



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.**

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON
PLC, PARA LA PROGRAMACIÓN DE SALIDAS DIGITALES, EN EL
LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.”**

AUTOR: ANGULO ORTEGA LUIS MIGUEL

DIRECTOR: ING. PABLO MÉNDEZ

IBARRA – ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento depongo mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100299063-6
APELLIDOS Y NOMBRES:	ANGULO ORTEGA LUIS MIGUEL
DIRECCIÓN:	CDLA. ZOILA GALARRAGA DE ALMEIDA AV. MONSEÑOR LEÓNIDAS PROAÑO Y 5 DE JUNIO
E-MAIL:	luismiguelangulo@hotmail.com
TELÉFONO FIJO	(062) 631-027
TELÉFONO MÓVIL:	0981829879
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON PLC, PARA LA PROGRAMACIÓN DE SALIDA DIGITALES, EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.
AUTOR:	ANGULO ORTEGA LUIS MIGUEL
FECHA:	ABRIL 2016
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
DIRECTOR:	ING. PABLO MÉNDEZ

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Angulo Ortega Luis Miguel, con cédula de identidad No, 100299063-6 en calidad de autor y titular de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en la defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



Firma

Nombre: Angulo Ortega Luis Miguel

Cédula: 100299063-6

Ibarra, Abril del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Angulo Ortega Luis Miguel, con cédula de identidad No, 100299063-6 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los Derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6 en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON PLC, PARA LA PROGRAMACIÓN DE SALIDAS DIGITALES, EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”** “que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO**, en la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Angulo Ortega Luis Miguel

Cédula: 100299063-6

Ibarra, Abril del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Yo Pablo Danilo Méndez en calidad de Tutor del señor estudiante, **ANGULO ORTEGA LUIS MIGUEL**, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON PLC, PARA LA PROGRAMACIÓN DE SALIDAS DIGITALES, EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”**. Para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la impresión y empastado.

Ing. Pablo Danilo Méndez

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Luis Miguel Angulo Ortega, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Firma

Nombre: Angulo Ortega Luis Miguel

Cédula: 100299063-6

Ibarra, Abril del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente trabajo fue realizado en honor al Creador, gracias a Él por darme la fuerza para cumplir con cada uno de mis objetivos. Gracias a Dios y a mis padres: Germán Angulo y Gloria Ortega porque ellos son el soporte para mi vida, ellos han influido en mi los mejores valores morales en todo momento, un inmenso gracias porque a pesar de problemas y limitaciones sus bendiciones han sido mucho más grandes. A mis hermanos Jairo y Jimena Angulo por compartir conmigo los momentos más importantes de su vida que al mismo tiempo han sido los míos. Igualmente dedico este trabajo a mis sobrinos Alex y Luis, motivación e inspiración para ser mejor por alguien cada día.

Luis Miguel Angulo Ortega



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A Dios, el ser supremo y creador de todas las cosas.

A mis Padres: Sr. German Angulo y Sra. Gloria Ortega

A la Universidad Técnica del Norte por permitirme crecer profesionalmente.

Agradezco a cada uno de los profesores, docentes, licenciados e ingenieros; dignos representantes de profesionalismo y dedicación, participantes en mi formación.

Un infinito agradecimiento al Ing. Pablo Méndez director de carrera y de este trabajo investigativo.

A cada una de las personas que se hacen partícipes en la construcción de un mejor mañana para nuestra sociedad, en lo moral y profesional, en la práctica y teoría.

Luis Miguel Angulo Ortega

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
CERTIFICACIÓN.....	V
DECLARACIÓN.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
RESUMEN.....	XVIII
SUMMARY	XIX
CAPÍTULO I	1
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL	2
1.4.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL	3
1.5 OBJETIVOS	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6 JUSTIFICACIÓN	3
CAPITULO II	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 MÓDULOS DIDÁCTICOS.....	5
2.2 GENERALIDADES DEL PLC.....	5

2.2.1 DEFINICIÓN.....	5
2.2.2 ESTRUCTURA DE UN PLC.....	6
2.2.2.1 UNIDADES DE ENTRADAS	7
2.2.2.2 UNIDADES DE SALIDAS.....	7
2.2.2.3 UNIDAD LÓGICA	7
2.2.2.4 MEMORIA	7
2.2.3 TIPOS DE CONTROLADORES.....	8
2.2.3.1 CONTROLADORES COMPACTOS	8
2.2.3.2 CONTROLADORES MODULARES.....	10
2.2.4 SEÑALES DE OPERACIÓN	11
2.2.5 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	12
2.2.5.1 ETHERNET	13
2.2.5.2 BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	14
2.2.5.3 BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y BAJA FUNCIONALIDAD	15
2.2.5.4 BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y MEDIA FUNCIONALIDAD	15
2.2.5.5 BUSES DE ALTAS PRESTACIONES	16
2.6 PROGRAMACIÓN	17
2.6.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.....	17
2.7 IMPLEMENTACIÓN DE PLC PARA MÓDULO DIDÁCTICO	19
2.7.1 SIMATIC.....	19
2.7.2 PLC S7-1200.....	21
2.7.2.1 MÓDULOS DE SEÑALES.....	22
2.7.2.2 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN	22
2.7.3 SEÑALES DIGITALES	23
2.7.3.1 ENTRADAS DIGITALES.....	23
2.7.3.2 SALIDAS DIGITALES	23
2.7.4 HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN.....	24
2.8 RELACIÓN DE APLICACIONES DEL MÓDULO DIDÁCTICO CON EL CAMPO PROFESIONAL.....	25

2.9 GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	27
CAPÍTULO III	29
3 METODOLOGÍA.....	29
3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	29
3.1.1 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA.....	29
3.1.2 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.....	29
3.1.3 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.....	29
3.2 MÉTODOS	29
3.2.1 MÉTODO DEDUCTIVO	29
3.2.2 MÉTODO INDUCTIVO.....	30
3.2.3 MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO	30
CAPÍTULO IV	31
4 PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	31
4.1 TEMA.....	31
4.2 JUSTIFICACIÓN	31
4.3 OBJETIVO GENERAL	31
4.4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	31
4.5 DETALLE DEL DISEÑO.....	31
4.5.1 DISEÑO DEL TABLERO.....	41
4.5.2 ELEMENTOS PARA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO.....	44
4.6 CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO	47
PRÁCTICA Nº 1	52
4.7 PROGRAMACIÓN BÁSICA POR MEDIO DE FLIP FLOPS.....	52
4.7.1 OBJETIVOS	52
4.7.2 MARCO TEÓRICO.....	52
4.7.3 TRABAJO PREPARATORIO	57
4.7.4 TRABAJO EXPERIMENTAL.....	61
4.7.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
PRÁCTICA Nº 2	64

4.8 PROGRAMACIÓN DE SEMÁFOROS PARA CALLES TRANSVERSALES	64
4.8.1 OBJETIVOS	64
4.8.2 MARCO TEÓRICO.....	64
4.8.3 TRABAJO PREPARATORIO	66
4.8.4 TRABAJO EXPERIMENTAL	75
4.8.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
PRACTICA N° 3	79
4.9 CONTROL DE ARRANQUE ESTRELLA-DELTA DE TRES MOTORES AUTOMÁTICA Y MANUAL.....	79
4.9.1 OBJETIVOS	79
4.9.2 MARCO TEÓRICO.....	79
4.9.3 TRABAJO PREPARATORIO	83
4.9.4 TRABAJO EXPERIMENTAL	87
4.9.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
PRACTICA N° 4	93
4.10 CIRCUITOS SECUENCIALES Y COMBINACIONALES	93
4.10.1 OBJETIVOS	93
4.10.2 MARCO TEÓRICO.....	93
4.10.4 TRABAJO EXPERIMENTAL	101
4.10.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
CAPÍTULO V	107
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1 CONCLUSIONES.....	107
5.2 RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA.....	109
LINKOGRAFIA	110
ANEXOS.....	111
ANEXO 1. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO	111
ANEXO 2. ELABORACIÓN DE PRUEBAS AL MÓDULO DIDÁCTICO	113
ANEXO 3. REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS Y PROGRAMACIÓN	114

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Estructura del PLC, Rama estudiantil de la IEEE de la UCSA	7
FIGURA 2: Controlador programable compacto, https://industrial.omron.es	8
FIGURA 3: Controlador programable modular, http://www.geocities.ws/imenator/td/PLC.html ..	10
FIGURA 4: Operación de los autómatas programables	12
FIGURA 5: Tipos de señales, Rama estudiantil de la IEEE de la UCSA	12
FIGURA 6: Estructura jerárquica de la automatización, Pozo Gutiérrez, 2010.....	15
FIGURA 7: Instructions list programación, introducción a la programación	18
FIGURA 8: Ladder (escalera) programación, introducción a la programación	18
FIGURA 9: Function Block Diagram programación, introducción a la programación	18
FIGURA 10: Structured text programación, introducción a la programación	19
FIGURA 11: PLC S7 1200, w3.siemens.com	21
FIGURA 12: Conexión de Entradas Digitales, Controladores Lógicos.....	23
FIGURA 13: Representación alimentación eléctrica modulo didáctico	37
FIGURA 14: Diagrama de conexión de Relé MK2P-I.....	39
FIGURA 15: Vista frontal del tablero, Diseño e implementación.....	41
FIGURA 16: Identificación de los elementos que hacen parte del módulo didáctico.....	42
FIGURA 17: Diseño de vista interior del módulo para prácticas en PLC, Diseño e implementación.	44
FIGURA 18: Construcción parte interna del tablero	44
FIGURA 19: Diagrama de cableado para entradas digitales CPU 1212C AC/DC/RELE, manual S7 1200 siemens 2014.....	48
FIGURA 20: Cableado para entradas analógicas CPU 1212c.....	49
FIGURA 21: Cableado para las salidas digitales CPU 1212c AC/DC/RELE	49
FIGURA 22: Cableado para entradas de salidas analógicas SM 1234, manual S7 1200 siemens 2014	50
FIGURA 23: Pruebas de funcionamiento del tablero.....	51
FIGURA 24: Elaboración de prácticas en el módulo didáctico.....	51
FIGURA 25: Registro Básico NAND	53
FIGURA 26: Registro básico NOR.....	54

FIGURA 27: Funcionamiento de circuito de registro básico sincronizado por reloj	55
FIGURA 28: SR y RS en Tia Portal, "Sistema de ayuda TIA"	56
FIGURA 29: Simulación en Cade Simu para la programación encendido de luces en secuencia	57
FIGURA 30: Selección de un nuevo bloque de programa Tia Portal	58
FIGURA 31: Segmento 1 para la programación de encendido de luces en secuencia	59
FIGURA 32: Segmento 2 para la programación de encendido de luces en secuencia	60
FIGURA 33: Segmento 3 para la programación de botón RESET	60
FIGURA 34: Programación de tres primeras luces en secuencia con la función RS.....	61
FIGURA 35: Segmento dos, programación de luces en secuencia función RS	62
FIGURA 36: Segmento tres, luces en secuencia función RS	62
FIGURA 37: Temporizador tipo TP, "Sistema de ayuda TIA"	64
FIGURA 38: Función TON, "Sistema de ayuda TIA"	65
FIGURA 39: Función TOF, "Sistema de ayuda TIA"	66
FIGURA 40: Función TONR, "Sistema de ayuda TIA"	66
FIGURA 41: Simulación en Cade Simu para semáforos transversales t1	67
FIGURA 42: Configuración para luces de semáforo	68
FIGURA 43: Segmento 1.- Activación de luces piloto por medio de diferentes contactos independientes	69
FIGURA 44: Segmento 2.- Programación de contactos y temporizadores (TON). TIEMPO 3s ..	70
FIGURA 45: Segmento 3.- Programación de contactos y temporizadores (TON). TIEMPO 6s ..	71
FIGURA 46: Segmento 4.- Programación de contactos y temporizadores (TON). TIEMPO 9s ..	72
FIGURA 47: Segmento 5.- Diagrama de bloqueo de segmentos restantes	73
FIGURA 48: Segmento 6.- Diagrama para luces intermitentes.....	74
FIGURA 49: Incremento de bobina EXTRA en segmento 1	75
FIGURA 50: Enclavamiento de contacto "Aut"	75
FIGURA 51: Programación de tiempos para funcionamiento normal e intermitentes.....	76
FIGURA 52: Reemplazo de los contactos Reset por "Aut 2"	76
FIGURA 53: Enclavamiento de al accionar los pulsadores con tiempo diferentes	77

FIGURA 54: Programación lineal Tia Portal, http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s71200/2340-principios-programacion-s7-1200	80
FIGURA 55: Programación estructurada en TIA PORTAL, http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s71200/2340-principios-programacion-s7-1200	80
FIGURA 56: Representación para llamado de datos, http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s71200/2340-principios-programacion-s7-1200	82
FIGURA 57: Ventana para selección de bloques de programa	83
FIGURA 58: Simulación de un arranque Estrella-Delta para un motor trifásico	84
FIGURA 59: Segmento 1.- Programación para el encendido de arranques Estrella-Delta en forma escalonada	85
FIGURA 60: Segmento 2.-Programación para realizar arranques individuales	86
FIGURA 61: Segmento 3.-Programación para realizar paros individuales	87
FIGURA 62: Selección de Bloque de datos.....	88
FIGURA 63: Creación de Variables en DB.....	89
FIGURA 64: Programación para el movimiento de datos por FUNCION.....	90
FIGURA 65: Realización de programación en el bloque de diagramas	91
FIGURA 66: Compuerta lógica OR, Metodologías para diseño de circuitos ladder con base a sistemas secuenciales y combinacionales.....	94
FIGURA 67: Compuerta lógica AND, Metodologías para diseño de circuitos ladder con base a sistemas secuenciales y combinacionales.....	94
FIGURA 68: Compuerta lógica NOT, Metodologías para diseño de circuitos ladder con base a sistemas secuenciales y combinacionales.....	95
FIGURA 69: Estructura de los sistemas secuenciales http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/Electronica_Basica/download/transparencias/secuenciales.pdf	96
FIGURA 70: Esquematización de los casos secuenciales asíncronos y síncronos http://www.uhu.es/raul.jimenez/DIGITAL_II/dig2_i.pdf	96
FIGURA 71: Comando OR y AND en TIA, Sistema de Información TIA PORTAL	97
FIGURA 72: Comando NOT en TIA, Sistema de Información TIA PORTAL	97
FIGURA 73: Comando CTU, Sistema de información TIA.....	98
FIGURA 74: Comando ADD “suma”, Sistema de información TIA	98
FIGURA 75: Declaración de datos tipo Int.....	99

FIGURA 76: Generación de pulsos	100
FIGURA 77: Selección de tiempos	100
FIGURA 78: Segmento 1: Generación de pulsos Segundero	101
FIGURA 79: Segmento 2: Configuración de luces minuterero 1	102
FIGURA 80: Segmento 3: Configuración de luces minuterero 2	103
FIGURA 81: Segmento 4: Configuración de luces minuterero 3	104
FIGURA 82: Configuración horero	105

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Ventajas y desventajas controladores compactos	9
TABLA 2: Ventajas y desventajas controladores modulares	11
TABLA 3: Identificación de características físicas CPU 1212C	32
TABLA 4: Características técnicas CPU 1212c	34
TABLA 5: Elementos del módulo didáctico	45
TABLA 6: Cálculo de consumo de corriente	47
TABLA 7: Valores establecidos para conexión de entradas digitales PLC S7 1200	48
TABLA 8: Valores establecidos para conexión de salidas digitales PLC S7 1200	50
TABLA 9: Configuración para luces verdes y rojas.....	68
TABLA 10: Establecimiento de tiempo para práctica tres.....	88
TABLA 11: Señalización en binario para el rango de minutos.....	104

RESUMEN

El siguiente trabajo describe el diseño y la implementación de un módulo didáctico con PLC para realización de prácticas con salidas digitales, a fin de complementar al laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. Su estructura está conformada por cinco capítulos, de los cuales el primero indica como problema de investigación, la necesidad de capacitación profesional constante por medio del uso de diferentes equipos de formación técnica. De la misma manera se plantean objetivos como la determinación de características generales en autómatas, para que con esto se especifique las propiedades adecuadas del equipo, esto encamina a lo contenido en el segundo capítulo referente al marco teórico, el cual en primera parte conceptualiza los recursos didácticos y a los autómatas programables en general, para después especificar al controlador que hace parte del módulo de entrenamiento; PLC S7 1200, marca, periféricos, herramientas de programación, puertos de comunicación, entre otros. El capítulo tres muestra como esta sistematizado el trabajo, explica la aplicación de la investigación tecnológica para alcanzar características a la par de la zona industrial actual y también se traza la investigación documental con el fin de conceptualizar generalidades y tomar decisiones de acuerdo a manuales y otros recursos bibliográficos. En el cuarto capítulo se describe el proceso de diseño y construcción del módulo didáctico, justificando cada una de sus partes por medio del criterio técnico de selección, para después indicar la elaboración de las prácticas realizadas con el equipo. Finalmente el quinto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

SUMMARY

The following research paper presents the design and implementation of a training module with PLC for work experience with digital outputs, to complement the laboratory of Engineering in Electrical Maintenance. This is structured by five chapters, the first indicates the research problem, the need for constant professional training through the use of different equipments of technical education. Likewise, objectives as determining general characteristics in automaton with this the right computer properties are specified, this routed to the second chapter, it has the theoretical framework, which first part conceptualizes teaching resources and PLCs in general then to specify the driver that is part of the training module; S7 1200 PLC, brand, peripherals, programming tools, communication ports, among others. Chapter three describes how this work is systematic, it explains the application of technological research to achieve characteristics on a par with the current industrial zone and documentary research it is, also traced in order to conceptualize generalities and make decisions according to manuals and other library resources. In the fourth chapter the process of design and construction of the training module is described, justifying each of its parts through technical selection criteria, then the development of the practices made with this equipment. Finally the fifth chapter shows the conclusions and recommendations of this st

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

A lo largo de la historia industrial, dentro la gran evolución tecnológica de los últimos años siempre se han encontrado ciencias como la electricidad y la mecánica, que por su gran importancia se fusionan con otras ciencias modernas como: la automatización industrial, programación informática y la misma electrónica; teniendo hoy en día un mundo digital que deja a los sistemas análogos en el pasado y esto se trasciende a equipos, herramientas y materiales. Un claro ejemplo es la aparición del PLC (programmable logic controller).

El control de las automatizaciones modernas a nivel mundial recae en la informática. Con la evolución tecnológica que tiene como base los procesadores de computadores, día tras día son más comunes las interfaces humano-maquina, para suplir el trabajo manual de operarios y trabajadores. El controlador lógico programable nos permite tener esta alternativa que a al mismo tiempo resulta más eficiente, compacta y segura que sistemas antiguos.

El uso del PLC como equipo de procesamiento informático posee características adecuadas para el trabajo industrial, por esta razón su demanda al igual que su estudio posee una importancia considerable en las carreras que se relacionan con estos aspectos; y es que las empresas deben contar con automatismos si se quiere destacar nacional y mundialmente.

La aplicación de los controladores lógicos programables se presenta a nivel mundial y Ecuador no es la excepción. Es indispensable el estudio de las diferentes alternativas que tenemos para el estudio de control de sistemas automáticos. En la provincia de Imbabura cada vez son más comunes las aplicaciones que se tienen para estos equipos, por el desarrollo industrial y científico de la provincia, tal es el caso de fábricas textiles, de servicios básico, entre otras

En la Universidad Técnica del Norte específicamente en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, se estudia los principios de los sistemas automáticos, además de su control.

Es aquí, en donde se centra este proyecto de investigación que trata de fortalecer el entrenamiento con respecto al uso de autómatas programables así como también su programación.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La preparación y capacitación profesional es la acción de adquirir conocimientos básicos, avanzados y complementarios, desde el punto de vista tecnológico existe la necesidad de actualizar regularmente la información adquirida, para así, obtener nuevas herramientas y métodos más eficientes que facilitan la realización de un trabajo específico.

En las instituciones educativas es fundamental el entrenamiento práctico, que permita desarrollar las capacidades de los educandos para su vida profesional. Es necesario alcanzar conocimientos que estén a la par con las características industriales modernas por lo que los equipos utilizados deben ser instrumentos de tecnología aceptable, lo más moderna posible. Consecuentemente las industrias no están absueltas de las necesidades de renovación y complementación constante, tanto en adaptación de nuevos equipos como en el manejo de estos, ya que la tecnología crece y avanza a un ritmo muy acelerado.

Las capacidades que se pueden generar con las experiencias adquiridas son de mucha importancia y es indispensable contar con entrenamientos prácticos actualizados.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar un módulo didáctico con PLC, para la programación de salidas digitales, e implementarlo en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico?

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL

La investigación se realizó en el periodo 2014 y 2015

1.4.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El centro de investigación fue en la Universidad Técnica del Norte; además de lugares necesarios para obtener información, como espacios de consulta e investigación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño y la implementación de un módulo didáctico con PLC, para la programación de salidas digitales, en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en la Universidad Técnica del Norte.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características de los autómatas programables, así como su configuración, programación en software y posibles avances tecnológicos.
- Diseñar el módulo en base a los requerimientos determinados.
- Realizar la construcción, pruebas de funcionamiento del módulo didáctico garantizando el correcto funcionamiento del equipo.
- Realizar prácticas con uso y manejo del módulo, con información detallada.

1.6 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la investigación muestra la implementación de un equipo didáctico para complementar y actualizar el aprendizaje técnico de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. La implementación de módulos de entrenamiento actualizados, brinda la respuesta a necesidades presentes por que permiten realizar simulaciones de acciones técnicas, posibles en ambientes de trabajo en el futuro.

La zona industrial está en constante relación con los sistemas de procesos de manufactura, los cuales con el paso de los años se han automatizado de gran manera, remplazando así a la mano de obra por equipos y dispositivos de control pre configurados pero que necesitan ser monitoreados regularmente. Las industrias dedicadas a la creación de equipos para sistemas automáticos aumentan día tras día en sus portafolios de productos, teniendo como resultado una gran gama de alternativas para las diferentes aplicaciones. Así el objetivo industrial es mejorar las producciones de las fábricas día tras día, En donde todavía es necesario contar con personal capacitado que aunque no opere directamente en los procesos si lo hagan en la monitorización, control y automatización de los sistemas realizados.

Así la capacitación continua permite la formación técnica y eficiente para el campo profesional, de esta manera se facilita la adaptación a modificaciones tecnológicas presentes en los diferentes procesos industriales. El objetivo de la preparación constante se centra en ponerse al tanto de nuevos lanzamientos de equipos en automatización, determinar características y funciones, además de configuraciones. De esta manera se obtiene la experiencia suficiente para seleccionar de entre una gama extensa a la mejor de las opciones.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 MÓDULOS DIDÁCTICOS

Recalde (2012) afirma: “La didáctica es una disciplina y un campo de conocimiento que se construye, desde la teoría y la práctica, en ambientes organizados de relación y comunicación intencionadas, donde se desarrollan procesos de enseñanza y aprendizaje para la formación del alumnado”(p. 2).

Benítez (2014) indica que: “Para el docente la didáctica es una herramienta que aumenta la eficiencia en el proceso de enseñanza, cualquiera que sea la rama impartida. Además el uso de la didáctica permite construir un conjunto de estrategias metodológicas” (p.15).

Castro y García (2011) manifiestan:

En el proceso de enseñanza y aprendizaje la selección del material didáctico es de suma importancia; éste motiva al alumno y permite que enfoque su atención y así pueda fijar y retener los conocimientos. Un proceso de enseñanza activo requiere por parte del docente un conocimiento claro y preciso sobre la importancia, uso y confección de diversos materiales que contribuyen a un mejor aprendizaje en los alumnos. (p.4)

El material didáctico permite alcanzar un cambio favorable en la eficiencia de la educación y en sus estrategias metodológicas para obtener mejores resultados con respecto a la preparación del alumno. Esto no es ajeno a la preparación técnica-profesional que se tiene en las ingenierías. Realizar prácticas y simulaciones con equipos didácticos, influye directamente en el alcance de conocimiento y experiencia del estudiante.

2.2 GENERALIDADES DEL PLC

2.2.1 DEFINICIÓN

Norma IEC 1131 (1992) indica que: “Es un sistema digital electrónico diseñado para uso industrial con memoria programable para almacenar instrucciones de operador e implementar funciones lógicas, secuencias, temporizadores, contadores y aritmética para controlar máquinas y/o procesos por medio de entradas y salidas de tipos digitales o analógicas”.

Tanto un controlador lógico como sus periféricos asociados están diseñados para ser integrados en un sistema de control industrial y puede ser usado fácilmente para las funciones deseadas.

El PLC es un elemento utilizado ampliamente en empresas de manufactura, plantas de ensamble de vehículos, plantas productoras de químicos, refinerías de petróleo, elaboración de semiconductores, y otras innumerables aplicaciones, que requieren operaciones que puedan ser efectuadas directamente por dispositivos automáticos. (Rama estudiantil De La IEEE de la UCSA, 2012).

El PLC se puede describir como el cerebro de un sistema o planta de tipo automático, su trabajo consiste en hacer funcionar de forma lógica e inteligente a todo un proceso industrial, su funcionamiento se complementa con elementos o dispositivos sensores como: termocuplas, válvulas, pulsadores, entre otros que emitan señales de acuerdo a diferentes estados en variables. Tras recibir una señal un autómata programable ejecuta operaciones pre configuradas o programadas por el usuario y envía señales eléctricas para dar órdenes a elementos actuadores como; motores, lámparas, relés y otros elementos que produzcan cambios directos en el resultado del sistema.

2.2.2 ESTRUCTURA DE UN PLC

Un PLC se compone de 4 unidades funcionales:

- Unidad de memoria

- Unidad lógica

- Unidad de salidas

- Unidad de entradas

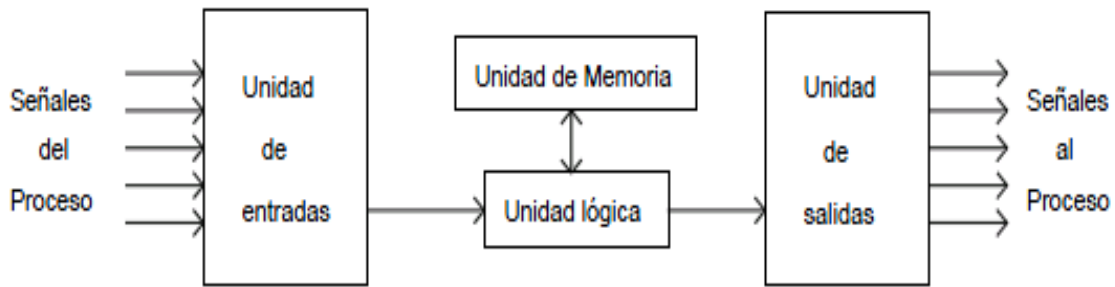


FIGURA 1: Estructura del PLC, Rama estudiantil de la IEEE de la UCSA

Cada una de las unidades funcionales forma parte del proceso de control de un sistema sea este tan simple como encender una lámpara por medio de un accionamiento o tan complejo como un sistema industrial, el PLC cuenta con cada una de estas unidades para cumplir su objetivo de control y de procesamiento con datos obtenidos.

2.2.2.1 UNIDADES DE ENTRADAS

Proporciona el aislamiento eléctrico necesario y realiza el acondicionamiento de las señales eléctricas de voltaje, provenientes de los switches de contactos ON-OFF del exterior. Las señales se adecuan a los niveles lógicos de voltaje de la Unidad Lógica.

2.2.2.2 UNIDADES DE SALIDAS

Acepta las señales provenientes de la Unidad Lógica en los rangos de voltaje que le son permitidos a los switches de control proporcionando también la aislación eléctrica comandando hacia el exterior.

2.2.2.3 UNIDAD LÓGICA

El corazón de un PLC es la Unidad Lógica, basada en un microprocesador. Ejecuta las instrucciones programadas en memoria, para desarrollar los esquemas de control lógico que se especifican.

2.2.2.4 MEMORIA

Almacena el código de mensajes o instrucciones que ejecuta la Unidad Lógica. La memoria se divide en PROM o ROM Y RAM.

ROM: Memoria no volátil que puede ser leída pero no escrita.

PROM: Memoria no volátil de iguales características que la memoria ROM con la diferencia que puede ser escrita una sola vez por el usuario.

RAM: Memoria volátil que puede ser leída y escrita. (Rama estudiantil de la IEEE de la UCSA, 2012)

Cada una de las unidades que conforman al autómata programable tiene una función específica y sin estas el control no se llevaría a cabo de una forma completa. Tanto la emisión como recepción de señales, son de tipo eléctricas y estas difieren en sus características (voltaje, intensidad.) según el tipo de controlador a usar. Por otro lado el control se lo realiza por medio de órdenes preestablecidas y que han sido almacenadas dentro de una memoria para obtener acciones externas que regulan el sistema de una forma ordenada. Para esto es necesario algún software de programación de computadoras o bien también existen pantallas de programación directa.

No todos los controladores tienen iguales características por lo que es necesario realizar un análisis del proceso de control a realizar, para determinar el autómata que más se adapta a los requerimientos establecidos y así obtener sistemas de control eficientes.

2.2.3 TIPOS DE CONTROLADORES

2.2.3.1 CONTROLADORES COMPACTOS



FIGURA 2: Controlador programable compacto, <https://industrial.omron.es>

Castro y García (2011) afirman:

Tienen incorporados una Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O), soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores rápidos.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de I/O. (Pág. 19)

La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de los autómatas compactos:

TABLA 1: Ventajas y desventajas controladores compactos

Controladores lógicos programables compactos	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Ofrecen la potencia necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos.• Espacio físico reducido.• Pueden relacionarse con módulos de expansión.• Bajos costos.	<ul style="list-style-type: none">• Dependiendo del modelo existen características insuficientes para la realización de ciertas funciones.• Posibles fallas en alguna parte del controlador pueden afectar a todo equipo teniendo que ser remplazado en su totalidad para solucionar el problema.

2.2.3.2 CONTROLADORES MODULARES

Castro y García (2011) indican que:

Se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Fuente de Alimentación
- CPU
- Módulos de I/O

De estos tipos existen desde los denominados Micro PLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O (p. 19).



