



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DEL USO DEL PLC PARA ARRANQUE DE
MOTORES ELÉCTRICOS**

AUTORES

OSCAR GABRIEL PÉREZ GÓMEZ
CODIGO: 91.534.964

SERGIO ANDRÉS ESPARZA LAITON
CODIGO: 1.102.361.632

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
ELECTROMECAÁNICO

BUCARAMANGA

2019



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DEL USO DEL PLC PARA ARRANQUE DE
MOTORES ELÉCTRICOS**

AUTORES

**OSCAR GABRIEL PÉREZ GOMEZ
CODIGO: 91.534.964**

**SERGIO ANDRÉS ESPARZA LAITON
CODIGO: 1'102.361.632**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
TECNOLOGO EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO**

**DIRECTOR
MILTON REYES JIMENEZ**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN - GISEAC

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS
PROGRAMA DE TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
ELECTROMECAÁNICO**

BUCARAMANGA

2019

R-DC-95

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y
PRÁCTICA

VERSIÓN: 01

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa y a mi familia, a mis amigos, compañeros de estudio y a todas aquellas personas que de una u otra forma animaron a sacar adelante este proyecto que hoy es un logro producto de mucho esfuerzo y dedicación, uno de muchos triunfos que son parte de mi proyecto de vida, a ellos mil gracias, por hacer esto posible.

AGRADECIMIENTOS

De antemano quiero dar gracias a Dios por darme sabiduría y fuerza en el momento de iniciar este proyecto y al finalizar poder terminarlo con éxito.

A las Unidades Tecnológicas de Santander por la formación profesional y los recursos académicos y mediáticos para el desarrollo del mismo.

A mi tutor de proyecto; el ingeniero Milton Reyes, por su dedicación y entrega desinteresada de sus conocimientos, y a mi calificador.

A Yeinny Delgado por su apoyo incondicional en el desarrollo del proyecto y así mismo en mi progreso personal y profesional.

A mi madre por sus innumerables esfuerzos que han sido constantes y de gran apoyo en el desarrollo de mi formación profesional.

A mi tío el ingeniero Néstor Lugo por ser mi guía en los primeros pasos a nivel industrial, los cuales son de vital importancia en el desarrollo del proyecto.

Queda agradecer a mis compañeros de estudio, a toda mi familia, a todos mis amigos, a todos los docentes, en especial a los ingenieros Tapias, Bernabé, Carlos Carreño entre otros, y a todas las personas que de una u otra manera aportaron a la culminación del mismo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	9
INTRODUCCIÓN	10
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2. JUSTIFICACIÓN	12
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES.....	14
2. MARCOS REFERENCIALES.....	16
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	21
4. RESULTADOS	42
5. CONCLUSIONES.....	43
6. RECOMENDACIONES.....	43
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
8. ANEXOS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Historia del PLC.

Figura 2. Ejemplos de PLCs compactos.

Figura 3. Ejemplos de PLCs modulares.

Figura 4. Ejemplos de PLCs de tipo montaje en rack.

Figura 5. Configuración para seleccionar el tipo de logo.

Figura 6. Configuración para seleccionar el tipo de logo.

Figura 7. Identificación y configuración de programación.

Figura 8. Herramientas para programar con lenguaje FUP.

Figura 9. Funciones básica.

Figura 10. Temporizadores.

Figura 11. Transferencia datos pc – logo.

Figura 12. Conexión entrada y salida.

Figura 13. Datos técnicos logo V6.

Figura 14. Cable transferencia.

Figura 15. Logo Instalado en baliza.

Figura 16. Diagrama FUP en Logosoft comfort arranque directo.

Figura 7. Montaje arranque directo.

Figura 18. Diagrama FUP en Logosoft comfort para arranque estrella triangulo.

Figura 19: Montaje arranque estrella triangulo.

Figura 20. Diagrama FUP en LOGO!Soft confort para para inversión de giro.

Figura 21: Montaje para inversión de giro.

Figura 22. Diagrama FUP Logosoft comfort para secuencia de motores.

Figura 23: Montaje secuencia de motores.

Figura 24. Diagrama FUP en Logosoft comfort del semáforo.

Figura 25: Montaje semáforo.

Figura 26: Logo 6 y sus partes.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Tabla de comparación lógica cableada vs lógica programada. Pagina 46.

RESUMEN EJECUTIVO

El alcance de este proyecto será el diseño de aplicaciones en maniobra de motores eléctricos e iluminación, a través del software de programación, esquemas de circuitos de fuerza, circuitos de mando y programación. Se entregará una baliza didáctica un relé lógico programable tipo logo SIEMENS 230 con sus respectivas borneras accesibles a cableado en módulos de accionamientos eléctricos.

Como primera medida se estudiará las características de entrada y salida de un programador lógico programable marca SIEMENS para ser aplicado en procesos de maniobra y automatización industrial en los laboratorios de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS). Se dará inicio a la fase de desarrollo del proyecto, conociendo y operando el software de programación; conociendo su sistema de programación se procederá a la conexión de entradas y salidas de la CPU del programador, simultáneamente se enfocaran las prácticas a aplicaciones en maniobra eléctrica y procesos de automatización industrial.

Las pruebas a realizar se enmarcan en funciones lógicas a través de pulsadores y contactores, funciones de memoria convencional y memoria set reset, funciones con temporización con retardo a la conexión y retardo a la desconexión. Control de motores eléctricos, arranque estrella-delta, activación de sensores para iniciar o desactivar elementos eléctricos como motores y bombas.

PALABRAS CLAVE: software de programación, Proceso, Automatización e implementación, circuitos de fuerza y mando, programación.

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo la industria ha evolucionado en cuanto a tecnología y en eficiencia de producción, por ello surgió la necesidad no solamente en tener conocimiento en lógica cableada, sino que también fue necesario tener conocimientos en lógica programada, en consecuencia los procesos industriales requieren de equipos autónomos y programables por lo cual los dispositivos autómatas son necesarios en los diferentes procesos industriales de acuerdo a los requerimientos del cliente.

Con el paso del tiempo se deseó encontrar una manera más fácil de interactuar con estos autómatas donde se creó la interfaz de “hombre máquina” en el cual el operario vigila y aporta sus propios datos de criterio, además de tener más fácil accesibilidad. Por ello se diseñaron diferentes equipos automatizados para los diferentes procesos, en consecuencia se deben actualizar en ciertos ámbitos como en automatización industrial. Tener estas herramientas de trabajo va a mejorar la calidad de los equipos de laboratorio para los estudiantes. Las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER se caracterizan por sacar estudiantes que tengan practica buscando la forma de interactuar con equipos que se encuentran comúnmente en la industria, cumpliendo como objetivo principal de la institución, dar educación de calidad y formar egresados competitivos.

Con la implementación de este proyecto que consta de un módulo controlador lógico y pantalla hmi, se lleva acabo refuerzos por generar conocimientos en lógica cableada y de programación para el laboratorio de accionamientos eléctricos, efectuando una solución práctica al planteamiento del problema mencionada en complemento a los dispositivos que contiene el modulo puede utilizarse de una forma intuitiva por medio del software puesto que este tiene muchas herramientas que ayudaran al estudiante a desarrollar proyectos donde el podrá tener acceso. Se trabajó en diseños que sirven para poderse desarrollar tanto en el laboratorio como en la industria, complementando así los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo del aprendizaje en las unidades.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el número de estudiantes de la asignatura de automatización industrial y accionamientos eléctricos es escaso el número de unidades didácticas de autómatas programables lo cual dificulta un desarrollo óptimo al momento de ejecución de las prácticas de laboratorio, ya que los módulos de pruebas no todos poseen programadores lógicos y esto hace que el número de estudiantes por módulo de estudio sea elevado, impidiendo la individualización de las prácticas para los estudiantes. Las bases tecnológicas y concepto que deben tener los estudiantes para realizar trabajo de programación y conexión de programadores lógicos y las causas de esta situación se enmarca en el incremento de números de estudiantes de Tecnología e Ingeniería electromecánica y no se ha ampliado la capacidad en números de equipos para los laboratorios. Se ha encontrado como la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Ecuador ha realizado un proyecto de Diseño e Implementación de un módulo para el proceso de calificación de piezas controlado mediante un PLC Siemens S7-1200 para aumentar el número de equipos en el laboratorio con el fin de aprovechar y poner en práctica los conocimientos de los estudiantes adquiridos a lo largo de su carrera (Oñate Lazo & Pinto Yaucan, 2013).

¿La implementación de una estación didáctica de un programador lógico S7-1200 solucionaría la deficiencia de equipos de automatización en el laboratorio de accionamientos eléctricos y laboratorio de automatización industrial mediante el arranque de motores eléctricos para el desarrollo de aplicaciones prácticas en esta área?

La operación del software de programación TIA PORTAL requiere de un estudio profundo a través de manuales de su respectiva CPU y programa.

Como lo afirma (QuimiNet, 2011) en uno de los artículos publicados en esta página *“Los sistemas educativos de PLC cuentan con componentes de uso industrial que garantizan una vida útil mucho mayor que los de otros, también permiten que el alumno tenga una experiencia completa, de manera que le sea fácil ingresar al ámbito laboral”*. Lo cual brinda en el aprendiz la capacidad de dimensionar situaciones que suceden en la industria y así lo benefician al momento de ingresar a un ámbito laboral.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los tecnólogos y sobre todo los ingenieros generalmente se desempeñan en desarrollar tareas de automatización en las empresas donde los contratan; así mismo el empleador espera de ellos una respuesta de reacción acertada a las posibles fallas que se puedan presentar en los procesos que son controlados por los dispositivos PLC.

Automatizar los procesos hoy en día juega un papel importante en las empresas, influye de manera positiva para aumentar el nivel competitivo en el entorno global que vivimos hoy en día que ayuda a simplificar las operaciones.

La realización de este proyecto proporciona a la institución y más directamente al estudiante una herramienta tecnológica que cotidianamente se está actualizando y desarrollando para la automatización de máquinas y procesos industriales que encontrara en su desempeño profesional.

Dotar los bancos de prueba de las Unidades Tecnológicas de Santander con dispositivos de alta calidad y durabilidad permite que el estudiante pueda individualizar las prácticas reduciendo el tiempo de espera, disminuir el tiempo en el desarrollo de tareas asignadas y eficiencia en los resultados.

