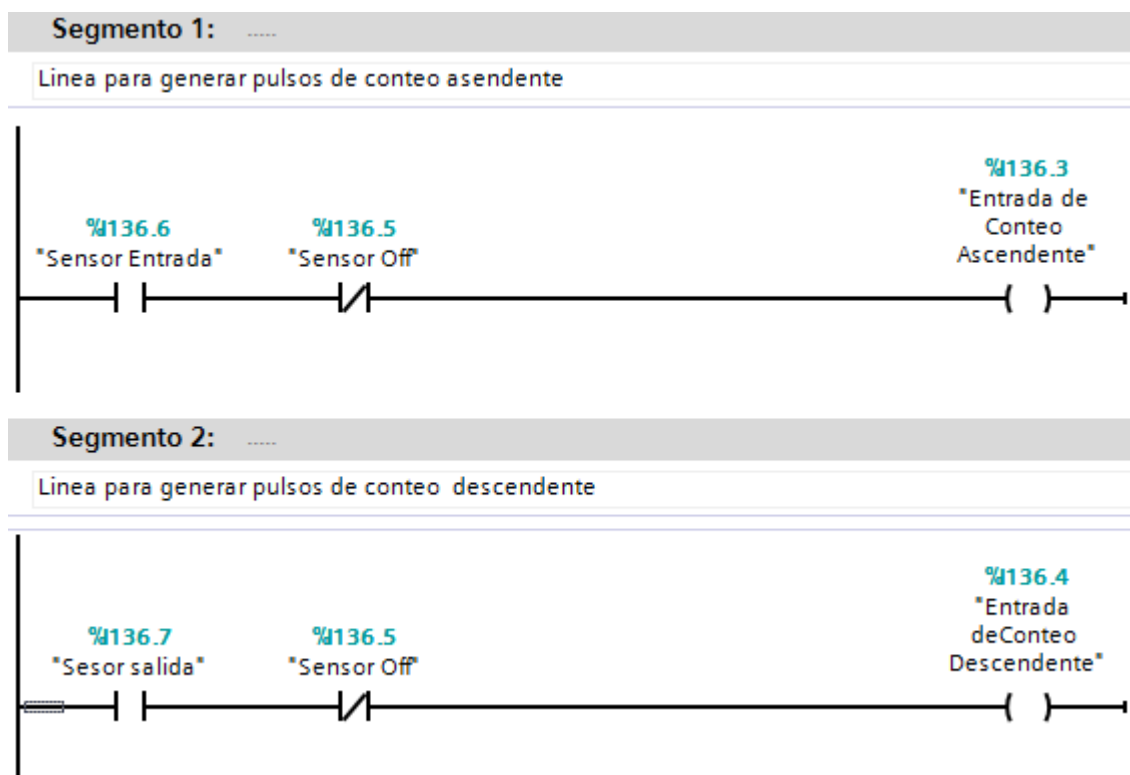


Figura 59. Líneas de generación de pulsos

En la Figura 59 cada vez que la entrada de conteo se activa el contador incrementa si se pulsa (I 136.6) y decrementa si se pulsa (I 136.7), el valor acumulado en uno.

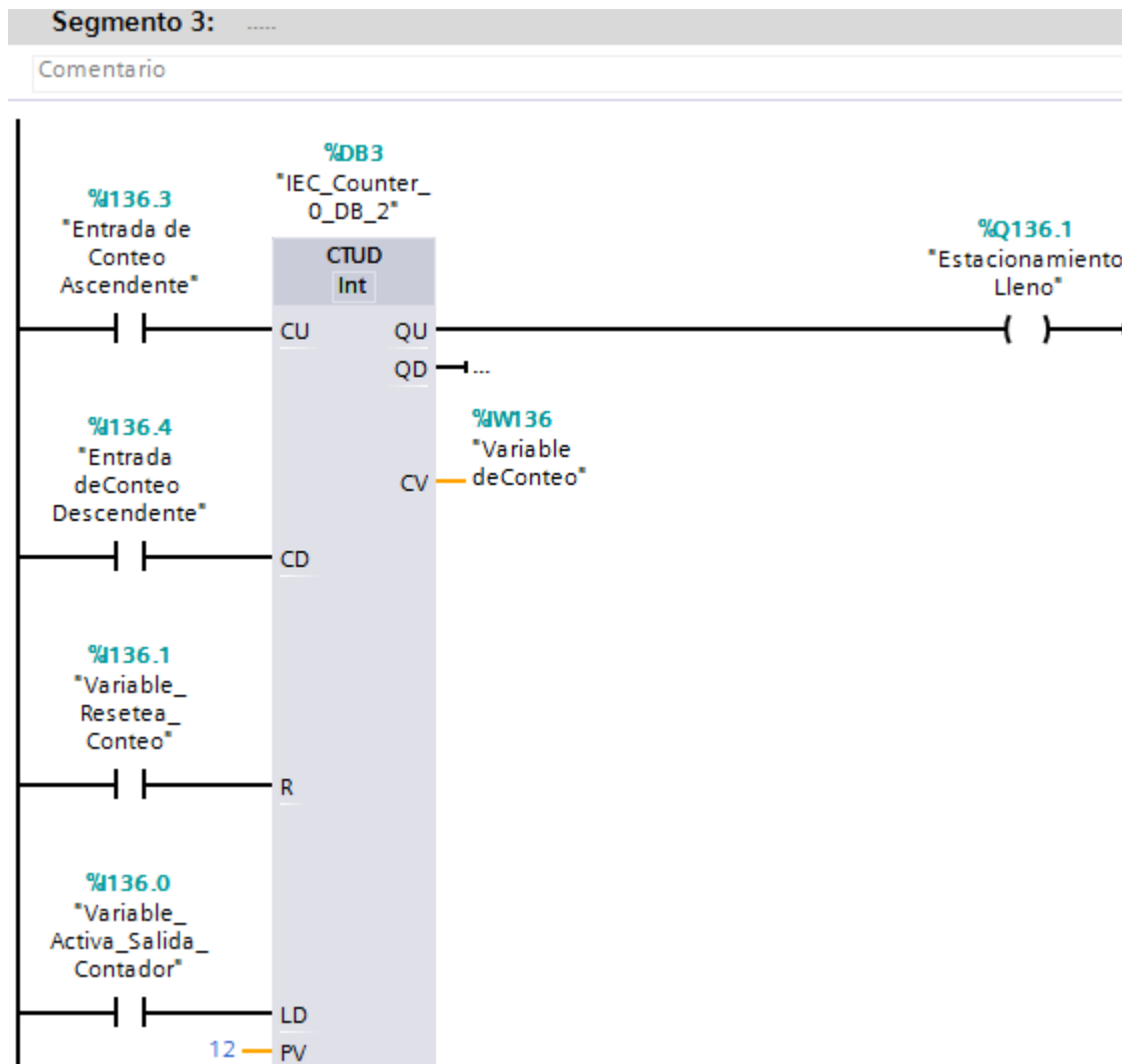


Figura 60. Uso de un Contador

En la Figura 60 cuando el valor acumulado (CV) iguala al valor preestablecido (PV) se activa la salida (Q 136.1) y cuando el operador presiona el botón de Reseteo (I136.1) el valor acumulado regresa a 0.

EJERCICIO A DESARROLLAR

Estacionamiento de vehículos

El dueño de un estacionamiento desea saber con cierta precisión la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en dicho lugar. Para ello instala dos sensores, uno en la entrada y otro en la salida.

La capacidad máxima del parqueadero es de diez autos. Se decide entonces establecer cinco categorías:

- 1) Vacío
- 2) De uno a tres autos
- 3) De cuatro a seis autos
- 4) De siete a nueve autos
- 5) Lleno

A cada una de las categorías se le asigna una salida del PLC, las cuales servirán para encender una luz en el tablero de control. Se pide que cuando el estacionamiento este lleno, la salida correspondiente parpadee en el tablero [40].

8.6 PRÁCTICA 6: TEMPORIZADORES (TIMERS)

INTRODUCCIÓN:

Los temporizadores son funciones de programación que permiten el control de acciones específicas en función del tiempo. Los “timers” son dispositivos que cuentan incrementos de tiempo. Se usan, por ejemplo, con los semáforos para controlar el lapso de tiempo entre cambios de señales.

Los temporizadores son variables de 16 Bits. En formato S5TIME, los 2 bits más significativos (15 y 14) son irrelevantes. Los dos siguientes (13 y 12) definen la base de tiempos, y los otros 12 (11 a 0) codifican en BCD el valor de tiempo.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el funcionamiento de los temporizadores en STEP 7 (TIA Portal V12) e implementarlos en sistemas de manufactura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar en el estudiante:

- La habilidad de identificar los componentes básicos de los temporizadores en PLC.
- La habilidad de establecer diferencias entre los temporizadores del PLC.
- La habilidad de aplicar los temporizadores a sistemas de manufactura.

METODOLOGÍA:

TP: Impulso

La instrucción "Impulso" permite activar la salida Q por un tiempo programado. La instrucción se inicia cuando el resultado lógico (RLO) de la entrada IN cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente). El tiempo programado PT empieza a contarse

al iniciar la instrucción. La salida Q se activa por el tiempo PT, independientemente de cómo evolucione la señal de entrada. La detección de un flanco nuevo de señal ascendente tampoco influye en el estado lógico de la salida Q mientras transcurra el tiempo PT.