FIGURA 3: Controlador programable modular, <http://www.geocities.ws/imenator/td/PLC.html>

La siguiente tabla indica de forma resumida las ventajas y desventajas de los autómatas compactos:

TABLA 2: Ventajas y desventajas controladores modulares

Controladores lógicos programables modulares	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• En posibles fallas las partes afectadas pueden ser remplazadas individualmente.• Las características generales son construidas por el usuario del equipo por medio de la adaptación de los diferentes módulos.• Por el avance tecnológico hoy en día se pueden encontrar módulos como un autómata compacto completo.	<ul style="list-style-type: none">• Son equipos que muestran mayor complejidad para instalación y mantenimiento.• Mayor espacio físico.• Costos más altos por la adquisición de los diferentes módulos por separado.

Para la investigación a realizar se debe considerar aspectos como un menor espacio físico, pero esto no debe afectar en las capacidades del autómata. Además debe ser un equipo que tenga la posibilidad de expandirse, para posibles crecimientos a futuro, pero de igual manera debe ser fácil de manipular directamente.

Gracias a los avances tecnológicos es posible adquirir autómatas programables de tipo modular, pero que a su vez las CPU's presenten características de controladores tipo compacto. Por lo tanto el desarrollo de la investigación se basa en un tipo de controlador modular con características que satisfagan a los requerimientos.

2.2.4 SEÑALES DE OPERACIÓN

Los controladores autómatas programables contienen diferentes características de software y hardware, para adquisición de señales y tomar decisiones de acuerdo a un programa previamente establecido.



FIGURA 4: Operación de los autómatas programables
 “Elaboración propia”

Las entradas pueden recibir señales de tipo digital, por ejemplo, interruptores, o de tipo analógico, como sensores de temperatura. Estas señales son transformadas internamente en señales compatibles con los microprocesadores y demás circuitos integrados de procesamiento interno. (Rama estudiantil de la IEEE de la UCSA, 2012)

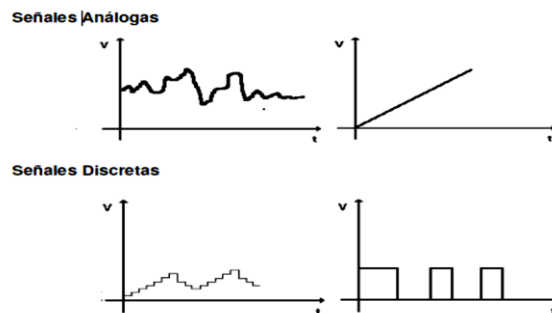


FIGURA 5: Tipos de señales, Rama estudiantil de la IEEE de la UCSA

Los controladores lógicos programables cuentan con I/O físicas, tanto digitales como analógicas, las cuales son utilizadas de acuerdo a los requerimientos del usuario, Para la construcción del módulo didáctico, este debe contar con características completas. Es decir debe tener configuraciones digitales y analógicas. Además debe brindar la oportunidad de expandirse para que el equipo tenga mayor capacidad en caso de ser necesario.

2.2.5 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Junto con la aparición de los autómatas programables, se establecieron los sistemas lógicos interconectados, con la capacidad de comunicar a controladores, computadores, y otros equipos de monitoreo y control.

A través del tiempo se ha generalizado el uso de diferentes tipos de cables para cumplir con el objetivo de interconexión, pero aparecieron problemas como el de que algunos equipos no contaban con los puertos de comunicación necesarios. Actualmente gracias a los avances tecnológicos a un PLC se le pueden incorporar puertos de comunicaciones seriales con distintos estándares. Pero la velocidad y distancia para la transmisión de datos son factores que influyen en la selección del tipo de comunicación. Entre los puertos más conocidos están:

- PUERTO RS-232 (Transmisión de señales en un solo sentido)
- PUERTO RS-485 (Transmisión en doble sentido pero con sistemas más robustos)

Con el avance tecnológico apareció una nueva forma de comunicación con características superiores a las descritas anteriormente.

2.2.5.1 ETHERNET

Es tecnología estandarizada por la norma IEEE-802.3 para conexión de redes de área local (LAN), y transmisión de información entre computadoras en diferentes velocidades. En el nivel más básico, Ethernet es un cable que se conecta a una serie de ordenadores y dispositivos periféricos, de manera que puedan comunicarse los unos con los otros. El cable usado para una red se llama el medio y Ethernet tiene tres tipos básicos de medios: cable grueso coaxial, cable delgado coaxial y par trenzado. También se les conoce por sus designaciones IEEE, 10base5, 10base2 y 10baseT respectivamente. (Anónimo, 2011).

Entre las ventajas de Ethernet están:

- Fácil instalación: Las formas de conexión más comunes son el cable coaxial y el par trenzado.
- Tecnología conocida: Es el sistema que domina el mercado desde hace varios años.
- Placas de red a bajo costo
- Varias formas de cableado.

Las desventajas de Ethernet son:

- Decrecimiento del rendimiento en redes de muchos terminales: a medida que crece la red decrece eficiencia porque se experimentan mayor número de colisiones.
- Dificultad para encontrar los problemas de conexión: Encontrar en que conector está el problema es una labor tediosa y el principal problema es que toda la red deja de funcionar, este es un problema típico del tipo de cable coaxial.

A pesar de la aparición de nuevas técnicas para la creación de redes, no se ha concretado la utilización de un estándar general. Para el presente proyecto de investigación se selecciona la conexión Ethernet tanto para su programación como para posibles construcciones de redes didácticas con otros módulos, sus características con respecto a otro tipo de conexiones permite que Ethernet se aventaje por su uso generalizado en redes de computadoras influyendo en el mercado costos y fáciles adquisición.

2.2.5.2 BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Balcells y Romeral (2008) afirman:

El bus de campo constituye el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de comunicaciones industriales. Está basado en procesadores simples y utiliza un protocolo mínimo para gestionar el enlace entre ellos. Los buses propuestos más recientemente contemplan ya la posible integración del bus a una estructura de comunicaciones jerárquicamente superior y más potente. (p.24)

Pozo y Molina (2012) determinan:

Un bus de campo es un sistema full dúplex digital de transmisión de datos que conecta dispositivos de campo y sistemas de automatización inteligentes con la red de una planta industrial. Un bus de campo sustituye al sistema de control E/S convencional por cable.

También difiere de las conexiones punto a punto, que solo permiten el intercambio de datos entre dos dispositivos participantes. (p.32)

Pozo y Molina (2012) señalan que:

Se puede considerar a un bus como un conjunto de conductores conectando conjuntamente para permitir el intercambio de datos. Conectan sensores, actuadores, controladores y dispositivos similares en el nivel inferior de la estructura jerárquica de la automatización industrial. (p.32)



FIGURA 6: Estructura jerárquica de la automatización, Pozo Gutiérrez, 2010

Los sistemas de transmisión de datos en redes industriales los principales son:

2.2.5.3 BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y BAJA FUNCIONALIDAD

Están diseñados para integrar dispositivos simples como finales de carrera, fotocélulas y actuadores simples, funcionando en aplicaciones de tiempo real, y agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Básicamente comprenden las capas física y de enlace del modelo OSI. Como ejemplo tenemos:

- ASI: bus serie diseñado por Siemens para la integración de sensores y actuadores. (Pozo y Molina, 2012)

2.2.5.4 BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y MEDIA FUNCIONALIDAD

Se basan en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio.

Estos permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que permite incluir aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo. Son buses capaces de controlar dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo. Algunos incluyen funciones estándar para distintos dispositivos (perfiles) que facilitan la inter-operabilidad de dispositivos de distintos fabricantes (Pozo y Molina, 2012). Algunos ejemplos son:

- DeviceNET
- LONWorks
- DIN MessBus
- InterBus-S

2.2.5.5 BUSES DE ALTAS PRESTACIONES

Se basan en buses de altas velocidad, aunque algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exige.

La capa de aplicación tiene un gran número de servicios a la capa de usuario (Pozo y Molina, 2012). Algunos ejemplos son:

- Profibus
- WorldFIP
- Fieldbus Foundation

Dentro de la carrera para los primeros pasos con respecto a redes industriales, es necesario contar con un autómata completo en el sentido de configuraciones de buses de comunicación industrial, para realizar las simulaciones y prácticas necesarias para entender el funcionamiento de las diferentes configuraciones, por tal motivo el modulo didáctico a construir debe contar con un autómata que soporte las características de los buses de altas prestaciones.

2.6 PROGRAMACIÓN

Dahl (2012) Un programa es un conjunto de instrucciones que producirán la ejecución de una determinada tarea. El proceso de programación de un PLC en cuyo desarrollo requiere que se efectúen cada uno de los siguientes pasos:

Definición y análisis del problema

- ¿Qué resultados debe proporcionar el sistema? Que salidas, sobre cuales debe actuar.
 - ¿Qué datos se necesitan para determinar el resultado? Que debe medir o vigilar (Entradas)
 - ¿Cómo debe reaccionar ante la pérdida de información? Como debe reaccionar si no puede medir ni vigilar las variables.
 - ¿Cómo debe reaccionar ante fallas de sí mismo? Capacidad de auto diagnóstico.
- a) Definición de la arquitectura del hardware necesario (Entradas/salidas, redundancia, auto diagnóstico, etc.)
 - b) Diseño de los algoritmos
 - c) Programación del código, en los lenguajes de programación.
 - d) Depuración y verificación del programa (pruebas efectivas).

2.6.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

El estándar internacional IEC 61131 define siguientes lenguajes de programación para PLC:

- Instruction list (IL)

Es la representación en forma de texto del lenguaje “Ladder”.

Es el más antiguo de los lenguajes de programación de PLC. Se usaba cuando las computadoras aun no tenían capacidad gráfica.

```
LD BotonPartir
OR Motor
AND NOT BotonParar
OUT Motor
```

FIGURA 7: Instructions list programación, introducción a la programación

- Ladder (escalera)

Es un lenguaje de programación gráfico muy popular, ya que está basado en los clásicos esquemas de control eléctricos con relé.

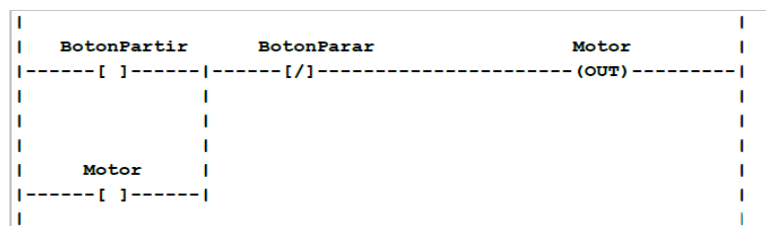


FIGURA 8: Ladder (escalera) programación, introducción a la programación

- “Function block diagram”

Es un lenguaje gráfico, que describe una función entre las variables de entrada y variable de salida, como un conjunto de bloques elementales, que están conectados por líneas de conexión.



FIGURA 9: Function Block Diagram programación, introducción a la programación

- “Structured text”

Es un lenguaje de alto nivel, es estructurado en bloques y sintácticamente similar a Pascal.

```
IF ( BotonPartir OR Motor ) AND NOT BotonParar THEN
    Motor := TRUE;
ELSE
    Motor := FALSE;
END_IF;
```

FIGURA 10: Structured text programación, introducción a la programación

Vistos los diferentes tipos de programación que se utilizan en los autómatas programables y aunque en cuestión de uso y comprensión el lenguaje ladder o escalera resulta el más utilizado. El equipo a utilizar en la construcción del módulo didáctico, debe contar con la facilidad de poder ser programado en todos los lenguajes vistos.

2.7 IMPLEMENTACIÓN DE PLC PARA MÓDULO DIDÁCTICO

Proyectando las características del módulo didáctico a construir, es necesario seleccionar un fabricante específico en autómatas programables; Se toman en cuenta las preferencias de los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte y de los trabajos de investigación de la carrera para contar con equipos de propiedades similares a fin de obtener un mayor alcance en los resultados obtenidos en las capacitaciones de los estudiantes.

El fabricante de autómatas programables más reconocido en la localidad, es SIEMENS el cual abarca dos submarcas; LOGO y SIMATIC. En concreto mientras que los productos LOGO son equipos para pequeñas simulaciones de baja potencia, los productos SIMATIC se relacionan con el campo industrial. Esto resulta fundamental en la selección del PLC.

2.7.1 SIMATIC

SIMATIC de Siemens es uno de los sistemas de automatización industrial más destacados del mundo.

Incluye una gama de productos industriales diseñados para permitir una gran variedad de tareas. Gracias a su flexibilidad y rentabilidad, el sistema SIMATIC resulta ideal para hacer frente a las crecientes demandas de la industria manufacturera y de procesos en lo que respecta a máquinas y sistemas.

Conforma una síntesis de los nombres Siemens y Automatización en un solo concepto, lo que se gestó como un sistema de control automático revolucionario, terminaría convirtiéndose en el más innovador fabricante de controladores PLC, ofreciendo soluciones que revolucionarían definitivamente el concepto de automatización industrial. (Ibersystem, SIMATIC: La historia de la automatización, 2015)

Tras algunas generaciones, actualmente **SIMATIC S7**, en continua evolución desde 1995, representa la generación más avanzada de autómatas Siemens.

La familia **S7** está compuesta por varias series que se adecuan a las necesidades de la automatización del cliente:

S7 200	S7 300	S7 400
S7 1200	S7 1500	

(Ibersystem, SIMATIC: La historia de la automatización, 2015)

Desde los primeros lanzamientos de la familia S7 en los años 90's destacaron los autómatas 200, 300 y 400 resultando ser equipos muy versátiles. Pero a pesar de esto los nuevos lanzamientos al mercado de S7 1200 y 1500, presentan mejores características con respecto a puertos de comunicación, software de programación, menor complejidad física, y aunque a los primeros autómatas se les puede adaptar las propiedades modernas influye igualmente en los costos. Por último la selección del PLC se fija en dos opciones S7 1200 o S7 1500, sus diferencias están en el número de entradas y salidas con las que operan, así como también en los costos. Colocando al PLC 1200 como el más adecuado para esta aplicación considerando el tamaño del módulo didáctico, las capacidades de este, relacionándose con sus objetivos.

2.7.2 PLC S7-1200

El PLC SIMATIC S7-1200 es un autómata modular, compacto y versátil diseñado para una amplia gama de aplicaciones. Su diseño escalable y flexible así como sus interfaces de comunicación alineadas a los más altos estándares de comunicación industrial, hacen de este controlador parte integral de la solución Totally Integrated Automation (TIA) (Siemens, 2014).

Castro y García (2011) La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, profinet integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación.

Además la CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.



FIGURA 11: PLC S7 1200, w3.siemens.com

Dispone de una fuente de alimentación de 24 V DC interna, capaz de suministrar energía las diferentes entradas de señales así como también a sensores y a otros elementos consumidores. Además cuenta con una fuente de alimentación de 5V DC para suministrar energía a los módulos de expansión estos se describen a continuación.

2.7.2.1 MÓDULOS DE SEÑALES

S7-1200 Manual del sistema (2014) se afirma: “Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a las CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU”. (p. 14)

Los diferentes módulos de señales existentes son:

Módulos De Señales Digitales

- Módulos de entradas digitales SM 1221 de 8 Y 16 DI.
- Módulos de salidas digitales SM 1222 de 8 y 16 DQ.
- Módulos de entradas/salidas digitales SM 1223 de 8 DI/8DQ y 16 DI/DQ.

Módulos De Señales Analógicos

- Módulos de entradas analógicas SM 1231 de 4 y 8 AI.
- Módulos de salidas analógicas SM 1232 de 2 y 4 AQ.
- Módulos de entradas y salidas analógicas SM 1234 de 4 AI y 2 AQ.

2.7.2.2 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN

“La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación: RS232 y RS485 (S7-1200 Manual del sistema 2012, pág. 14).

El CPU incorpora el puerto de conexión a Ethernet, por lo que no se sumó ningún módulo de comunicación, mientras que para el trabajo con señales analógicas se incorpora el SM1234 AI 4 / AQ 2, para satisfacer los requerimientos establecidos para el equipo de entrenamiento.

2.7.3 SEÑALES DIGITALES

2.7.3.1 ENTRADAS DIGITALES

Álvarez (2007) afirma: “Las entradas digitales son aquellas que adoptan siempre un valor fijo, es decir todo o nada. Esto es para este caso, tensión o ausencia de la misma, contacto abierto o contacto cerrado” (Pág. 93).

En los controladores lógicos, este valor es de tensión y su valor depende de la tensión de alimentación, puesto que la entrada digital se realiza desde la tensión de entrada.

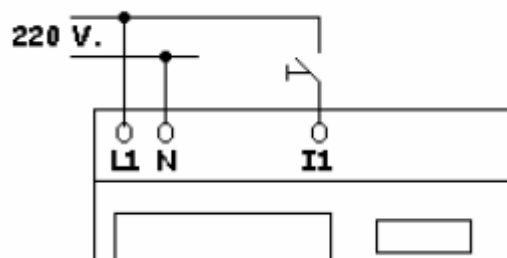


FIGURA 12: Conexión de Entradas Digitales, Controladores Lógicos

Las entradas digitales del PLC S7-1200 trabajan con señales accionadas con tensiones de 24v. “1” y “0” lógicos para activación y desactivación respectivamente.

2.7.3.2 SALIDAS DIGITALES

Álvarez (2007) Las salidas digitales son aquellas que funcionan con todo o nada, es decir en los bornes de salida existe o no existe tensión y pueden ser de dos tipos.

- **Relé.**

El PLC proporciona, a su salida, un contacto libre de potencia.

- **Transistor.**

Para conexión de receptores, cuya tensión este acorde con el PLC y la intensidad máxima no supere los valores establecidos por el fabricante en mA. Generalmente, estos valores de tensión e intensidad no suelen superar los 24 V. DC y 300 mA. Aproximadamente.

Este tipo de salidas no necesitan alimentación externa, como la de los controladores lógicos con salida a relé. En este caso los receptores se conectan directamente a los bornes, alimentándose desde el propio PLC.

El funcionamiento de las salidas digitales tiene una función idéntica a las entradas, diferenciando en el tipo y en los niveles de tensión. Es muy importante acudir al manual del controlador con el que se trabaje, esto para determinar que rangos de tensión son adecuados para la activación tanto de entradas como de salidas.

2.7.4 HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN

Actualmente la última generación de PLC, SIMATIC S7, junto con sus herramientas de programación STEP 7 y TIA Portal (Totally Integrated Automation); constituye un sistema único de control que permite desde desarrollar la ingeniería, puesta en marcha, hasta la operación y monitorización de todos los accionamientos y componentes de automatización.

Castro y García, (2011) Con el compromiso de SIMATIC para con la automatización plenamente integra (TIA: Totaly Intégrate Automation), los productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización, además ofrece la potencia necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización.

Castro y García (2011) Totaly Integrated Automation ha sido desarrollado para satisfacer de manera óptima todos los requisitos posibles y está abierto a estándares internacionales y sistemas de otros fabricantes. Toda la arquitectura del sistema ofrece soluciones integrales para cada segmento de automatización basándose en una amplia gama de productos.

SIMATIC es considerado en la actualidad el número uno mundial en el terreno de la automatización. Este hecho en parte también se debe a que ofrece las seis propiedades del sistema típicas de Totaly Integrated Automation:

Ingeniería	Safety
Comunicación	Security
Diagnostico	Robustez

STEP 7 es un sistema de programación y control lógico de autómatas, de mucha flexibilidad, facilidad. También permite la gestión y configuraciones de pantallas HMI. Además, proporciona lenguajes de programación estándar, que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas de circuitos.
- FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra booleana.
- SCL (structured control language) es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación.

2.8 RELACIÓN DE APLICACIONES DEL MÓDULO DIDÁCTICO CON EL CAMPO PROFESIONAL

El módulo de entrenamiento con el autómata programable permite relacionar al estudiante en varias ramas de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, entre estas están:

- Automatización industrial

Se analiza la construcción de circuitos con condicionamientos, sustituyendo el manejo de relés, temporizadores, contactores, entre otros; por software de programación gráfica.

- Instrumentación industrial

En la elaboración de prácticas se pueden utilizar sensores externos los cuales pueden indicar su funcionamiento real en la elaboración de un sistema.

- Laboratorios virtuales

Se relaciona directamente la programación y tipos de datos, con sistemas eléctricos de diferentes tipos, esto permite aumentar capacidades de control y monitorización.

- Circuitos digitales

En programación permite analizar el comportamiento de varios circuitos que trabajan con estados bien definidos de 1 y 0 lógicos, con aplicaciones que van desde lo simple a lo más complejo.

Junto con el estudio de cada una de las ciencias antes mencionadas existen temas que pueden ser mejor comprendidos gracias al uso del módulo didáctico de entre los cuales se tienen varios ejemplos como los circuitos secuenciales y combinacionales, elaboración de mapas de Karnaugh, sistemas de automatización de mayor tamaño en los cuales es necesario aplicar criterios de comunicación industrial, entre otros. Con el correcto uso del módulo didáctico se puede alcanzar el complemento actualizado y oportuno para el laboratorio de la carrera, al ser una herramienta versátil y moderna en sus diferentes aplicaciones.

2.9 GLOSARIO DE TÉRMINOS

PLC. Siglas de (Programmable Logic Controller) traducido Controlador Lógico Programable, equipo que trabaja como cerebro de un sistema de automatización; también es llamado autómeta.

IEC. Siglas de (International Electrotechnical Commission) traducido Comisión Internacional de Electrotecnia, organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.

IEEE. Siglas de (Institute of electrical and electronics Engineers) traducido Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, asociación de ingenieros dedicada a estandarizaciones y desarrollo de áreas técnicas.

CPU. Unidad central de proceso, interna del PLC.

Módulos de I/O. Equipo de entradas y salidas de señales para el PLC, pueden estar incorporados en el mismo CPU o también son externos.

Puerto. Interfaz física que permite la transición de señales de un punto a otro.

Bus. Conjunto de hilos conductores que comunican las partes de un microprocesador.

STEP 7. Herramienta de programación para PLC's SIMATIC s7 200, s7300, entre otros.

TIA. Siglas de (Totally Integrated Automation), es una herramienta de programación para PLC's S7 1200, S7 1500.

SM. Abreviación de módulo de señales.

DI. Abreviación de (Digital Inputs) traducido entradas digitales.

DQ. Abreviación de (Digital Outputs) traducido salidas digitales.

AI. Abreviación de (Analogical Inputs) traducido entradas analógicas.

AQ. Abreviación de (Analogical Outputs) traducido salidas analógicas.

RS. Abreviación de (Recommended Standard) traducido estándar recomendado.

HMI. Abreviación de (Human Machine Interface), traducido interfaz humano máquina, permite la comunicación de la persona a equipos de automatización.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Cabe destacar que el proyecto de investigación se sistematiza de acuerdo al propósito que se pretende alcanzar. Para este problema se ha seleccionado a la investigación tecnológica, investigación bibliográfica y la investigación descriptiva.

3.1.1 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

La investigación tecnológica se aplica con el objetivo de conseguir equipos y materiales aceptables a los ambientes industriales actuales y que además no tengan inconveniente alguno en ser la base de conocimientos para posibles modificaciones en el futuro. Estos requerimientos son importantes como características del módulo didáctico.

3.1.2 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Es necesario conocer las generalidades de los autómatas programables para así tener un concepto de selección técnica, también es menester recurrir a manuales y otros recursos bibliográficos que respalden cada paso a seguir en el ensamblaje del módulo didáctico.

3.1.3 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Se aplica al identificar las características y las bases de programación al realizar prácticas, una vez construido el módulo didáctico, así se registra los primeros pasos para la utilización de los autómatas programables.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 MÉTODO DEDUCTIVO

La selección de un autómata depende del tipo de sistema que se pretende controlar, las características generales permiten obtener un criterio de selección para cada caso en particular.

Para este proyecto de investigación se parte de conocimientos obtenidos en las generalidades en la selección de equipos didácticos pero a la vez que estén a la par en la zona industrial.

3.2.2 MÉTODO INDUCTIVO

Las observaciones de las prácticas realizadas en el módulo, permiten identificar sus particularidades para luego llegar a conclusiones generales de programación, control y monitoreo, basadas en las teorías recopiladas.

3.2.3 MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO

Se realiza un estudio minucioso y particularizado de cada uno de los elementos físicos en la construcción del tablero, así como también la parte intangible como configuración y programación en el software de programación, todo esto permite llegar a conclusiones y presentación de resultados.

CAPÍTULO IV

4 PROPUESTA TECNOLÓGICA

4.1 TEMA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON PLC, PARA LA PROGRAMACIÓN DE SALIDAS DIGITALES, EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.

4.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación describe la necesidad de aumentar y renovar las herramientas utilizadas en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico con lo que respecta a control y automatización. La formación profesional continua debe permitir realizar prácticas dinámicas con los diferentes equipos usados industrialmente; considerando la gran importancia de los diferentes sistemas para la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico. La elaboración de este módulo ofrecerá cubrir a los actuales requerimientos.

4.3 OBJETIVO GENERAL

Actualizar y complementar las herramientas de entrenamiento práctico, relacionadas a autómatas programables, específicamente en entradas y salida digitales, en el laboratorio de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico.

4.4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En este capítulo se explica la construcción del módulo didáctico: los materiales que se utilizaron con criterio de selección, el diseño del módulo, así como también las prácticas a realizar en base a entradas digitales.

4.5 DETALLE DEL DISEÑO

A continuación se describen todas las partes constitutivas del equipo las cuales constan de ciertos materiales que cumplen con sus respectivas funciones.

Estas deben seleccionarse de acuerdo a los criterios técnicos para cumplir con los requerimientos determinados.

Todos los elementos seleccionados cumplen con las características recomendadas para el correcto funcionamiento del autómata, como se describe a continuación.

- **Selección del CPU**

Los PLC's SIMATIC S7-1200 cuentan con diferentes modelos de CPU, estos pueden ser seleccionados de acuerdo a las funciones para las que se los requieran. Las características de estos difieren entre sí, por lo que es necesario acudir al manual de usuario para compararlos y así seleccionar el más conveniente.

TABLA 3: Identificación de características físicas CPU 1212C

Función		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75	130 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	30 kB	50 KB	75 kB	100 kB
	Carga	1 MB	1 MB	4 MB	4 MB
	Remanente	10 kB	10 kB	10 kB	10 kB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas	8 entradas/6 salidas	14 entradas/10 salidas	14 entradas/10 salidas
	Analógico	2 entradas	2 entradas	2 entradas	2 entradas/2 salidas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
Área de marcas (M)		4096 bytes	4096 bytes	8192 bytes	8192 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2	8	8
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1	1	1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3	3	3	3

La selección del CPU 1212C se establece presentando las siguientes características generales:

- ✓ Dimensiones físicas 90x100x75 adecuadas para el montaje del tablero
- ✓ Memorias de usuario de trabajo 50KB, de carga 1MB y remanente 10KB, suficientes para un módulo didáctico con objetivos didácticos de pequeñas programaciones.

- ✓ E/S integradas locales digitales 8 entradas / 6 salidas y analogías 2 entradas; adecuadas para los requerimientos de construcción del módulo didáctico.
- ✓ Tamaño de la memoria imagen de proceso entradas y salidas 1024 bytes todos los modelos de S71200 trabajan con los mismos valores.
- ✓ Área de marca (M) de 4096 bytes suficiente para usos didácticos y programaciones cortas.
- ✓ Ampliación con módulos de señales (SM) máxima de 2, son suficientes en caso de que amerite la expansión del módulo.
- ✓ Incorporación de Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB) máxima de 1, todos los modelos cuentan con la misma característica.
- ✓ Máxima ampliación de 3 Módulo de comunicación (CM), no utilizados en la construcción del tablero.

Se descarta la posibilidad de seleccionar controladores demasiado robustos con aplicaciones muy grandes adecuados para industrias, los cuales tienden a ser utilizados en sistemas complejos conformados por partes pequeñas repetidas. Además existe el factor económico en la adquisición del equipo. Así de esta manera se ha seleccionado el CPU 1212c que en comparación con el 1214c y 1215c sus diferencias se establecen en el control de más entradas y salidas así como también en el de poseer más memoria.

Tras seleccionar el modelo del CPU es necesario conocer los parámetros eléctricos con los que trabaja el dispositivo, aquí se encuentra una clasificación de CPU's 1212C caracterizada por los datos técnicos del equipo como: rango de tensión de alimentación, tipos de salidas digitales entre otros.

TABLA 4: Características técnicas CPU 1212c

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 212-1BE31-0XB0	6ES7 212-1HE31-0XB0	6ES7 212-1AE31-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75
Peso de envío	425 gramos	385 gramos	370 gramos
Disipación de potencia	11 W	9 W	9 W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)	1000 mA máx. (5 V DC)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)	300 mA máx. (alimentación de sensores)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada	4 mA/entrada utilizada	4 mA/entrada utilizada

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 V DC a 28,8 V DC 22,0 V DC a 28,8 V DC para temperatura ambiente de -20 °C a 0 °C	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	--
Intensidad de entrada (carga máx.)	sólo CPU 80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC CPU con todos los accesorios de ampliación 240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC	400 mA a 24 V DC	400 mA a 24 V DC
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	12 A a 28,8 V DC
Aislamiento (alimentación de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	Sin aislamiento
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	--	--
Tiempo de mantenimiento (pérdida de alimentación)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC	10 ms a 24 V DC
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta	3 A, 250 V, de acción lenta	3 A, 250 V, de acción lenta

Así se describe la selección del CPU 1212c AC/DC/relé:

- ✓ La referencia del equipo queda descrito como 6ES7 212-1BE31-0XB0 la versión del equipo es 31.
- ✓ El equipo necesita una alimentación de voltaje alterno dentro de un rango de 85 a 264V AC, de forma concreta puede funcionar con 120v con un consumo de corriente de 80mA, así como también con 240v y 40mA.
- ✓ Internamente el CPU se encarga de generar señales de tensión a 24v y 5v DC. La intensidad disponible en la fuente de 5v DC es de 1000mA. Mientras que la corriente de servicio máxima para la fuente de 24v DC es de 300mA.

- ✓ Las entradas digitales utilizadas funcionan con 24v DC y consumen 4mA cada una.
- ✓ La frecuencia de línea es de 47 a 63Hz.
- ✓ Corriente de irrupción máxima de 20A a 264V AC.
- ✓ El aislamiento con la entrada de alimentación con la parte lógica resiste hasta 1500V AC.
- ✓ La corriente de fuga de línea a tierra funcional es de 0,5mA máximo.
- ✓ El CPU cuenta con un fusible interno, que no es reemplazable por el usuario de 3A, 250V, de acción lenta.