El presente proyecto se pretende adjudicar a la institución un elemento electrónico llamado Relé Lógico programable SIEMENS 230 que permita la aplicación de maniobra en motores eléctricos e iluminación que debido a la escasez de estos elementos podamos contribuir al crecimiento y desarrollo de las Unidades Tecnológicas de Santander.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un relé lógico Siemens programable para la maniobra de arranque de motores eléctricos trifásicos, utilizando los lenguajes de programación FUP.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el software de programación del PLC “Logo Siemens” para definir aplicaciones de maniobra en motores eléctricos en el contexto de los accionamientos eléctricos industriales; que permita en el estudiante del programa de electromecánica desarrollar tareas de automatización.
- Realizar la instalación del programador lógico “Logo Siemens” teniendo en cuenta las diversas aplicaciones de maniobra eléctrica, como soporte tecnológico en la asignatura de laboratorio de accionamientos eléctricos.
- Desarrollar un manual de laboratorio de aplicación del programador lógico “Logo Siemens”, tomando como referencia diferentes aplicaciones en la maniobra de motores eléctricos trifásicos; que pueda ser utilizado como herramienta de consulta en el laboratorio de accionamientos eléctricos.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Con la implementación de métodos numéricos en dispositivos de automatización, el resultado es una gama de aplicaciones de rápida expansión y de enfoque especializado en la industria. La Tecnología asistida por computadora (CAx) ahora sirve de base para las herramientas matemáticas y de organización utilizada para crear sistemas complejos. Algunos ejemplos notables de CAx incluyen el diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por ordenador (CAM). La mejora en el diseño, análisis y la fabricación de productos basados en CAx ha sido beneficiosa para la industria.

La tecnología informática, junto con los mecanismos y procesos industriales, pueden ayudar en el diseño, implementación y monitoreo de sistemas de control. Un ejemplo de un sistema de control industrial es un controlador lógico programable (PLC). Los PLC's están especializados en sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el flujo de salidas a los actuadores y eventos. La Interfaz hombre-máquina (HMI) o interfaz hombre computadora, se suelen utilizar para comunicarse con los PLC's y otros equipos. El personal de servicio se encarga del seguimiento y control del proceso a través de los HMI, en donde no solo puede visualizar el estado actual sino también hacer modificaciones a las variables críticas del proceso.

A continuación se mencionan algunos proyectos de grado en base a la automatización que describen la importancia de implementar sistemas inteligentes a procesos industriales donde también tiene una gran variedad de aplicaciones.

En la Universidad Politécnica de Valencia se realizó una tesis de grado titulada AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO INDUSTRIAL MEDIANTE AUTÓMATAS liderada por María Cruz y Pacheco Tejuelo donde se propone mejorar el proceso de mezclado de pintura controlado por el PLC y donde también una sola persona dará la orden a través de un panel de mando llamado HMI de iniciar el proceso de mezcla. En este proyecto se pudo identificar una de las innumerables aplicaciones que tienen estos dispositivos inteligentes a la hora de realizar un proceso.

Por otra parte, un proyecto de grado de controlador lógico programable se llevó a cabo en la Universidad de Cantabria basada en la AUTOMATIZACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DEL IFCA (Instituto de Física de Cantabria) donde el estudiante de ingeniería llamado Alberto Salcines Menezo propone el estudio e implantación de alternativas tecnológicas para los mismos debido al mal estado de algunos sistemas de control y supervisión de calefacción de la Universidad de Cantabria. Aquí vemos un proyecto donde se tiene como propósito crear sistemas abiertos y propios de la universidad con toda la

documentación (software, datos de equipos, esquemas de principio, métodos de funcionamiento) disponible y actualizada.

En comunicaciones y especialmente en radio-comunicaciones es habitual tener que insertar en los sistemas elementos como filtros, amplificadores, acopladores o resonadores para adecuar la señal a las necesidades que se requieran según su aplicación. Entre todos estos elementos, el objeto de estudio de este proyecto es un resonador de microondas en el rango de 5GHz a 10GHz que bajo esta problemática el estudiante Josep Benet Freissinier tomó la iniciativa de proponer un proyecto de grado titulado AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UN MOTOR A PASOS PARA LA SINTONIZACIÓN DE FILTROS DE MICROONDAS realizado en la ciudad de España en la institución educativa UPC (Universidad Politécnica de Cataluña). Con este proyecto se identificaron diferentes elementos para la implementación física del equipo como: programación Matlab, motor a pasos, interface, driver y software de control.

PROPUESTA PARA AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA PLÁSTICOS OMEGA 2020 C.A, es el resultado de una idea que nació en Daniel Martin Espinoza estudiante de la UNIVERSIDAD SIMÓN BOLIVAR con el objeto de automatizar una máquina de inyección de plástico del año 1978. La automatización se realizó mediante un PLC, por lo que la mayor parte del proyecto se enfocó en la programación del mismo. Así mismo, se pretendió realizar el estudio económico para la empresa que evaluó la viabilidad y factibilidad de la implementación del nuevo controlador programable. Esta valiosa información nos aporta bases fundamentales a la hora de diseñar y disminuir costes en la implementación del PLC y la programación.

Como última instancia también se desarrolló un proyecto de grado cuyos autores JULIO EDUARDO MONTESDEOCA ESCOBAR Y CARLOS IVÁN VILLACÍS MOYA muestran el proceso de automatización del sistema de tratamiento de aguas residuales en la Central Térmica de Guangopolo, mediante la programación de un PLC y la implementación de una sistema SCADA para el manejo de monitoreo del mismo. En este proyecto titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO” (ECUADOR), se pudo analizar varios factores importantes a la hora de implementar elementos que ayuden en la producción de una empresa. Se establece que la automatización sirve para mejorar los procesos, reducir costos y/o aumentar la producción. El sistema cuenta con una gran flexibilidad ya que debido al número de entradas y salidas del PLC se pueden acoplar nuevos métodos de monitoreo dependiendo de los requerimientos que se presenten en el futuro con la Planta de Tratamiento de Agua.

2. MARCOS REFERENCIALES

Un controlador lógico programable, es un dispositivo electrónico destinado para controlar en tiempo real procesos o máquinas, se trata de una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de una fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”.

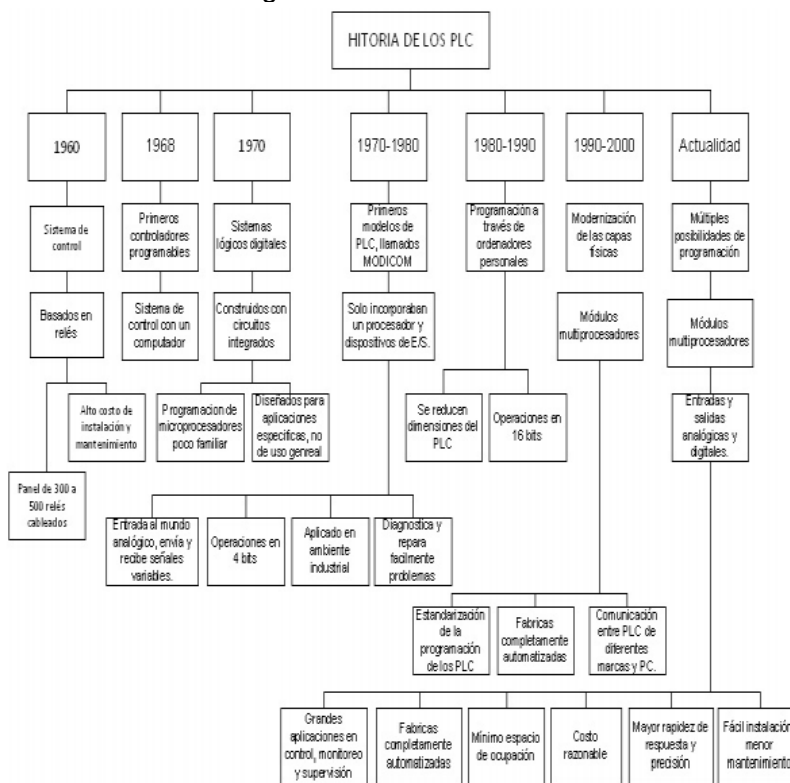
El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias (automoción, aeroespacial, construcción, etc.), así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración e impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar con ayuda de baterías como copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

HISTORIA

A principios de los 70s, los PLC ya incorporaban el microprocesador. En 1973 aparecieron los PLCs con la capacidad de comunicación - Modbus de Modicon. De este modo, los PLCs eran capaces de intercambiar información entre ellos y podían situarse lejos de los procesadores y los objetos que iban a controlar. Así se incorporaron también más prestaciones como manipulación de datos, cálculos matemáticos, elementos de comunicación hombre-máquina, etc. A mediados de los años 70 – apareció la tecnología PLC, basada en microprocesadores bit-slice (ej. AMD 2901/2903). Los principales productores de PLCs en esos tiempos se convirtieron en compañías como: Allen-Bradley, Siemens, Festo, Fanuc, Honeywell, Philips, Telemecanique, General Electric etc. Además, se realizaron mejoras como el aumento de su memoria; la posibilidad de tener entradas/salidas remotas tanto analógicas como numéricas, funciones de control de

posicionamiento; con la aparición de lenguajes con mayor número de funciones y más potentes; y el aumento del desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores. Por ese entonces, las tecnologías dominantes de estos dispositivos eran máquina de estados secuenciales y con CPU's basadas en el desplazamiento de bits. Los PLC más populares fueron los AMD 2901 y 2903 por parte de Modicon. Los microprocesadores convencionales aportaron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLCs. Así, por cada modelo de microprocesador, existía un modelo de PLC basado en el mismo, aunque fue el 2903 uno de los más utilizados. Sin embargo, esta falta de estandarización generó una gran variedad de incompatibilidades en la comunicación debido a la existencia de un maremágnum de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí.

Figura 1. Historia del PLC



Fuente: Autor

TIPOS DE PLC'S

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, su capacidad, el número de I/O, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías:

- PLC compactos, son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E/Ss digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/Ss analógicas. Para aumentar el número de las E/Ss de una PLC compacta individual se incrementa (además) los módulos que pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC. Estos PLCs de tipo compacto se utilizan en automoción como substitutos de los relés.

Figura 2. Ejemplos de PLCs compactos. Festo FEC FC660 PLC (a la izquierda), Siemens Logo (en el medio) y S7-200 PLC (a la derecha)



Autor: Manual Logo 2012

- PLC modular es el tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una Controladores Lógicos Programables (PLCs) ESTRUCTURA GENERAL, COMPONENTES. TIPOS DE PLCs. FUNCIONAMIENTO 13 forma especial y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus. Tiene un número limitado de lugares para los módulos pero, en la mayoría de los casos, este puede aumentarse. Además, los PLCs modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas

más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea. Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios-web, etc.