El valor de tiempo actual se puede consultar en la salida ET. Este valor de tiempo empieza a partir de T#0s y termina al alcanzarse el valor del tiempo PT. Una vez alcanzado este tiempo PT y si el estado lógico de la entrada IN es "0", se desactiva la salida ET.

TON: Retardo al conectar

Con la instrucción "Retardo al conectar" se puede retardar la activación de la salida Q por el tiempo programado PT. La instrucción se inicia cuando el resultado lógico (RLO) de la entrada IN cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente). El tiempo programado PT empieza a contarse al iniciar la instrucción. Una vez transcurrido el tiempo PT, la salida Q devuelve el estado lógico "1". La salida Q permanece activada mientras la entrada de arranque esté puesta a "1". Cuando el estado lógico de la entrada de arranque cambia de "1" a "0", se desactiva la salida Q. La función de temporización se reinicia al detectarse un flanco de señal ascendente nuevo en la entrada de arranque.

El valor de tiempo actual se puede consultar en la salida ET. Este valor de tiempo empieza a partir de T#0s y termina al alcanzarse el valor del tiempo PT. La salida ET se desactiva en cuanto el estado lógico de la entrada IN cambia a "0".

TOF: Retardo al desconectar

Con la instrucción "Retardo al desconectar" se puede retardar la desactivación de la salida Q por el tiempo programado PT. La salida Q se activa cuando el resultado lógico (RLO) de la entrada IN cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente). Cuando el estado lógico de la entrada IN cambia nuevamente a "0", el tiempo programado PT deja de contar. La salida Q permanece activada mientras transcurre

el tiempo PT. Una vez transcurrido el tiempo PT se desactiva la salida Q. Si el estado lógico de la entrada IN cambia a "1" antes de que transcurra el tiempo PT, se inicializa el temporizador. El estado lógico de la salida Q permanece a "1".

El valor de tiempo actual se puede consultar en la salida ET. El valor de tiempo actual empieza a partir de T#0s y termina al alcanzarse el valor del tiempo PT. Una vez transcurrido el tiempo PT, el valor actual de la salida ET se conserva hasta que la entrada IN cambie nuevamente a "1". Si el estado lógico de la entrada IN cambia a "1" antes de transcurrir el tiempo PT, la salida ET adopta el valor T#0s.

EJERCICIO EJEMPLO

Control de arranque de motores

Se requiere arrancar 3 motores en secuencia, de tal forma que; al oprimir el botón de arranque, se pretende el Motor1, 10 segundos después se prende el Motor2, 15 segundos después prende el motor 3. Al oprimir el botón de paro los 3 motores se apagan simultáneamente. La Figura 61 muestra el control de arranque secuencial para los tres motores.

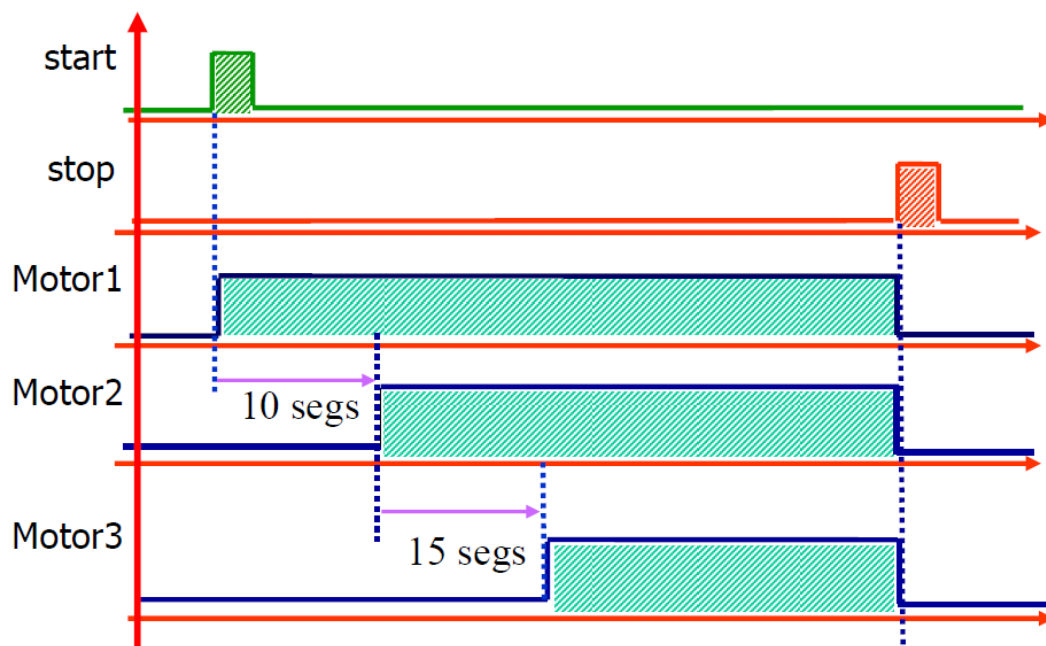


Figura 61. Control de arranque de motores [41].

Figura 62 muestra el diagrama de escalera para el control del Motor1

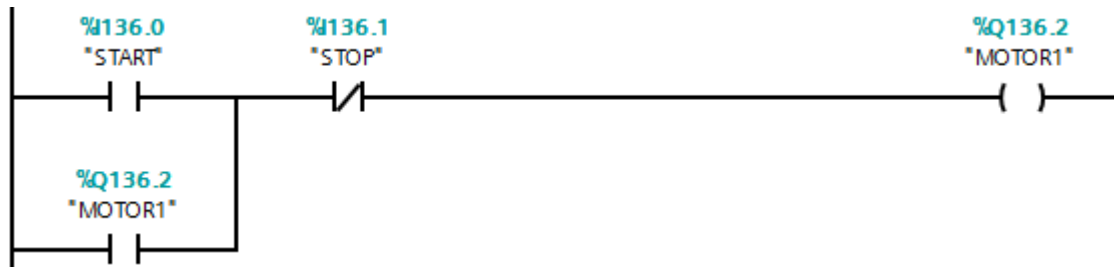


Figura 62. Segmento 1 Control de arranque del motor 1

La Figura 63 muestra el diagrama de escalera para el control del Motor2, donde se utiliza un temporizador de retardo a la conexión (TON) programado en 10 segundos para arrancar el Motor2.

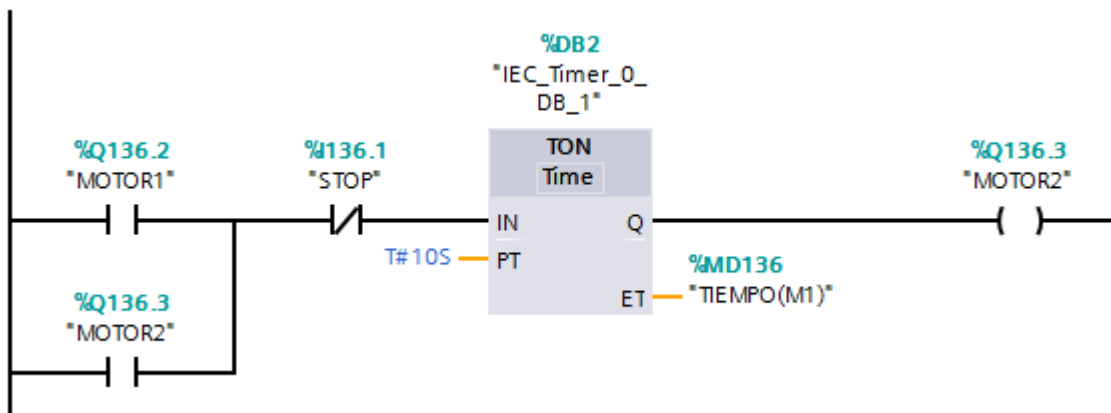


Figura 63. Segmento 2 Control de arranque del motor 2

La Figura 64 muestra el diagrama de escalera para el control del Motor3, donde se utiliza un temporizador de retardo a la conexión (TON) programado en 15 segundos para arrancar el Motor2.