Así el CPU 1212c AC/DC/relé posee características adecuadas para la construcción del módulo didáctico, sus propiedades permiten el fácil manejo, su tensión de alimentación ahorra la necesidad de adquirir una fuente extra para el CPU, y por el contrario el equipo incorpora la alimentación utilizable en sensores y otros elementos que hacen parte del tablero. De esta manera se puede construir un elemento con varios niveles de tensión que pueden ser necesarios en las diferentes prácticas.

- **Cálculo para el consumo de corriente**

Es necesario el uso de una tabla recomendada por el manual para determinar cuanta energía (o corriente) suministra el autómata a la configuración, este valor variara de acuerdo a cuantos módulos de comunicación y módulos de señales se utilicen, el CPU 1212C tiene la posibilidad de conectar hasta un máximo de dos módulos de comunicación SM sin considerar la corriente disponible, así mismo se tiene la capacidad de conectar hasta tres módulos de comunicación y un máximo de un Signal Board, Communication Board o Battery Board para considerar el uso de una fuente de 24V DC externa.

De esta manera se realiza el cálculo para el consumo de la corriente determinando si se necesita una fuente de alimentación externa o no.

En los datos obtenidos en el manual para la fuente de 24V DC, existe una corriente disponible de alimentación de 300mA para sensores, mientras que para módulos de ampliación, es decir para la fuente de alimentación de 5V, se cuenta con 1000mA disponibles.

Ahora bien se cuenta con un solo módulo de ampliación que tiene un consumo de corriente de 80mA a 5V, en esta parte de los cálculos solo se necesita restar la corriente de consumo del módulo SM 1234 de la corriente disponible en la fuente del autómeta.

Balance de corriente 5 = corriente de fuente 5v – corriente de consumo

$$\text{Balance total de corriente 5v} = 1000\text{mA} - 80\text{mA}$$

$$\text{Balance total de corriente 5v} = 920\text{mA}$$

Se considera la disponibilidad de 920mA antes de necesitar una fuente de 5V externa.

Los valores de consumo de corriente para alimentación de 24V DC se detallan de la siguiente manera:

- El autómeta tiene 8 entradas digitales con un consumo de 4mA cada una.

$$8 \times 4\text{mA} = 32\text{mA}$$

- El consumo de la corriente del módulo 1234 es de 60mA para la fuente de 24V.

Con los valores obtenidos se realiza el siguiente cálculo:

Balance de corriente 24v = corriente de fuente 24v – Σ corriente de consumo

$$\text{Balance de corriente 24v} = 300\text{mA} - (32\text{mA} + 60\text{mA})$$

$$\text{Balance de corriente 24v} = 208\text{mA}$$

- **Alimentación eléctrica general y protecciones del módulo didáctico**

Por los datos registrados en las imágenes anteriores se determina que el PLC puede tener una alimentación tanto de 120v como de 240v A.C.; al seleccionar un voltaje el controlador tendrá comportamientos diferentes con respecto a sus entradas y salidas. El voltaje seleccionado para la operación del módulo didáctico es de 240v, aunque internamente la alimentación eléctrica del autómata es 120v, la configuración del módulo incluye salidas de 240v que servirán como alimentación de otras configuraciones externas en caso de ser necesario. De esta manera el equipo puede estar alimentado con 120 o 240v en A.C.

En cuanto a dispositivos de protección el autómata cuenta con un fusible interno de 3A en alimentación de 250v, de acción lenta. Pero confirmando la alimentación interna, constante de 120v para el autómata se ha seleccionado un fusible de 2A. Además el modulo consta de borneras para alimentar a equipos externos a 240v en caso de ser necesario, por lo que se instaló un braker bipolar de 20A. De esta manera se consigue dos circuitos diferentes con sus respectivas protecciones.

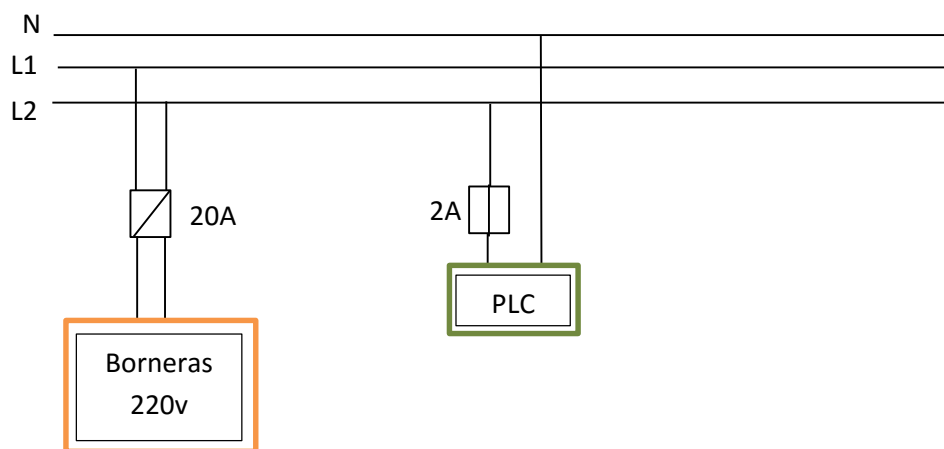


FIGURA 13: Representación alimentación eléctrica modulo didáctico
"Elaboración propia"

- **Funcionamiento de entradas digitales**

El CPU cuenta con un fuente interna de 24V DC, teniendo así borneras para el funcionamiento exclusivo de los sensores que envían señales a las entradas digitales. Para inmunidad a interferencias adicionales se debe conectar "M" a masa, incluso si no se utiliza esta alimentación.

El módulo didáctico suprime la necesidad de sensores remplazándolos con pulsadores y selectores de diferentes tipos, estos funcionan con una tensión nominal de 240V y 3A por lo que trabajar con voltajes y corrientes menores no representa ningún problema, la tensión nominal para las entradas digitales del autómatas es de 24V DC, mientras que la corriente es de 4mA.

El módulo contiene pulsadores circulares de 22mm de diámetro, tres N.O. (normalmente abiertos), tres N. C. (normalmente cerrados), y dos selectores de dos posiciones para abrir y cerrar contactos. Todos estos son de marca CAMSCO, así se garantiza la calidad de en esta parte del equipo.

- **Funcionamiento de salidas digitales**

El autómatas cuenta con seis salidas digitales tipo relé con rango de tensión de 5 a 30V DC o 5 a 250V AC, esto permite seleccionar de acuerdo a los requerimientos establecidos el nivel y el tipo de tensión adecuado.

Con el propósito de generalizar a las salidas digitales a un solo nivel y tipo de voltaje se empleara 120V AC para los relés internos del autómatas y estos se conectaran a las bobinas de otros relés externos, las bobinas de estos se activan también con 120V AC y permiten la apertura o cierre de contactos externos en el módulo didáctico. Existen luces de señalización que se activan junto con las salidas del autómatas programable y se muestra en el tablero.

Los relés para el módulo didáctico son de marca CAMSCO MK2P-I de 8 pines, su configuración se describe a continuación.

- Pines 2 y 7 conectan a la bobina del relé.
- Pines 1-3 y 8-6 respectivamente forman dos contactos normalmente abiertos.
- Pines 1-4 y 8-5 respectivamente forman dos contactos normalmente cerrados.

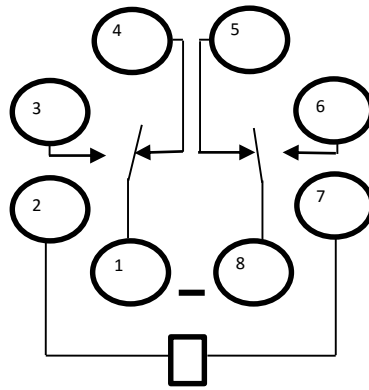


FIGURA 14: Diagrama de conexión de Relé MK2P-I
 “Elaboración propia”

La marca de las luces piloto es STECK, son de tipo LED color rojo circulares, 22mm de diámetro y funcionan con un rango de tensión de 120/240V, pero para su aplicación en el módulo didáctico se alimentara con 120V, el consumo de corriente es menor a 20mA. Sus circuitos son construidos individualmente partiendo desde el breaker a uno de los contactos abiertos de los relés (1-3), hasta las luces, de esta manera si la bobina de un relé es activada también el indicador y sus otros contactos cambiaran de posición.

- **Funcionamiento de las entradas analógicas**

El autómata SIMATIC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY cuenta con dos entradas de tipo analógica y no cuenta con salidas, por lo que es necesario la adquisición de un módulo de expansión, el equipo seleccionado para cumplir con los requerimientos establecidos es el módulo de expansión SM 1234 este debe ser alimentado con 24V DC y todas las masas deben ser cortocircuitadas. Consta de cuatro entradas y dos salidas de tipo analógicas. En el módulo didáctico se usan las entradas y salidas del equipo de expansión mencionado.

Para el funcionamiento de las entradas analógicas el rango establecido de voltaje de acuerdo al manual es de 0 a 10V DC. Por lo que se necesita adaptar una fuente de 10V DC en el módulo didáctico. La fuente seleccionada es de marca PASS y tiene un voltaje de entrada de 120V AC, mientras que el voltaje de salidas es de 12V regulables por medio de un potenciómetro, para alcanzar el valor deseado.

Las entradas analógicas se adaptan a selectores de tres posiciones para permitir la conexión de diferentes sensores que se adapten en una posible práctica, las posiciones se describen de la siguiente manera:

- a) Voltaje ajustable por medio de potenciómetro (1kohm) incluido en el módulo didáctico.
- b) Off (El circuito quedara abierto)
- c) Voltaje ajustable por medio de dispositivos externos al módulo didáctico, cuenta con sus respectivos conectores.

En síntesis las entradas analógicas pueden ser controladas de dos formas diferentes; por medio de potenciómetros de 1kohm, se ha seleccionado con ese valor de resistencias para una buena flexibilidad al seleccionar el rango de voltaje, la segunda forma es dando paso a alguna forma de control externo por lo que se adaptan los conectores necesarios. Es muy importante tener claro que las masas siempre deben estar referenciadas, el modulo tiene preparada esa característica en los conectores para control externo. Por otro lado el rango del voltaje no debe sobrepasar de los 0 a 10v por lo que se adapta voltímetros digitales como indicadores, estos funcionan con un voltaje de alimentación de 10V.

- **Funcionamiento de salidas analógicas**

Las salidas analógicas pueden ser configuradas para el control señales tanto de voltaje o intensidad sus rango establecidos son $\pm 10v$ o 0 a 20mA. En las borneras del CPU o también en el módulo de expansión se señala el número de salida y su respectiva masa conectada a la misma referencia.

En el módulo didáctico se adaptan los voltímetros indicadores y sus respectivos conectores para poder tener una conexión entre elementos exteriores y el equipo, así se puede tener un control monitorizado y continuo en el mismo sistema para toma de señales de voltaje. Entre sus aplicaciones más comunes están variadores de velocidad, reguladores de temperatura, entre otros.

- **Comunicación y programación**

El autómata programable cuenta con un puerto Ethernet para el módulo didáctico se cuenta con una extensión interna de dicho puerto, para poder obtener la misma conexión en la parte externa. El adaptador a utilizar es un conector categoría 5 para conexión a Ethernet. De esta manera se el modulo puede cumplir con las operaciones de programación sin necesidad de abrir la puerta del gabinete.

4.5.1 DISEÑO DEL TABLERO

El gabinete consta una parte interior y exterior la cual se detalla a continuación.

- **Parte externa**

Es la cara frontal del módulo didáctico, con la que trabaja el estudiante en las diferentes prácticas. Su importancia está basada en la relación directa con el equipo, por esta razón necesaria la respectiva señalización e identificación en cada una de sus partes. Está dividida, en secciones de acuerdo a las entradas y salidas correspondientes del autómata, en la siguiente imagen se puede apreciar de mejor manera cada una de sus partes.

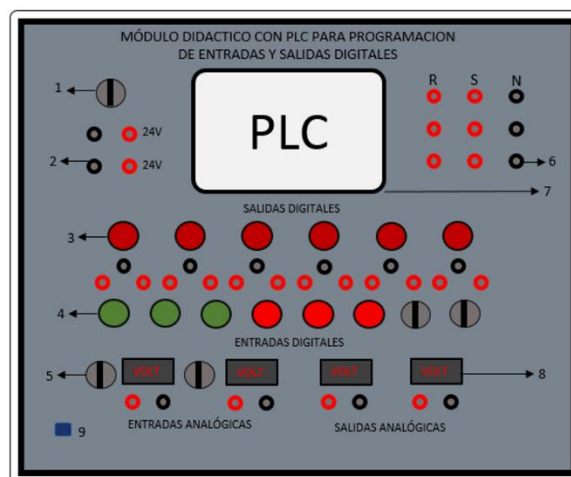


FIGURA 15: Vista frontal del tablero
"Elaboración propia"

En la ilustración se describe la posición de los elementos:

1. Selector de posiciones On-Off general del módulo.
2. Salidas de 24V como salidas auxiliares.

3. Conectores para salidas digitales, estas incorporan luces led de color rojo que sirven como indicadores de activación.
4. Pulsadores y selectores con contactos NA y NC para activación de entradas digitales.
5. Sección de dos entradas analógicas, cada una compuesta por; un selector de tres posiciones, un potenciómetro de 1kohm, un voltímetro digital, y un par de Jack bananas para conexión de otro dispositivo de control en caso de ser necesario.
6. Conectores de alimentación para equipos externos 120/240V.
7. Visor para el gabinete metálico, permite la visualización del controlador lógico en la parte interna.
8. Sección de dos salidas analógicas, compuesta cada una por su respectivo voltímetro indicador y par de Jack bananas de conexión.
9. Conector Ethernet para comunicación y programación del autómata.



FIGURA 16: Identificación de los elementos que hacen parte del módulo didáctico
"Elaboración propia"

- **Parte interna**

Es la parte cubierta por el gabinete metálico, en donde constan los diferentes elementos de trabajo que permite la activación de las diferentes entradas y salidas del módulo didáctico.

La parte interna del módulo didáctico está dividida en tres partes, rodeadas por canaletas ranuradas de 25x25x20mm, con el fin de que cada una de las divisiones internas tengan la posibilidad de conexión con cable desde todas las direcciones posibles, las divisiones establecidas son:

a) Elementos de protección, fuentes y autómata.

La alimentación eléctrica para los elementos del módulo didáctico es tomada desde esta división, cuenta con rangos de voltaje de izquierda a derecha 220V AC, 120V AC, 24V DC y

10V DC, el autómata contiene una fuente de alimentación de 24V.

En esta división también se pueden apreciar los diferentes breakers de protección, además de borneras para conexión con los otros dispositivos de otras partes.

Entre las explicaciones ya vistas el controlador tiene ese lugar en módulo didáctico por concepto de jerarquía con respecto a los otros dispositivos.

b) Relés

En la segunda división de la parte interna se encuentran los relés, para la activación de las salidas digitales, su posición se justifica por tener la menor distancia a las borneras del autómata, por otro lado esta los relés necesitan un mayor espacio físico.

c) Borneras

La tercera división contiene exclusivamente borneras que permiten todas las conexiones de la parte interna con la parte externa del módulo didáctico. La ventaja más trascendental es la facilidad para identificación de fallas por medio de las borneras.

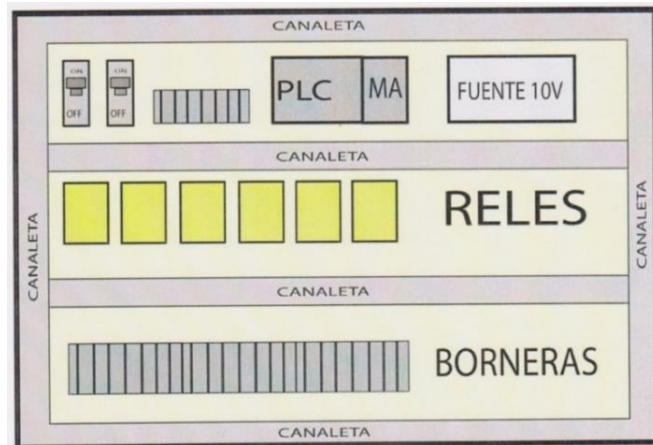


FIGURA 17: Diseño de vista interior del módulo para prácticas en PLC, Diseño e implementación.

En la ilustración se puede apreciar el lugar de los componentes que se sitúan dentro del gabinete, entre estos: El controlador, el módulo de expansión, la fuente de alimentación, relés, borneras, brakers y canaletas cada uno de estos en sus respectivas divisiones.



FIGURA 18: Construcción parte interna del tablero
"Elaboración propia"

4.5.2 ELEMENTOS PARA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO

La siguiente lista muestra los diferentes materiales que se usan para la construcción del tablero, cada uno de estos elementos cumple con una función específica y no deben ser ignorados en el manejo del equipo.

TABLA 5: Elementos del módulo didáctico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PLC Siemens S7-1200 AC/DC/RELÉ, ALIMENTACIÓN: 110/220V	1
Módulo de Señal: 4 Entradas 2 Salidas Analógicas SM1234	1
Tablero Metálico SBOX pesado con plafón pesado tipo BJS1 50x50	1
Braker termo magnético 20 A 2polos riel	1
Fusible de 2 A para riel	1
Relé encapsulado Siemens 10A 120V	6
Base riel para relé Siemens 2mm	6
Pulsador verde NO 22mm	3
Pulsador rojo NC 22mm	3
Selector 2 posiciones NO 22mm	3
Selector 3 posiciones NO 22mm	2
Contacto auxiliar NA	4
Luz piloto roja 22mm	6
Riel 35mm x 1m Acero	2
Canaleta Plástica ranurada 25x25x20mm	2
Terminales tipo puntera #18-16 awg	120
Terminales tipo puntera #16-14 awg	30
Terminales tipo horquilla #6- 1/8"	40
Prensa estopa 1"	1

Cinta Espiral 6mm x 1m	4
Cinta Espiral 8mm x 1m	2
Voltímetro digita 3 dígitos rojo	4
Jack Banana grande roja	24
Jack Banana grande negra	15
Borneras Riel	84
Cerradura oval llave 2.5mm	1
Enchufe Bifásico	1
Enchufe 110V 15 A	1
Fuente DC 10.8V 5A conmutada	1
Potenciómetros sin capuchón 1Kohm	2
Cable 18 AWG metro Azul	70
Cable 16 AWG metro	10
Cable 14 AWG metro	12
Cable Tripolar 14 AWG	4

El modulo didáctico posee dos salidas de la fuente de 24V en la parte externa, es importante señalar que la corriente máxima para el uso de esas dos salidas es de 208mA entre las dos. Esto debe ser considerado por el estudiante y docente que trabaje con el equipo.

Mediante los datos técnicos se obtiene la información de la corriente disponible en la CPU y el consumo de módulos de señales y otros dispositivos. De esta manera se obtiene información necesaria sobre el posible uso de una fuente de energía externa.

A continuación la tabla de cálculo recomendada para determinar los balances de corriente.

TABLA 6: Cálculo de consumo de corriente

Corriente disponible de la CPU	5 V DC	24 V DC
CPU 1212 AC/DC/relé	1000mA	300mA
	<i>Menos</i>	
Consumo del sistema	5 V DC	24 V DC
CPU 1212C, 8 Entradas	-	8x4mA = 32mA
1 SM 1234, 5V de corriente	80mA	60mA
Consumo total	80mA	92mA
	<i>Igual a</i>	
Balance de corriente	5 V DC	24 V DC
Balance total de corriente	920mA	208mA

Para posibles casos posteriores en los que se pretenda realizar un crecimiento en las características del sistema del módulo didáctico, se debe especificar los datos de equipos nuevos con consumo de corriente a 5 y 24 voltios que se incluyan, de esta manera se realiza el análisis para determinar si es necesario o no fuentes externa.

4.6 CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO

El tablero consta con estandarizaciones locales a fin de que el modulo didáctico tenga una presentación estética, acorde a otros tableros existentes en el laboratorio de Educación técnica en la Universidad.

- **Entradas digitales**

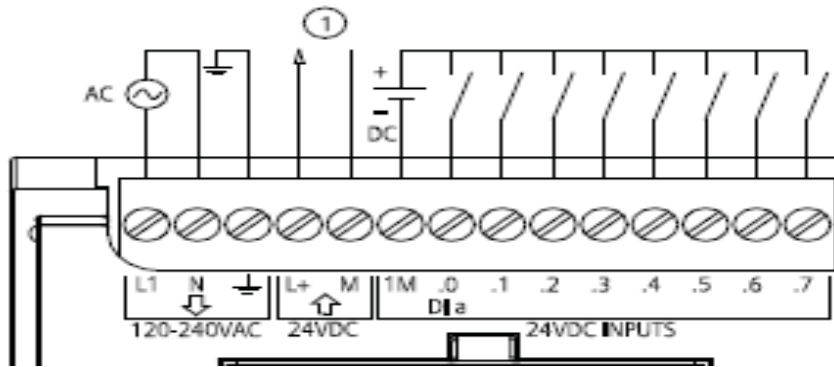


FIGURA 19: Diagrama de cableado para entradas digitales CPU 1212C AC/DC/RELE, manual S7 1200 siemens 2014

Es posible apreciar el diagrama de conexión para las entradas digitales, que en el módulo didáctico serán activadas por los pulsadores o selectores. La siguiente ilustración describe que las entradas digitales funcionaran con voltaje de 24V CD a 4mA que son los valores nominales.

TABLA 7: Valores establecidos para conexión de entradas digitales PLC S7 1200

Tabla A- 33 **Entradas digitales**

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé, DC/DC/relé y DC/DC/DC
Número de entradas	8
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 s
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA

- **Entradas analógicas**

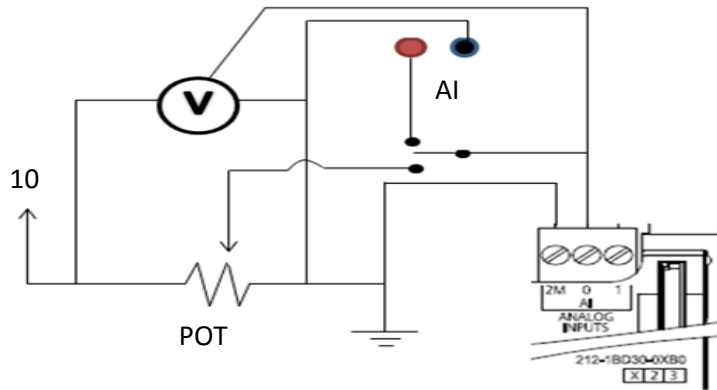


FIGURA 20: Cableado para entradas analógicas CPU 1212c
 “Elaboración propia”

Esquema para el circuito de cada entrada analógica. La entrada será encendida con el selector de tres posiciones a fin de poder escoger entre la regulación de voltaje interna “propia del módulo”, y alguna opción externa.

Es importante incluir señales de voltaje con rangos establecidos para entradas analógicas.

- **Salidas digitales**

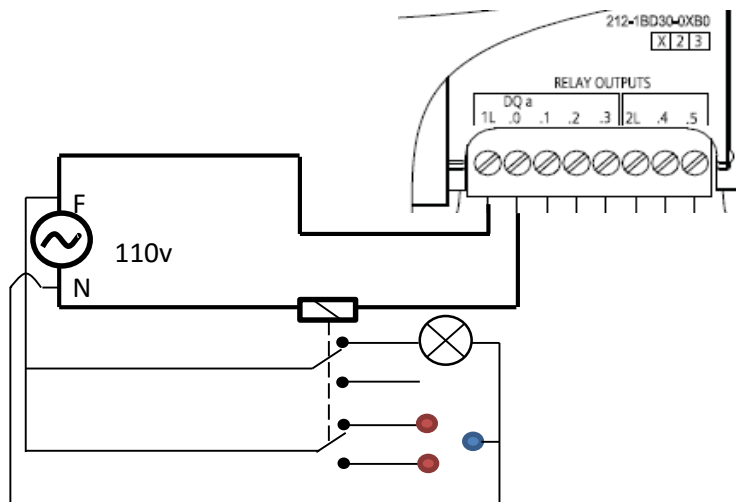


FIGURA 21: Cableado para las salidas digitales CPU 1212c AC/DC/RELE
 “Elaboración propia”

La activación de los terminales será indicada con el encendido de las luces piloto según corresponda al contacto determinado. De igual manera el manual del controlador posee valores establecidos para las salidas digitales; así se pueden conectar a las salidas digitales del PLC, cargas que necesiten alimentación dentro del rango de 5 a 30V DC o 5 a 250V AC. El modulo didáctico conecta a las salidas digitales con las bobinas de los relés externos (120v).

TABLA 8: Valores establecidos para conexión de salidas digitales PLC S7 1200

Tabla A- 34 **Salidas digitales**

Datos técnicos	CPU 1212C AC/DC/relé y DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Número de salidas	6	6
Tipo	Relé, contacto seco	Estado sólido MOSFET (fuente)
Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC	20,4 a 28,8 V DC
Señal 1 lógica a intensidad máx.	--	20 V DC mín.
Señal 0 lógica con carga de 10 K Ω	--	0,1 V DC máx.
Intensidad (máx.)	2,0 A	0,5 A

- **Salidas analógicas**

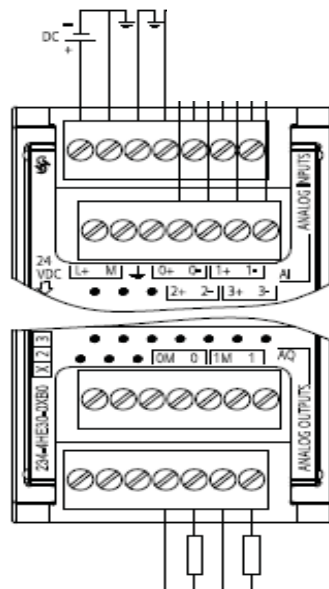


FIGURA 22: Cableado para entradas de salidas analógicas SM 1234, manual S7 1200 siemens

Para salidas analógicas debemos tomar como referencia el diagrama de conexión del módulo de expansión de cuatro entradas y dos salidas SM1234.

Después de la descripción de cada una de las partes del módulo así como también la conexión de todos los elementos, se finaliza con las pruebas correspondientes de funcionamiento así como también con las prácticas presentadas.



FIGURA 23: Pruebas de funcionamiento del tablero
"Elaboración propia"



FIGURA 24: Elaboración de prácticas en el módulo didáctico
"Elaboración propia"

Las prácticas realizadas en el módulo didáctico se describen a continuación.

PRÁCTICA Nº 1

4.7 PROGRAMACIÓN BÁSICA POR MEDIO DE FLIP FLOPS

4.7.1 OBJETIVOS

- Asociar al estudiante con el software de programación Tia Portal.
- Conocer los diferentes comandos de registro básico.
- Relacionar al estudiante con el manejo del módulo didáctico.

4.7.2 MARCO TEÓRICO

Tia Portal cuenta con diferentes herramientas de programación las cuales pueden ser consideradas para su utilización de acuerdo a las necesidades que deben ser previamente establecidas.

Entre las funciones más requeridas dentro de la programación de autómatas están las que guardan un estado determinado, a esto se conoce como funciones con memoria.

Un ejemplo de circuitería lógica con memoria, es el enclavamiento de un contacto, esto es muy común en la programación de autómatas en general.

Flip-Flop.- Conocido también como circuitos de registro básico o también multivibrador biestable, son circuitos combinatorios cuyos niveles de salida depende de los niveles presentes en las entradas.

Están formados por ensambles de compuertas lógicas conectadas entre ellas para obtener las características de almacenamiento de información. Existen varias configuraciones de compuertas que se utilizan para producir estos flip-flops.

Los circuitos de registro básico tienen dos entradas, para dos estados posibles: Establecer (S) y restablecer (R).

Así mismo, tienen dos salidas, marcadas mayormente como Q y \bar{Q} , inversas entre sí.

- La salida Q recibe el nombre normal.
- La salida \bar{Q} es la salida negada o invertida.

Para la representación de circuitos con registro básico se pueden emplear diagramas de bloques con compuertas NAND o NOR, independiente de esto muestran el mismo funcionamiento.

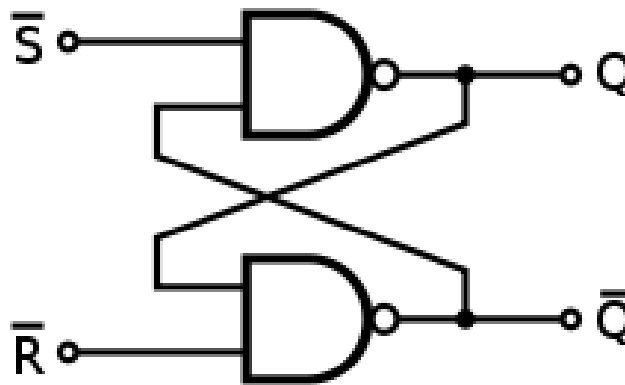


FIGURA 25: Registro Básico NAND
“Elaboración propia”

Funcionamiento del registro básico con compuertas NAND.

Los estados de la salida en el circuito indica el valor de 0 para activado y 1 para desactivado.

Frente a los posibles casos en las entradas se tienen las siguientes respuestas en las salidas:

- Establecer = Restablecer = 1.** Esta condición es el estado normal y no tiene efecto alguno sobre el estado del circuito. Las salidas Q y \bar{Q} permanecerán en el estado en el que se encontraban antes de presentarse esta condición de entrada.
- Establecer = 0, Restablecer = 1.** Este estado siempre ocasionará que la salida Q pase al 1, donde permanecerá aun después de que ESTABLECER retorne a ALTO. A esto se le denomina establecimiento del registro básico.

- c) **Establecer = 1, Restablecer = 0.** Esto siempre producirá el estado $Q = 0$, esto aun después de que BORRAR retorne a Alto. ($\underline{Q}=1$), A esto se le llama *restablecimiento o reinicio del registro básico*.
- d) **Establecer = Restablecer = 0.** Esta condición intenta iniciar y borrar el registro básico en forma simultánea y puede producir resultados ambiguos. No debe utilizarse.