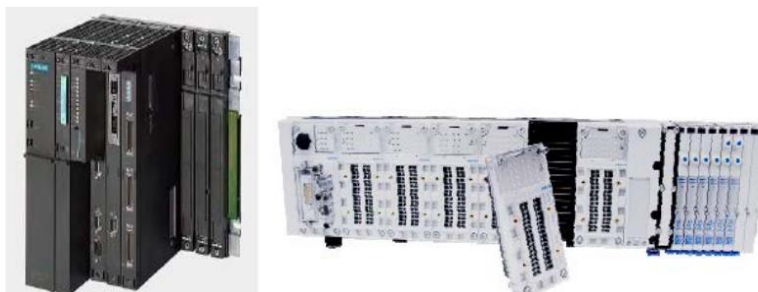
Figura 3. Ejemplos de PLCs modulares. Siemens S7-300 PLC (en la parte izquierda)
Allen-Bradley Compact Logix PLC (en la parte derecha)



Autor: Manual Logo 2012

- PLC de tipo montaje en rack son aquellos que prácticamente tienen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular. Sin embargo, existen algunas diferencias en el bus o en el rack dónde se colocan los módulos del PLC. El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para intercambiar información entre los diferentes módulos. La mayoría de los módulos PLC no tienen sus propias cajas, disponen solamente de un panel frontal con una interfaz-HIM. La ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre los módulos y el tiempo de reacción por parte de los módulos es menor.

Figura 4. Ejemplos de PLCs de tipo montaje en rack. Siemens S7-400 PLC (en la parte izquierda) Festo CPX PLC (en la parte derecha)



3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

El desarrollo y procedimiento de este proyecto se basan en tres objetivos muy importantes para lograr dicho fin; el primero será el estudio del software de programación lógico programable para definir las aplicaciones en maniobra en motores eléctricos e iluminación en el contexto de accionamientos eléctricos industriales.

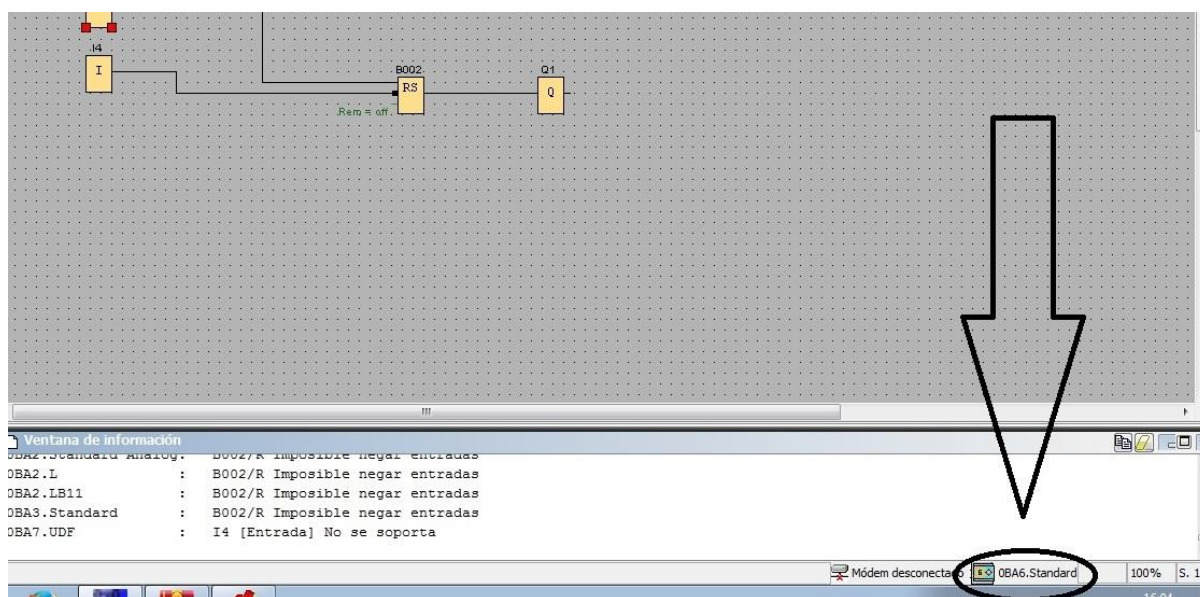
La segunda etapa del desarrollo es realizar la instalación del programador lógico “logo Siemens” teniendo en cuenta las diversas aplicaciones de maniobra eléctrica, como soporte en la asignatura de laboratorio de accionamientos.

Tercera etapa y no menos importante es el desarrollo de un manual de laboratorio de aplicación del programador lógico “logo Siemens”, tomando como referencia aplicaciones en maniobra de motores eléctricos trifásicos, que pueda ser utilizado como herramienta de consulta en el laboratorio de accionamientos.

3.1 ESTUDIO DEL SOFTWARE

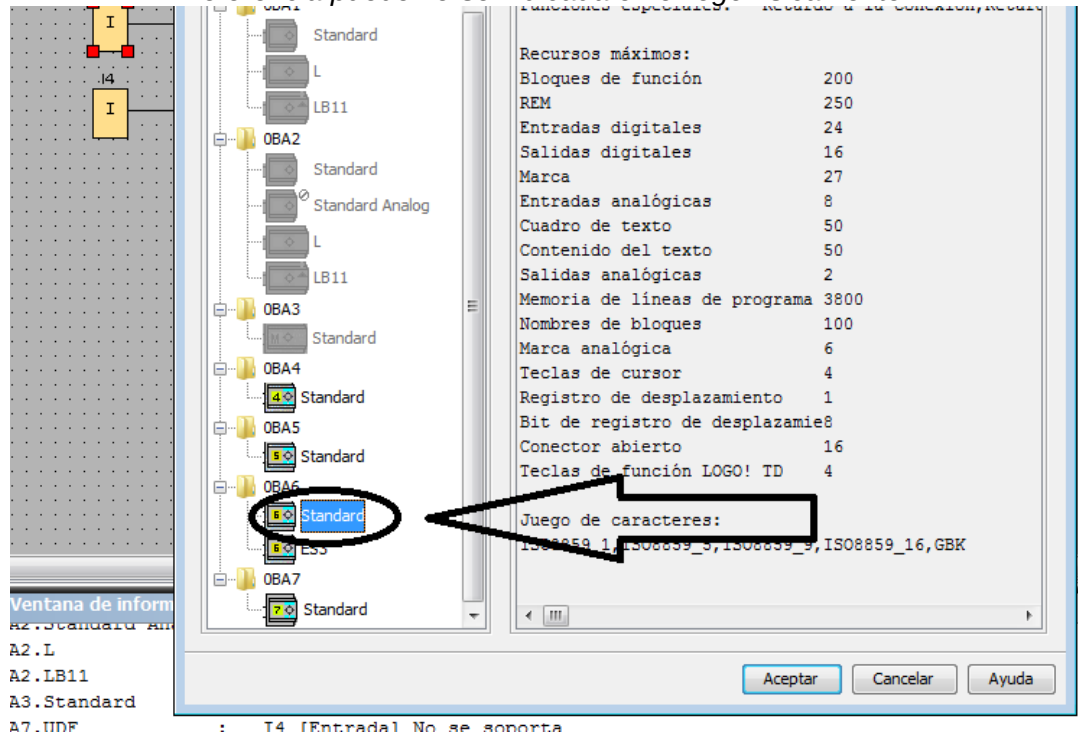
- Pc utilizado: Toshiba Intel core i3 Windows 7 ultimate
- Identificación e instalación del software: LOGO!Soft Comfort V7.0
- Configuración para la selección del dispositivo “logo” que se va utilizar.
- Identificar y configurar el lenguaje utilizado para el proyecto y sus funciones principales: FUP
- Transferencia de datos PC a LOGO

Figura 5. Configuración para seleccionar el tipo de logo
Dar clic en la opción que indica la flecha



Fuente: Autor

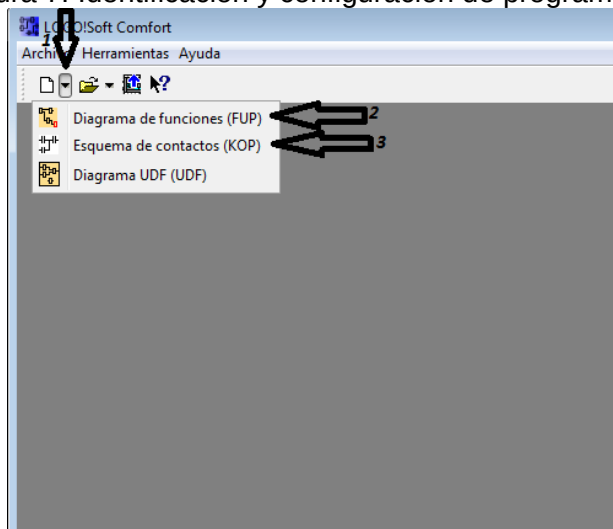
Figura 6. Configuración para seleccionar el tipo de logo
Selección del tipo de logo que se va utilizar, para nuestro caso fue OBA6. La referencia puede verse indicada en el logo físicamente.



Fuente: Autor

A continuación se plasma los tipos de programación por los cuales se pueden diseñar, para el caso de este proyecto solo hablaremos de FUP.