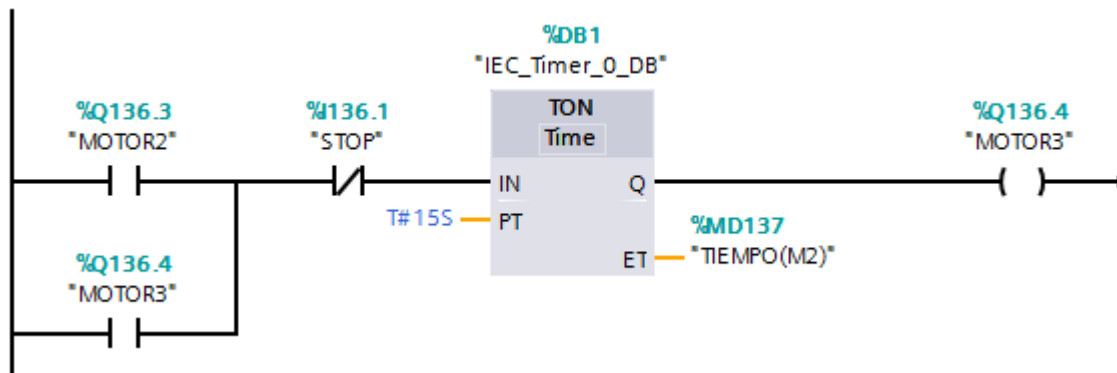


Figura 64. Segmento 3 Control de arranque del motor 3

EJERCICIOS A DESARROLLAR

Mezclado de químicos

Se desea llenar un tanque con dos químicos, los cuales se mezclan y drenan cuando se oprime el botón de arranque (start) de la entrada 0 enciende la Bomba1. Después de 5 segundos la cantidad apropiada del químico1 ya ha sido bombeada, y la bomba se apaga. Entonces la Bomba2, debe encenderse por 3 segundos, agregando el químico 2 al tanque. Entonces arranca el motor de mezclado, la mezcla los dos químicos dura 60 segundos. Después la válvula y bomba de drenado se encienden por 8 segundos vaciando el tanque. Se tiene un interruptor de paro en la entrada 1 que debe detener todos los dispositivos al accionarse por un operador (Figura 65) [41]:

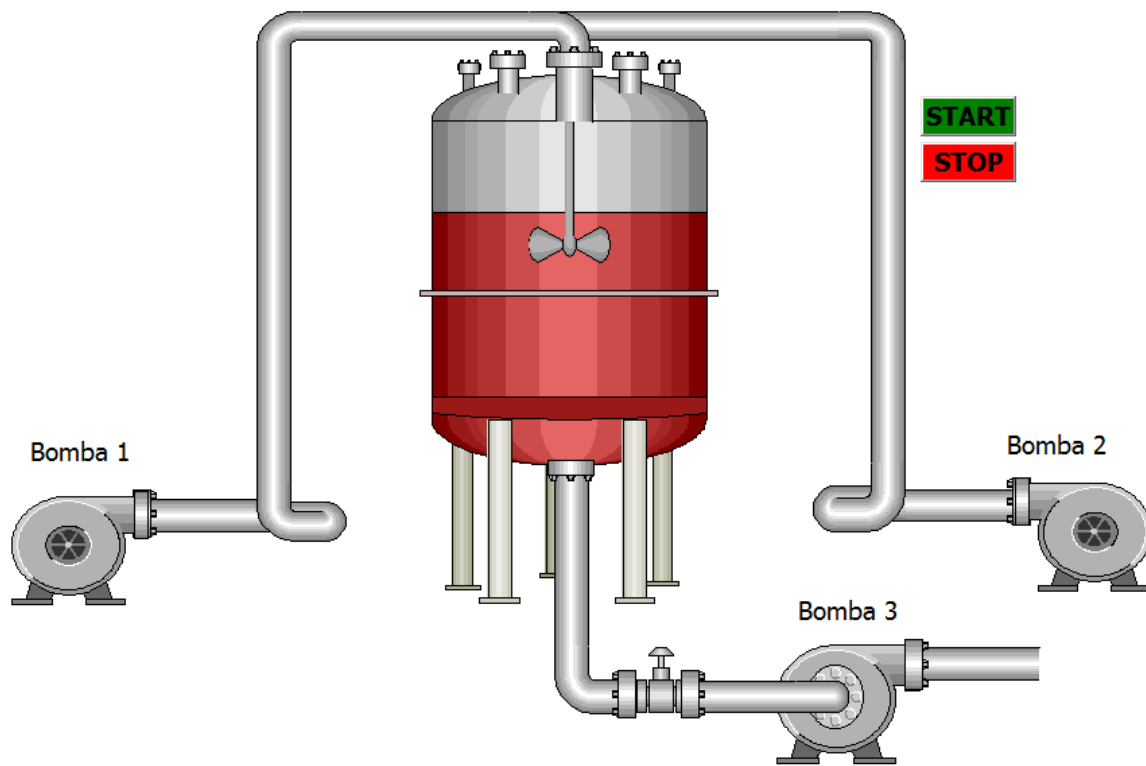


Figura 65. Mezclado de químicos

Alimentador de maderas

En la Figura 66 se ilustra un alimentador de maderas en un aserradero; este alimentador consta de un motor trifásico que es reversible, este es acoplado por medio de un reductor de velocidad a un tornillo, que al girar convierte el movimiento circular en lineal; al final del tornillo hay una mesa que lleva la madera hasta la sierra; en el otro extremo se encuentra un depósito donde se acomodan todas las maderas que se van a cortar. El alimentador debe funcionar de la siguiente manera: un operario acomoda las maderas, él debe oprimir un botón de inicio para que la madera sea empujada hasta el alimentador, hasta cuando llegue a un punto específico, entonces el motor se detendrá, se esperara un momento a que la velocidad llegue a cero y luego se debe invertir el sentido de giro, esto se debe

mantener hasta que se detecte que ha llegado al extremo, entonces se debe esperar a que se vuelva a pulsar el botón de arranque para cortar la otra madera. Tenga en cuenta que el sistema debe contar con una parada de emergencia.

Teniendo en cuenta el enunciado del ejercicio, el sistema de control quedaría configurado para que el operario acomode las maderas y luego él deberá oprimir un pulsador 1PB que inicia el proceso; la madera debe ser empujada hasta el alimentador, cuando se oprima el final de carrera 1FC el motor se debe detener, se espera un momento a que la velocidad llegue a cero y luego se debe invertir el sentido de giro, esto se debe mantener hasta que se oprima el final de carrera 2FC y se debe esperar a que se vuelva a pulsar 1PB para cortar la otra madera. Se ha provisto de un pulsador 3PB como parada de emergencia [40].

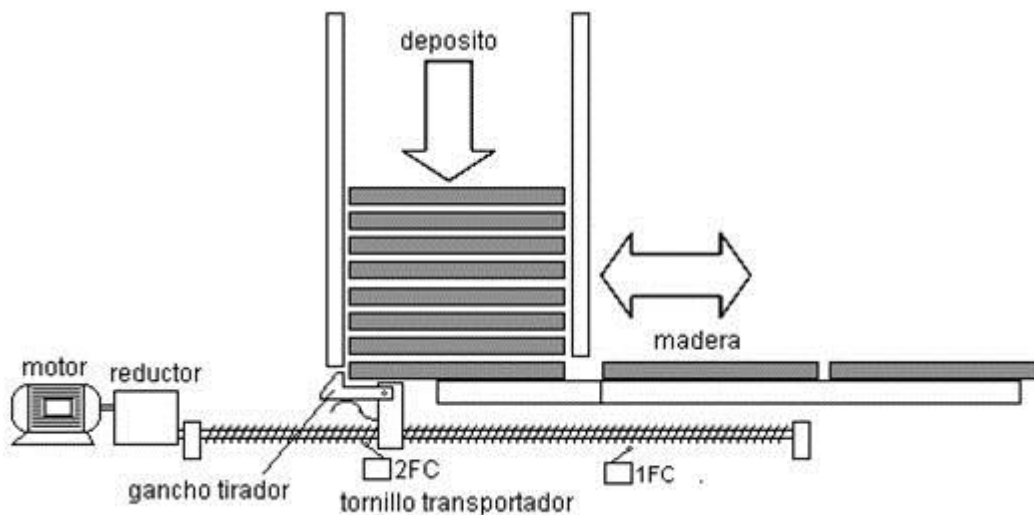


Figura 66. Alimentador de maderas

8.7 PRACTICA 7. Interfaz Hombre Maquina (HMI)

INTRODUCCIÓN:

Dado que los procesos son cada vez más complejos y los requisitos de funcionalidad de las máquinas e instalaciones cada vez más exigentes, el operador precisa una herramienta potente para controlar y vigilar las plantas de producción. Un sistema HMI (Human Machine Interface) ejerce de interfaz entre la persona (el operador) y el proceso (la máquina/instalación). Quien realmente controla el proceso es el controlador. Por consiguiente, se emplea una interfaz entre el operador y WinCC (en el panel de mando) y otra interfaz entre WinCC y el controlador. WinCC es el software que permite realizar todas las tareas de configuración necesarias. WinCC Runtime es el software para la visualización de procesos. En runtime el proyecto se ejecuta en el modo Proceso.

OBJETIVO GENERAL

Aprender a configurar la visualización de procesos de un panel a través de WinCC en combinación con SIMATIC S7-300 y SIMATIC S7-1500

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar en el estudiante:

- La habilidad de configurar los componentes básicos (botones, lámparas indicadoras y otros elementos) para el modelado de sistemas de manufactura.
- Lograr que el estudiante diseñe, modele y visualice el comportamiento dinámico aplicando a sistemas de manufactura.

METODOLOGÍA

SIMATIC WinCC es el sistema de Supervisión,Control y Adquisición de Datos (SCADA) acrónimo de Supervisory Control And Data Adquisition y la interfaz hombre-máquina (HMI) del sistema de Siemens . Los sistemas SCADA se utilizan para monitorear y controlar los procesos físicos involucrados en la industria y la infraestructura a gran escala y en largas distancias. SIMATIC WinCC se puede utilizar en combinación con Siemens PCS 7 y Teleperm sistemas de control; Está escrito para el sistema operativo Microsoft Windows.