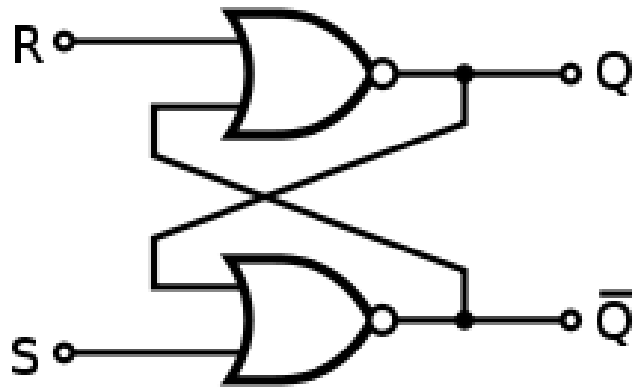


FIGURA 26: Registro básico NOR
"Elaboración propia"

El arreglo que se muestra en el registro básico con compuertas NAND es similar al de compuertas NOR excepto que las salidas tienen posiciones invertidas.

Funcionamiento del registro básico con compuertas NOR.

Los estados en el circuito son de tipo binario, es decir 1 activado y 0 desactivado.

- a) **Establecer = Restablecer = 0.** Esta condición es el estado normal y no tiene efecto alguno sobre el estado del circuito. Las salidas Q y \bar{Q} permanecerán en el estado en el que se encontraban antes de presentarse esta condición de entrada.
- b) **Establecer = 1, Restablecer = 0.** Este estado siempre ocasionará que la salida $Q=1$, donde permanecerá aun después de que ESTABLECER retorne a 0.
- c) **Establecer = 0, Restablecer = 1.** Esto siempre producirá el estado $Q = 0$, esto aun después de que BORRAR retorne a 0.

- d) **Establecer = Restablecer = 0**. Esta condición intenta iniciar y borrar el registro básico en forma simultánea y puede producir resultados ambiguos. No debe utilizarse.

Otros circuitos de registro básico

Dentro de los diferentes tipos de circuitos de registro básico están:

- **FF sincronizados por reloj**

Tienen una entrada denominada CLK que es disparada por flancos que pueden ser con pendiente positiva “TPP” o con pendiente negativa “TPN”, así el flip flop es activado por una

Transición de la señal. Esto contrasta con los registros que se disparan por nivel lógico.

Las entradas CLK no tienen efecto sobre las salidas, puede afirmarse que las entradas de control definen CUAL es la salida a activar, y la entrada CLK determina CUANDO se activa.

Además de los circuitos de registro básico ya conocidos y denominados como Flip-Flop S-C también aparecen los tipos J-K los cuales se diferencian en solucionar los estados ambiguos de los tipos S-C, por medio de un complemento.

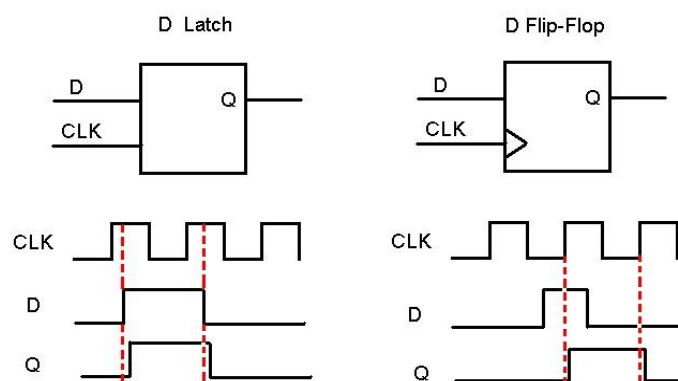


FIGURA 27: Funcionamiento de circuito de registro básico sincronizado por reloj
“Elaboración propia”

Además, aparecen aquí los Flip-Flop Tipo D, los cuales poseen solo una entrada lógica.

Los circuitos antes vistos son Flip-Flop con entradas síncronas ya que las salidas se sincronizan con la entrada CLK.

Existen también Flip-Flop con entradas asíncronas que influyen en las salidas, sin importar las condiciones presentes en las otras entradas.

Flip FLops en Tia Portal

Tía Portal posee los comandos SR y RS como circuitos de registro básico.

Si el estado lógico de la entrada S es "1" y el de la entrada R1 es "0", el operando indicado se pone a "1". Si el estado lógico de la entrada S es "0" y el de la entrada R1 es "1", el operando indicado se pone a "0".

La entrada R1 prevalece sobre la entrada S. Si el estado lógico de las entradas S y R1 es "1", el estado lógico del operando indicado se pone a "0".

Si el estado lógico de ambas entradas S y R1 es "0", no se ejecuta la instrucción. En este caso, no cambia el estado lógico del operando.

El estado lógico actual del operando se transfiere a la salida Q y se puede consultar allí.

La instrucción RS "Flip-Flop de desactivación/activación" tiene una operación inversa al comando SR, con la única diferencia de que la entrada S1 prevalece sobre la entrada R. (Sistema de información, Tia Portal).

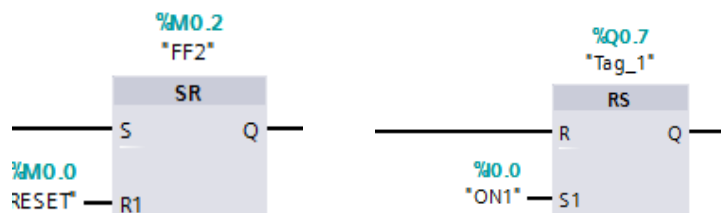


FIGURA 28: SR y RS en Tia Portal, "Sistema de ayuda TIA"

Los comandos de registro básico de Tia Portal tienen solo una salida Q, estos pueden ser considerados solo del tipo S-C, pero con las diferentes funciones de programación del software se pueden obtener aplicaciones más complejas.

Entre las aplicaciones más comunes de los circuitos de registro básico están las secuencias y contadores.

4.7.3 TRABAJO PREPARATORIO

Realizar la programación para encendido de luces en forma de secuencia con las siguientes condiciones:

- Se deben encender seis luces por medio de seis pulsadores una tras otra en forma de secuencia.
- Debe estar encendida solo una a la vez, cada luz debe ser desactivada en el mismo instante en el que se active otra luz y no podrá ser reactivada sino hasta el reinicio del sistema.
- El reinicio del sistema debe ser ejecutado mediante un selector del sistema mostrando una configuración ON-OFF.
- Para la programación se debe usar la función SR.

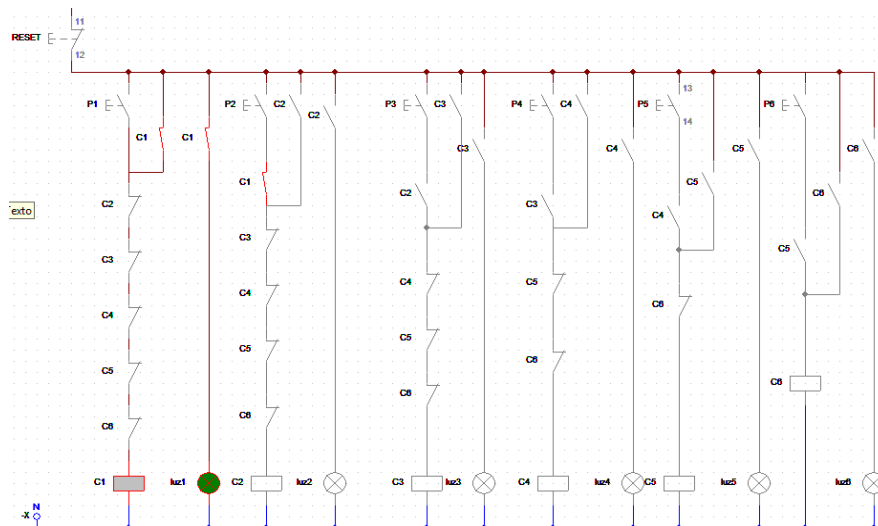


FIGURA 29: Simulación en Cade Simu para la programación encendido de luces en secuencia
"Elaboración propia"

En la ilustración se puede observar la simulación en el software Cade Simu de un circuito de automatización para la construcción del mismo sistema con materiales analógicos.

Para la programación en el software TIA Portal se usara el lenguaje Ladder o escalera, este viene configurado por default en el programa.

- Para el primer paso se tiene que abrir un nuevo proyecto y seleccionar un nuevo Main bloque en la sección bloques de programa, esta sección se encuentra dentro de la ventana Árbol de proyecto.

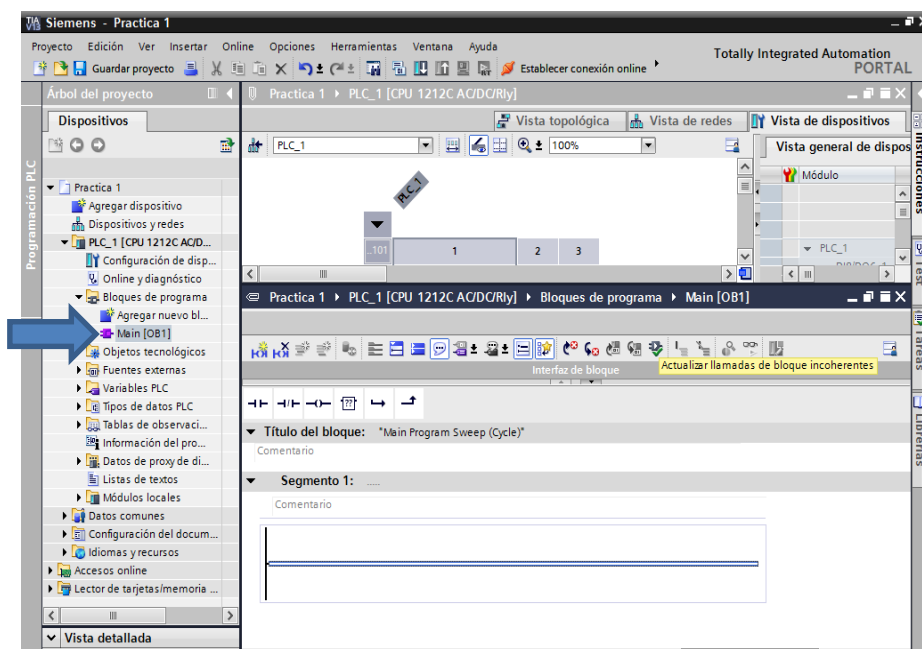


FIGURA 30: Selección de un nuevo bloque de programa Tia Portal
“Elaboración propia”

Los bloques de programa vienen divididos por segmentos para identificar cada una de las partes de la programación de un sistema.

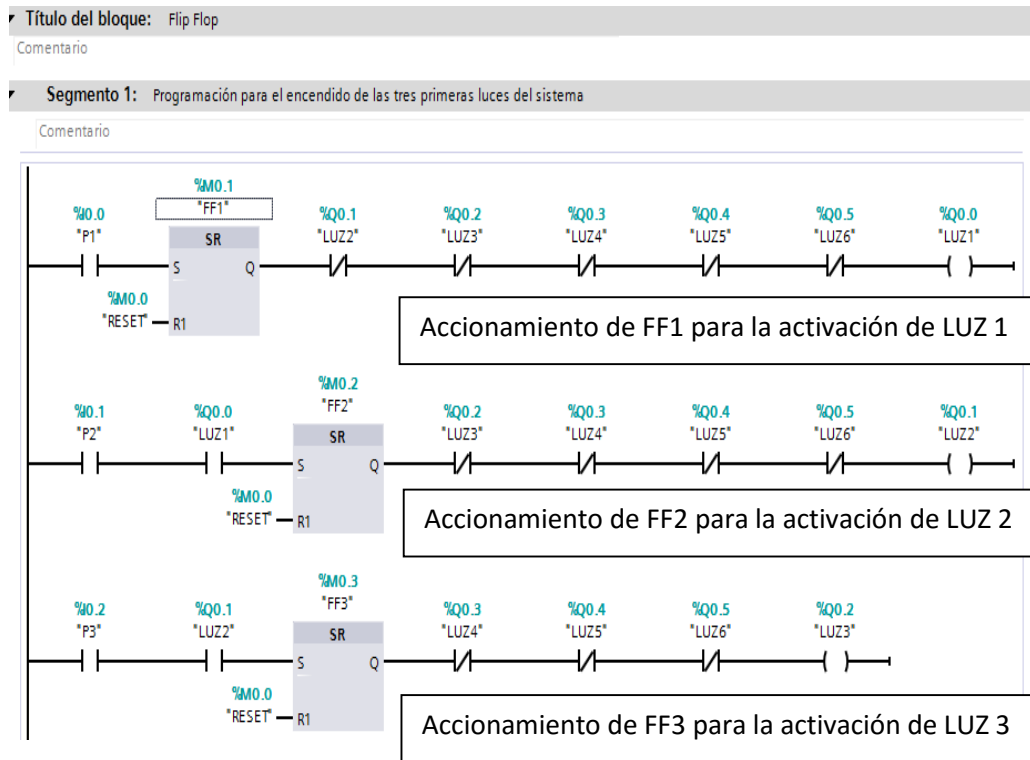


FIGURA 31: Segmento 1 para la programación de encendido de luces en secuencia
 “Elaboración propia”

El primer segmento de programación indica tres ramas cada uno con pulsadores como contactos abiertos “P1”, “P2” Y “P3”; El primero de estos tiene una conexión directa con un SR nombrado FF1 (Flip-Flop 1).

Un conjunto de contactos normalmente cerrados se conectarán con la salida Q 0.0 (LUZ 1), de forma que estos contactos se abran de acuerdo con las luces a encender, de esta manera se “bloqueará” a las luces anteriores.

Para las ramas 2 y 3 es necesario colocar contactos normalmente abiertos con los mismo nombres de la luz anterior, entre la unión de los contactos de pulsadores y la entradas S del comando SR; de esta manera se garantiza la secuencia ordenada, ya que estos contactos no se cerrarán hasta que la luz anterior se haya encendido. Por ejemplo para la segunda rama se debe conectar el contacto abierto de nombre “luz1”, entre P2 y FF2.

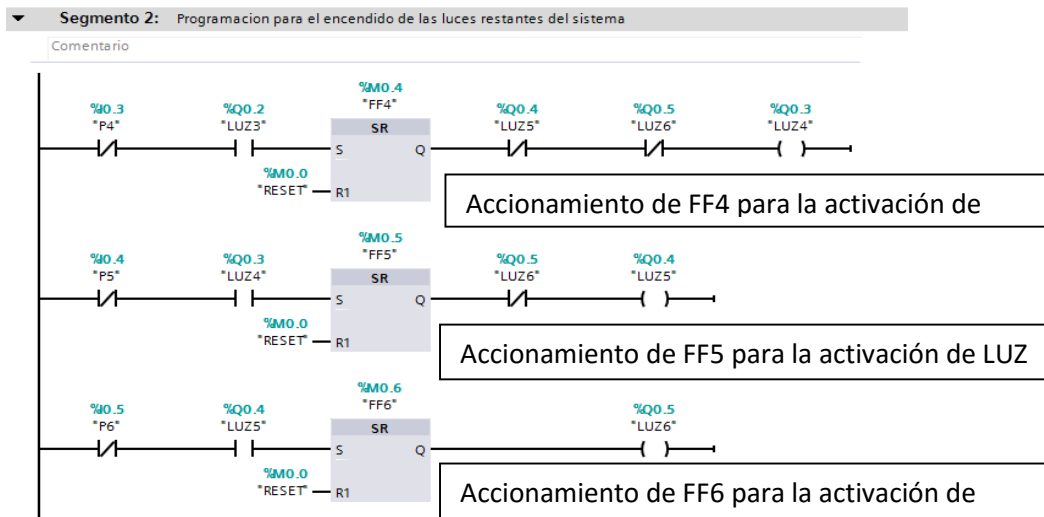


FIGURA 32: Segmento 2 para la programación de encendido de luces en secuencia
“Elaboración propia”

El segmento dos muestra la programación de las luces restantes en tres ramas diferentes. Es muy importante tomar en cuenta que las entradas digitales “I0.3”, “I0.4” e “I0.5” del autómatas, están conectadas a pulsadores de color rojo n.c. del módulo didáctico, es decir que estas entradas permanecen activas. Para la programación se conecta contactos del mismo tipo es decir n. c. para que estos contactos se mantengan abiertos.

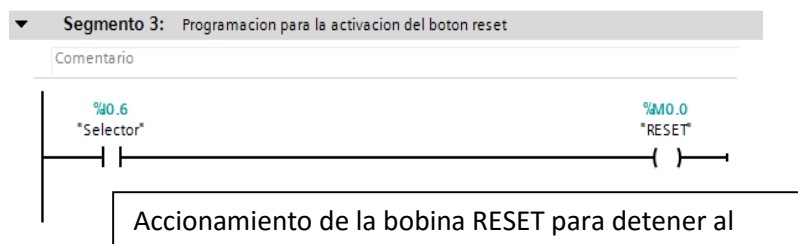


FIGURA 33: Segmento 3 para la programación de botón RESET
“Elaboración propia”

En este segmento la programación describe un solo ramal para la activación de una bobina denominada RESET, por medio de un contacto abierto (selector), esta bobina permite reiniciar el sistema, ya que cada uno de los flip flop tiene vinculada la entrada R1 con la bobina, recibiendo así una señal si “RESET” esta cambia de estado.

4.7.4 TRABAJO EXPERIMENTAL

a) Realizar un circuito con las mismas condiciones del trabajo preparatorio utilizando la función RS.

De manera similar a la práctica realizada en el trabajo preparatorio la práctica se divide en tres segmentos.

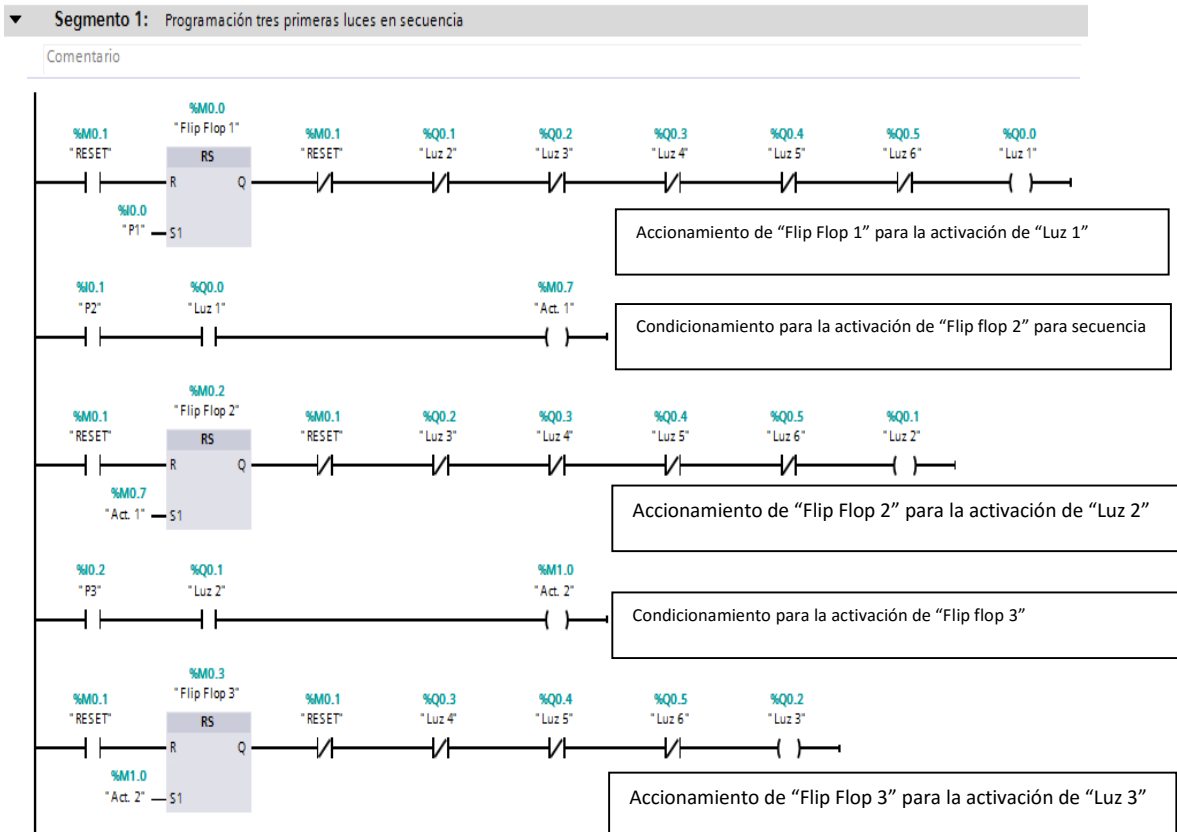


FIGURA 34: Programación de tres primeras luces en secuencia con la función RS
"Elaboración propia"

Para la activación de las diferentes luces secuenciales por medio del comando RS, hay que realizar el condicionamiento en las entradas de los flip flops ya que la entrada S1 prevalece sobre la entrada R en el comando del circuito de estado biestable.

Para el segmento dos el procedimiento es igual pero sin el llamamiento de contactos en S1, más bien con conexión directa.

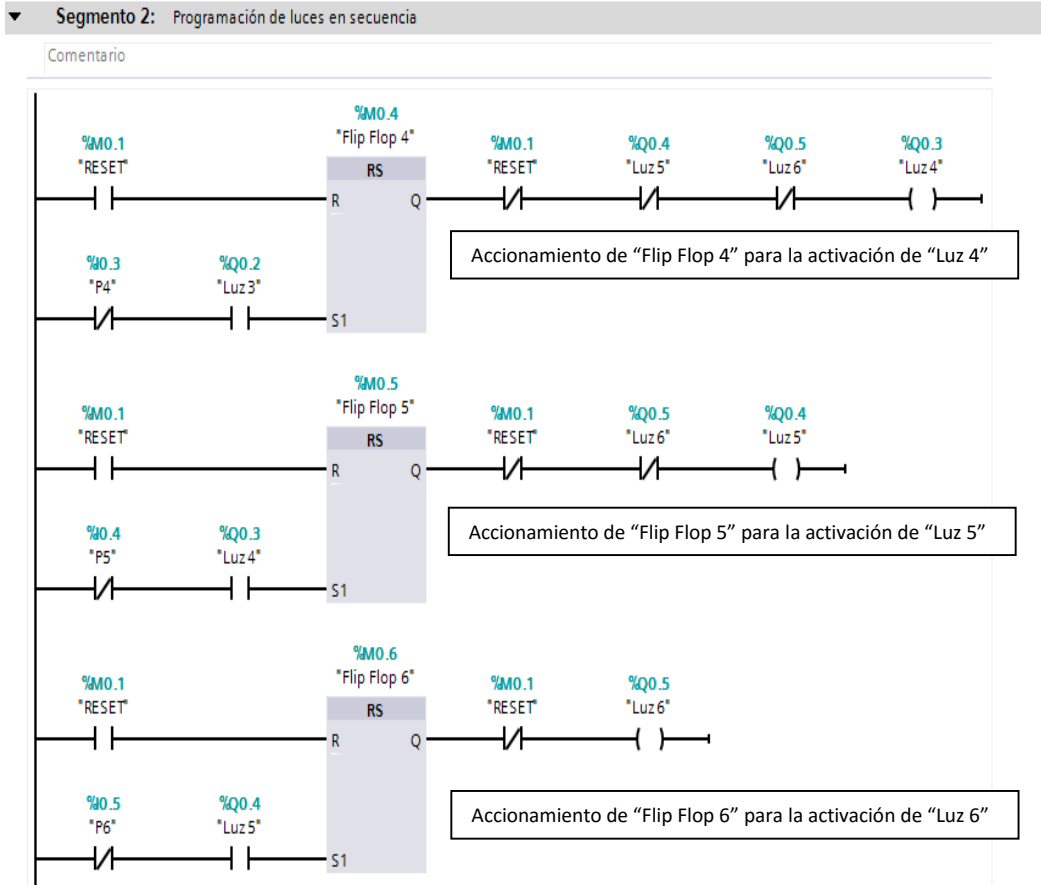


FIGURA 35: Segmento dos, programación de luces en secuencia función RS
"Elaboración propia"

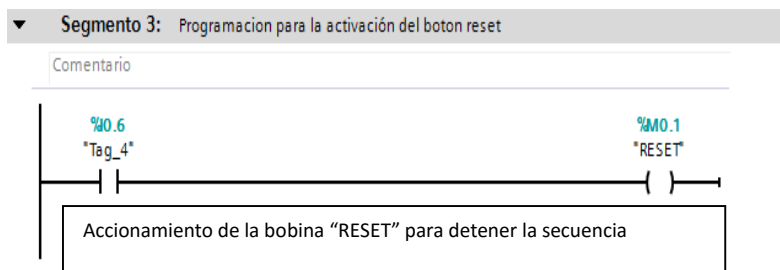


FIGURA 36: Segmento tres, luces en secuencia función RS
"Elaboración propia"

4.7.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones.**

1. Los comandos RS Y SR son circuitos de registro básico, dentro del Tia Portal. Poseen dos entradas contrarias. Mientras una se prioriza en almacenar estados, la otra lo hace en borrarlos.
2. Los flip flop del Tia Portal en comparación a circuitos reales pueden ser considerados más simples; pero su ventaja es que pueden relacionarse con otros comandos de programación pudiendo cumplir con acciones más complejas.
3. El Software Tia Portal es un programa con un ambiente dinámico y sencillo al mismo tiempo muy funcional para las diferentes prácticas que el estudiante puede realizar.

- **Recomendaciones**

1. Tia Portal ofrece la posibilidad de trabajar con diferentes comandos con funciones similares, pero el usuario debe seleccionar la mejor opción para obtener sistemas menos complejos y aprovechar al máximo al autómatas programable.
2. El botón activar/desactivar observación permite realizar una conexión online directa con el controlador a tiempo real. Así se puede observar el funcionamiento del sistema por medio del software de una forma dinámica. Este es el principio del control remoto de sistemas de automatización usado en la industria.

PRÁCTICA Nº 2

4.8 PROGRAMACIÓN DE SEMÁFOROS PARA CALLES TRANSVERSALES

4.8.1 OBJETIVOS

- Indicar los diferentes comandos de temporización del software TIA Portal.
- Realizar un programa en el que describa el funcionamiento del comando TON.
- Señalar la importancia de los temporizadores en los sistemas de automatización.

4.8.2 MARCO TEÓRICO

Temporizadores

Los temporizadores son bloques de programa que generan señales de tiempo configurables para la activación o desactivación de una salida durante un tiempo pre-establecido.

Los comandos de temporización trabajan con datos tipo time que equivale a que tiene Tia Portal son:

- **Temporizador de impulso “TP”**

Permite la activación de una salida durante un tiempo determinado, por medio de una señal de entrada la cual funciona por medio de detección de flanco ascendente.

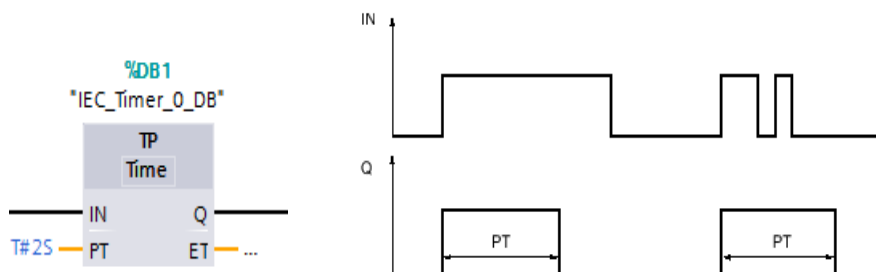


FIGURA 37: Temporizador tipo TP, “Sistema de ayuda TIA”

La entrada PT permite regular el tiempo este puede ser en segundos o milisegundos. La salida Q se activa solo por el tiempo determinado.

- **Retardo a la conexión “TON”.**

La instrucción "Retardo al conectar" retarda 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). Cuando se inicia la instrucción, se empieza a contar el tiempo programado PT. 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 nuevo flanco de señal ascendente en la entrada de arranque.

El valor de tiempo actual se puede consultar en la salida ET. Este valor de tiempo empieza a contar 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". (Sistema de información, TIA PORTAL).

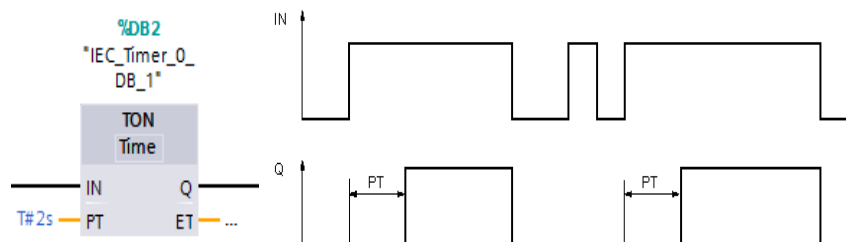


FIGURA 38: Función TON, "Sistema de ayuda TIA"

- **Retardo a la desconexión “TOF”**

La instrucción "Retardo al desconectar" retarda 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 en "1". (Sistema de información, TIA PORTAL).

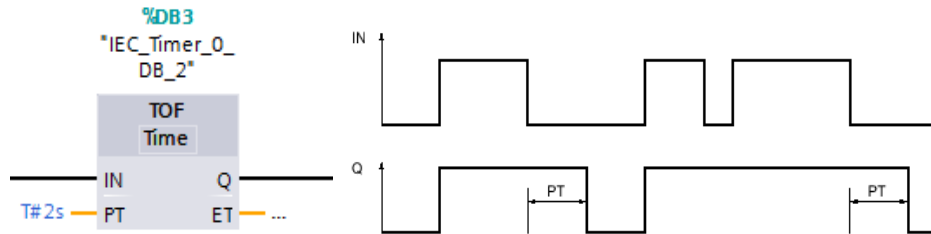


FIGURA 39: Función TOF, "Sistema de ayuda TIA"

- **Acumulador de tiempo "TONR"**

TONR es una función que registra y guarda tiempos, empieza su almacenamiento desde el primer cambio de estado de IN de 0 a 1 (flanco de señal ascendente), la entrada PT establece el valor máximo de tiempo a guardar, y después de alcanzarlo, la salida Q devuelve un cambio de estado a 1, la cual permanecerá hasta la activación de R "RESET", aunque el estado de IN otra vez cambia de estado (flanco de señal descendente).