Figura 7. Identificación y configuración de programación

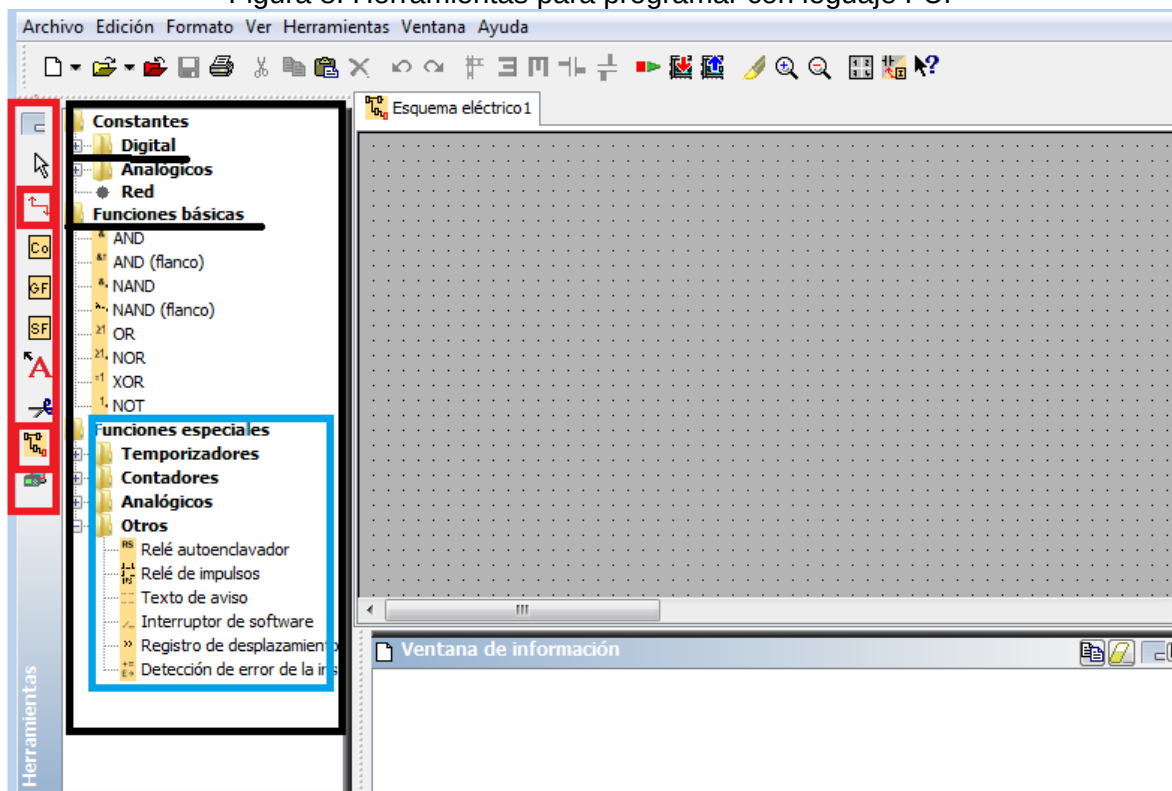


Fuente: Autor

En la figura anterior se detalla los tres tipos de programación por el cual se pueden diseñar; FUP (diagrama de funciones), KOP (esquema de contactos) y UDF (combinación de los dos anteriores).

Luego de dar a la opción de FUP (diagrama de funciones) se despliegan todas las herramientas para diseñar. A continuación se muestran detalladamente por bloques rectangulares para facilitar la explicación.

Figura 8. Herramientas para programar con lenguaje FUP



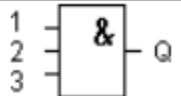
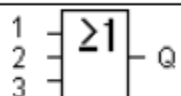
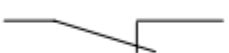
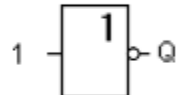
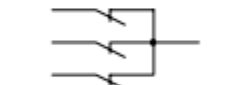
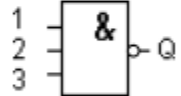
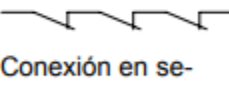
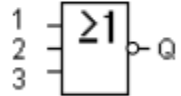
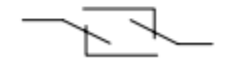
Fuente: Autor

En la parte izquierda de la figura anterior se aprecia todas las herramientas que nos va permitir programar. En el recuadro de color ROJO están los comandos que permite unir cables, simular e insertar constantes, funciones básicas o funciones especiales que durante la programación nos permita enlazar de forma voluntaria cada uno de los tipos de bloques que vayamos insertando en el recuadro de dibujo teniendo en cuenta las funciones que cada una realiza.

El recuadro que está bordeado de color NEGRO se encuentra las constantes “Co”, funciones básicas (GF) y funciones especiales (SF). En la opción de Constantes se despliegan dos carpetas llamadas “Digital y Analógicos” donde se encuentran bloques como por ejemplo; Entradas (I), salidas (Q), marcas y entradas analógicas.

Las funciones básicas (segunda opción subrayada de color negro) de la figura anterior son elementos lógicos sencillos del álgebra de Boole. Las entradas y funciones básicas se pueden negar de forma individual, es decir, que si en la entrada en cuestión hay un “1”, el programa utiliza un “0”; Si hay un “0”, se utiliza un “1”. Al introducir un programa encontrará los bloques de funciones básicas en la lista GF que son las siguientes:

Figura 9. Funciones básica

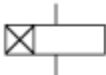
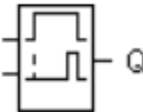
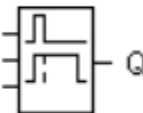
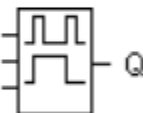
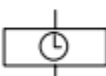
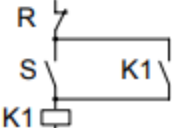
Representación en el esquema	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 Conexión en serie contacto de cierre		Y (AND)
 Conexión en para- lelo contacto de cierre		O (OR)
 Contacto de apertura		INVERSOR (NOT)
 Conexión en para- lelo contacto de		O-EXCLUSIVO (NAND)
 Conexión en se- rie contacto de apertura		Y-NEGADA (NOR)
 Alternador doble		O-NEGADO (XOR)

Fuente: Imagen tomada manual de LOGO 2016

La tercera opción subrayada en la figura... se observan las funciones especiales nombradas temporizadores, contadores, analógicos y otros. En la opción de “temporizadores” se despliegan todos los tipos de temporizadores que existen actualmente cuya herramienta es de gran importancia en casi cualquier clase de industria. La lista “SF” incluye los bloques para las funciones especiales requeridas al introducir un programa en LOGO! La tabla siguiente contiene además representaciones comparables de esquemas, indicándose también si la respectiva función posee remanencia parametrizable.

A continuación se explica algunas de las funciones especiales y las más utilizadas en programación.

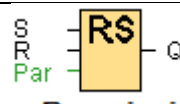
Figura 10. Temporizadores

Representación en el esquema	Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Re
	Trg T 	Retardo de activación	
	Trg R T 	Retardo de desactivación (vea la página 67)	
	Trg R Par 	Relé de impulsos	Re
	No1 No2 No3 	Reloj de temporización	
	R S Par 	Relé de parada automática	Re

Fuente: Imagen tomada manual LOGO

RELÉ AUTOENCLAVADOR:

Un relé auto enclavador es un elemento de memoria binario simple. El valor de la salida depende del estado de las entradas y del estado anterior de la salida



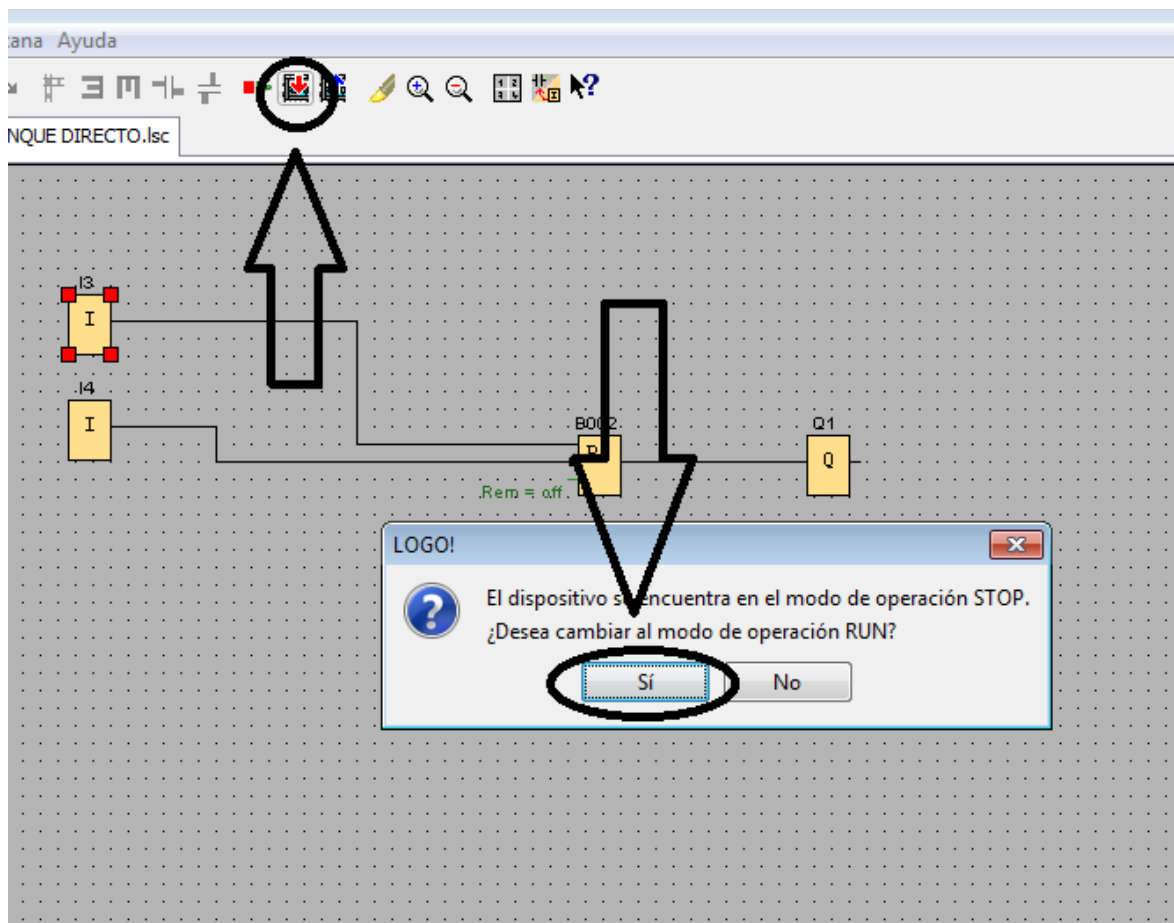
Descripción del bloque relé auto enclavador

Entrada **S**: La salida Q se activa con una señal en la entrada S (Set).

Entrada **R**: La salida Q se desactiva con una señal en la entrada R (Reset). La salida Q se desactiva si están activadas tanto S como R (la desactivación tiene prioridad sobre la activación).

Parámetros: **Remanencia** activada (ON) = el estado se guarda de forma remanente.
Salida **Q**: Q se activa con una señal en la entrada S y permanece activada hasta que es desactivada con una señal en la entrada R.