WinCC permite crear imágenes para controlar y supervisar máquinas e instalaciones. Para crear imágenes se dispone de objetos predefinidos para reproducir la instalación, visualizar los distintos procesos y preseleccionar valores de proceso.

Human Machine Interface (HMI)

El sistema Human Machine Interface (HMI) constituye la interfaz entre el usuario y el proceso. El desarrollo del proceso lo controla con un PLC. Por medio de un panel de operador el usuario tiene la posibilidad de observar el proceso o de intervenir en él.

Para manejar y observar máquinas e instalaciones existen las posibilidades siguientes, entre otras: ver Figura 67

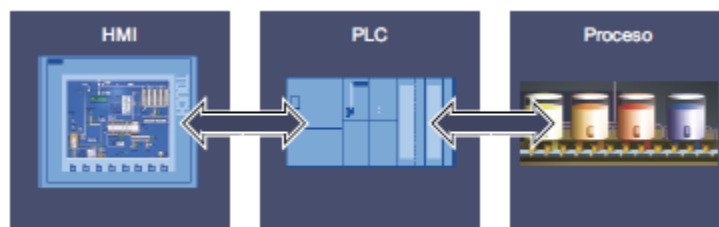


Figura 67. Sistema Human Machine Interface (HMI), PLC y Proceso

Visualizar procesos

Manejar procesos

Emitir avisos

Administrar parámetros de proceso y recetas

Requisitos: Hardware y software necesarios

Para trabajar adecuadamente con este módulo se requieren los siguientes conocimientos:

- ✓ Conocimientos del manejo de Windows
- ✓ Fundamentos de la programación de PLC con TIA Portal
- ✓ Bloques para SIMATIC S7-300
- ✓ Bloques de temporizador y contador para SIMATIC S7-300

1. PC Windows XP Professional SP3, Windows 7 Professional/Enterprise/Ultimate SP 1, Procesador Core i5, 2,4 GHz, RAM 3 GB, Resolución de pantalla 1280 x1024 pixeles.
2. Software STEP 7 Basic V12 SP2 (Totally Integrated Automation (TIA) Portal V12)
3. Conexión Ethernet entre PC y CPU 314 y Panel
4. PLC SIMATIC S7-300,
5. Panel SIMATIC KTP600 Basic Color PN [42]

EJERCICIO EJEMPLO

Práctica HMI

1. Configurar dispositivo CPU 314C-2 PN/DP

Tabla de variables estándar → Crear las variables; ver la Tabla 12

Tabla 12. Variables Estándar

Tabla de variables estándar						
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
1	Start	Bool	%I136.0		☒	☒
2	Stop	Bool	%I136.1		☒	☒
3	Motor	Bool	%Q136.0		☒	☒
4	Iniciar	Bool	%M136.0		☒	☒
5	Parar	Bool	%M136.1		☒	☒
6	Nivel(1)	Real	%ID140		☒	☒

2. Bloques de programa → Main [OB1] Crear el segmento; ver la Figura 68

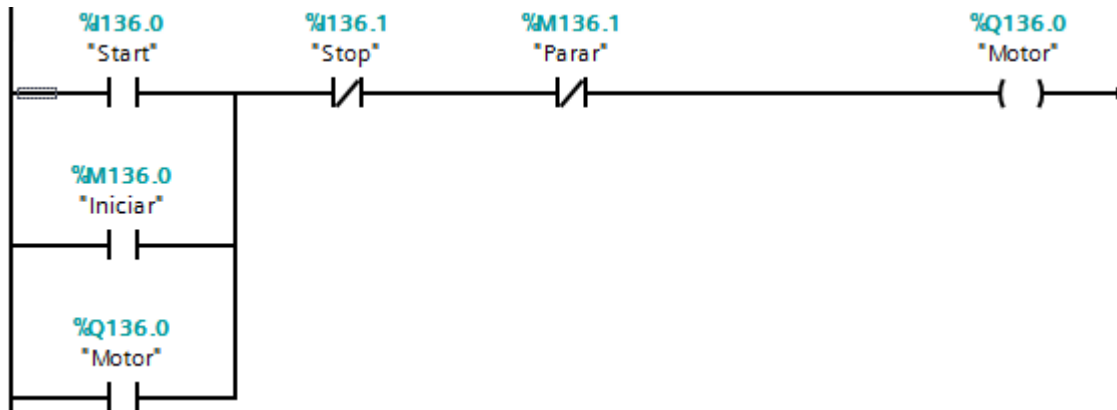


Figura 68. Bloque de programa

- Online, Simulación → Iniciar → Cargar/MPI; Run; ver la Figura 69

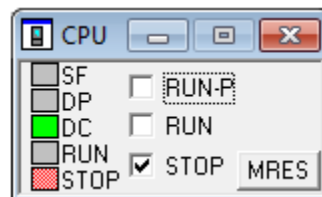
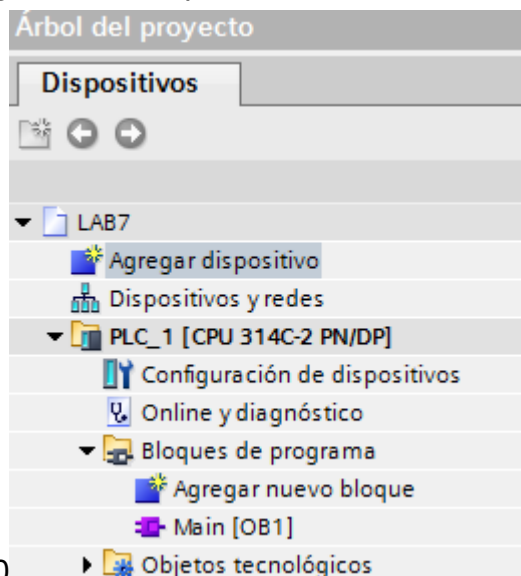