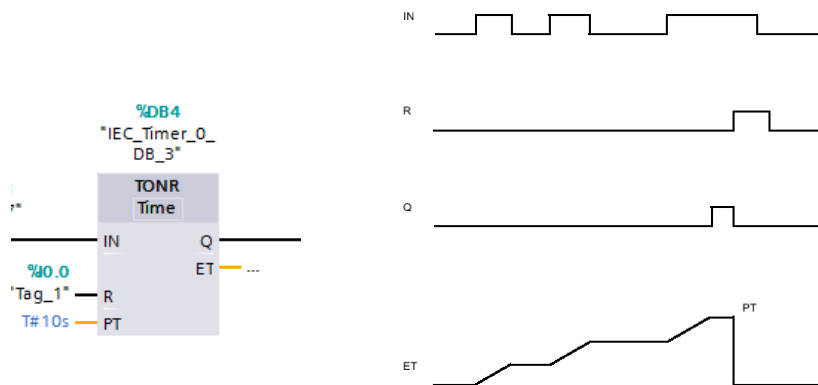


FIGURA 40: Función TONR, "Sistema de ayuda TIA"

4.8.3 TRABAJO PREPARATORIO

Crear un programa para dos semáforos de calles transversales con las siguientes condiciones:

a) Al presionar “P1” se debe activar la luz verde del primer semáforo y rojo del segundo semáforo. Después de 3seg. Se debe encender la luz amarilla del primer semáforo de forma automática. 1seg. más tarde se deben apagar todas las luces para simultáneamente encender la luz verde del segundo semáforo y la luz roja del primer semáforo. Tras recorrer 3seg. se debe encender la luz amarilla del segundo semáforo. Una vez más, tras recorrer 1seg. todas las luces se deben apagar y deben encenderse la luz verde del primer semáforo y la luz roja del segundo semáforo regresando a su estado inicial.

b) Un “P2” y un “P3” deben dar inicio al mismo sistema pero con rangos de tiempo diferente; excepto para el tiempo de 1seg. ya que debe ser constante.

P2 Debe iniciar el sistema con tiempos de 6seg.

P3 Debe iniciar el sistema con tiempos de 9seg.

c) Una vez seleccionado cualquiera pulsador “P1”, “P2” o “P3” los dos pulsadores sobrantes quedaran bloqueados y el sistema solo podrá reiniciarse mediante un selector que: en una posición permitirá la ejecución del programa inicial. Mientras que en la segunda posición permitirá solo el accionamiento de las luces amarillas de los semáforos de forma intermitente con tiempos de 1s.

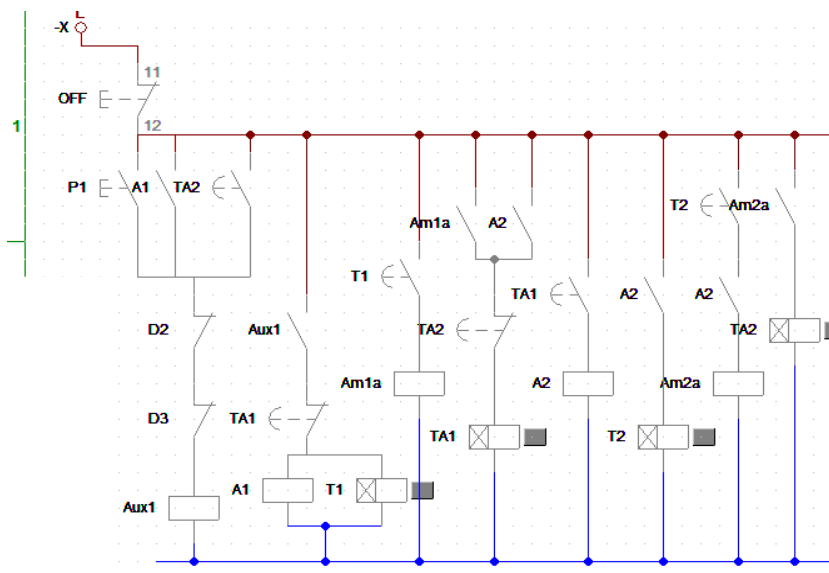


FIGURA 41: Simulación en Cade Simu para semáforos transversales t1

“Elaboración propia”

En la figura se muestra la simulación de un circuito de automatización para el sistema a realizar. La ilustración muestra el sistema solo para un tiempo constante. Para tener la selección de tiempo por medio de tres pulsadores hay que repetir el mismo circuito 2 veces, pero los temporizadores tendrán tiempos diferentes establecidos. En el primer segmento se describe los contactos que deben activarse para el encendido de las diferentes luces; esta configuración queda resumida en la siguiente tabla.

TABLA 9: Configuración para luces verdes y rojas

CONFIGURACIÓN PARA LUCES VERDES Y ROJAS							
Contactos	A1	B1	C1	A2	B2	C2	
Bobinas	PAR 1			PAR 2			
Lámparas	Verde 1	Rojo 2		Verde 2		Rojo 1	

CONFIGURACIÓN PARA LUCES AMARILLAS								
Contactos	Am1_a	Am1_b	Am1_c	Am1_d	Am2_a	Am2_b	Am2_c	Am2_d
Lámparas	Amarillo 1				Amarillo 2			

Los contactos A1, B1 y C1 activan a una bobina que se la denomino PAR1, la cual suministra la señal de activación a Verde 1 (Luz verde del primer semáforo), y Rojo 2 (Luz roja del según semáforo). De esta manera las señales presentes en cada uno de los semáforos serán contrarias. La misma configuración se toma para A2, B2 Y C2 los cuales activaran a la bobina PAR2, para la activación de Verde 2 y Rojo 1.

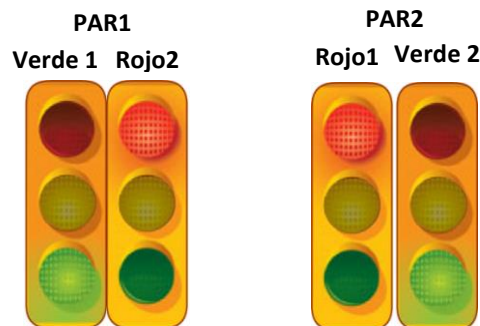


FIGURA 42: Configuración para luces de semáforo
"Elaboración propia"

Por otro lado los contactos Am1_a, Am1_b, Am1_c y Am1_d son los diferentes contactos que activan a Amarillo 1 (Amarillo del primer semáforo) y Am2_a, Am2_b, Am2_c y Am2_d activan a Amarillo 2 (Amarillo del segundo semáforo). Este primer segmento queda descrito a continuación.

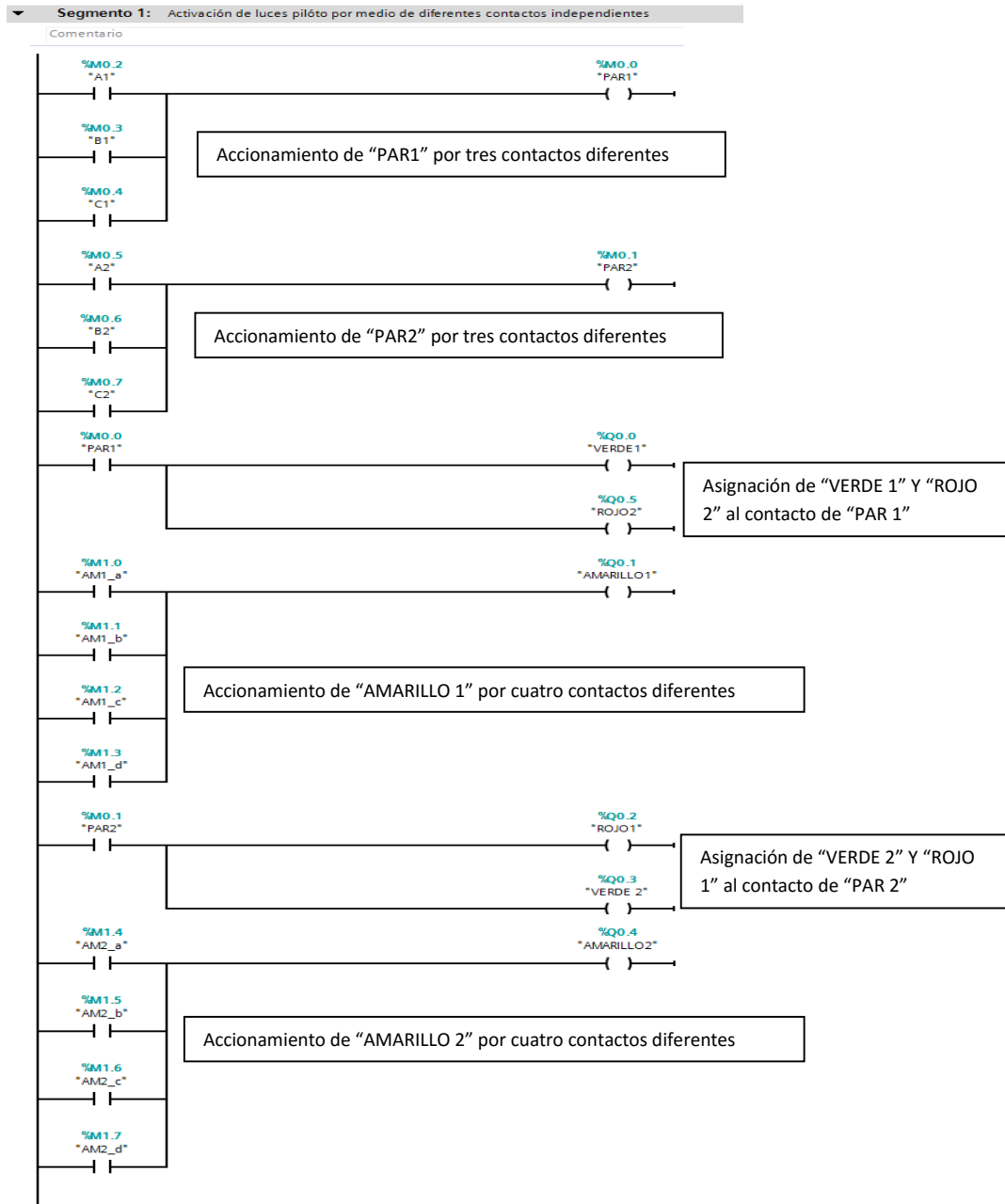


FIGURA 43: Segmento 1.- Activación de luces piloto por medio de diferentes contactos independientes
"Elaboración propia"

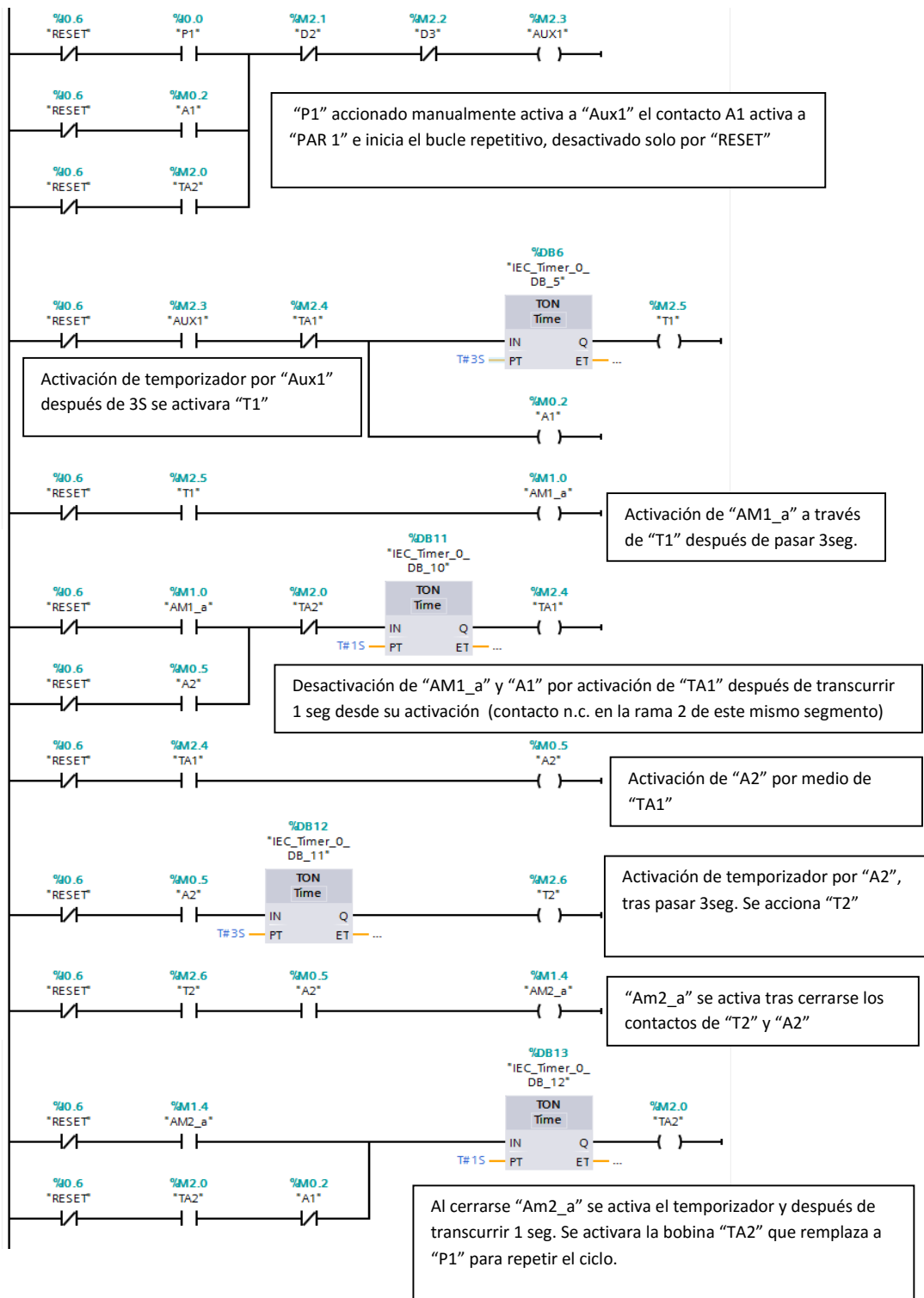


FIGURA 44: Segmento 2.- Programación de contactos y temporizadores (TON). TIEMPO 3s
 "Elaboración propia"

Para el segmento dos hay configuraciones y conexiones de contactos abiertos, contactos cerrados, bobinas y temporizadores TON. Mientras que para la programación de los segmentos 3 y 4 será similar a la del segmento 2 con la diferencia de los tiempos establecidos de 6 y 8 segundos. Los pulsadores P1, P2 y P3 son representados por contactos abiertos en la programación que están configuradas con las entradas "I0.0", "I0.1" e "I0.2" que son la representación de las entradas digitales del PLC.

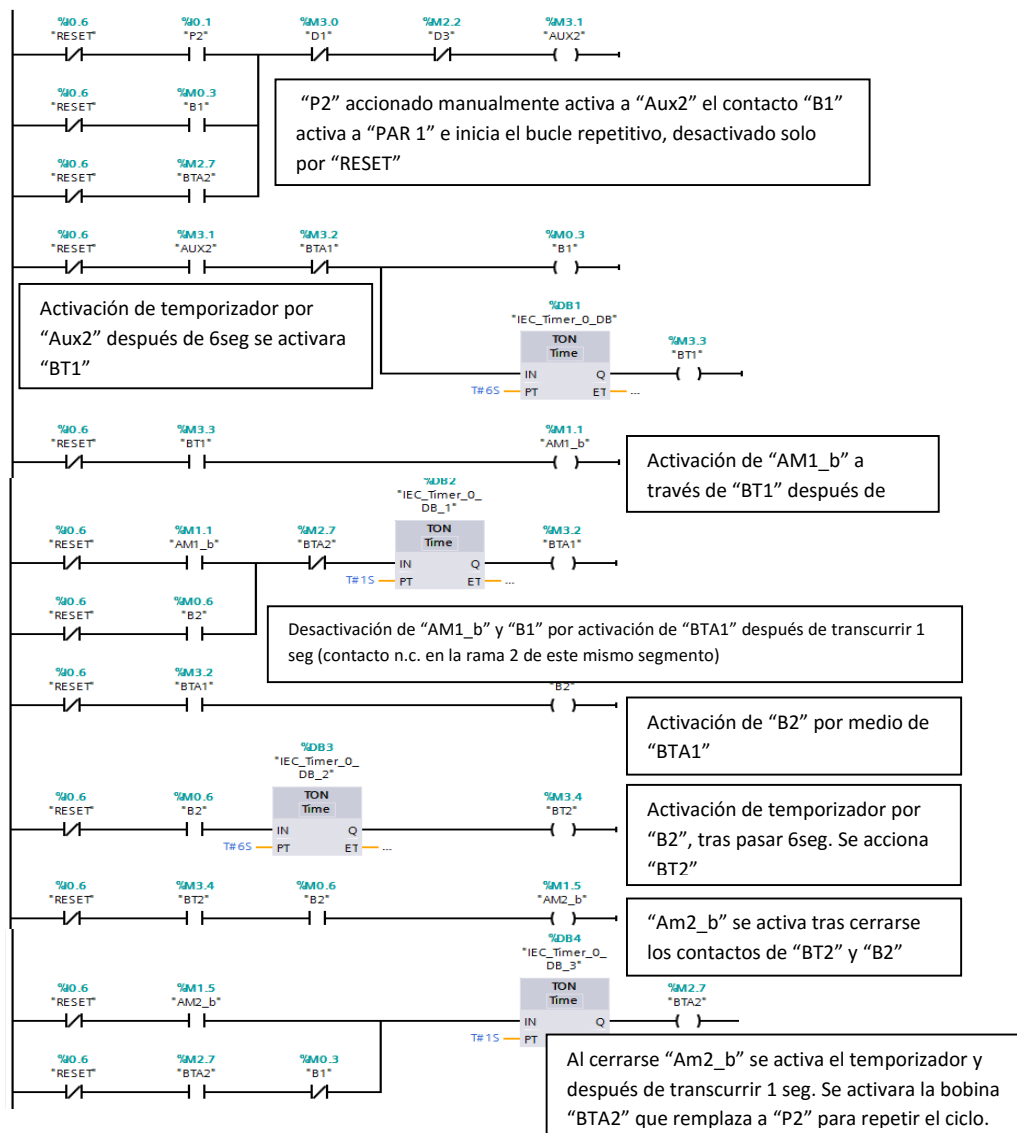


FIGURA 45: Segmento 3.- Programación de contactos y temporizadores (TON). TIEMPO 6s
"Elaboración propia"

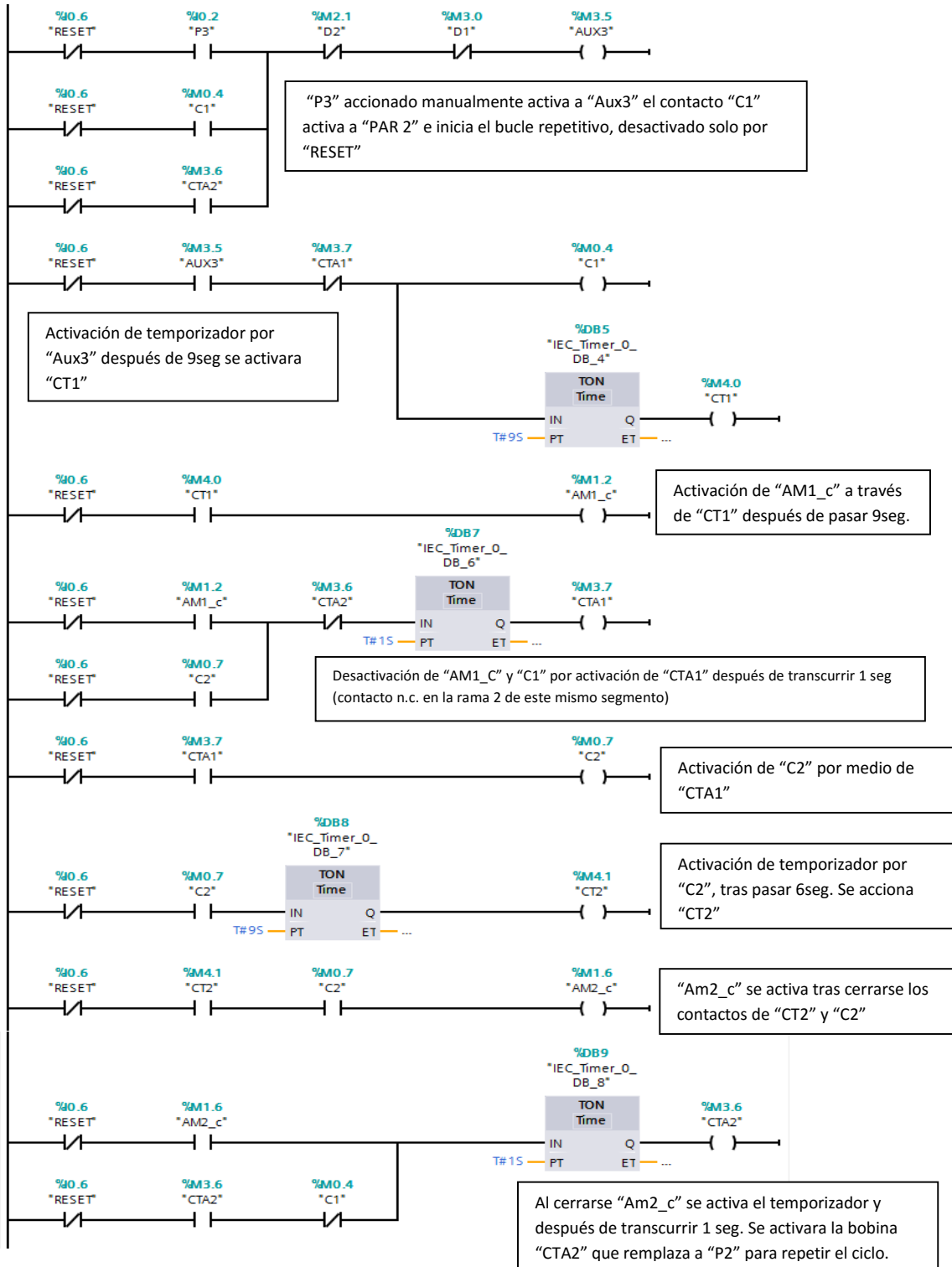


FIGURA 46: Segmento 4.- Programación de contactos y temporizadores (TON). TIEMPO 9s
 “Elaboración propia”

Otra parte es construida a fin de tener la posibilidad de seleccionar entre los segmentos 2, 3 o 4 bloqueando las programaciones restantes. Dicho de otra manera, un nuevo segmento es construido con el fin de permitir el funcionamiento del sistema con tiempos establecidos. Así como también evitar la sobre posición de las programaciones de los segmentos no seleccionados.

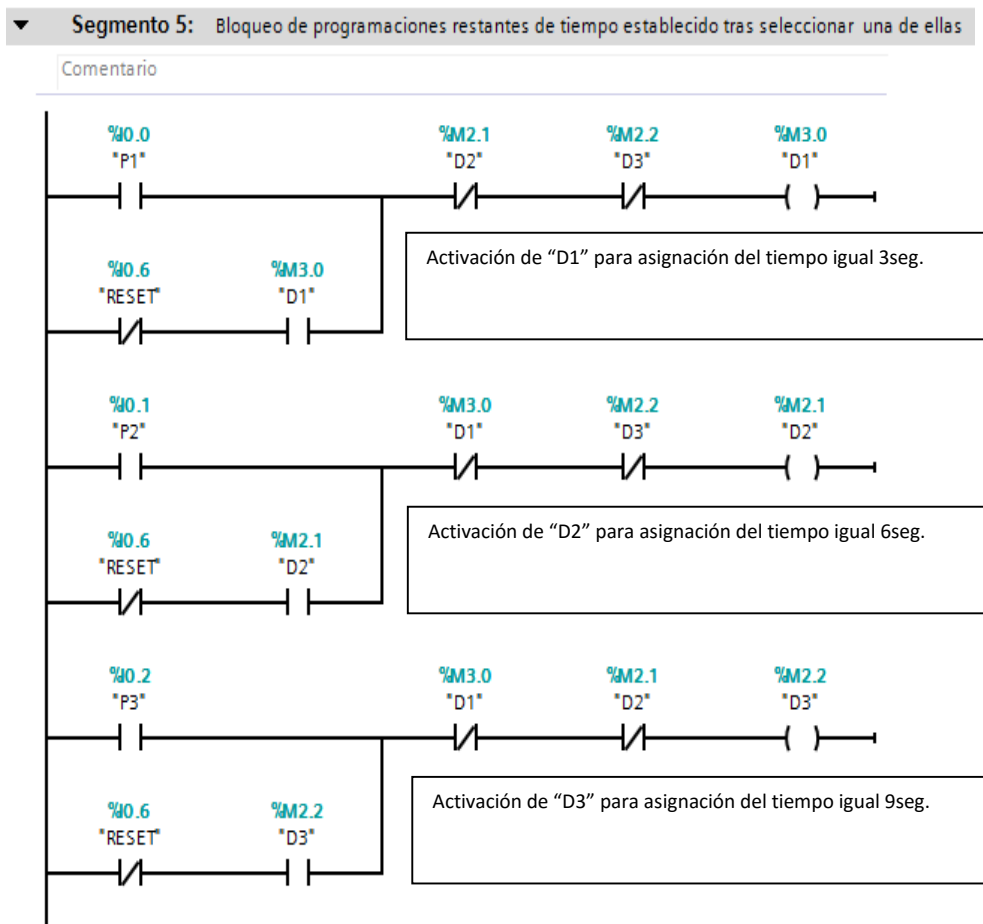


FIGURA 47: Segmento 5.- Diagrama de bloqueo de segmentos restantes
"Elaboración propia"

Para finalizar se realiza la construcción de un segmento 6 que se centra en el funcionamiento de las luces amarillas de los dos semáforos de forma intermitente con un tiempo establecido de 1seg.

▼ Segmento 6: Luces intermitentes

Comentario

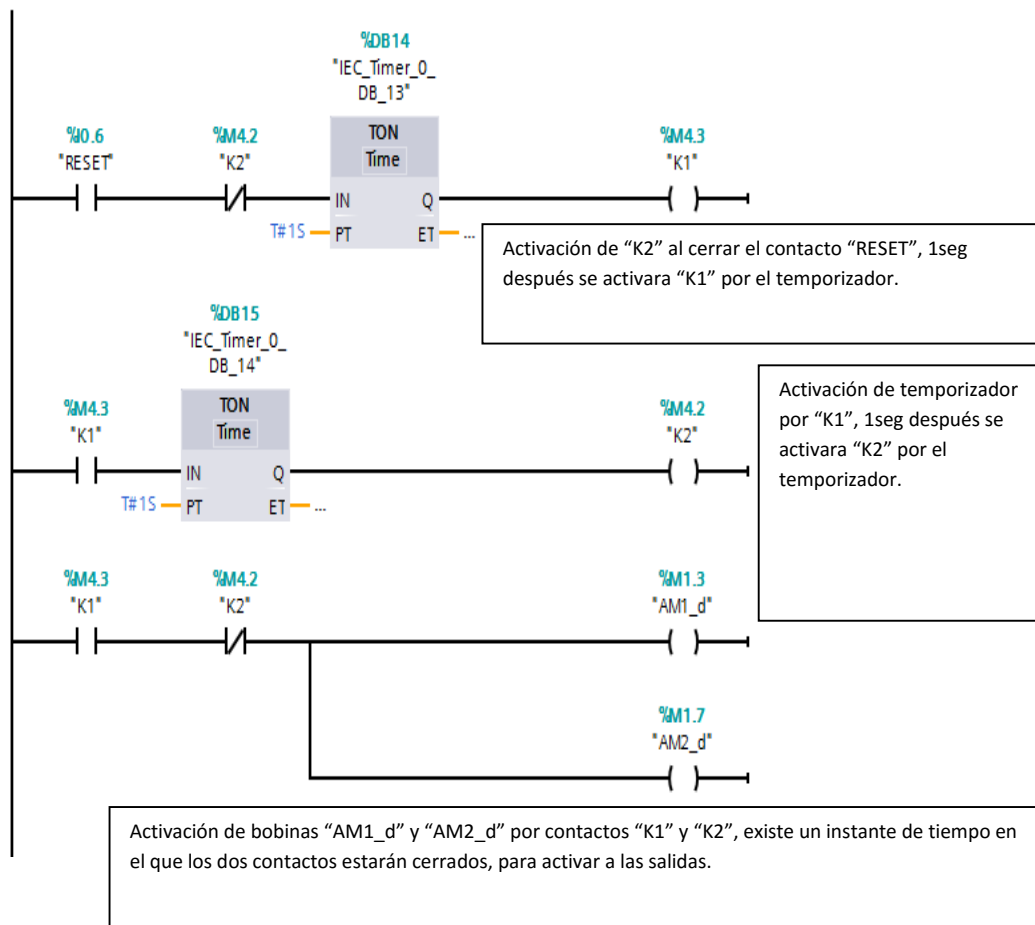


FIGURA 48: Segmento 6.- Diagrama para luces intermitentes
“Elaboración propia”

La programación y el funcionamiento del sistema se explican de la siguiente manera:

- Los pulsadores P1, P2 y P3 son accionadas por medio de las entradas digitales “I0.0”, “I0.1” e “I0.2”. El segmento 5 permite seleccionar solo uno de los botones para que el sistema empiece a funcionar con tiempos establecidos 3, 6 y 9 seg. para cada entrada. El programa puede reiniciarse por medio de un selector, que permite escoger entre el programa inicial y un subprograma (segmento 6), de luces intermitentes con tiempos establecidos de 1seg para encendido y apagado.

4.8.4 TRABAJO EXPERIMENTAL

- a) Mediante la función TON realice la programación de tal manera que luego de 20seg. del funcionamiento normal de los semáforos a cualquier tiempo; cambie su operación a prevención (intermitentes) con una duración de 15seg. Tras de esto regresar al estado anterior.