Figura 11. Transferencia datos pc – logo



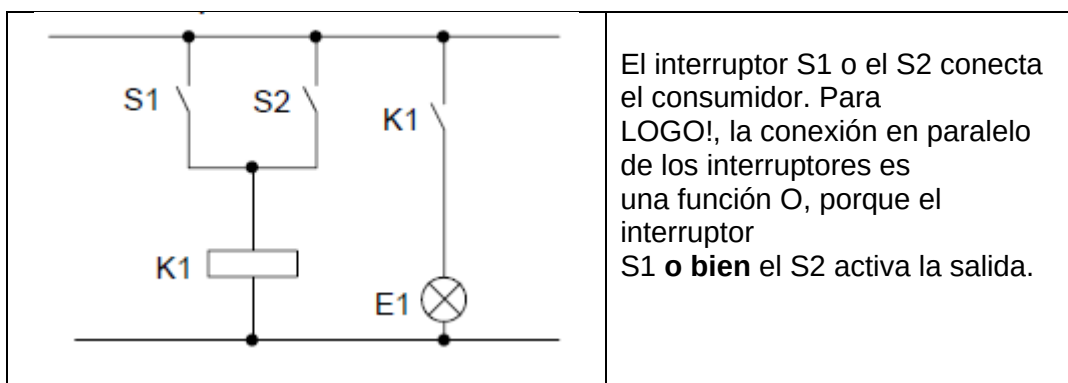
Fuente: Autor

En la figura anterior se especifica el procedimiento de transferencia para arrancar un programa ya terminado. En el ejemplo se observa el diseño de un arranque directo. El primer paso para transferir es dar clic en la opción que señala la flecha que apunta hacia arriba y seguidamente le damos ejecutar en SI para que el programa esté listo para el arranque.

3.2 EJEMPLO SENCILLO DE PROGRAMACIÓN

Para comenzar a diseñar algún tipo de programación es indispensable conocer la relación que tiene un circuito sencillo y traducirlo al lenguaje del LOGO ya sea KOP o FUP. A continuación se realizará un ejemplo sencillo a partir de un esquema eléctrico con lógica cableada.

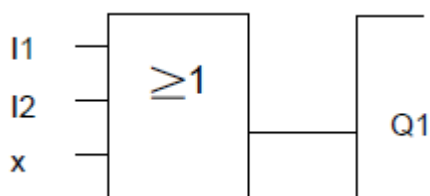
Veamos ahora la siguiente conexión en paralelo de dos interruptores.



Traducido al programa LOGO!, significa esto que el relé K1 (en LOGO! a través de la salida Q1) es controlado por un bloque OR.

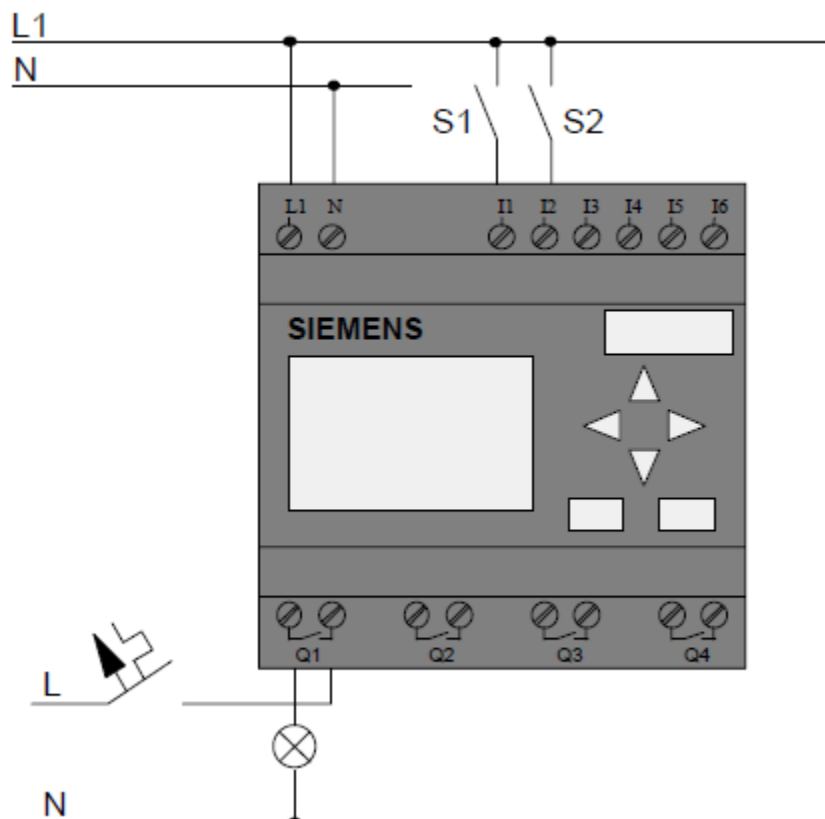
EN EL PROGRAMA

La entrada del bloque **OR** va seguida de **I1** e **I2**, estando conectados S1 a I1 y S2 a I2. En LOGO! el programa tiene entonces el aspecto siguiente:



CABLEADO

Figura 12. Conexión entrada y salida



Fuente: Manual Logo 2016

El interruptor S1 actúa sobre la entrada I1 y el interruptor S2 sobre la entrada I2. El consumidor está conectado al relé Q1.

3.3 IDENTIFICACIÓN E INSTALACIÓN DEL LOGO

El logo que se adquirió es marca siemens 230RC V6.
A continuación se redacta algunos datos técnicos del dispositivo

Figura 13. Datos técnicos logo V6

	6ED1 052-1CC00-0BA6	6ED1 052-1MD00-0BA6	6ED1 052-1HB00-0BA6	6ED1 052-1FB00-0BA6
Tensiones de alimentación				
Valor nominal				
• 12 V DC		sí		
• 24 V DC	sí	sí	sí	
• 115 V DC				sí
• 230 V DC				sí
• Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V	10,8 V	20,4 V	100 V
• Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V	28,8 V	28,8 V	253 V
• 24 V AC			sí	
• 115 V AC				sí
• 230 V AC				sí
• Rango admisible, límite inferior (AC)			20,4 V	85 V
• Rango admisible, límite superior (AC)			26,4 V	265 V
Hora				
Programadores horario.				
• Reserva de marcha		80 h	80 h	80 h
Módulos de E digitales				
Nº de entradas digitales	8; de ellas, 4 usables como E analógicas (0...10 V)	8; de ellas, 4 usables como E analógicas (0...10 V)	8	8
Módulos de S digitales				
Nº de salidas digitales	4; Transistor	4; Relé	4; Relé	4; Relé
Protección contra cortocircuitos en salida	Sí, eléctrica (1 A)	No; requiere protección externa	No; requiere protección externa	No; requiere protección externa
Salidas de relé				
Poder de corte de los contactos				
• con carga inductiva, máx.		3 A	3 A	3 A
• con carga resistiva, máx.	0,3 A	10 A	10 A	10 A

Fuente: Manual Logo 2016

Para la instalación del logo y facilitar la conexión se implementó una baliza con bornera adecuando el logo a las instalaciones del laboratorio conectando cada una de las entradas y salidas a través de “festos” (cables que usualmente se usan en accionamientos).

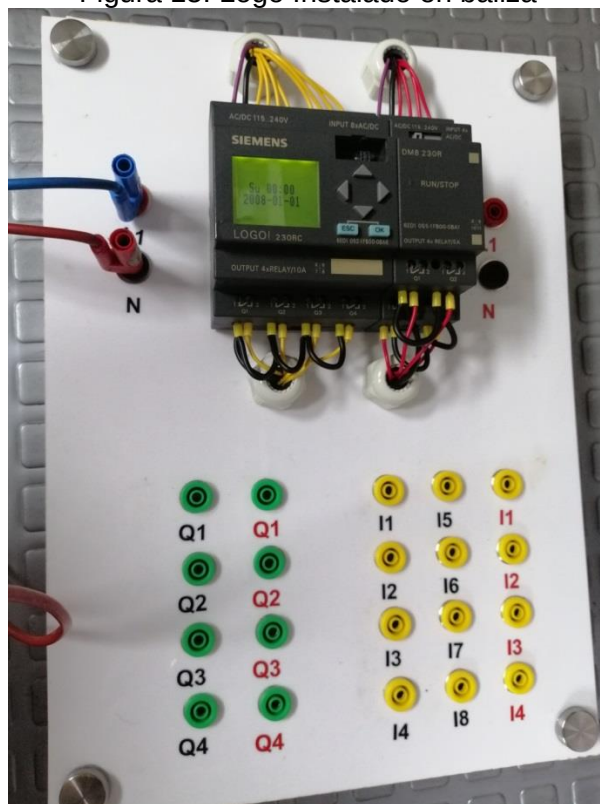
En la siguiente imagen se muestra el logo instalado en una baliza y el cable que se requiere para transferir los programas diseñados.

Figura 14. Cable transferencia



Fuente: Autor

Figura 15. Logo Instalado en baliza



Fuente: Autor

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

3.4. Diseño y montaje de programación

Se diseñan los diferentes programas en Logosoft comfort para un arrancador directo, inversor de giro, arrancador estrella triangulo, arranque secuencial de tres motores trifásicos e implementación del logo para un semáforo por medio de los diferentes diagramas eléctricos en CADE SIMU con el montaje del módulo de la pantalla, programación LOGOSOFT y controlador lógico LOGO 6.

Tabla 1. Actividades y recursos

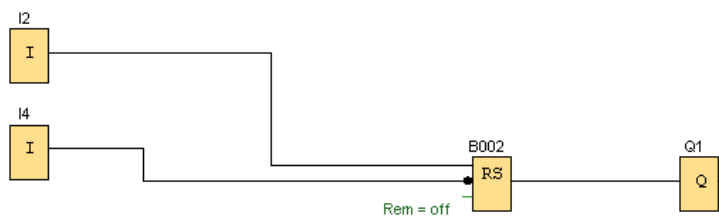
ACTIVIDADES	RECURSOS
- Se lleva a cabo la interconexión entre el módulo del banco del controlador y cualquier módulo de accionamientos eléctricos que posea contactores y demás. - Transferencia y modo RUN del programa, primer ejercicio de arrancador directo en FUP del PC- LOGO mediante el software LOGO!Soft Comfort V8.2	- Laboratorio de accionamientos eléctricos (Unidades Tecnológicas De Santander) - Conexión a internet (WiFi) - Computador - LOGO!Soft Comfort V8.2 - CADE SIMU - Módulo del controlador LOGO 6 - Módulo del laboratorio accionamientos eléctricos - Cable comunicación PC-LOGO

Fuente: Autor

PRÁCTICA N° 1

En la industria comúnmente se necesita el control de motores con arrancadores directos, estos equipos se pueden manejar tanto en control manual como automático, por esta necesidad se implementó el arrancador directo comandado por el PLC. Si presiono el pulsador **I1** (Marcha) inmediatamente pone en set a un relé auto enclavador que a su vez me energiza la salida **Q1** (Contactor **KM1**) por otro lado si quiero parar el arrancador hay que presionar el pulsador **I2** (Paro) e inmediatamente me pone el relé en estado reset y me des energiza la salida **Q1** (Contactor **KM1**) lo cual me apaga el motor.