Figura 69. Simulador S7-PLCSIM Simatic

3. Agregar nuevo dispositivo HMI ; ver la



4. Figura 70

Figura 70. Arbol de proyecto

HMI → SIMATIC Comfort Panel → TP 1200 comfort; ver la
Figura 71

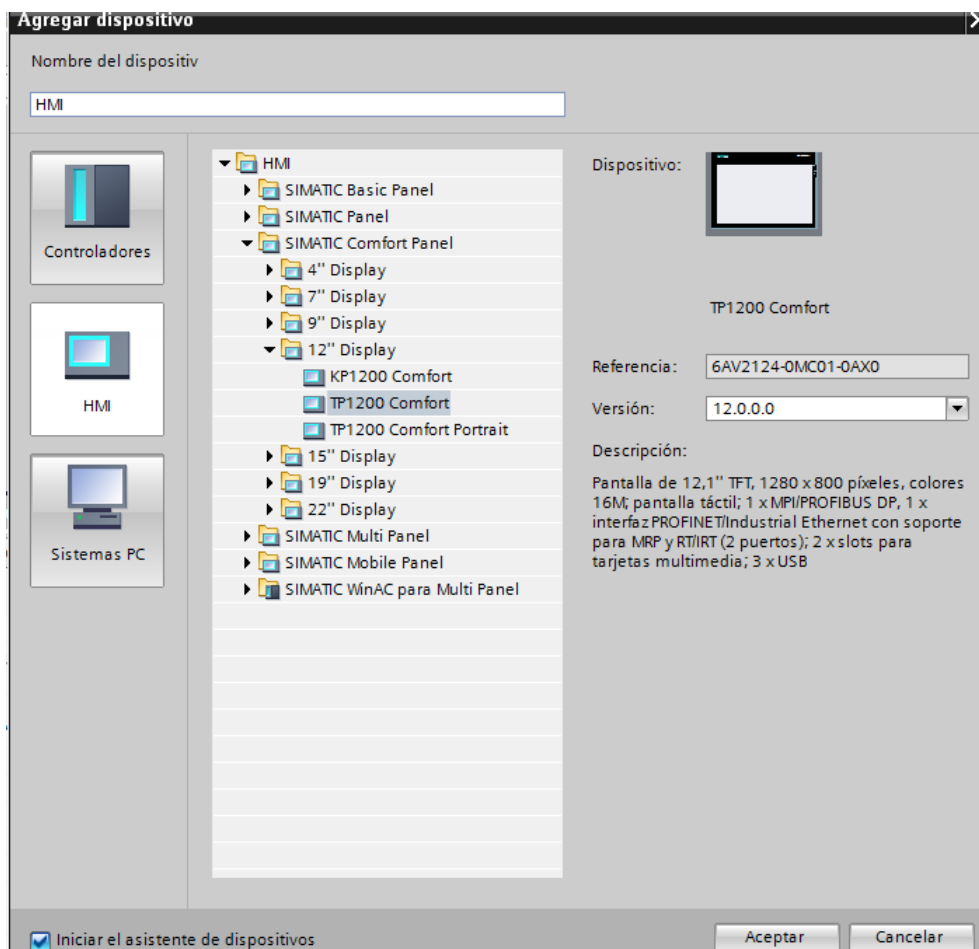


Figura 71. Lista de dispositivos

HMI TP 1200 comfort → Imagen raíz; ver la

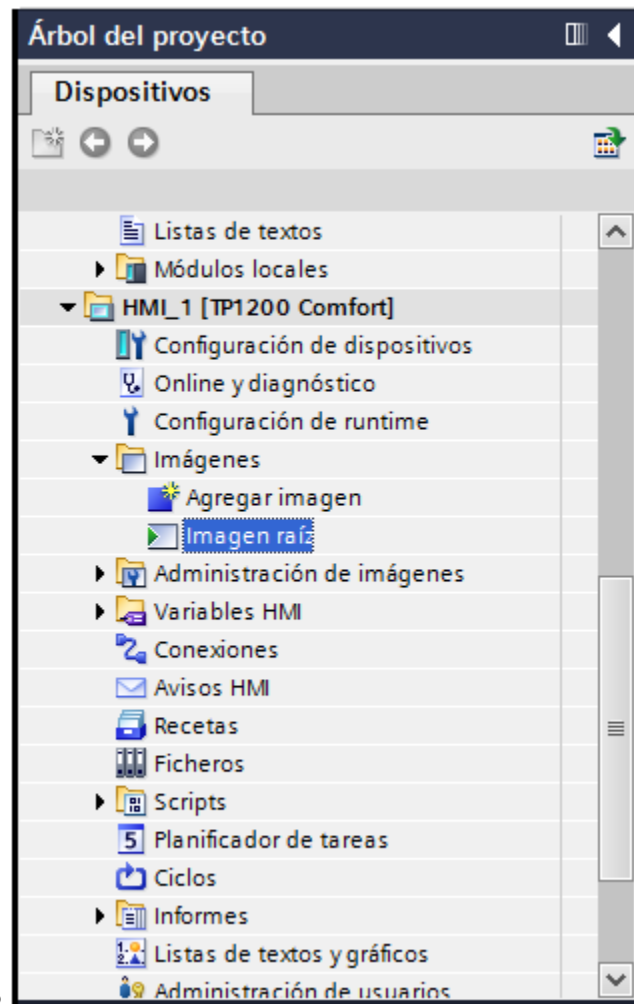


Figura 72

Figura 72. Agregar imagen raíz

5. Imagen raíz es el área de trabajo donde se crea la interfaz HMI ;
ver la Figura 73

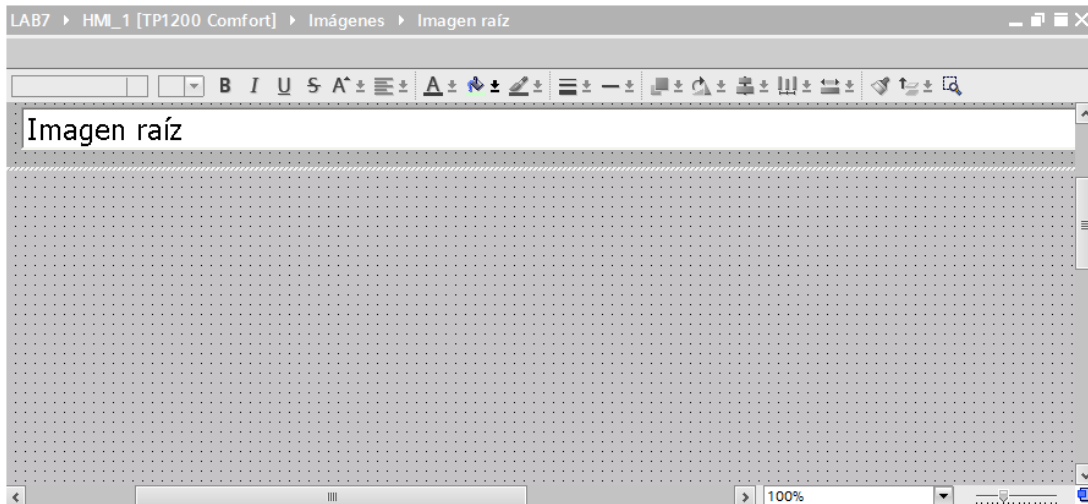


Figura 73. Espacio de trabajo SIMATIC WinCC

6. Para el uso de las Herramientas hacer clic izquierdo en la herramienta que se desea y mediante arrastrar y soltar la situamos en el área de trabajo donde se puede ajustar su tamaño; ver la Figura 74.

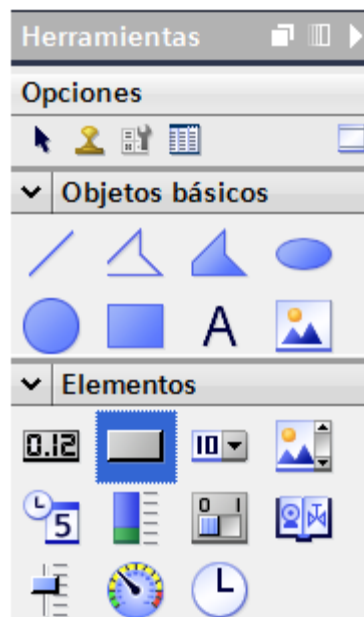


Figura 74. Elementos básicos de WinCC

7. Configuración de botones

Para que el botón encienda un motor el cual se indica a través de una lámpara en la ficha Propiedades → eventos → Pulsar → Procesamiento por bits → Activar Bit; ver la Figura 75

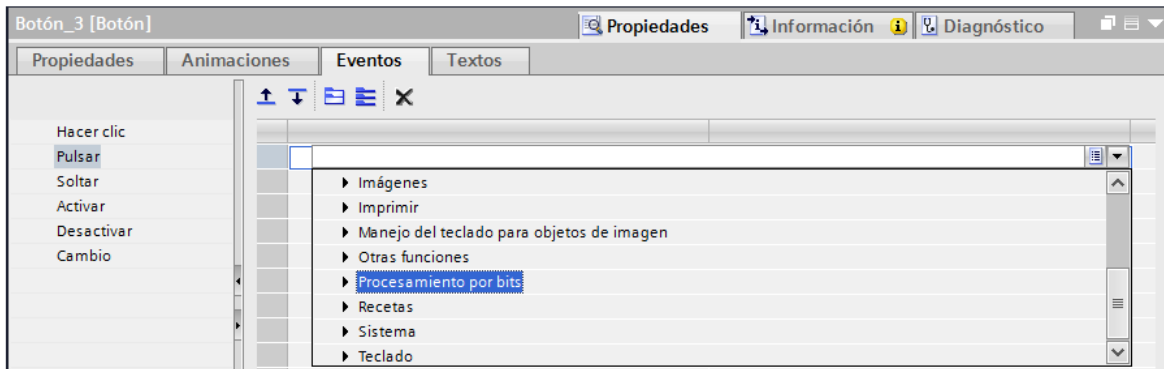


Figura 75. Crear un evento a botón

En la ficha variable... → ; ver Figura 76

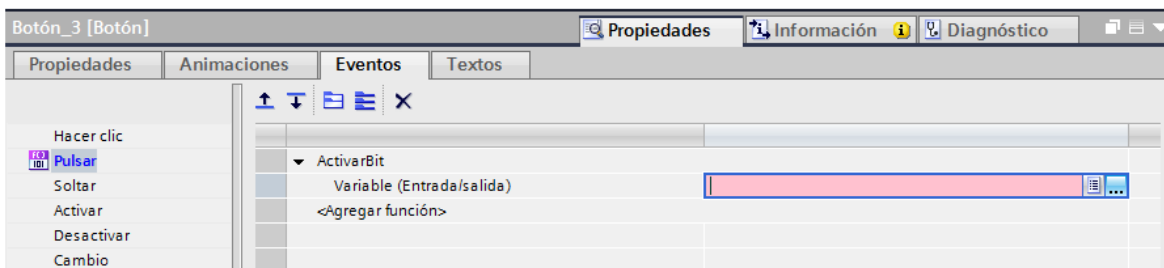


Figura 76. Asignar variable a botón

Variables del PLC Escoger la variable Iniciar → aceptar; ver la Figura 77 En Eventos tomar la opción Soltar → Procesamiento por bits → Desactivar Bit

En la ficha variable... → Variables del PLC Escoger la variable Iniciar → aceptar Repetir el mismo proceso para el botón Stop solo se debe tener en cuenta que la variable que lo relaciona es la variable Parar.