A partir de la programación obtenida en el trabajo preparatorio se realizan ciertos cambios a fin de obtener tiempos preestablecidos para cambios en el funcionamiento del semáforo. El sistema debe incluir un paro general

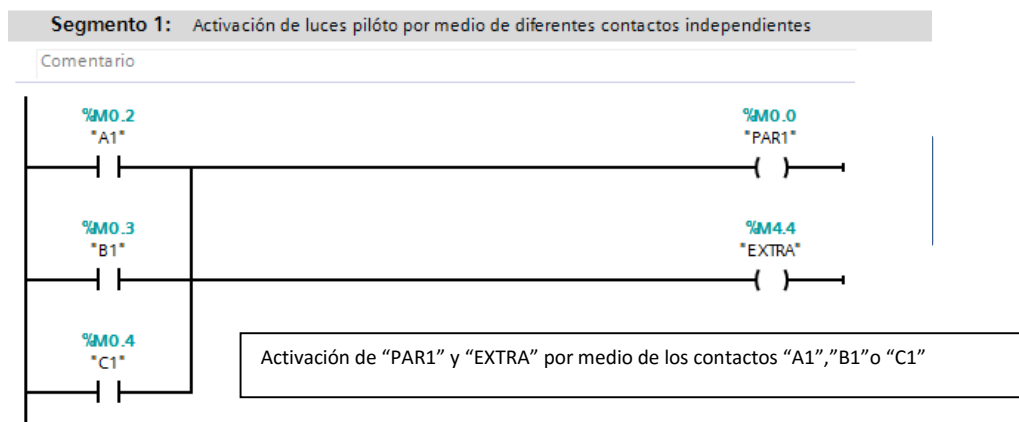


FIGURA 49: Incremento de bobina EXTRA en segmento 1
"Elaboración propia"

En el segmento 1, en la parte de activación de luces en parejas se incrementa una nueva rama con una bobina denominada "EXTRA". Este permite la activación de un contacto abierto y con este el enclavamiento de un accionamiento denominado "Aut".

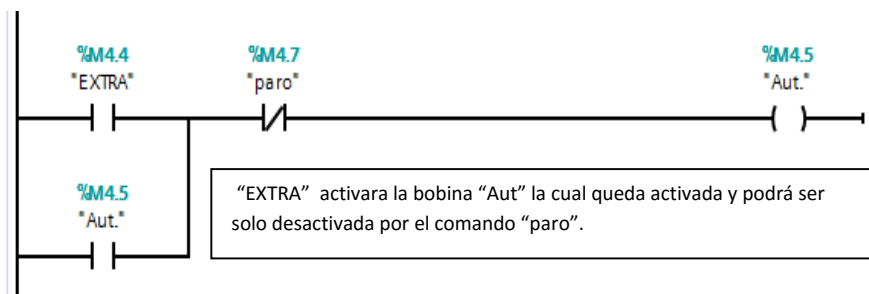


FIGURA 50: Enclavamiento de contacto "Aut"
"Elaboración propia"

En un nuevo segmento se construye la programación del contacto “Aut” con un temporizador TON, su configuración establece que tras recorrer 20s realizara la activación de “Aut 2” y este activara a su vez a otro TON, que activa la bobina del contacto paro después de transcurrir 15s.

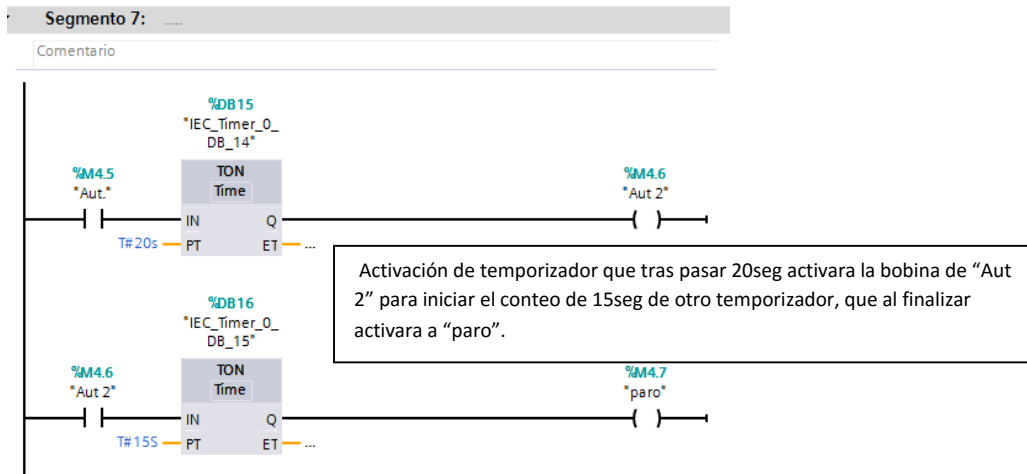


FIGURA 51: Programación de tiempos para funcionamiento normal e intermitentes
“Elaboración propia”

“Aut 2” reemplaza a todos los contactos RESET que se habían colocado para dar paso a las señales intermitentes. De esta manera se hace el cambio de una programación con características manuales a más automáticas.

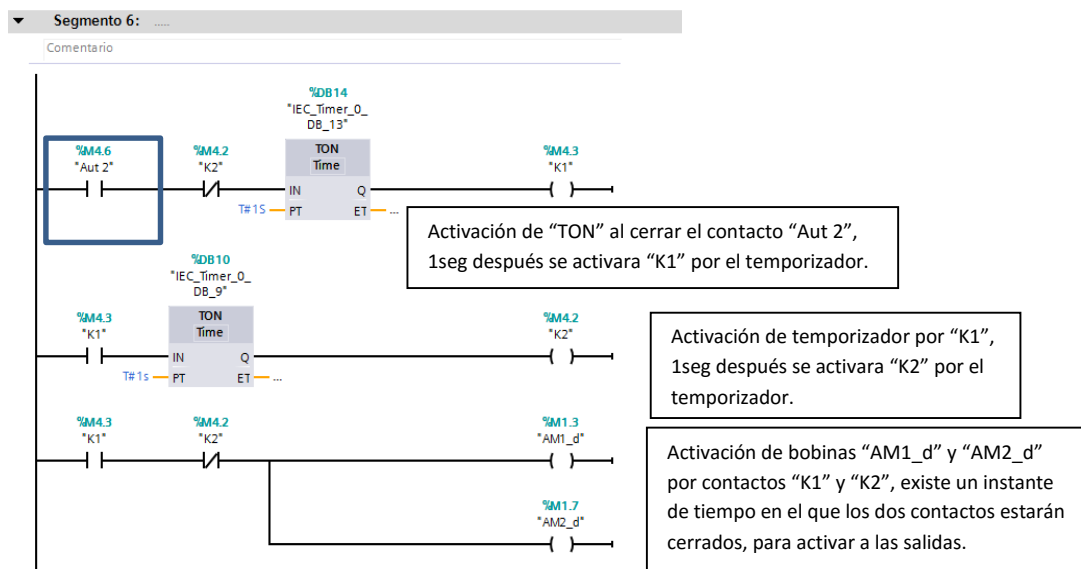


FIGURA 52: Reemplazo de los contactos Reset por "Aut 2"
“Elaboración propia”

Se obtiene el bucle repetitivo mediante un enclavamiento en los pulsadores de selección de tiempo, esto en el segmento 2, 3 y 4.

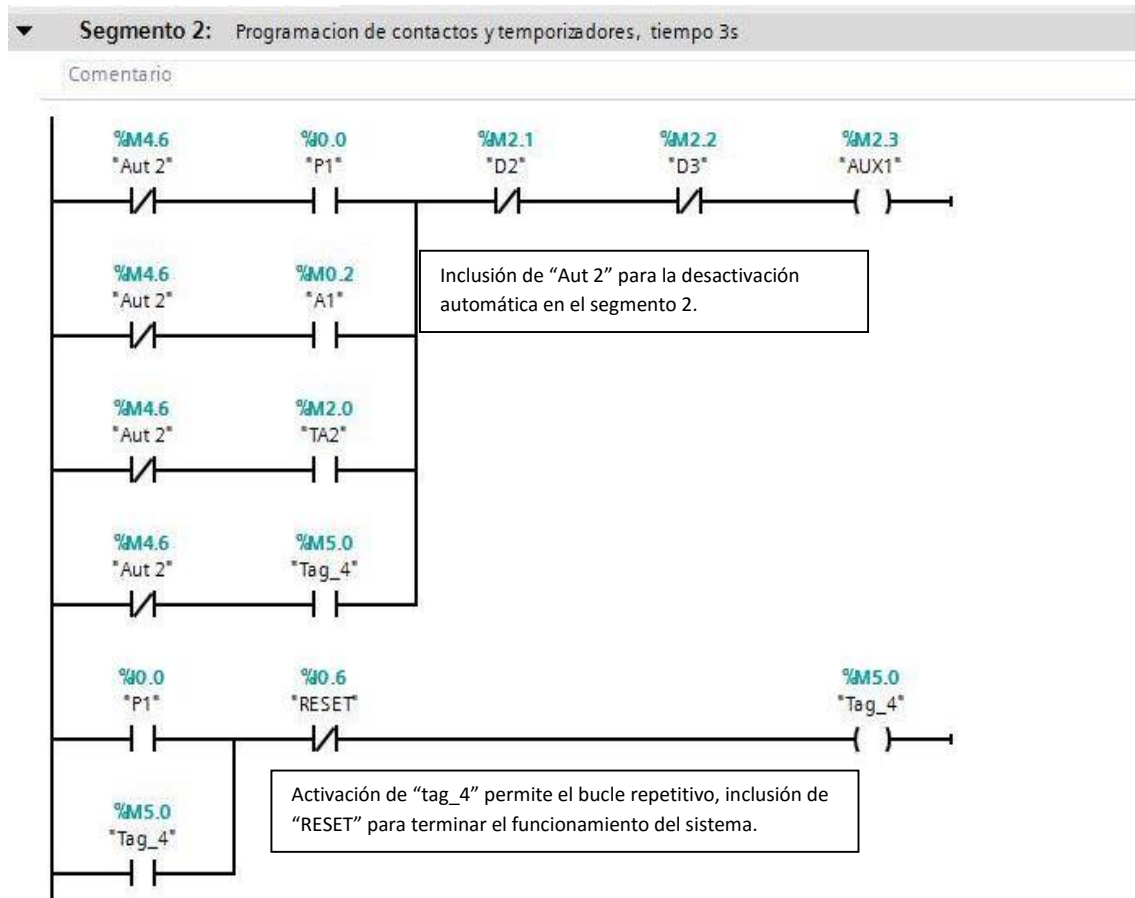


FIGURA 53: Enclavamiento de al accionar los pulsadores con tiempo diferentes
"Elaboración propia"

De esta manera el botón "RESET" permite el cambio de la programación de manual que contiene bucles a automático.

4.8.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones**

1. El software TIA Portal posee los comandos de temporización TP, TON, TOF, TONR, que pueden ser aplicadas de acuerdo a las necesidades predispuestas.
2. El comando TON muestra un retardo a conectar, su reloj empieza a correr para activar una salida después de llegar a un límite en tiempo

3. Un sistema puede ser totalmente automático por medio de la aplicación de los temporizadores, eso se pudo observar en el trabajo experimental, sin embargo depende de las características del sistema a realizar. Por otro lado los sistemas de automatización dependen de la activación de entradas por medio de sensores. Control dependiente de otras variables.

- **Recomendaciones**

1. Para programar de manera correcta lenguaje ladder es recomendable conocer las limitaciones y estándares.
2. Tia Portal cuenta para algunas funciones con la opción de referencia de un contacto que permite ligar a una entrada o una salida con un contacto ya existente.

PRACTICA N° 3

4.9 CONTROL DE ARRANQUE ESTRELLA-DELTA DE TRES MOTORES AUTOMÁTICA Y MANUAL

4.9.1 OBJETIVOS

- Señalar los tipos de programación posible para automatización en Tia Portal.
- Conocer los bloques lógicos de programación con los que trabaja la programación estructurada.
- Realizar una práctica con el módulo didáctico en el cual se utilice la programación estructurada.

4.9.2 MARCO TEÓRICO

En Tia Portal se pueden utilizar las siguientes funciones para la automatización de un sistema:

- Configuración y parametrización del hardware.
- Definición de la comunicación.
- Programación.
- Prueba, puesta en marcha, operación/diagnostico.

Al crear el programa de usuario para tareas de automatización, las instrucciones del programa se insertan en bloques lógicos (OB, BF o FC). De manera estándar está disponible el bloque de organización main [OB1].

Programación lineal

En la programación lineal se guardan las instrucciones en un bloque (OB) y se ejecutan en el orden en el que se han guardado en la memoria del programa. Al llegar al fin del programa (Fin de bloque), vuelve a comenzar la ejecución del programa desde el principio. Esto se denomina ejecución cíclica.

La ejecución lineal se utiliza normalmente para controles sencillos, no demasiado amplios, y se puede implementar en un único bloque de organización.

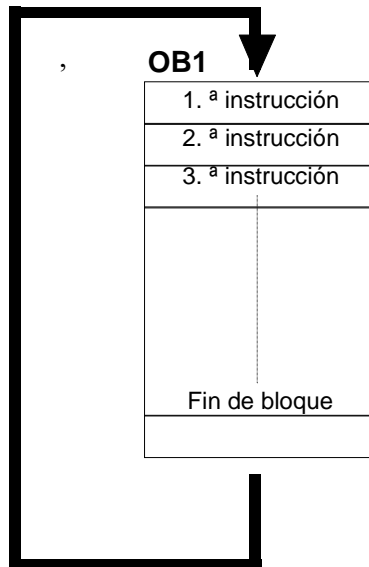


FIGURA 54: Programación lineal Tia Portal, <http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s71200/2340-principios-programacion-s7-1200>

Programación estructurada

En caso de tareas de control amplias, se subdivide el programa en bloques más pequeños, abarcables y ordenados por funciones. Esto presenta la ventaja de permitir la comprobación de las partes del programa de forma independiente y ejecutarlas como una función global durante el funcionamiento.

Los bloques de programa deben ser llamados por el bloque de orden superior. Si se detecta un fin de bloque (BE), el programa continuara ejecutándose en el bloque que llama, detrás de la llamada.

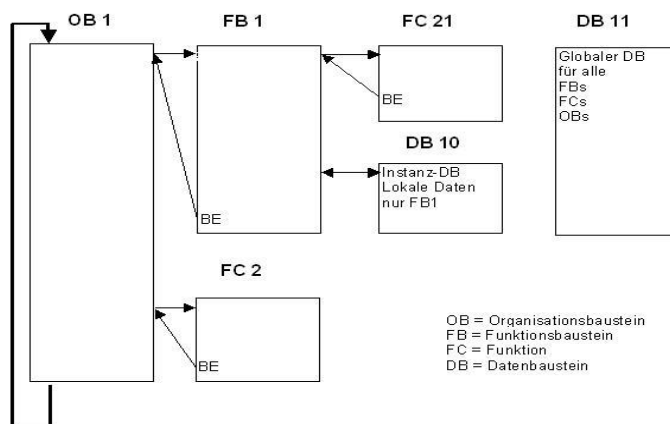


FIGURA 55: Programación estructurada en TIA PORTAL, <http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s71200/2340-principios-programacion-s7-1200>

Para la programación estructurada existen los siguientes bloques de usuario

- OB (Bloques de organización) Reacciona a un evento específico en la CPU y puede interrumpir la ejecución del programa de usuario. Ejecutan funciones específicas, tales como tareas de arranque, procesamiento de alarmas y tratamiento de errores, o ejecución de un código de programa en determinados intervalos.

La CPU determina el orden de procesamiento de eventos según la prioridad asignada a cada OB. Todo evento tiene una prioridad propia, esto determina el orden de ejecución.

Constituyen la interfaz entre el programa de usuario y el sistema operativo. En el OB, se comunica a la unidad de control del sistema de automatización, que bloques de programa debe ejecutar a través de llamada de bloque.

- FC (Función) No tiene ningún área de memoria asignada. Los datos locales de una función se pierden tras ejecutar la función.

En una función también pueden ser llamados otros FB Y FC.

Por lo general, realiza una operación específica en un conjunto de valores de entrada que no son almacenados; para esto es preciso asignar el valor de salida a una posición de memoria global.

- FB (Bloque de función) Es un bloque lógico que utiliza un bloque de datos instancia para sus parámetros y datos estáticos.

Los FBs tienen una memoria variable ubicada en un bloque de datos (DB), el cual ofrece un bloque de memoria asociado a una instancia del FB y almacena datos una vez que haya finalizado el FB.

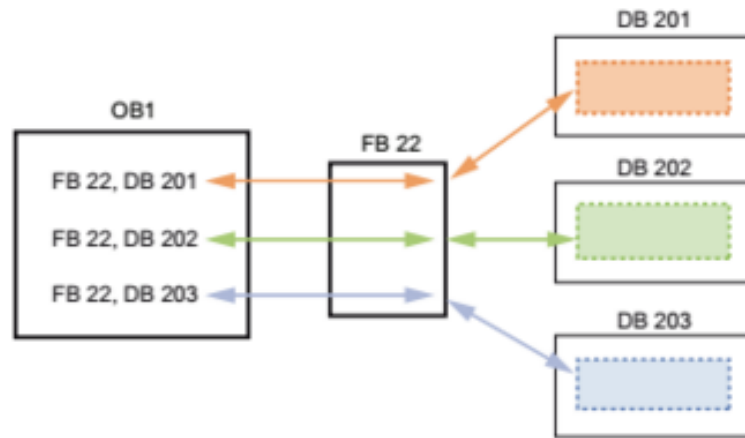


FIGURA 56: Representación para llamado de datos, <http://www.infopl.com/descargas/103-siemens/automatas/s71200/2340-principios-programacion-s7-1200>

En este ejemplo, el FB 22 controla tres dispositivos diferentes. El DB 201 almacena los datos operativos del primer dispositivo, el DB 202, los del segundo y, el DB 203, los del tercero.

Esta estructura permite que un FB genérico controle varios dispositivos similares. Cada DB instancia almacena los datos de un dispositivo en particular.

- DB (Bloque de datos) Se crean en el programa de usuario para almacenar los datos de los bloques lógicos.

Hay dos tipos de DBs, a saber:

Todos los bloques del programa de usuario pueden acceder a los datos en un **DB global**. En cambio, un **DB instancia** almacena los datos de un bloque de función (FB) específico.

Los datos almacenados en un DB no se borran cuando finaliza la ejecución del bloque lógico asociado.

Dentro del campo de trabajo de Tia Portal en la sección árbol del proyecto se puede seleccionar un nuevo bloque de programa en donde aparecerá un cuadro de ayuda para la selección del bloque a utilizar.

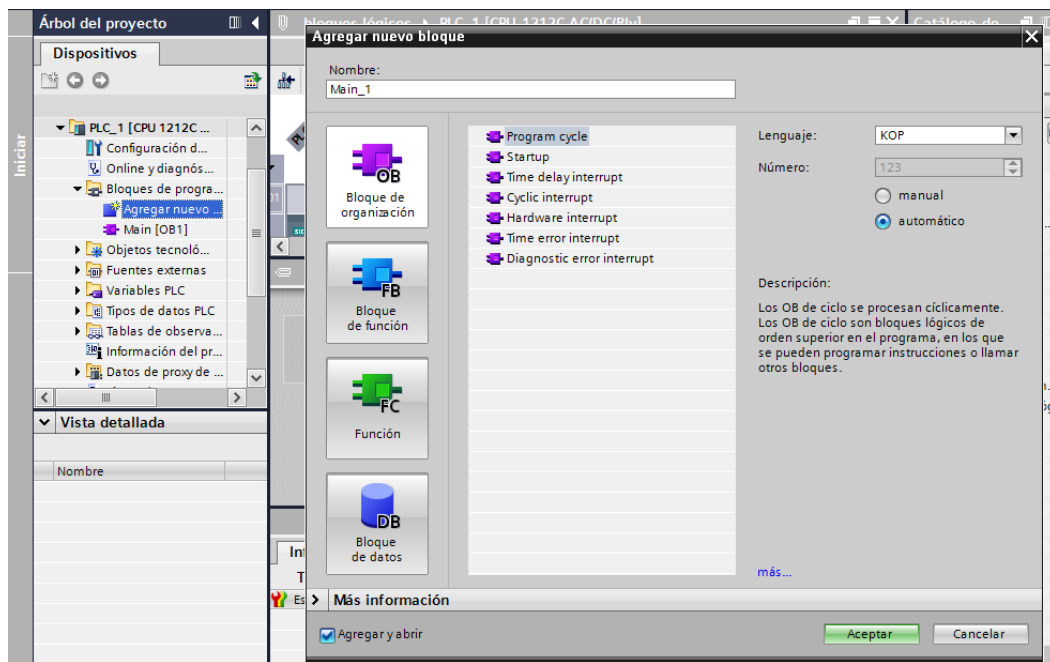


FIGURA 57: Ventana para selección de bloques de programa
“Elaboración propia”

4.9.3 TRABAJO PREPARATORIO

Crear un programa de forma lineal para el arranque Estrella-Delta con las siguientes condiciones:

- a) Mediante un selector “Encendido General” se realiza la activación del arranque estrella-delta para tres motores de manera escalonada por medio de la activación de salidas digitales.
- b) La programación debe permitir activar el control Estrella-Delta para cada motor, por medio de pulsadores individuales.
- c) Se debe contar con pulsadores de paro individuales para cada arranque del sistema que puedan cumplir su función sin importar la forma de activación de los arranques, sea automática o manual.

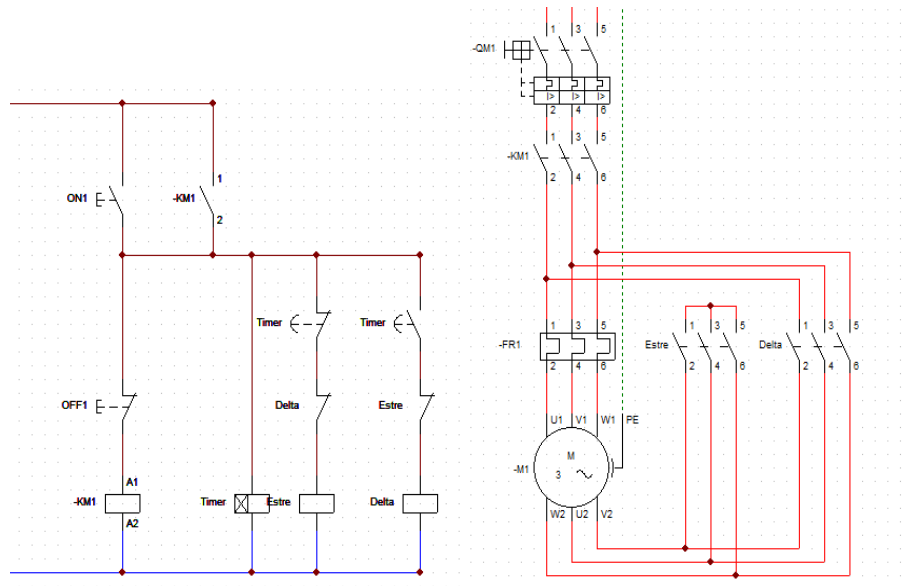


FIGURA 58: Simulación de un arranque Estrella-Delta para un motor trifásico
 “Elaboración propia”

En la configuración se puede observar el diagrama de un arranque Estrella-Delta para un motor trifásico. Las funciones de Tia Portal que se utilizan para realizar la programación, así como la simulación tienen los mismos nombres para facilitar la comprensión del sistema a realizar.

La simulación es solo un circuito de arranque estrella-delta, así solo muestra una parte del sistema a realizar; tanto la programación como en la configuración física, aumenta en tamaño conforme se cumple con todos los requisitos del sistema.

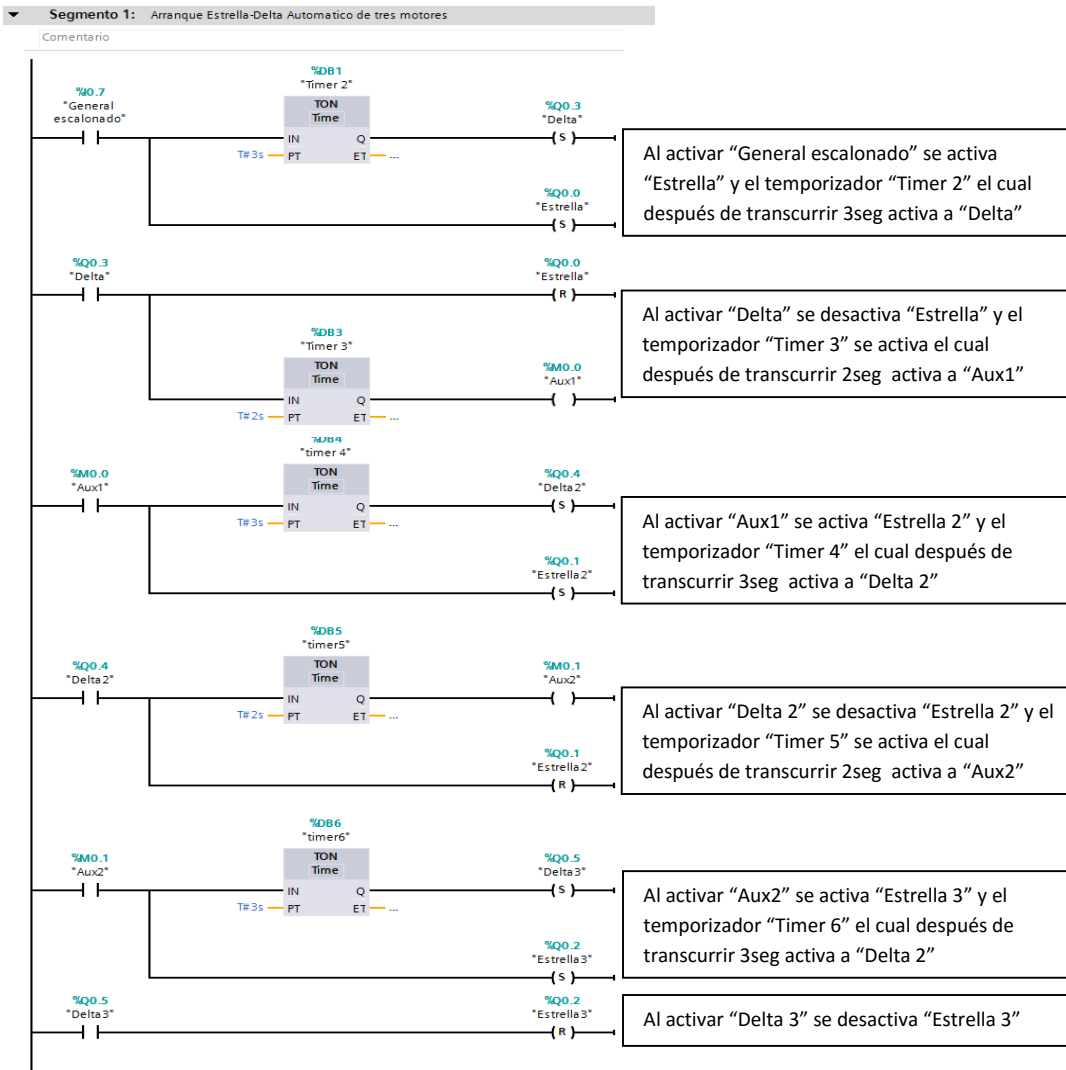


FIGURA 59: Segmento 1.- Programación para el encendido de arranques Estrella-Delta en forma escalonada
"Elaboración propia"

En el primer segmento se puede describir la programación para el encendido automático de los motores, la cual ejecutara toda la configuración al cambiar de estado al contacto nombrado "General Escalonado". La conexión en estrella está configurada para durar 3 segundos y después cambiar a Delta mientras que los arranques tienen una diferencia de 2 segundos entre ellos.

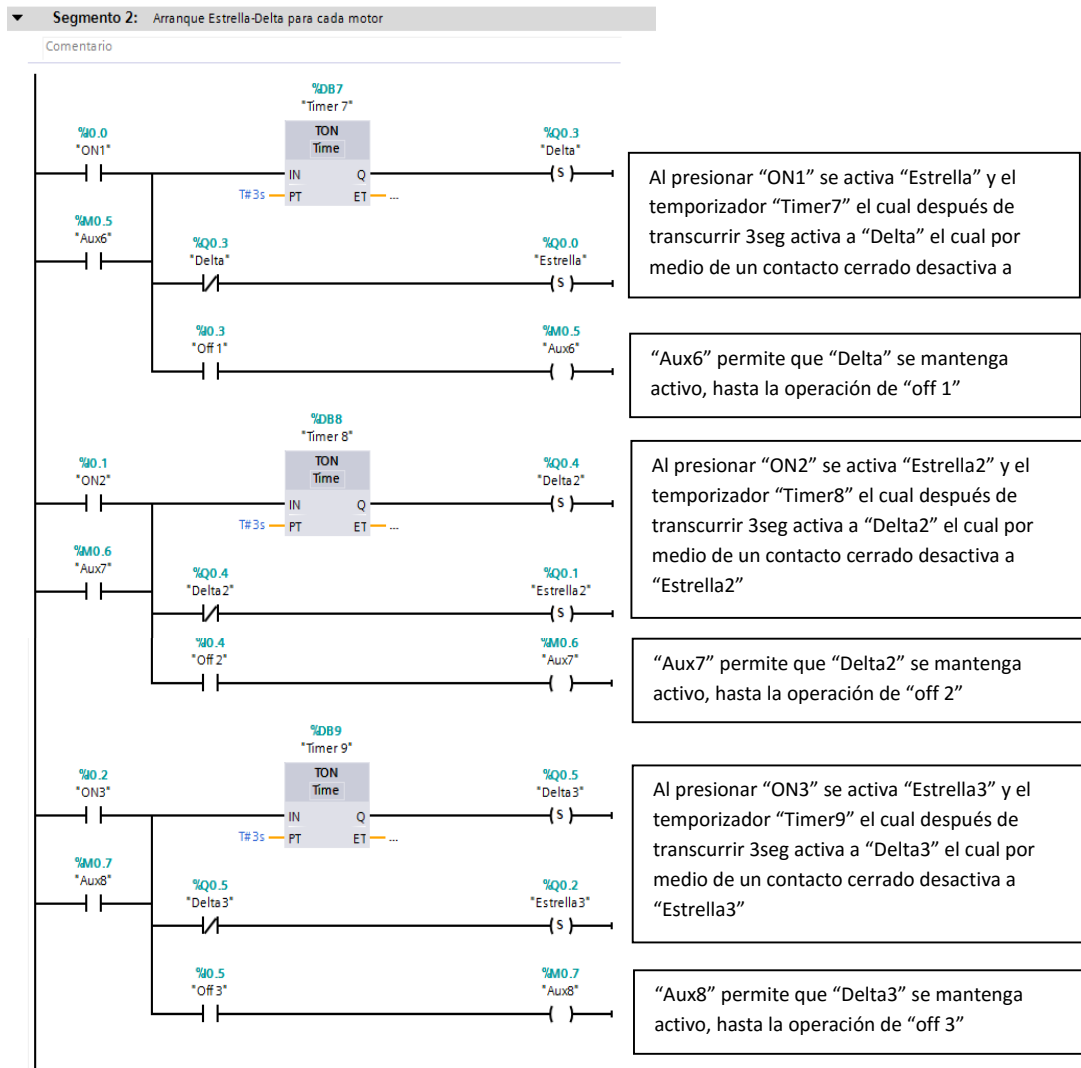


FIGURA 60: Segmento 2.-Programación para realizar arranques individuales
"Elaboración propia"

Para el segundo segmento se desea cumplir con el literal b de las condiciones de programación, donde nos indica que se requiere pulsadores propios para cada arranque; a esto tipo se le denomina activación individual, mientras que la programación del primer segmento toma el nombre de activación automática. La programación está realizada de tal manera que al presionar uno de los pulsadores de arranque, este permitirá el cambio de estado en la salida estrella, y en una bobina para enclavamiento denominada "Aux" 7, 8 o 9. (Depende del arranque a activar). Además arrancara el contador en la función TON, haciendo que se active la salida delta después de 3 segundos, al mismo tiempo se debe desactivar estrella.