Figura 16. Diagrama FUP en Logosoft comfort arranque directo.



Fuente: Autor

Figura 17. Montaje arranque directo

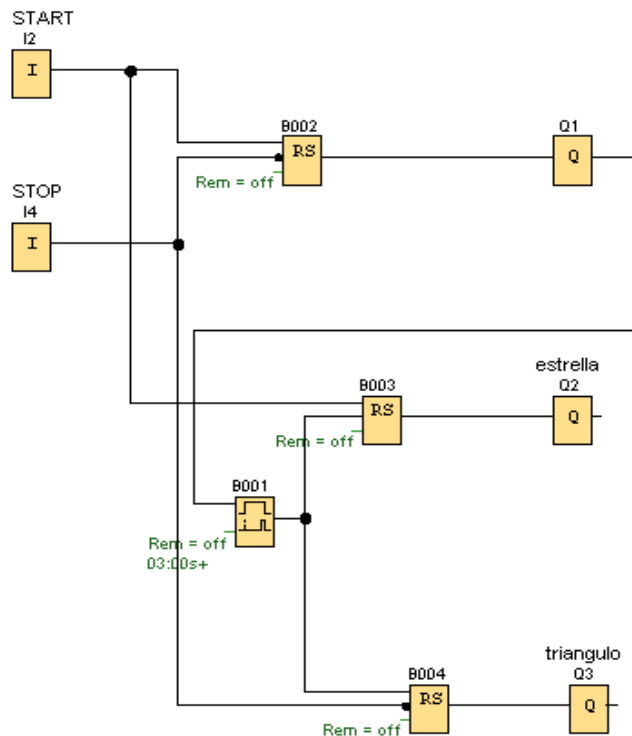


Fuente: Autor

PRÁCTICA Nº 2

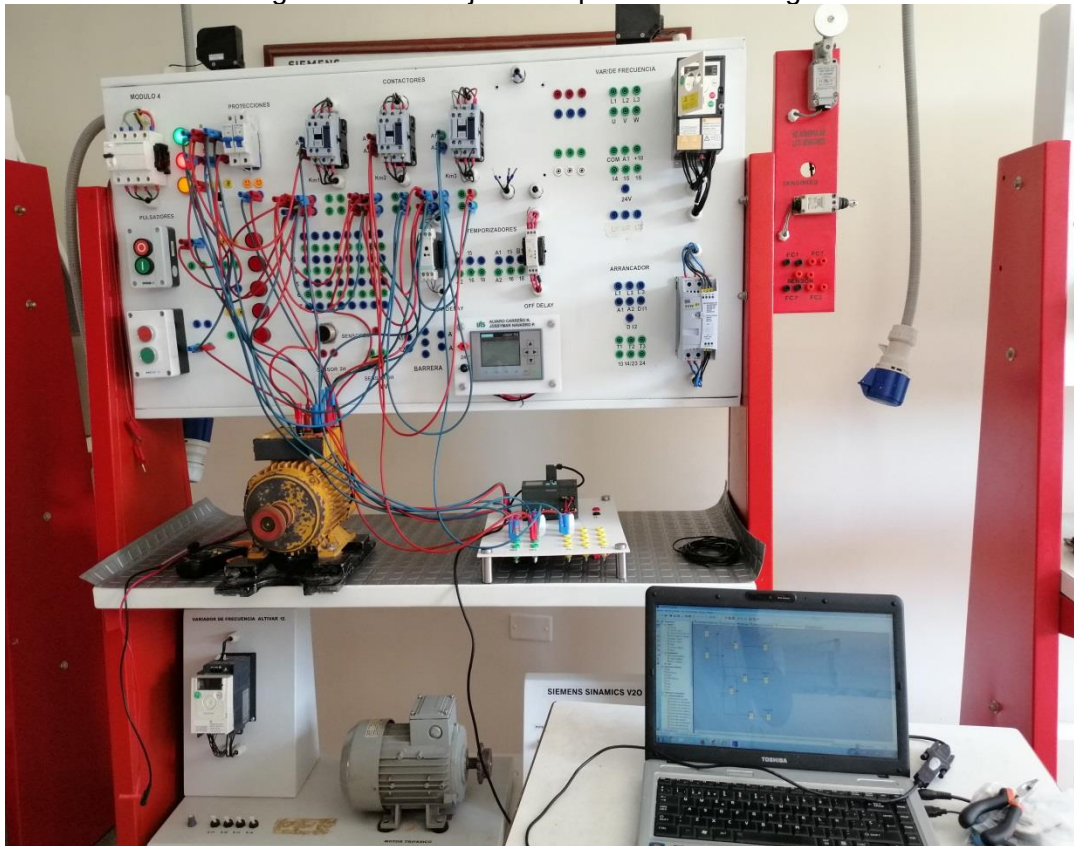
En La industria es común encontrar motores con arranque estrella triángulo, se implementará el PLC en esta práctica como herramienta convencional en un proceso industrial. Después de tener el sistema listo para actuar el primer paso es pulsar el pulsador normalmente abierto **I2**(pulsador de arranque) e inmediatamente se me pone en estado set dos relés auto enclavadores el **B002** y el **B003** que energizan a su vez las salidas **Q1**(K línea) y **Q2**(K estrella) formando la estrella y dando inicio al arranque en estrella, cuando se energizo a **Q1** este energizo a **B001** que es un temporizador con retardo a la conexión, después de 3 segundos este energiza a otro relé auto enclavador y este a su vez energiza a **Q3**(K triángulo) y des-energiza a **Q2**. Hay que tener en cuenta que **Q3** y **Q2** cambian en forma instantánea dejando a la delta en servicio, para apagar la maquina se debe pulsar el pulsador normalmente cerrado **I4**.

Figura 18. Diagrama FUP en Logosoft comfort para arranque estrella triángulo.



Fuente: Autor

Figura 19: Montaje arranque estrella triángulo



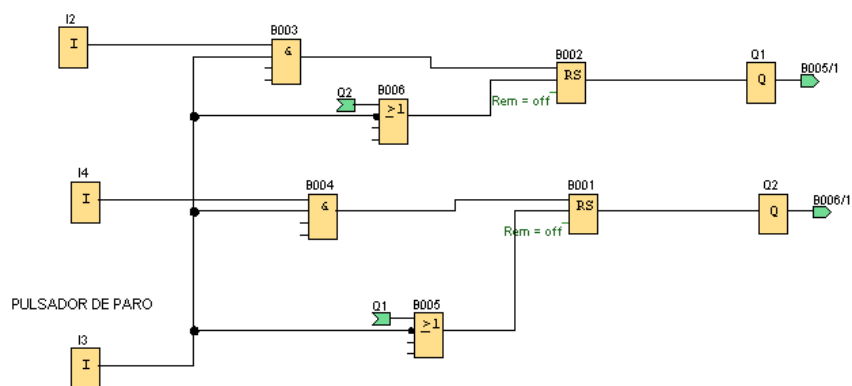
Fuente: Autor

PRÁCTICA N° 3

Una práctica muy común en las maniobras con motores trifásicos es el cambio en el sentido de giro, en este ejercicio se mostrara como hacer la maniobra eléctrica usando el PLC. Hay dos premisas importantes, una es que se debe hacer un enclavamiento eléctrico en los contactores para evitar que las líneas hagan corto ellas, la segunda es que se debe apagar el motor antes de querer cambiar el giro evitando que el eje sufra una torsión. Para arrancar el motor se debe pulsar uno de los dos pulsadores normalmente abiertos sea **I2** o **I4**, si pulsamos **I2** la compuerta AND(**B003**) se abrirá y energiza a un relé auto enclavador **B002** que energizara la salida **Q1** arrancando el motor en un sentido, la salida **Q1** está conectada con la compuerta OR (**B005**), la compuerta **OR** da una salida si recibe al menos una señal como en este caso y esta va a la entrada **R** del relé auto enclavador (**B001**) por

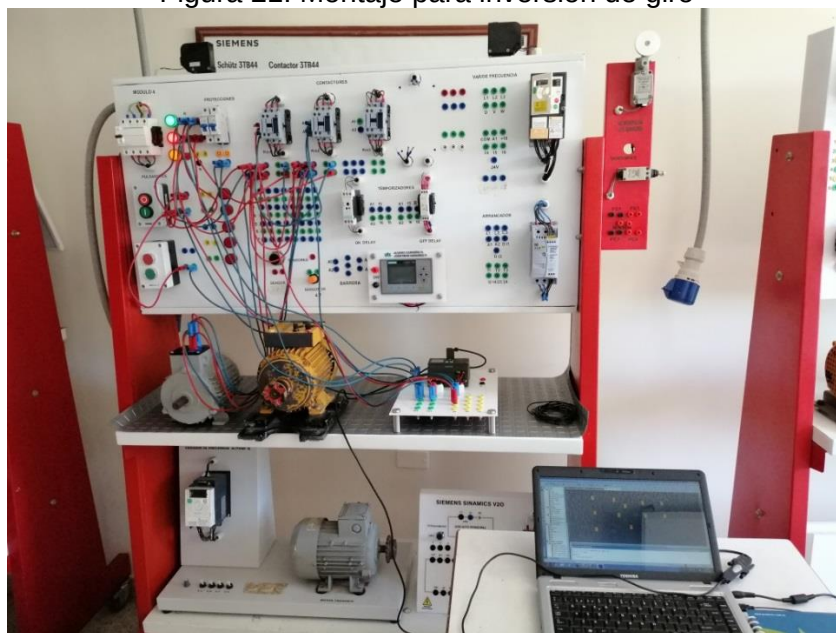
lo cual deshabilita la salida **Q2** lo que en lógica cableada sería el enclavamiento eléctrico, se debe resaltar que si pulsamos a **I4** mientras **Q1** está habilitada esta no se activará debido que para el caso del relé auto enclavador **B001** la salida **Q2** se desactiva si R y S están activadas a la vez (la desactivación tiene prioridad sobre la activación). Para apagar el motor se pulsa el pulsador normalmente cerrado **I5**. En otras palabras, debo presionar **I5** antes de cambiar el sentido de giro.

Figura 20. Diagrama FUP en LOGO!Soft confort para para inversión de giro.