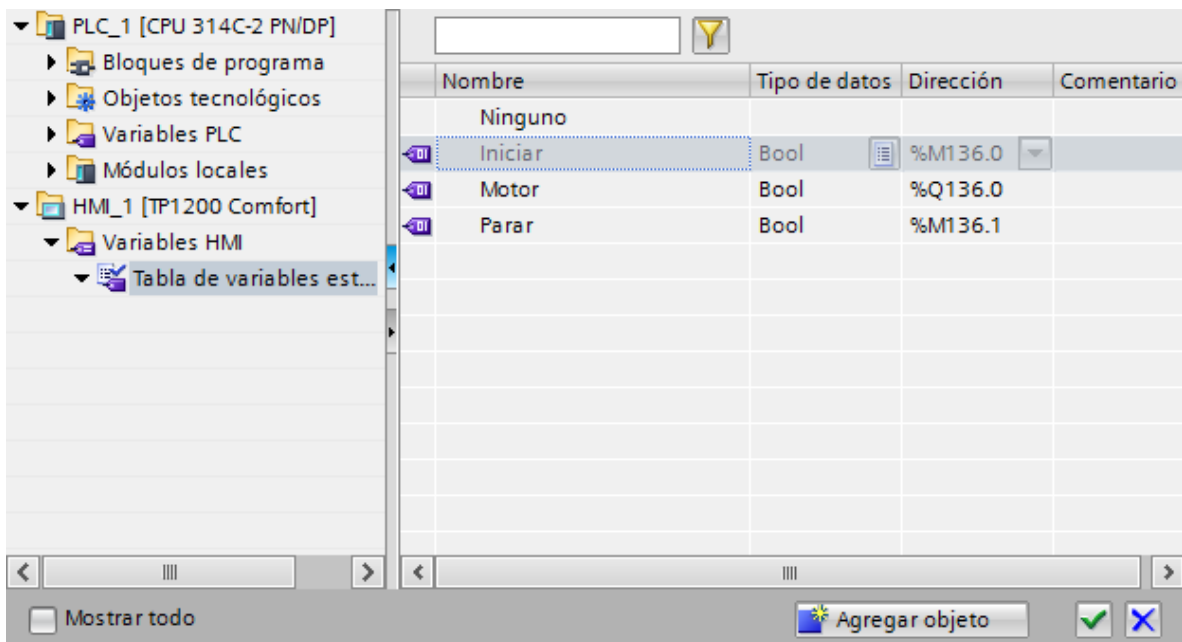


Figura 77. Tabla de variables HMI

8. Configuración lámpara indicadora

Para la lámpara indicadora hacemos uso de un círculo

Propiedades → Animaciones → Apariencia en la ficha variable escogemos la viable Motor; ver la Figura 78

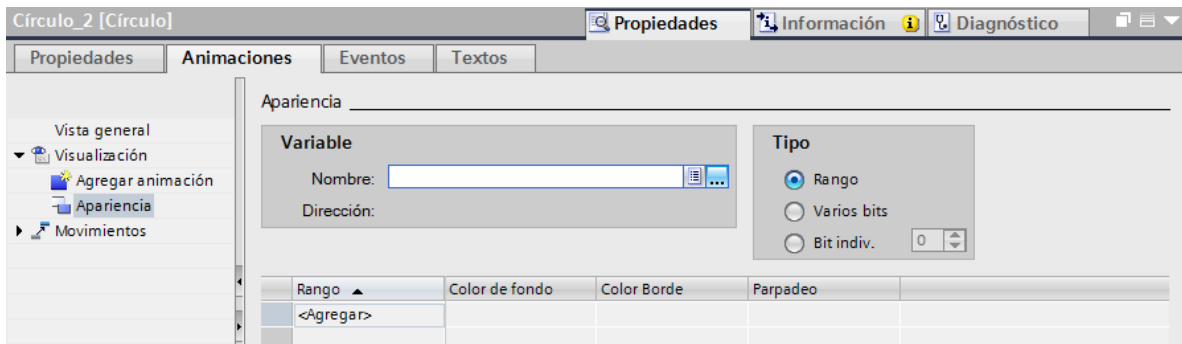


Figura 78. Animación lámpara indicadora

En rango se escoge el color de visualización, para 0 seleccione el color blanco

Para 1 seleccione el color amarillo; ver la Figura 79

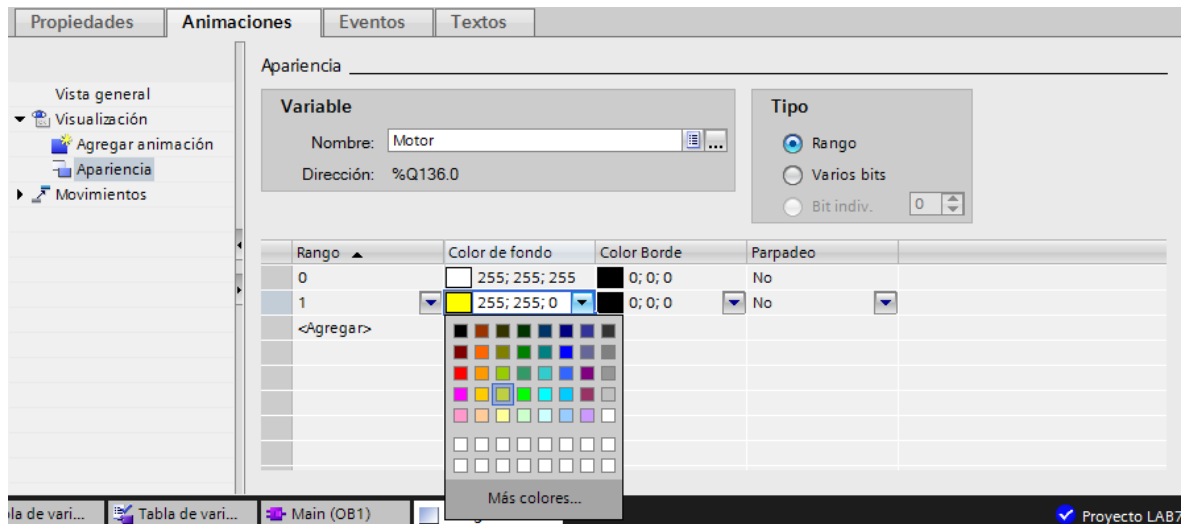


Figura 79. Color de visualización lámpara indicadora

9. Grafica de depósito

En elementos situarse el icono del recuadro azul y arrastrar al área de trabajo; ver la Figura 80.

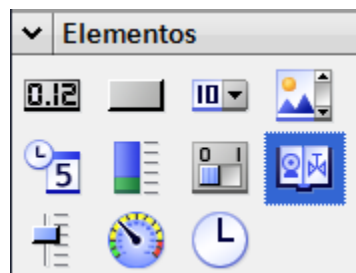


Figura 80. Elementos básicos insertar depósito

Para cambiar la imagen Propiedades → Propiedades→ General → Depósitos buscar el depósito junto con su soporte y ajustar el tamaño; ver la Figura 81

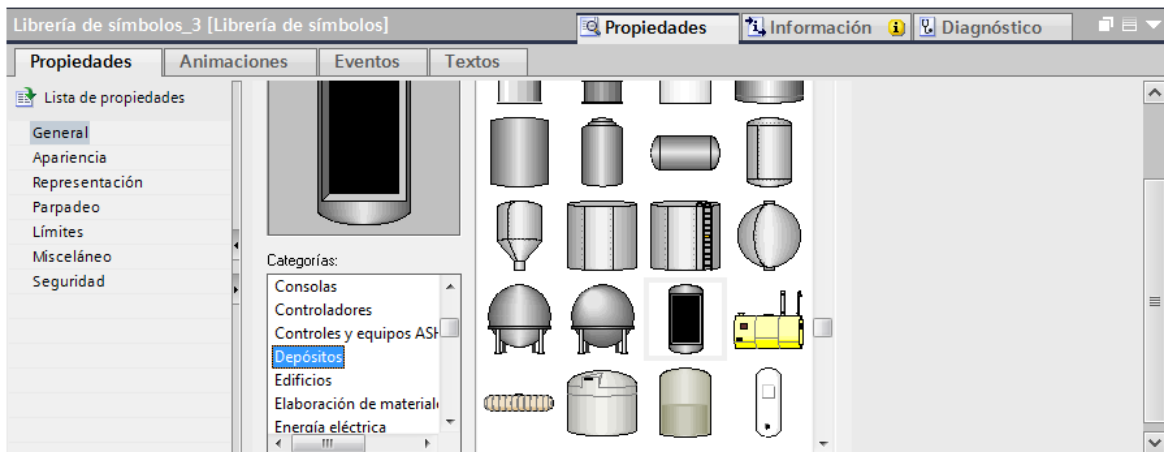


Figura 81. Librería de depósitos disponibles en WinCC

10. Elemento Barra; ver la Figura 82.

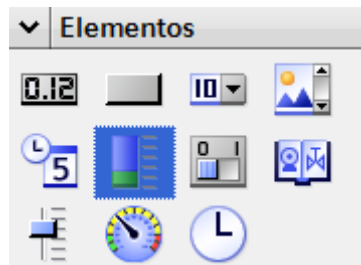


Figura 82. Elemento barra

Propiedades → General

En la ficha variable... → Variables del PLC Escoger la variable Nivel (1) → aceptar

Se debe ajustar el rango de nivel máximo 100 y mínimo 0; ver la

Figura 83

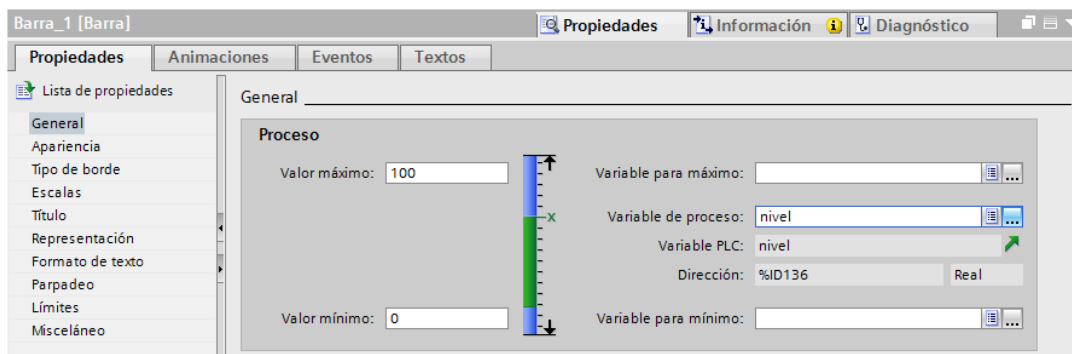


Figura 83. Cofiguración elemento barra

11. Elemento campo de Entrada/Salida; ver la Figura 84

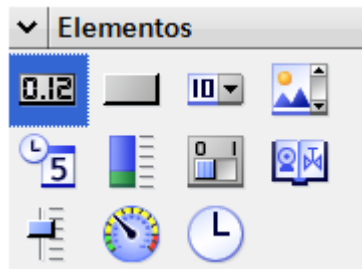


Figura 84. Elemento campo de Entrada/Salida

Propiedades→ General

En la ficha variable... → Variables del PLC Escoger la variable Nivel (1) → aceptar; ver la Figura 85.