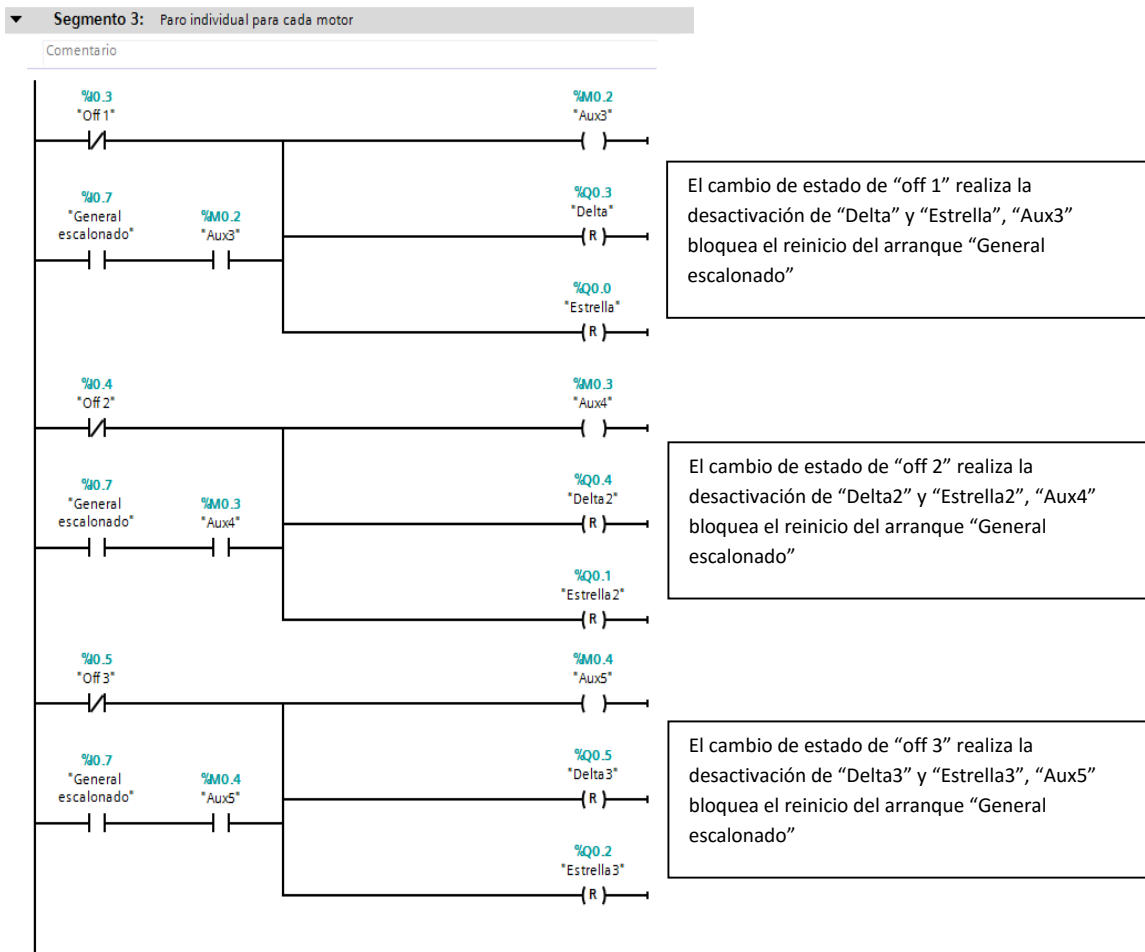


FIGURA 61: Segmento 3.-Programación para realizar paros individuales
"Elaboración propia"

El segmento 3 contiene la programación de paro o desactivación individual para los tres arranques. Estos cumplen siempre la misma función sin importar la forma de activación de los motores ya sea automática o manual.

La programación cuenta con características de programación lineal en la que solo se ha utilizado bloques de organización (OB), dividida por segmentos para contar con características de orden, haciendo así más simple la detección de fallas.

4.9.4 TRABAJO EXPERIMENTAL

- a) Realizar el sistema de control para tres motores, de los cuales, dos de estos permiten el flujo de productos A y B, hacia un mismo deposito, en donde un tercer motor permitirá realizar la mezcla.

Se pueden obtener tres resultados diferentes depende del tiempo que funcionen los motores, esto queda establecido de la siguiente forma:

TABLA 10: Establecimiento de tiempo para práctica tres

	Flujo A	Flujo B	Mezcla
Resultado 1	5 seg.	8 seg.	12 seg.
Resultado 2	7 seg.	5 seg.	10 seg.
Resultado 3	8 seg.	8 seg.	15 seg.

El control debe tener un solo pulsador de activación y tres pulsadores para escoger el resultado deseado.

El sistema debe ser construido con programación estructurada en TIA PORTAL.

La programación estructurada permite trabajar con diferentes bloques de usuario. Al seleccionar en el árbol de proyecto un nuevo bloque de programa, el software permite seleccionar DB's globales, en los cuales es posible guardar los datos de tiempos preestablecidos.

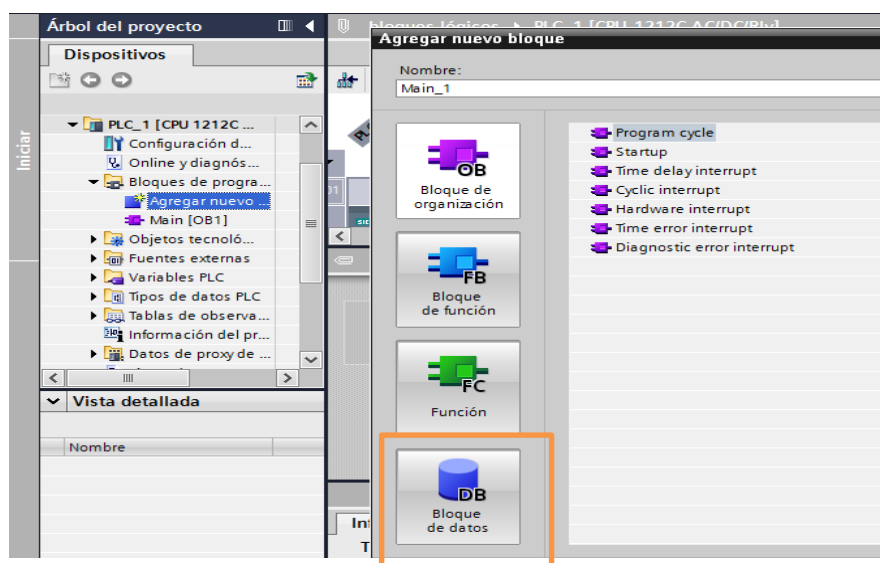


FIGURA 62: Selección de Bloque de datos
“Elaboración propia”

Se almacenan datos de tiempo en tres bloques diferentes para los posibles resultados esperados, los datos guardados son de tipo “Time”, se debe declarar el correcto tipo de dato para evitar errores en la compilación del programa.

The figure displays three screenshots of the SIMATIC Manager interface, each showing the declaration of variables in a different data block (DB1, DB3, and DB4). Each screenshot includes a table with the following columns: Nombre, Tipo de datos, Valor de arranq..., Remanen..., Accesible d..., Visible en .., Valor de a., and Comentario.

Mezcla 1 [DB1]

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a.	Comentario
Static							
tiempo_A	Time	T#5s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
tiempo_B	Time	T#8s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
tiempo_Mezcla	Time	T#12s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Creación de variables con asignación de tiempos diferentes 5, 8 y 12 seg.

Mezcla 2 [DB3]

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a.	Comentario
Static							
tiempo_A	Time	T#7s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
tiempo_B	Time	T#5s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
tiempo_Mezcla	Time	T#10s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Creación de variables con asignación de tiempos diferentes 7, 5 y 10 seg.

Mezcla 3 [DB4]

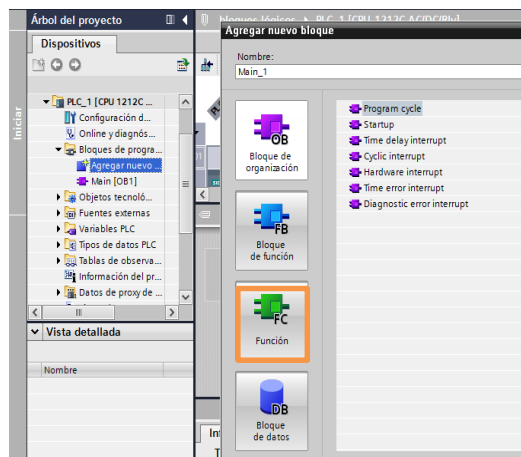
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a.	Comentario
Static							
tiempo_A	Time	T#8s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
tiempo_B	Time	T#8s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
tiempo_Mezcla	Time	T#15s		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Creación de variables con asignación de tiempos diferentes 8, 8 y 15 seg.

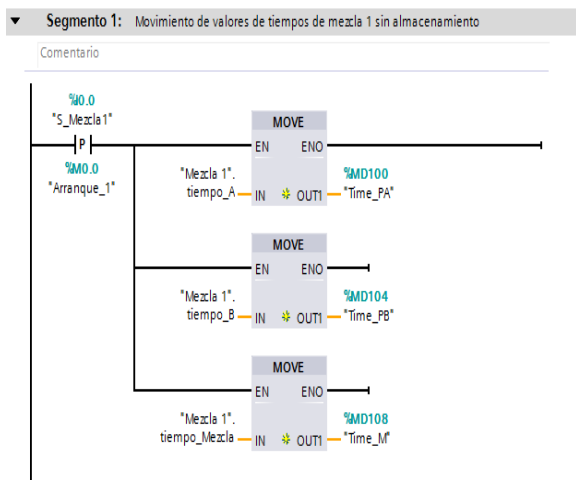
FIGURA 63: Creación de Variables en DB
“Elaboración propia”

El siguiente paso consiste en realizar la programación para el llamado de datos para lo cual es necesario el bloque Función (FC), que no posee memoria.

Dentro del bloque de Función se realiza la programación de movimiento de datos por medio de la función “move”, la cual consta de una entrada, en la que se asigna el valor correspondiente de los “DB”, mientras que para las salidas es necesario declarar variables propias del PLC, a las cuales se les asignara el valor de entrada.

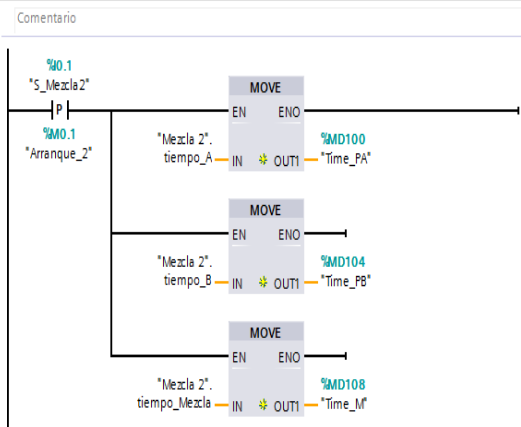


Selección de Función para el movimiento de Datos de un bloque a otro.



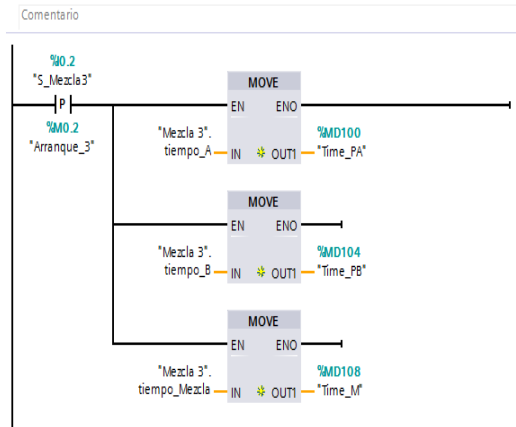
Mediante el pulsador "S_Mezcla 1" se accionan los comandos "Move" para mover los tiempos establecidos de la mezcla 1 a los temporizadores

Segmento 2: Movimiento de valores de tiempos de mezcla 2 sin almacenamiento



Mediante el pulsador "S_Mezcla 2" se accionan los comandos "Move" para mover los tiempos establecidos de la mezcla 2 a los temporizadores

Segmento 3: Movimiento de valores de tiempos de mezcla 3 sin almacenamiento



Mediante el pulsador "S_Mezcla 3" se accionan los comandos "Move" para mover los tiempos establecidos de la mezcla 3 a los temporizadores

FIGURA 64: Programación para el movimiento de datos por FUNCION
"Elaboración propia"

Se realiza la programación dentro del OB (Bloque de organización), en la cual se debe empezar con la función "Move" en el que se asigne el nombre FC1. Para la programación en el segundo segmento se conectan temporizadores TP que trabajan con un solo pulsador de activación, a las entradas PT se les asigna las variables declaradas del PLC, las mismas que conectaban a las salidas de las "move" en el bloque función. De esta manera la programación para asignación de tiempo queda establecida.

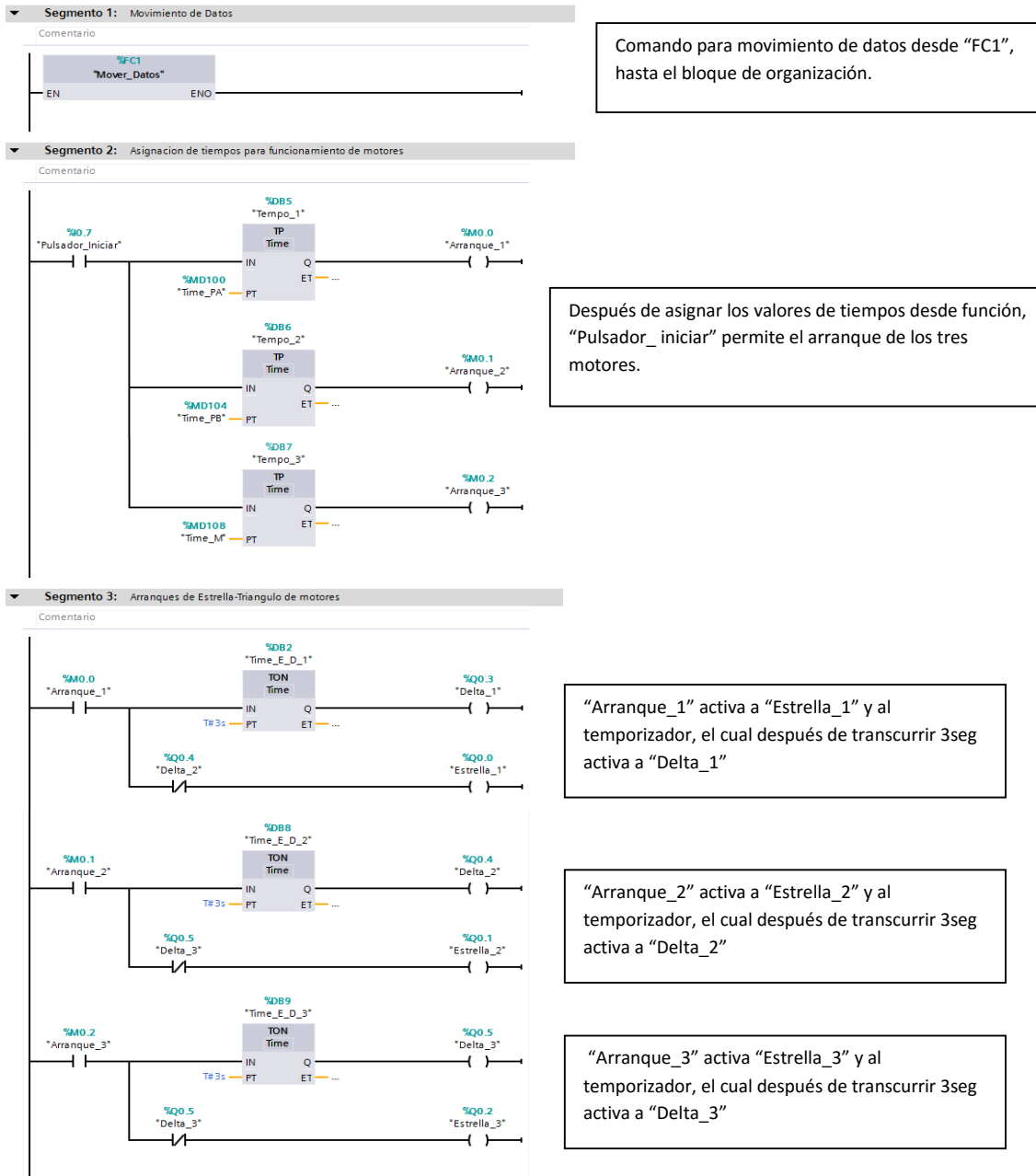


FIGURA 65: Realización de programación en el bloque de diagramas
"Elaboración propia"

En el segmento tres se tienen la programación de arranque estrella-delta para cada uno de los motores, los cuales funcionan mientras los contactos de entrada estén activos.

4.9.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones.**

1. La programación lineal permite trabajar solo con bloques de organización (OB), los cuales pueden dividirse en segmentos.
2. La Programación estructurada permite el uso de los diferentes tipos de bloques de usuario, estos son: Bloques de Organización (OB), Función (FC), Bloque de Función (FB) y los Bloque de datos (BD).
3. La programación lineal es ideal para aplicaciones simples, mientras que la programación estructurada se basa en la organización, llamado y guardado con el fin de simplificar sistemas más complejos.

- **Recomendaciones**

1. La programación lineal utiliza datos tipo binario y aunque es posible trabajar con temporizadores estos son configurados con tiempos estables, por lo que se recomienda conocer sobre los otros tipos de datos para la declaración de variables en la programación estructurada.
2. La función move permite trasladar datos entre bloques de usuario, los datos movidos deben asignar valores a variables declaradas, por lo que estas deben ser configuradas para trabajar con el mismo tipo de datos.

PRACTICA N° 4

4.10 CIRCUITOS SECUENCIALES Y COMBINACIONALES

4.10.1 OBJETIVOS

- Determinar las funciones de Tia Portal que influyen en aplicaciones de secuencia y combinación.
- Realizar la programación para la simulación del funcionamiento de un reloj con el módulo didáctico.
- Analizar la importancia de la funcionalidad de los circuitos digitales en base a la práctica realizada.

4.10.2 MARCO TEÓRICO

Los autómatas programables en el funcionamiento de entradas y salidas digitales presentan los estados lógicos de 1 y 0 (encendido y apagado), teniendo gran similitud con los sistemas de circuitos digitales, específicamente combinacionales y secuenciales.

- **Circuitos combinacionales**

Se denominan circuitos lógicos combinatorios puesto que, en cualquier instante, el nivel lógico de la salida depende de la combinación de los niveles lógicos presentes en las entradas. Un circuito combinatorio no posee la característica de la memoria y así, su salida depende solo del valor regular de las entradas (Tocci y Widmer, 2003)

La base de los circuitos combinatorios están en el estudio del comportamiento de las compuertas lógicas tanto individual como en conjunto; Estas son “OR”, “AND”, “NOT”.

Compuerta Lógica “OR”

Brito y Giralda (2010) afirman:

La función booleana que realiza la compuerta OR es la asociada a la suma, y su notación es “+”. Esta compuerta presenta un estado alto en su salida cuando al menos una de sus entradas también está en estado alto. En cualquier otro caso, la salida será 0. (p. 39)

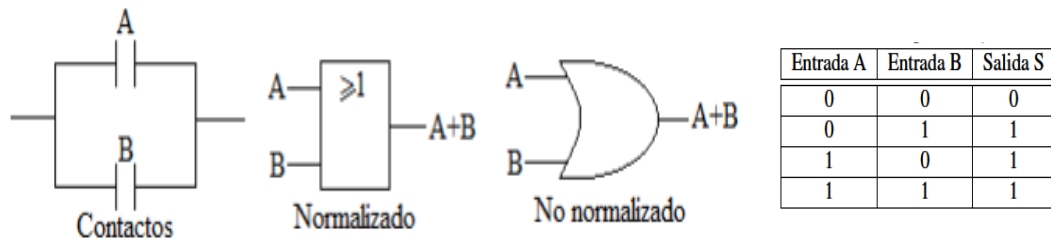


FIGURA 66: Compuerta lógica OR, Metodologías para diseño de circuitos ladder con base a sistemas secuenciales y combinacionales

La función “OR” se consigue en el diagrama de contactos (lenguaje ladder), así como se describe en la figura 66. Esta configuración puede ser utilizada en software TIA PORTAL.

Compuerta Lógica “AND”

Brito y Giralda (2010) indican:

Al observar la tabla de verdad de la compuerta lógica AND, se advierte que la operación And es exactamente igual que la multiplicación ordinaria. Siempre que A o B sean cero, su producto será cero; cuando A y B sean 1, su producto será 1. Por lo tanto se puede decir que en la operación AND el resultado será 1 solo si todas las entradas son 1; en los demás casos el resultado será cero. (p. 40).

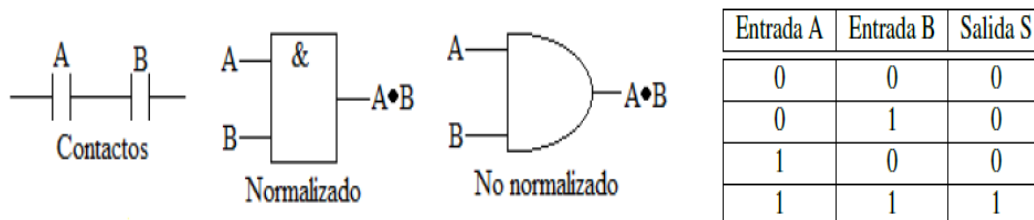


FIGURA 67: Compuerta lógica AND, Metodologías para diseño de circuitos ladder con base a sistemas secuenciales y combinacionales

La forma como se representa la función AND en el lenguaje ladder se puede relacionar como dos contactos abiertos en serie.

Compuerta lógica “NOT”

Brito y Giralda (2010) indican:

La compuerta NOT entrega en su salida el inverso (opuesto) de la entrada. Esto significa que: si en la entrada se tiene un “1” lógico, en la salida habrá un “0” lógico, y si a la entrada se tiene un “0” lógico, en la salida habrá un “1” lógico.

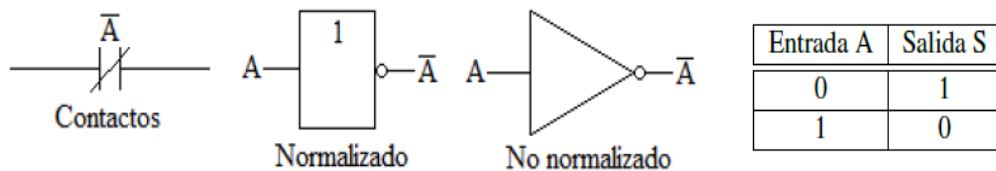


FIGURA 68: Compuerta lógica NOT, Metodologías para diseño de circuitos ladder con base a sistemas secuenciales y combinacionales

Existen métodos de simplificación de los circuitos digitales que pueden ser desarrollados a fin de obtener sistemas de menor complejidad y por ende de menor costo; un ejemplo de estos métodos es la elaboración de mapas de karnaugh. En la programación de los autómatas programables este problema disminuye ya que las compuertas son “construidas” a partir de los contactos físicos y no físicos, Mientras que las entradas y salidas vienen incorporadas en el PLC.

- **Circuitos Secuenciales**

Jiménez (2010) afirma: “Un circuito de conmutación secuencial se define como un circuito bivaluado en el cual, la salida en cualquier instante depende de las entradas en dicho instante y de la historia pasada (o secuencia) de entradas” (p. 2).

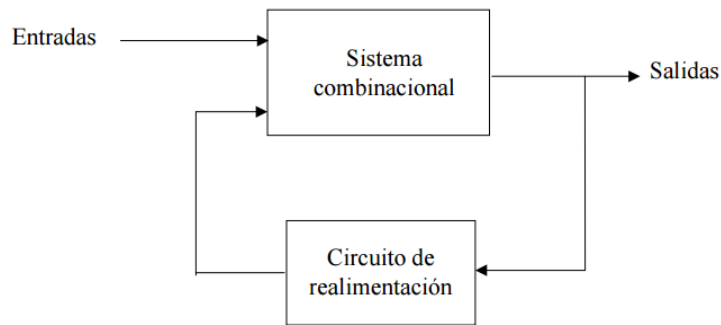


FIGURA 69: Estructura de los sistemas secuenciales

http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/Electronica_Basica/download/transparencias/secuenciales.pdf

Una parte importante de los circuitos secuenciales en la realimentación son los elementos de memoria estos permiten guardar los estados anteriores de las salidas, la memoria puede ser regulada por los pulsos de un reloj. Así, los circuitos secuenciales están divididos en dos grupos síncronos o asíncronos.

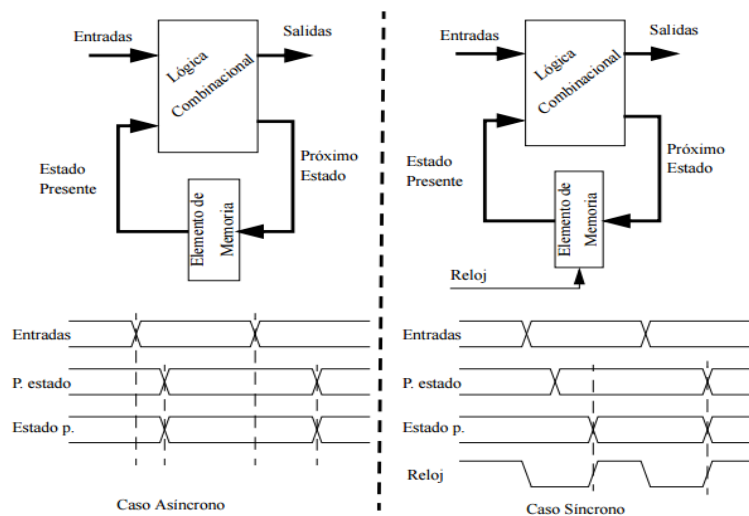


FIGURA 70: Esquematización de los casos secuenciales asíncronos y síncronos

http://www.uhu.es/raul.jimenez/DIGITAL_II/dig2_i.pdf

Existen configuraciones comúnmente utilizadas en las diferentes aplicaciones de circuitos secuenciales más complejos por lo que existen integrados con determinadas funciones específicas. Por ejemplo circuitos de registro básico, contadores, operadores lógicos, entre otros. TIA PORTAL cuenta con comandos de características secuenciales y combinacionales que simplifican las programaciones, pero se debe manejar el tipo de datos correctos para la función utilizada.

Comandos combinacionales y secuenciales de TIA PORTAL

Entre las funciones del software que facilitan la construcción de este tipo de sistemas están:

- **AND Y OR:** “Y” y “O” funciona con mapas de bits haciendo su aplicación más compleja.

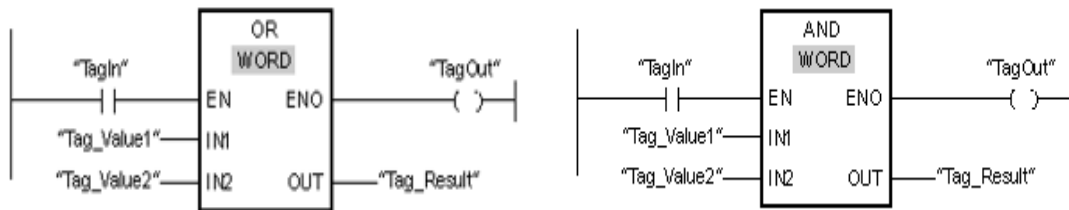


FIGURA 71: Comando OR y AND en TIA, Sistema de Información TIA PORTAL

- **NOT:** Permite el cambio de estado en la salida de un segmento.

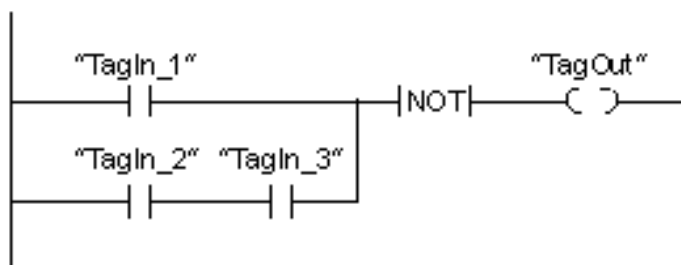


FIGURA 72: Comando NOT en TIA, Sistema de Información TIA PORTAL

- **CTU Contador ascendente:**

Incrementa el valor de CV. Cuando el estado lógico de la entrada CU cambia a de “0” a “1” (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y el valor de contaje de la salida CV se incrementa cada vez que se detecta un flanco de señal ascendente, hasta alcanzar el valor límite superior del tipo de datos 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 es determinado por el parámetro PV.

Si el valor actual de conteaje 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". 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. (Sistema de información, TIA PORTAL).

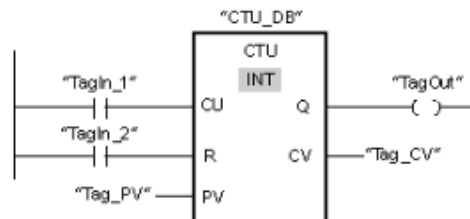


FIGURA 73: Comando CTU, Sistema de información TIA

Las funciones de conteo del software permiten trabajar con estados tipo bool es decir "1" y "0", también existen la función CTD (Contador de flanco descendente) y CTUD (Contador de flanco ascendente y descendente)

- **Operadores matemáticos:**

Funciones que realizan operaciones de suma, resta, multiplicación y división, entre otras; cuentan con entradas de habilitación y de operandos. Además de salidas de confirmación de operación correcta y resultado. Trabajan con mapas de bits.