Fuente: Autor

Figura 21: Montaje para inversión de giro

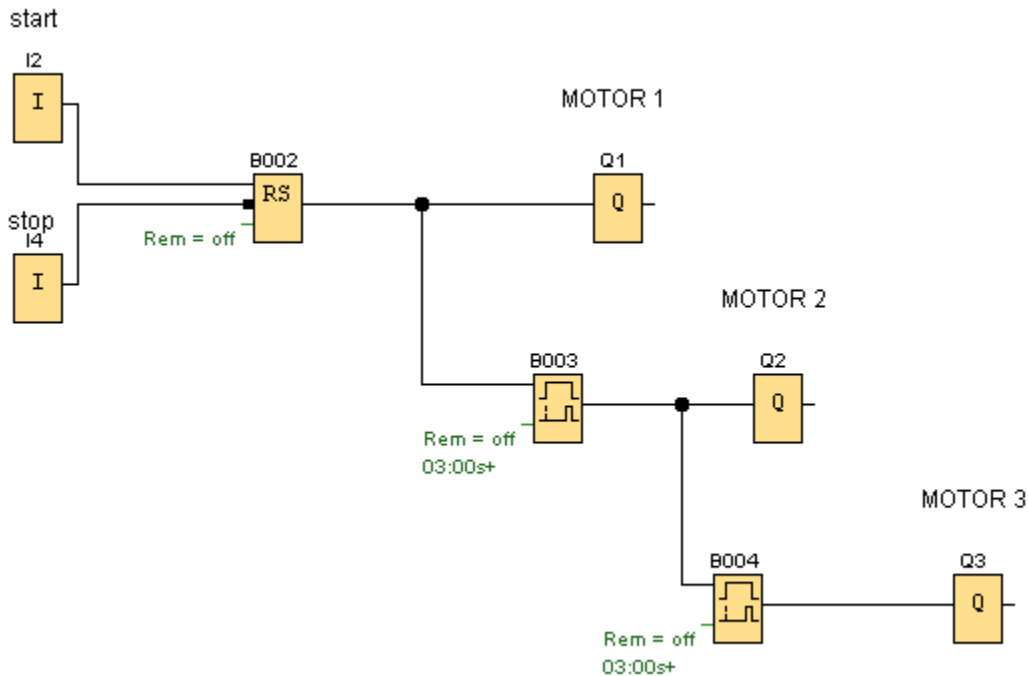


Fuente: Autor

PRÁCTICA N° 4

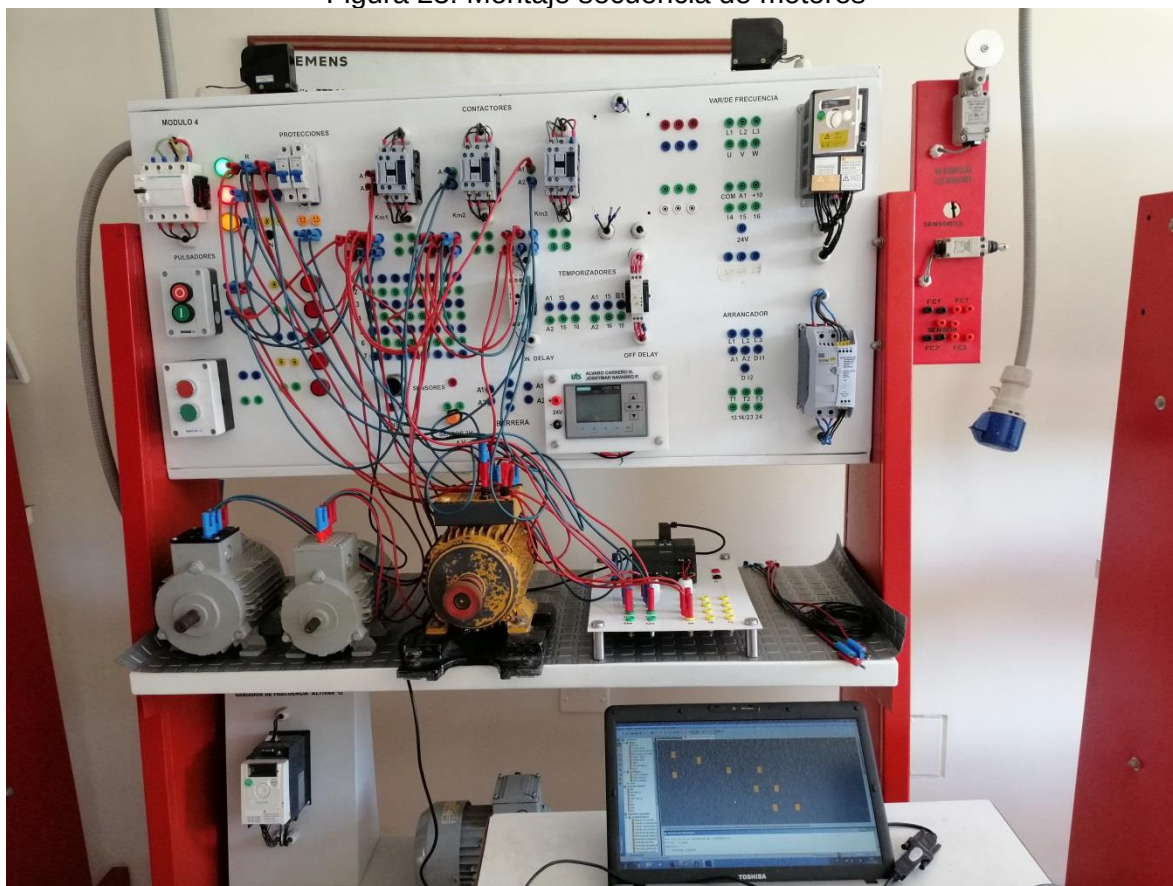
En los procesos industriales es común encontrar motores de alto caballaje los cuales consumen una corriente elevada en el arranque para este ejercicio mostraremos como se pueden poner los motores en secuencia implementando el PLC en el circuito de mando. Para poner los equipos en marcha se pulsa el pulsador normalmente abierto **I2** (start) que pone en estado set a un relé auto enclavador **B002**. El relé auto enclavador energiza a **Q1** y **B003**. **Q1** es la salida que energiza al motor (1) que arranca y **B003** es un temporizador con retardo a la conexión el cual empieza a contar con (T=3seg). Al pasar los tres segundos se cierra el contacto del temporizador y se energiza a **Q2** y **B004**. **Q2** es salida que energiza al motor (2) y **B004** es un temporizador con retardo a la conexión con (T=3seg). Después de pasar los tres segundos se cierra el contacto del temporizador **B004** y se energiza a **Q3** que es la salida que energiza al motor (3). Para apagar los motores se presiona al pulsador normalmente cerrado **I4** (stop).

Figura 22. Diagrama FUP Logosoft comfort para secuencia de motores



Fuente: Autor

Figura 23: Montaje secuencia de motores



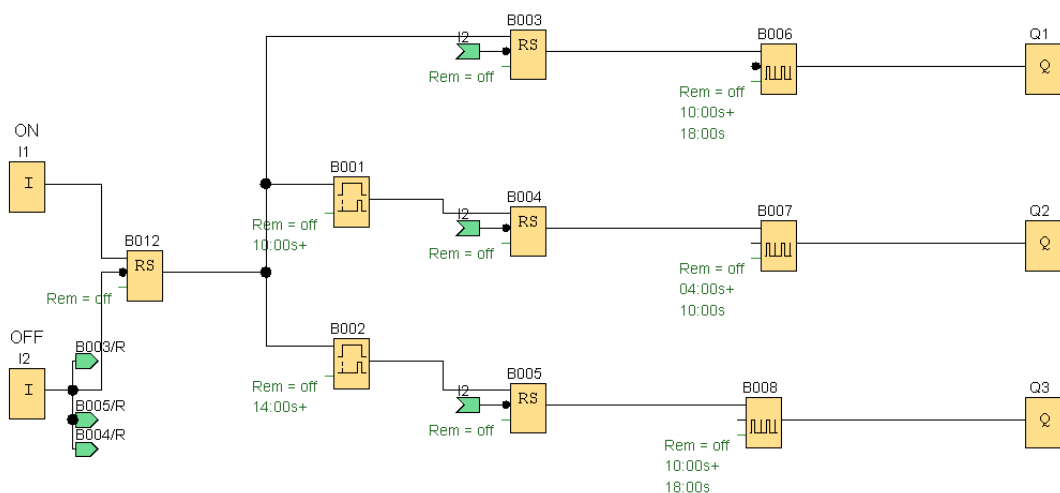
Fuente: Autor

PRÁCTICA Nº 5

Para esta práctica se presentara un ejercicio sencillo pero igualmente importante en programación, la idea es mostrar cómo se podría controlar una operación de cambio luces de un semáforo usando el PLC. Para iniciar el programa se debe pulsar **I2(start)** el cual pone en estado set a un relé auto enclavador **B012** este relé auto enclavador activa a otro relé auto enclavador **B003** y a dos temporizadores **B001** y **B002** con retardo a la conexión, el relé auto enclavador **B003** activa al generador de impulsos asíncrono **B006** donde la forma del impulso de salida puede modificarse mediante una relación impulso pausa es decir; se programa cuanto tiempo va estar activo(impulso) y cuanto desactivado(pausa), para el ejercicio **B006** estará activo por 10