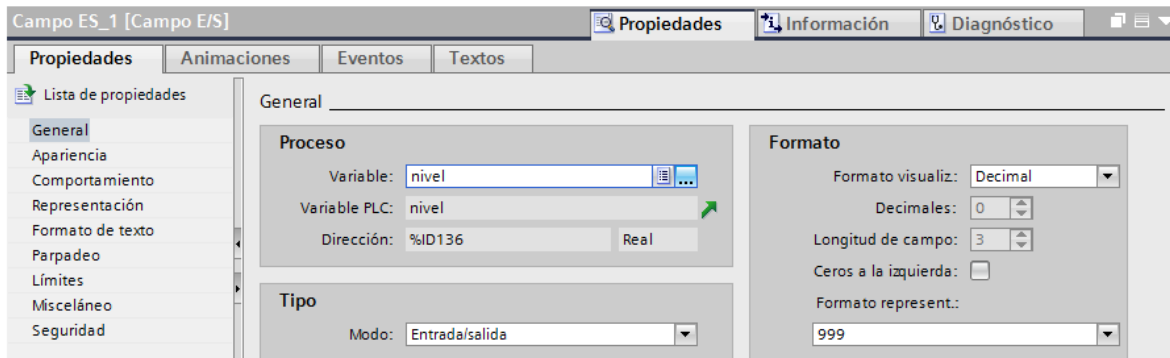


Figura 85. Configuración Elemento campo de Entrada/Salida

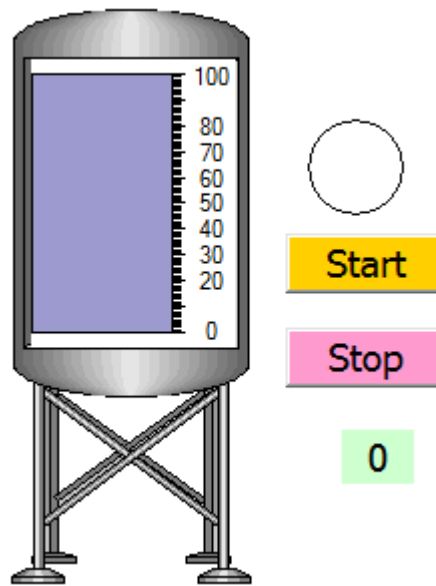


Figura 86. Esquema depósito HMI

En la Figura 86. Esquema depósito HMI se muestra elementos básicos para comenzar a realizar el diseño de un Sistema de Control de un Proceso Industrial a través de una interfaz hombre máquina.

EJERCICIOS A DESARROLLAR

Controlar una cinta transportadora

La Figura 87 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 (start) y S2 para PARO (stop). 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 extremos. Asimismo, el sensor S5 detiene la cinta cuando un paquete alcanza el final de la cinta [35].

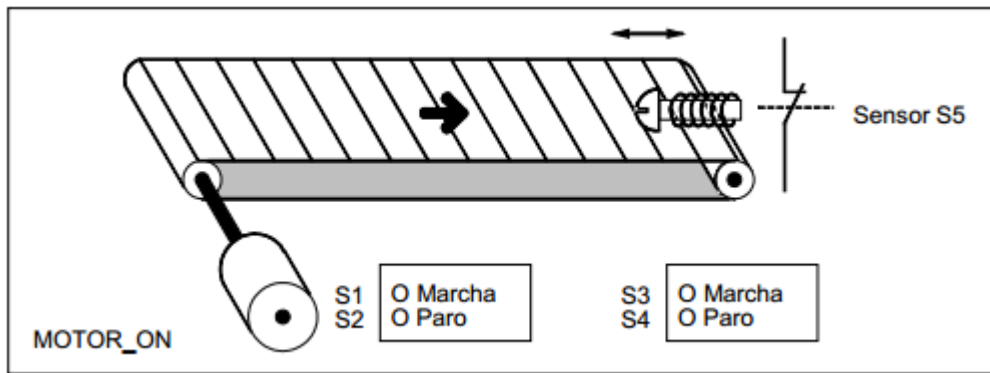


Figura 87. Cinta transportadora

En una imagen HMI se debe Crear los botones e indicar cuando el motor esta encendido.

Control de nivel del tanque de agua para apagar incendios

Se debe controlar el nivel de agua del estanque principal, que se utiliza en caso de incendios. Este control se lleva a cabo con dos pozos (pozo 1 y pozo 2) y dos bombas. Tanto los pozos como el estanque poseen sensores de nivel, que gobiernan las bombas apagándolas y encendiéndolas (Figura 88) [20].

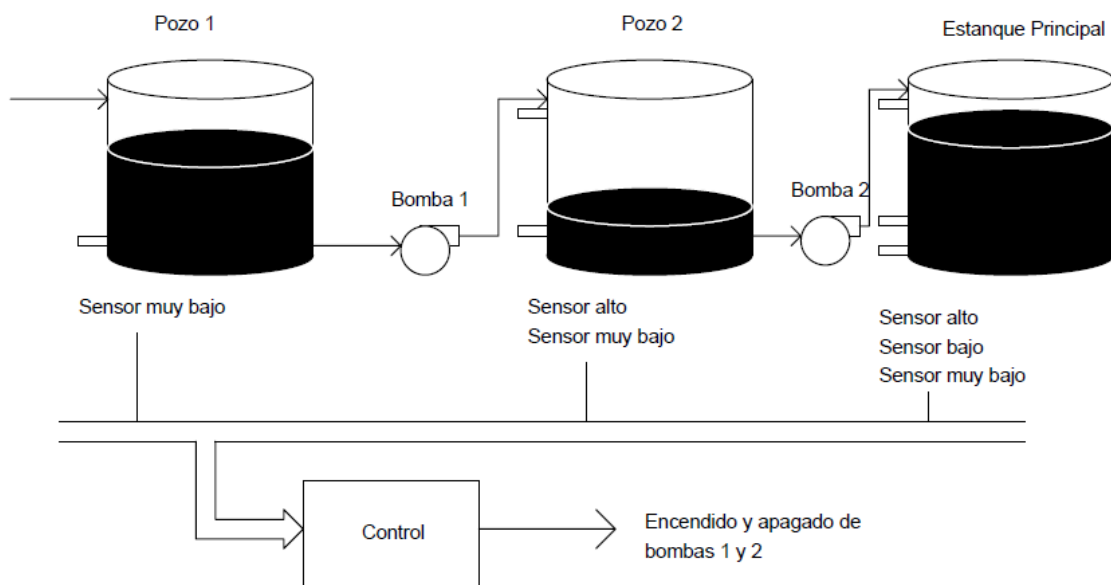


Figura 88. Diagrama del llenado de tanques de agua para incendios

En una imagen HMI se debe Crear los botones e indicar cuando cada bomba está encendida, e indicar el estado de cada sensor.

9 CONCLUSIONES

Con este proyecto se pone a disposición a la EIME y la comunidad universitaria de un banco de pruebas para PLCs el cual va a ser usado en el curso Automatización de sistemas de manufactura código 780111M; proporcionando un ambiente de aprendizaje a través de experimentos prácticos y reforzar la comprensión de conceptos abstractos a través de la validación experimental.

El diseño e implementación del módulo didáctico para modelar, simular, configurar, visualizar procesos de control, utilizando PLCs y software de interfaz HMI fortalecerá los conocimientos de los estudiantes de la EIME en áreas de Control y Automatización de sistemas de manufactura; Ayudará al incremento y mejoramiento de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle contribuyendo en la formación de profesionales altamente capacitados en diferentes áreas para fomentar el desarrollo tecnológico en la región y el país.

Las guías de laboratorio se plantearon en un orden ascendente de complejidad utilizando un abordaje pedagógico de aprendizaje por proyectos. De esta forma, se involucra al estudiante inicialmente en el conocimiento básico de una temática específica y posteriormente se le hace partícipe el uso de lo aprendido en planteamiento de soluciones a problemas prácticos. De esta forma, específicamente, se plantean los siguientes beneficios en el abordaje presentado:

- Preparar a los futuros ingenieros mecánicos para el mundo laboral.
- Hacer la conexión entre el aprendizaje en la universidad y la realidad.
- Ofrecer oportunidades de colaboración para construir conocimiento.
- Facilitar a los estudiantes una forma práctica de aprender a usar la tecnología.