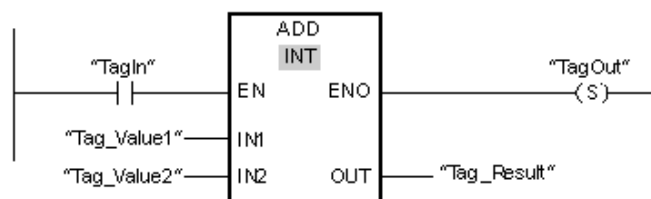


FIGURA 74: Comando ADD "suma", Sistema de información TIA

4.10.3 trabajo preparatorio

Realizar el análisis de los comandos vistos en el marco teórico por medio de la práctica con las siguientes condiciones.

- a) Realizar un generador de impulsos con tiempos establecidos de 1 seg. Activado por medio de un selector.
- b) Establecer el conteo de los flancos ascendentes y la activación de una salida a determinada cantidad de pulsos.
- c) El número de pulsos se debe poder seleccionar en los valores de 15, 20, 25 o 30.

Para la realización de estos sistemas implican la implementación de las compuertas lógicas aplicadas en circuitos combinacionales, esto en la forma de diagramas de contactos como se explica en el marco teórico. Los comandos aplicados en esta práctica son contadores ascendentes y sumadores, se utiliza la programación estructurada ya que se pretende trabajar con datos tipo entero.

Bloque de datos_1							
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a..
1	▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	■ INICIAL	Int	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	■ EXTRA 1	Int	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	■ EXTRA 2	Int	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	■ EXTRA 3	Int	15	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	■ EXTRA 4	Int	20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	■ SUMA	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	■ <Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Declaración de datos tipo entero para la selección del número de pulsos en la práctica

FIGURA 75: Declaración de datos tipo Int
"Elaboración propia"

De esta manera se realiza la creación del generador de pulsos. El segmento contiene dos ramales para el establecimiento de los tiempos, los cuales son determinados como constantes en el sistema, un tercer ramal en el cual se tiene una bobina llamada "PULSOS" la cual es activada y desactivada por los contactos que se conectan con los temporizadores. Este tipo de configuraciones puede resultar muy necesaria en los circuitos secuenciales, aunque hay que relacionar con contadores, operadores y flip flop.

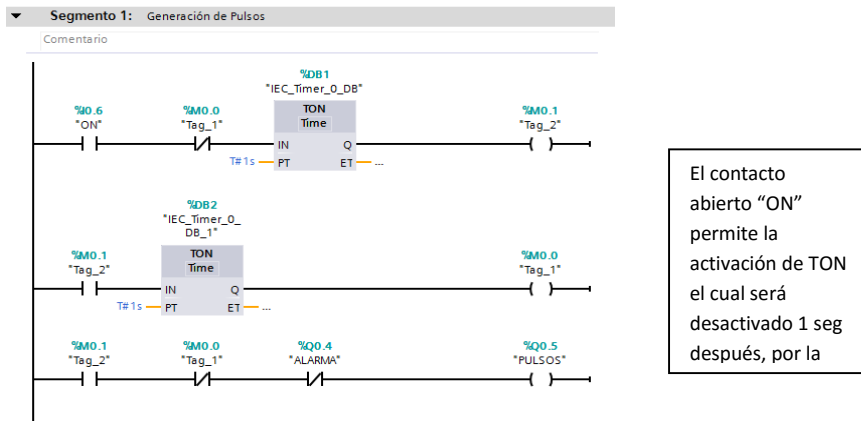


FIGURA 76: Generación de pulsos
"Elaboración Propia"

Se establece la utilización de un solo contador y de cuatro sumadores para la selección de tiempos; la selección de cada tiempo cuenta con su propio pulsador y con cada señalización, el resultado de la suma debe transferirse a la entrada PV del contador, y tras cumplir con el número de pulsos seleccionados se encenderá la salida Q0.4 denominada "ALARMA"

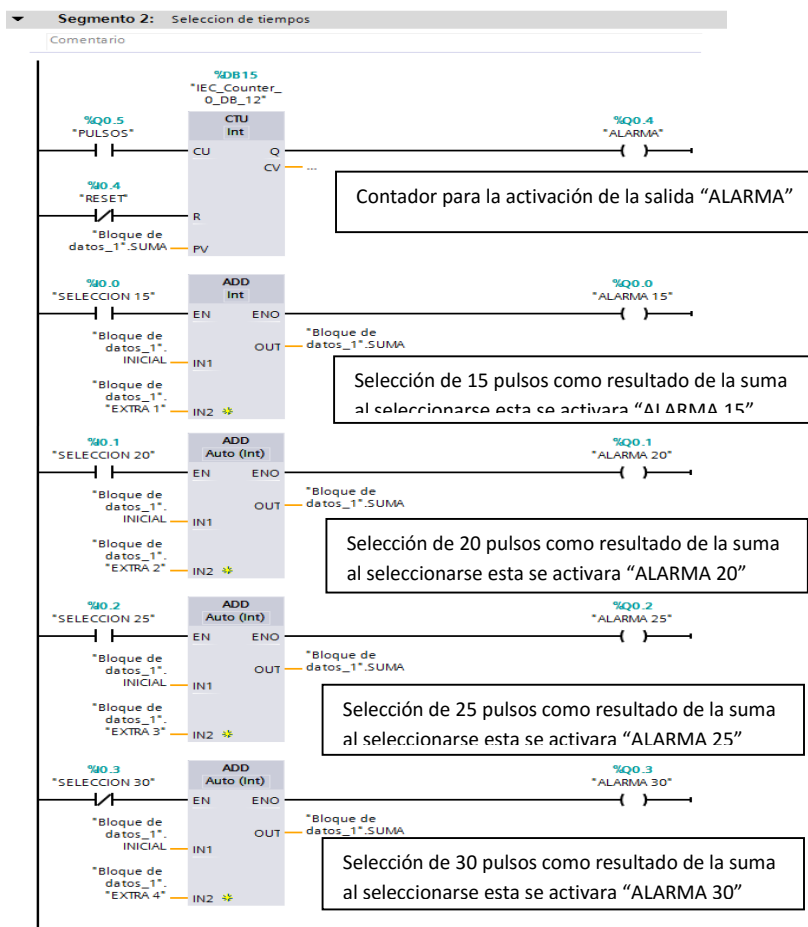


FIGURA 77: Selección de tiempos
"Elaboración propia"

4.10.4 TRABAJO EXPERIMENTAL

a) Realizar un sistema que indique el funcionamiento de un reloj utilizando el modulo didáctico, a fin de obtener la relación con sistemas secuenciales.

Con lo visto en el trabajo preparatorio se puede tomar en cuenta la combinación de algunas de las funciones ya vistas para un sistema, la construcción de esta práctica implica el uso de funciones de operación matemática, conteo, memoria a más de la lógica combinatorial es necesario la implementación de programación estructurada.

La señalización del reloj se muestra a continuación.

Segundero: Se indica como la activación continua de una de la salida del PLC.

Minutero: Muestra valores en numeración binaria cada cinco minutos utilizando cuatro salidas en el autómatas.

Horero: Señala la hora actual por medio del número de pulsos como si fuera un campanario.

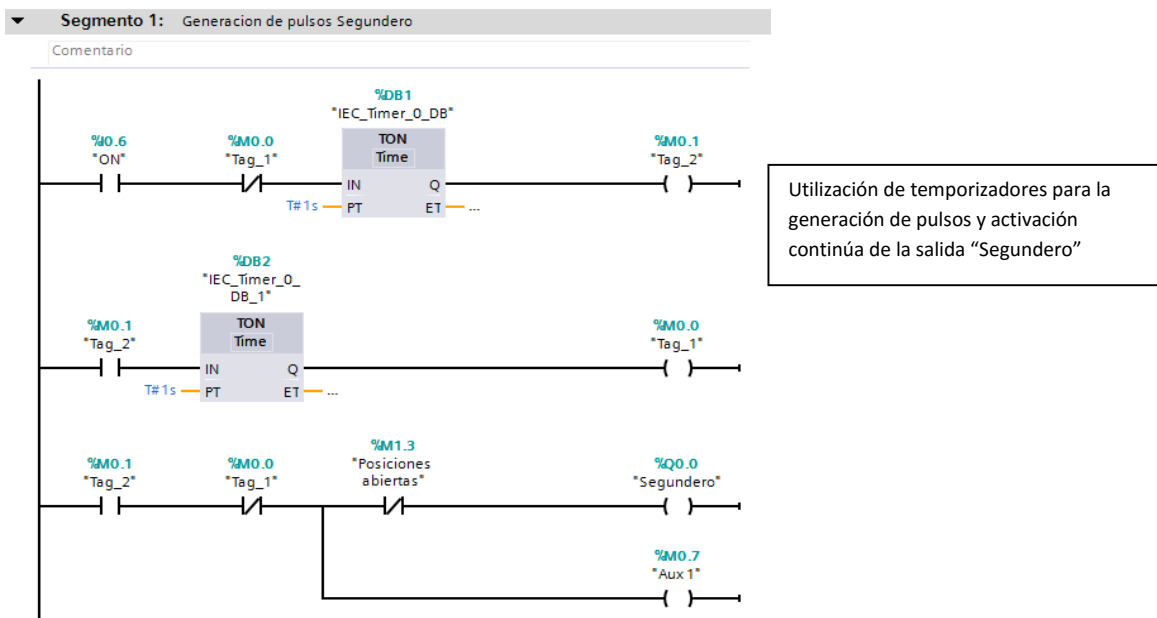


FIGURA 78: Segmento 1: Generación de pulsos Segundero
"Elaboración propia"

Segmento 2: Configuraciones de luces minuterio 1

Comentario

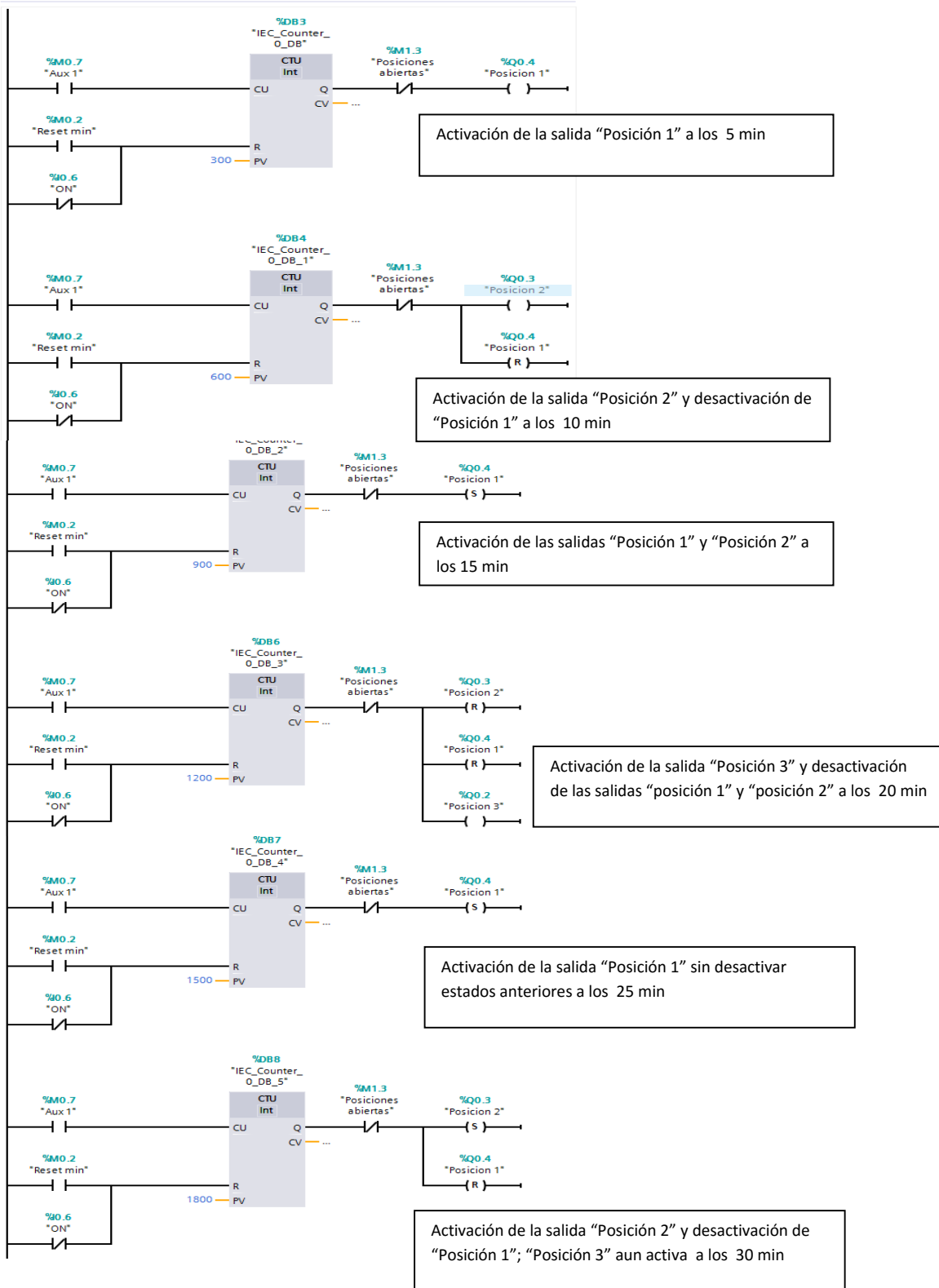


FIGURA 79: Segmento 2: Configuración de luces minuterio 1
"Elaboración propia"

Segmento 3: Configuraciones de luces minuteru 2

Comentario

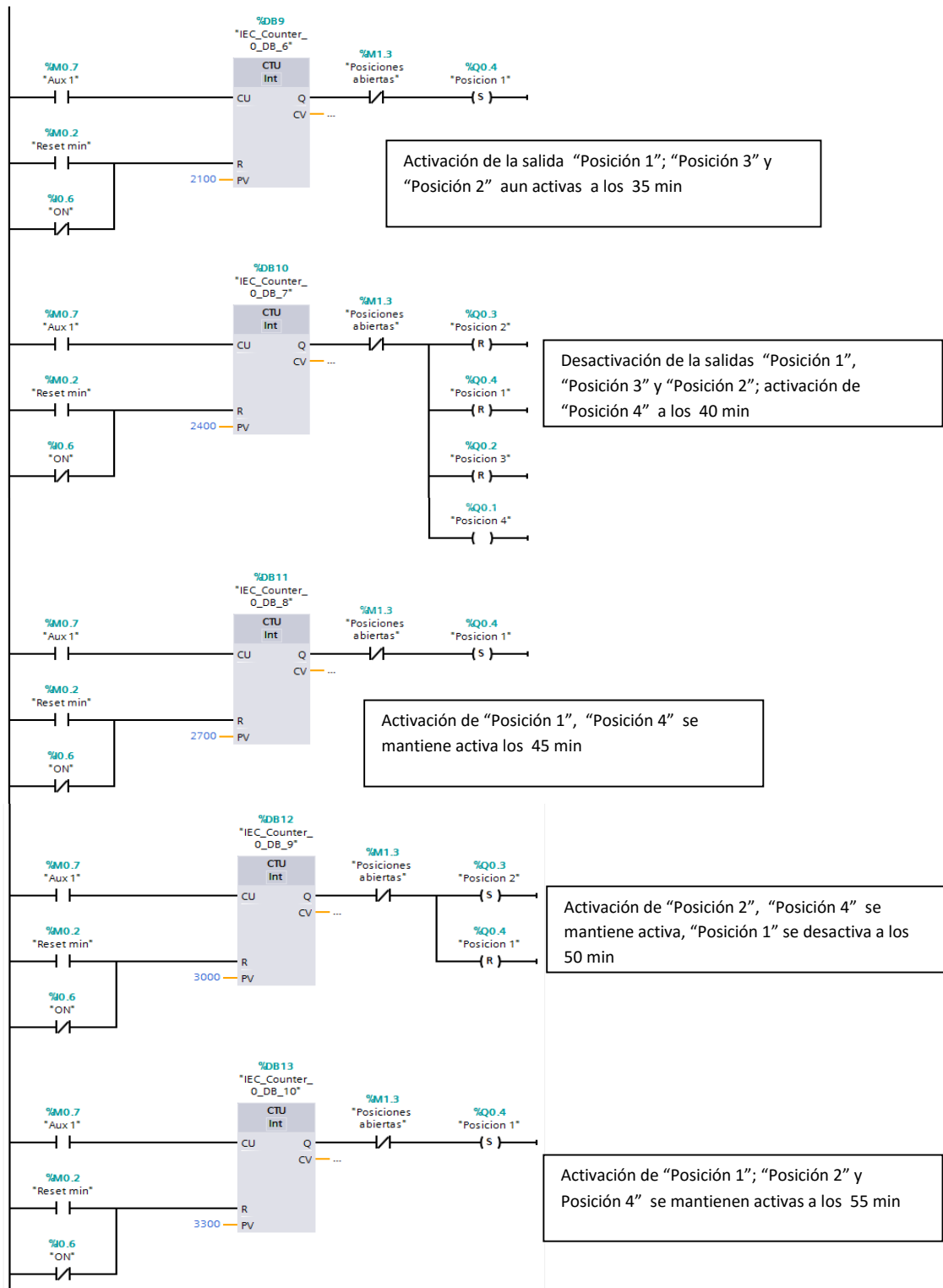


FIGURA 80: Segmento 3: Configuración de luces minuteru 2

"Elaboración propia"

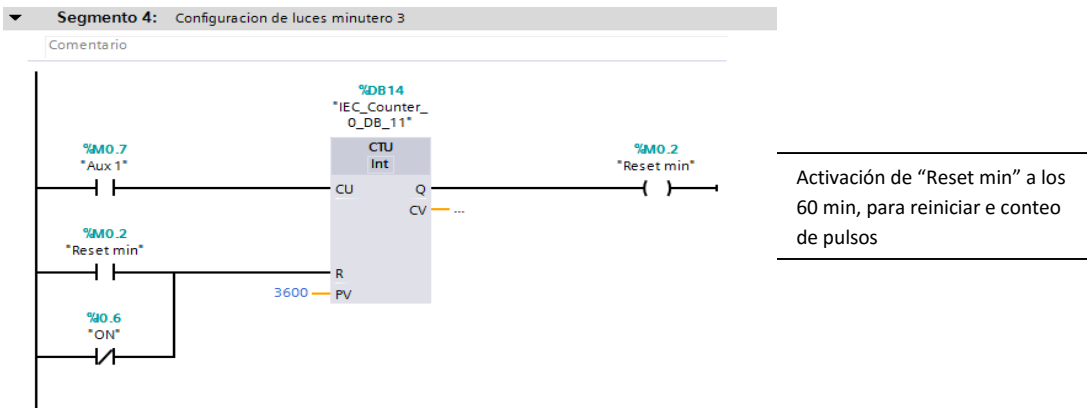


FIGURA 81: Segmento 4: Configuración de luces minuterero 3
“Elaboración propia”

La configuración de luces para la señalización de los minutos queda descrito como un reloj analógico el cual muestra los cinco minutos dentro del rango de 0 a 1, de diez minutos de 1 a 2, sucesivamente; los rangos quedan establecidos por valores binarios que están establecidos como luces encendidas o apagadas en el módulo didáctico.

TABLA 11: Señalización en binario para el rango de minutos

Señalización de minutos	
5 minutos	0001
10 minutos	0010
15 minutos	0011
20 minutos	0100
25 minutos	0101
30 minutos	0110
35 minutos	0111
40 minutos	1000
45 minutos	1001
50 minutos	1010
55 minutos	1011

La configuración del horero toma los valores de conteo del minuterero y los memoriza para una nueva generación de pulsos para indicar la hora actual, por medio de sumadores y contadores se consigue se permite incrementar el valor en uno para cada hora, después de las 12h el contador se reiniciara.

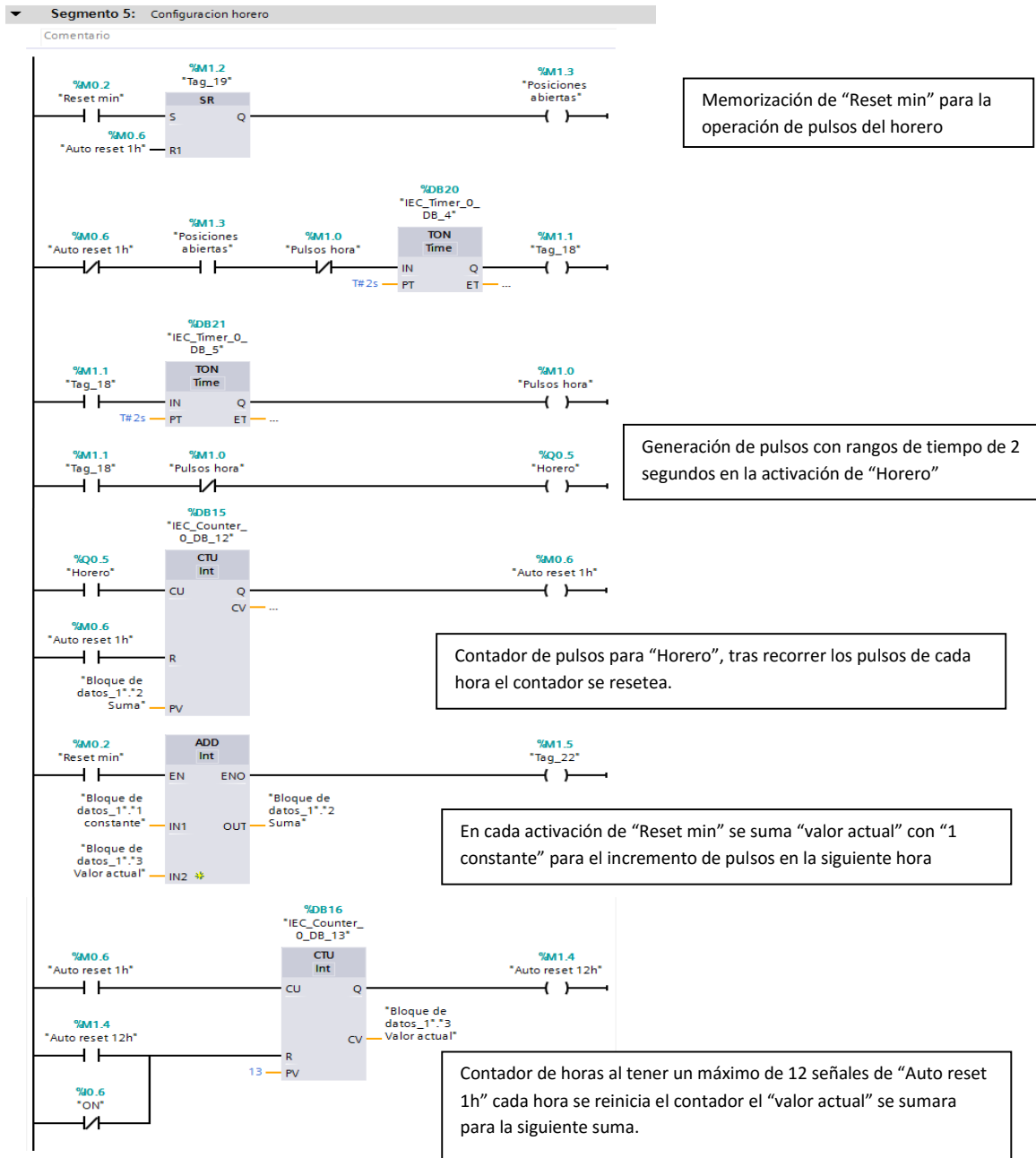


FIGURA 82: Configuración horero
"Elaboración propia"

4.10.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones.**

1. Las funciones más influyentes para la elaboración de circuitos secuenciales con el uso del autómata programable S7 1200 son los multivibradores biestables, así como también los contadores de varios tipos, se debe manejar la programación estructurada para simplificar los sistemas.
2. El módulo didáctico está diseñado para cumplir con los requerimientos de aprendizaje en la construcción, control y monitorización de circuitos secuenciales y combinacionales, tanto las entradas como las salidas permiten tener una gran funcionalidad.
3. La práctica realizada muestra un ejemplo de las diferentes aplicaciones de los circuitos secuenciales para el campo profesional, con el manejo de los autómatas y su relación con otros campos eléctricos se tiene el complemento necesario para una ingeniería.

- **Recomendaciones**

1. El uso de circuitos secuenciales y combinacionales pueden ser simplificados con técnicas como los mapas de karnaugh entre otros, se recomienda el uso de estos métodos ya que las aplicaciones de los autómatas pueden combinar gran cantidad de funciones de ingeniería.
2. Se recomienda la elaboración de más prácticas con respecto a circuitos secuenciales y combinacionales, esto permite tener una mayor agilidad en el manejo de la programación de los autómatas, así como también el de trabajar con los diferentes tipos de datos que posee el software.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En la selección de un autómata programable para un sistema de automatización, resulta imprescindible determinar las propiedades del equipo a utilizar, entre las características más importantes de los PLC´s están, la estructura física (marca de fábrica, alimentación eléctrica, tipo de CPU, espacio físico, número de entradas y salidas), los tipos (compactos y modulares), las señales de operaciones (digitales y analógicas), la comunicación industrial (buses de alta, media y baja comunicación) y la interfaz humano máquina (Software de programación, control y monitorización).

Como resultado del diseño y construcción, el equipo de entrenamiento cuenta características dinámicas y sencillas al mismo tiempo, de peso muy liviano y muy compacto, estructurado en un gabinete de tipo industrial, que permite la elaboración de prácticas evitando la manipulación directa con el autómata, relés, fuente de alimentación y dispositivos de protección, esto alarga la vida útil de los diferentes elementos ya que no es necesario reajustes en borneras.

Las prácticas realizadas con el equipo permiten familiarizar al estudiante con el software de programación, con los comandos de estado biestable y de temporización, además permiten diferenciar las programaciones lineales y estructuradas. El modulo didáctico puede ser considerado como un genérico básico de los equipos implementados en el laboratorio, este puede ser utilizado con algunas materias vistas en la carrera como automatización industrial, circuitos digitales, instrumentación, sistema de control, entre otros. Así se muestra como un elemento de complemento importante para la ingeniería eléctrica.

5.2 RECOMENDACIONES

El módulo didáctico se construyó con fines de estudio por lo que se recomienda, tener las precauciones con respecto al cuidado del equipo, entre los cuales tenemos: no golpear al equipo, no jugar con él, realizar prácticas con supervisión de personal calificado en caso de que sea necesario, entre otras.

Para evitar daños internos en el módulo se recomienda una revisión de su configuración tanto del módulo didáctico, como del mismo PLC, de esta manera se evitara malas conexiones, así como también malas configuraciones en la programación.

El manual del PLC S71200 posee secciones como: “Principios básicos del programación”, “instrucciones de programación”, entre otras secciones, que permiten entender de mayor manera el funcionamiento del PLC, se recomienda la revisión del manual para trabajar de manera más eficiente con el equipo.

Para el estudio de los sistemas de control así como también el de los automatismos se deben contar con equipos de tecnología moderna y generalizada en la industria, en lo más posible. Los controladores lógicos programables son equipos indispensables para la zona industrial actual, por lo que es muy importante su estudio para los estudiantes de ingenieras que tienen una visión de control de procesos.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ M. (2007) Controladores Lógicos, Barcelona: Marcombo.

ARAGONES, Oriol Boix (1998), Automatismos eléctricos Programables, Edición UPC, Barcelona, España

BALCELLS J., ROMERAL J. Autómatas Programables, Barcelona: Marcombo.

BENITEZ G. (2014) (Licenciatura en ciencias de la educación). Universidad Tecnológica Indoamerica. Ambato, Ecuador.

CANGAS M. (2015) (Tesis de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

CASTRO J., GARCIA D. (2011) (Tesis de ingeniería en electromecánica). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.

HIDALGO K. (2012) (Tesis de ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones). Universidad Tecnológica Israel. Quito, Ecuador.

LOPEZ E. Ingeniería en Microcontroladores Protocolo RS-485, i-micro.

MURCIA M. Puerto Serie RS-232, ITIG

POZO A., MOLINA E. (2010) (Tesis de ingeniería en sistemas informáticos). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

RAMA ESTUDIANTIL IEEE DE LA UCSA (2012), Manual PLC general preparado, IEEE.

RECALDE S. (2012), Didáctica general. Cotacachi, Ecuador.

SIEMENS, (2012). Manual de usuario SIMATIC S7 1200.

SIEMENS, (2011). Profinet, Siemens A. G.

LINKOGRAFIA

http://www.uhu.es/raul.jimenez/DIGITAL_II/dig2_i.pdf

http://www.iuma.ulpgc.es/users/jrsendra/Docencia/Electronica_Basica/download/transparencias/secuenciales.pdf

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1718/3/62138132B862.pdf>

<http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s71200/2340-principios-programacion-s7-1200>

<http://www.siemens.com>

<http://www.geocities.ws/imenator/td/PLC.html>

<https://industrial.omron.es>

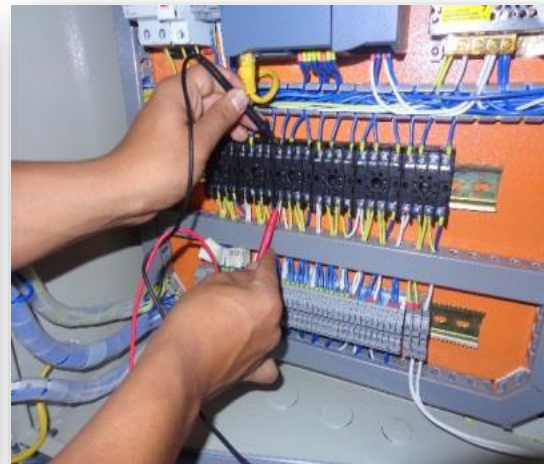
ANEXOS

ANEXO 1. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO





ANEXO 2. ELABORACIÓN DE PRUEBAS AL MÓDULO DIDÁCTICO



ANEXO 3. REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS Y PROGRAMACIÓN