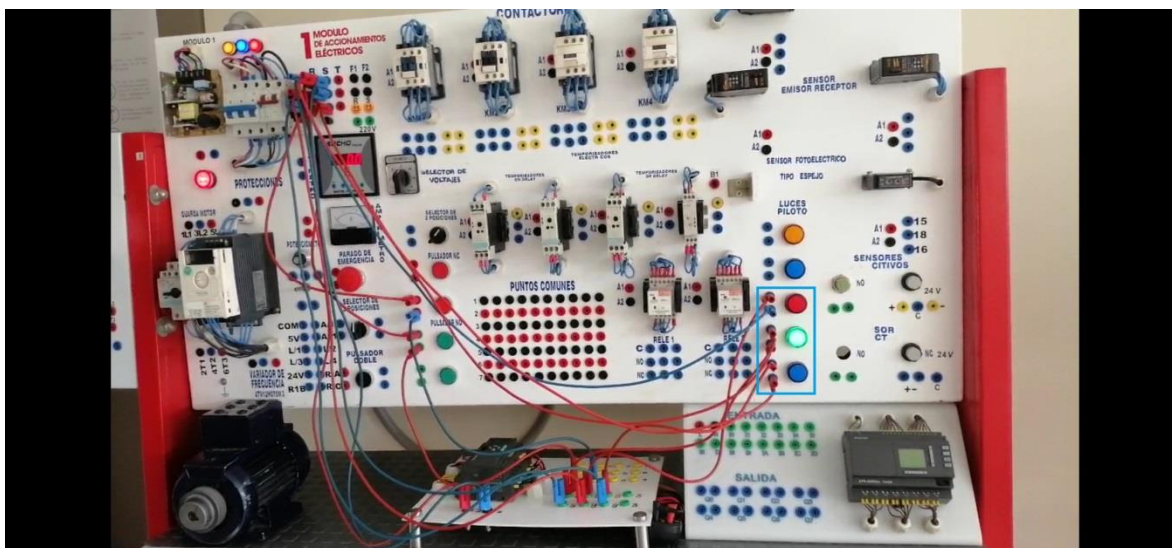
segundos y desactivado por 18 segundos, de modo que la salida **Q1** se activa, simultáneamente el temporizador **B001** y el **B002** comienzan a temporizar para la conexión, al pasar 10 segundos el temporizador **B001** se activa lo cual energiza a **B004** un relé auto enclavador que activa a **B007** generador de impulsos asíncrono la cual estará activa por 4 segundos y desactivada por diez segundos, de esta forma la salida **Q2** se energiza, cuando **B002** termina de contar esta energiza a un relé auto enclavador **B005** el cual a su vez activa a **B008** generador de impulsos asíncrono el cual estará activo por 10 segundos e inactivo por 18 segundos. Con el circuito activo da la impresión que el circuito está ciclando y básicamente eso es lo que hace el generador de impulsos ciclar. Para apagar el circuito (reset) se debe presionar el pulsador **I4** el cual desactiva los relés auto enclavadores **B003 B004 B005**.

Figura 24. Diagrama FUP en Logosoft comfort del semáforo



Fuente: Autor

Figura 25: Montaje semáforo



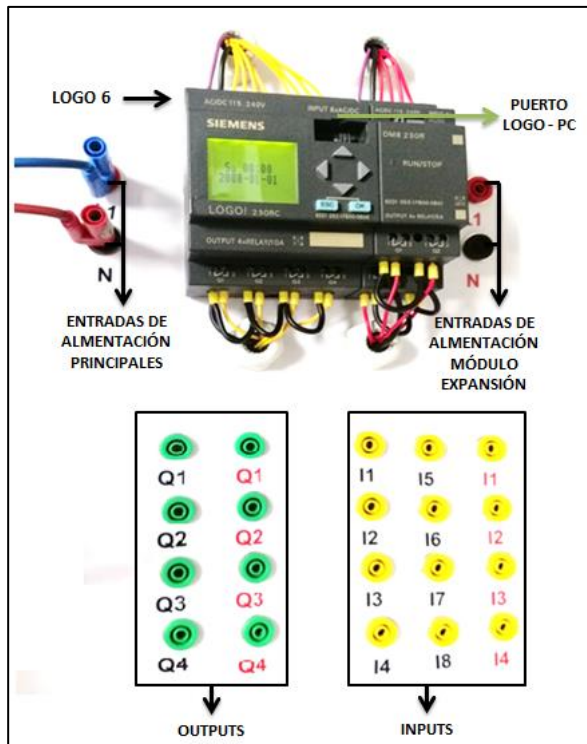
Fuente: Autor

4. RESULTADOS

En este proyecto de implementación del logo 6 y su módulo de expansión se observan los resultados obtenidos del controlador lógico y se muestran las siguientes características: puertos de alimentación, puertos de entrada y salida. Además, se hará entrega de los resultados con su respectivo manual con el fin de que los estudiantes de las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER puedan estudiarlo y manipularlo. Agregado a esto, se mostrará la relación de los resultados del proyecto para la institución en las diferentes prácticas en el laboratorio de accionamientos eléctricos para usar en los diferentes módulos de trabajo del laboratorio.

- 1 Logo 6.
- 2 Alimentación de dispositivos.
- 3 Entradas = Inputs.
- 4 Salidas = Outputs.
- 5 Módulo de expansión.

Figura 26: Logo 6 y sus partes.



Fuente: Autor.

- ✓ Se entregará un manual de prácticas con el cual el estudiante podrá trabajar de una forma práctica bajo la vigilancia del docente del laboratorio o auxiliares con experiencia, además de que se tiene los enunciados de los ejercicios y los diferentes diagramas empleados para poder entenderlos de manera más sencilla.
- ✓ Mediante la implementación de este proyecto que se realizó, se hizo un estudio donde se explicó el lenguaje de programación FUP de diagramas de contactos y los complementos para poder hacer interfaz, además del reconocimiento del equipo en cuanto a maniobra de motores trifásicos y complementos en variación de frecuencia.
- ✓ Esta herramienta se puede utilizar como herramienta para los docentes como recurso para poder realizar las prácticas enfocadas en competencias de control lógico programado, ya sea por medio de los programas que se dejaron con este proyecto o con prácticas nuevas que realicen con los estudiantes de clase.

5. CONCLUSIONES

- ✓ Por medio de este proyecto que se realizó se pudo observar que los estudiantes carecen de equipos de prácticas en lógica programable y que muchos desconocen este tipo de herramientas (PLCs). Hubo varias preguntas con respecto a lo que era un controlador lógico, software de programación, interfaz de software, autómatas y el cómo configurar el programa para obtener una salida deseada.
- ✓ Por medio del software se han hecho las practicas sin ningún inconveniente ya que este cuenta con simulación para realizar las practicas antes de que se transfieran los comandos, así mismo el software permite analizar las respuestas de salidas para no ocasionar daños en los módulos del laboratorio y en un ambiente intuitivo este mismo da un menú de información por si se está haciendo una acción incorrecta.
- ✓ En las prácticas se ha observado que con la ayuda de las herramientas como los terminales de entrada (I1, I2, I3) etc. se puede establecer monitoreo y control de algunos procesos, debido a que si se usaran sensores para activar las entradas se podría desarrollar un circuito autónomo que controlara una serie de actuadores sin requerir una actuación manual tanto para activarlo o desactivarlo (pulsadores de arranque o parada).
- ✓ Para le realización de este proyecto fue indispensable tener la información de las fichas técnicas de los equipos, de esta manera se tiene seguridad de que se están usando los equipos bajo las condiciones de seguridad necesarias en el desarrollo de las practicas del proyecto de grado, se usó hojas técnicas de equipos siemens, Schneider entre otros así como enlaces con los diferentes componentes.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Para dar inicio a los las practicas se debe hacer un estudio sobre el manual del controlador lógico programable. Para el montaje se requiere un diagrama de potencia y una idea clara de cómo controlar un proceso industrial, se debe tener cuidado al cablear el PLC ya sea si el equipo trabaja a ya sea a (110, 220)Vac.
- ✓ Se debe analizar de forma minuciosa las entradas y salidas, así como el respectivo nivel de voltaje, antes de energizar comprobar el voltaje con un instrumento. Para el caso del PLC conectado a 110Vac las entradas (I1, I2, etc.) deben estar conectadas todas a la misma fase y en el caso de las salidas "Q" la entrada de (Q1, Q2, etc.) también deben estar energizadas con la misma fase.

- ✓ Para el caso de la conexión en 220Vac las entradas (I1, I2, etc.) deben estar a la misma fase, para el caso de las salidas “Q” también deben estar conectadas a la misma fase de (I1, I2 etc.). Si al accionar los pulsadores de entrada (I1, I2, etc.) no se observa que los contactos de salida “Q” se activan, se debe cambiar el orden de las fases de entrada de alimentación del PLC.
- ✓ Movilizar el módulo de controlador lógico programable y terminal de dialogo de manera segura para evitar caída o daños en el equipo.
- ✓ Se debe realizar conexiones organizadas, así se tendrá mayor control de los esquemas de circuitos. Este sencillo criterio puesto en práctica puede evitar confusiones con los planos y evitar inconvenientes al momento de energizar los equipos.
- ✓ Asegurar los bornes de las conexiones entre los módulos y los equipos y también estar pendiente de los motores puesto que en el arranque puede que se desconecten o se caigan de donde están soportados.
- ✓ El PLC puede trabajar con dos niveles de tensión sea a 110Vac o 220Vac, dependiendo de esto se debe tener cuidado al momento de energizar para evitar daños en el controlador.
- ✓ La alimentación de entrada del PLC debe de salir de un disyuntor independiente que solo este usado para dar energía a este solo equipo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, M., & TEJUELO, P. (SEPTIEMBRE de 2015). *AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO INDUSTRIAL MEDIANTE AUTÓMATAS*. Recuperado el 18 de FEBRERO de 2018, de GRADO DE INGENIERIA ELÉCTRICA: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58883/PACHECO-automatizacion.pdf?sequence=5>

Meneses Menezo, A. (ABRIL de 2015). *AUTOMATIZACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DEL IFCA*. Recuperado el 18 de FEBRERO de 2018, de Proyecto Fin de Grado : <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6368/374765.pdf;sequence=1>

MONTESDEOCA ESCOBAR, J. E., & VILLAVÍS MOYA, C. I. (2010). *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”*. Recuperado el 18 de FEBRERO de 2018, de PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERIA: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/242/6/T-ESPE-027434.pdf>

Mora, E., & Muyulema, A. (2011). *Diseño y construcción de un banco de laboratorio para realizar prácticas de control automático y control industrial usando software logo y labview. (Tesis de grado)*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador: <http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/1887>

Orellana, A., & Hermenegildo, B. (2015). *Diseño e implementación de maletas didácticas con mini plc logo y zelio para aplicaciones de arranque e inversión de giro de motores. (Tesis de grado)*. Obtenido de Universidad politécnica salesiana, Ecuador: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10415/1/UPS-GT001472.pdf>

OHSAS Project Group. Julio de 2007. OHSAS 18001:2007 serie de evaluación en seguridad y salud ocupacional. Recuperado de <https://manipulaciondealimentos.files.wordpress.com/2010/11/ohsas-18001-2007.pdf>.

8. ANEXOS

Tabla 1: Tabla de comparación lógica cableada vs lógica programada.

Práctica.	Tiempo en minutos de ejecución lógica cableada.	Tiempo en minutos ejecución lógica programada.	Promedio de tiempos.	Diferencia de tiempos.	Desviación de medida lógica programada.
Arrancador directo motor trifásico.	15	5	10	10	5
Arrancador directo estrella triangulo.	25	15	20	10	5
Inversor de giro motor trifásico.	28	17	22.5	11	5.5
Arrancador motores en secuencia.	40	15	27.5	25	12.5
Semáforo cíclico.	35	20	27.5	15	7.5

Fuente autor.