10 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- Este proyecto está enmarcado en el mejoramiento de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería mecánica, debido a esto se recomienda la construcción de varios módulos, para así hacer la mejora de los laboratorios del EIME.
- Es recomendable diseñar e implementar diferentes módulos aplicativos que toquen temas de diferentes áreas de la mecánica, tales como, control de velocidad en ejes, control de posición, entre otros.
- Se recomienda tener las precauciones pertinentes al sistema eléctrico, ya que el mal uso del mal uso de la mesa puede provocar accidentes. Para esto se debe hacer una correcta demarcación de las áreas de trabajo.
- Se recomienda instalar un ventilador para ayudar a disipar el calor generado por la fuente de poder y los demás elementos.
- Se recomienda instalar un dispositivo de desconexión de emergencia ubicado en un lugar en el cual el operador pueda acceder fácilmente.
- El Banco debería ser ubicado lejos de equipos que generen excesiva interferencia electromagnética (EMI) o interferencia de radio frecuencia (RFI). Ejemplos de tales equipos incluyen: máquinas de soldar, equipos de calentamiento por inducción y grandes arrancadores de motores.
- Se recomienda la elaboración de otros proyectos de grado donde se construyan módulos de sistemas de manufactura.

11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Y. Wang, Y. Yu, C. Xie, H. Wang, and X. Feng, "Mechatronics education at CDHAW of Tongji University: Laboratory guidelines, framework, implementations and improvements," 2009.
- [2] H. Bassily, R. Sekhon, D. E. Butts, and J. Wagner, "A mechatronics educational laboratory – Programmable logic controllers and material handling experiments," *Mechatronics*, vol. 17, no. 9, pp. 480–488, 2007.
- [3] I. C. Ume, A. Kita, S. Liu, and S. Skinner, "Graduate Mechatronics course in the school of mechanical engineering at Georgia Tech," *Mechatronics*, vol. 12, no. 2, pp. 323–335, 2002.
- [4] V. Giurgiutiu, J. Lyons, D. Rocheleau, and W. Liu, "Mechatronics/microcontroller education for mechanical engineering students at the University of South Carolina," *Mechatronics*, vol. 15, no. 9, pp. 1025–1036, 2005.
- [5] T. Hsu, "Development of an undergraduate curriculum in mechatronics systems engineering," *J. Eng. Educ.*, 1999.
- [6] J. E. Carryer, "The design of laboratory experiments and projects for mechatronics courses," *Mechatronics*, vol. 5, no. 7, pp. 787–797, 1995.
- [7] L. D. Feisel and A. J. Rosa, "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education," *J. Eng. Educ.*, vol. 94, no. 1, pp. 121–130, Jan. 2005.
- [8] P. L. Dobrzanski, J. Świder, G. Wszolek, and W. Carvalho, "Programmable controller designed for electro-pneumatic systems," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 164, pp. 1459–1465, 2005.
- [9] M. A. Laughton, D. J. Warne, and E. A. Parr, "Programmable Controllers," in *Electrical Engineer's Reference Book*, 2003, pp. 1–52.
- [10] W. Bolton, "Programmable Logic Controllers," in *Programmable Logic Controllers*, 2009, pp. 1–19.
- [11] C. Petri and W. Reisig, "Petri net," *Scholarpedia*, vol. 3, no. 4, p. 6477, Apr. 2008.
- [12] M. Zhou and F. Di-C, "Petri net synthesis for discrete event control of manufacturing systems," 1993.

- [13] J. Jackman, R. Linn, and D. Hyde, "Petri net modelling of relay ladder logic," *J. Des. ...*, 1995.
- [14] J.-I. Tsai and C.-C. Teng, "Constructing an abstract model for ladder diagram diagnosis using Petri nets," *Asian J. Control*, vol. 12, no. 3, pp. 309–322, Apr. 2010.
- [15] F. Santiago and J. de la F. Martín, "Ergonomía y salud," 2008.
- [16] Fox Santos, "Ergonomia73 Unidad I." [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/ergonomia73foxsantos/home/unidad-i>. [Accessed: 12-Mar-2015].
- [17] J. Melo, "Ergonomía Práctica: Guía para la evaluación ergonómica de un puesto de trabajo," *Buenos Aires, Argentina Fund. Mapfre*, 2009.
- [18] W. Laurig and J. Vedder, "Definición y campo de actividad," *29783.info*.
- [19] Loaiza Alberto, "Diseño y Construcción de Un Banco de Pruebas Para El Curso Principios de Mecatronica." .
- [20] D. Mery, "Controladores lógicos programables." .
- [21] InfoPLC, "AUTOMATIZACIÓN CON PLCs." [Online]. Available: http://www.infopl.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_1_Intro_Automatas.pdf. [Accessed: 06-Mar-2015].
- [22] "SIMATIC S7-300 CPU 31xC y CPU 31x: Configuración." [Online]. Available: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7300-CONFIGURACION.PDF>. [Accessed: 11-Mar-2015].
- [23] "Hongfa Relay." [Online]. Available: http://www.hongfa.com/pro/14FF-1Z-C2_en.html. [Accessed: 12-Mar-2015].
- [24] Quintero Christian G y Oñate López José, *Control automático aplicado. Prácticas de laboratorio*. Universidad del Norte.
- [25] "Automatización de Procesos Industriales Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática Ingeniería en Organización Industrial ." [Online]. Available: <http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17270/P3.pdf>. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [26] C. Raimúndez, "Redes de Petri Introducción (Informal)." [Online]. Available: <http://cesareo.webs.uvigo.es/RdPetri.pdf>. [Accessed: 08-Apr-2015].

- [27] M. Zhou and K. Venkatesh, "Modeling, Simulation, and control of flexible manufacturing systems," 1999.
- [28] et al University of Hamburg. Germany, "Petri Nets World." [Online]. Available: <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>. [Accessed: 10-Jun-2014].
- [29] Alicia Carolina García Pinedo, "EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA UNIDAD ACADÉMICA Y DEL CENTRO DE COMPUTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA DEL CENTRO LOCAL METROPOLITANO: UNA APLICACIÓN DE REDES PETRI." [Online]. Available: <file:///C:/Users/EIME/Downloads/simulador HPSIM..desbloqueado.pdf>. [Accessed: 10-Jun-2015].
- [30] Omar Pérez López, "Control Secuencial." [Online]. Available: <http://www.sistemamid.com/>. [Accessed: 16-Apr-2014].
- [31] Eprom S.A., "Pulsadores Ø22mm." [Online]. Available: http://www.epromsa.com/pulsadores_%C3%9822mm_340. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [32] RS, "Final de carrera." [Online]. Available: <http://es.rs-online.com/web/p/interruptores-final-de-carrera/6842910/>. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [33] T. Electronics, "Servos." [Online]. Available: http://www.techdesign.com.ec/techdesign/index.php?option=com_content&view=article&id=50:servos&catid=29:the-cms&Itemid=66. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [34] Coparoman, "Botones pulsadores para arranque de un motor." [Online]. Available: <http://coparoman.blogspot.com/2014/03/estaciones-de-botones-pulsadores-para.html>. [Accessed: 16-Apr-2015].
- [35] S. S. 300 Manual, "Esquema de contactos (KOP) para S7-300 y S7-400 - KOP." [Online]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/395/18654395/att_33367/v1/KOP_s.pdf. [Accessed: 16-Apr-2015].
- [36] José María Hurtado Torres, "EJERCICIOS DE PROGRAMACIÓN RESUELTOS CON STEP 7-.pdf." [Online]. Available: <https://josemariahurtadotorres.files.wordpress.com/2014/01/ejercicios-de-programacic3b3n-resueltos-con-step-7.pdf>. [Accessed: 18-Feb-2015].

- [37] Siemens Automation Cooperates, "Módulo TIA Portal 010 - 050 Procesamiento de los valores analógicos en SIMATIC S7 - 1200." [Online]. Available:
https://w3.siemens.com/mcms/sce/de/fortbildungen/ausbildungsunterlagen/tia-portal_module/tabcardseiten/Documents/SCE_ES_010-050_R1209_S7-1200_Analogwerte.pdf. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [38] sistema información Tia portal, "TIA Portal - Totally Integrated Automation Portal - TIA Portal - Siemens." .
- [39] UASLP and Facultad de Ciencias, "Los Contadores." [Online]. Available:
http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/9_CONTADORES.PDF. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [40] Jesús Omar Vargas Flórez, "MODULO PROGRAMACION DE PLC." [Online]. Available:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/AVA/material_de_apoyo/MODULO_PROGRAMACION_DE_PLC_-_UNIDAD_2_-_V.10.pdf. [Accessed: 16-Apr-2015].
- [41] UASLP and Facultad de Ciencias, "Los Timers en los PLCs." [Online]. Available:
http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/8_LOS_TIMERS.PDF. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [42] SIEMENS, "WinCC Advanced V12.0." [Online]. Available:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/405/68075405/att_84425/v1/WinCC_Advanced_V12_esES_es-ES.pdf. [Accessed: 16-Apr-2015].