

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO MEDIANTE
PLC Y VARIADOR, PARA MANTENER LA PRESION DE AGUA
CONSTANTE EN TODOS LOS PUNTOS DE SALIDA DE UN EDIFICIO
MULTIFAMILIAR UBICADO EN LA CALLE ENRIQUE CAMOS 340,
DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

YUCRA BALDEON, ALEX JORGE

ASESOR

PAZ PURISACA, ROLANDO

Villa El Salvador

2018

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por formar parte de mi fe y es en él quien confío cada día de mi vida y permite haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres por ser las personas que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual a permito que hoy en esta etapa de mi vida este logrando una de mis grandes metas.

A mis abuelos por brindarme su apoyo y su aliento a seguir adelante, aunque no estén cerca esos pequeños momentos en la que podemos vernos hacen sentirme orgullosos de las cosas que estoy alcanzando.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, por haberme brindado conocimientos para realizarme como profesional competente.

A la empresa Hidro Centros Técnicos SAC. por formar parte de su familia, y permitirme aprender esta parte de la ingeniería, gracias a ellos estoy desarrollando este proyecto de investigación.

A los compañeros a la vez grandes amigos de la universidad, Edwin, Brajham y Ericson por demostrarme la amistad y apoyo incondicional en mi etapa universitaria.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	ix
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:.....	1
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.3.1 Delimitación Teórica.....	1
1.3.2 Delimitación Espacial.....	2
1.3.3 Delimitación Temporal	2
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4.1 Problema General	2
1.4.2 Problemas Específicos.....	2
1.5 OBJETIVOS	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivo Específicos	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ANTECEDENTES.....	4
2.2 BASES TEÓRICAS	5
2.2.1 Estaciones de Bombeo	5
2.2.2 Bombas Centrifugas Horizontales.....	5
2.2.3 Automatismos.....	7
2.2.4 Clasificación de Automatismos.....	7
2.2.5 Autómata programable industrial.....	8
2.2.6 Controladores Lógicos Programables.....	8
2.2.7 Estructura Básica de un PLC.....	9
2.2.8 Hardware del PLC.....	10
2.2.9 Software del PLC	11
2.2.10 Entradas o Salidas	11
2.2.11 Sistemas de actuación Eléctrica	14

2.2.12	Módulo de entradas digitales	14
2.2.13	Módulo de salidas digitales	14
2.2.14	Módulo de entrada y salida analógica	14
2.2.15	Memoria de programa	15
2.2.16	Memoria RAM	15
2.2.17	Memoria ROM	15
2.2.18	Memoria interna.....	15
2.2.19	Memoria de datos	16
2.2.20	Instrumentación.....	16
2.2.21	Detectores de Nivel.....	18
2.2.22	Presostato	19
2.2.23	Diagrama Escaleras Ladder	19
2.2.24	Lista de instrucciones	20
2.2.25	Protocolo Industrial Ethernet	21
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	22
CAPÍTULO III		24
DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO MEDIANTE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE Y VARIADOR, PARA MANTENER LA PRESIÓN DE AGUA CONSTANTE EN TODOS LOS PUNTOS DE SALIDA DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR UBICADO EN LA CALLE ENRIQUE CAMOS 340, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO.....		24
3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO.....	24
3.2	EQUIPOS A USAR EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO	27
3.3	DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO PRESIÓN CONSTANTE AUTOMATIZADO MEDIANTE PLC LOGO.....	32
3.3.1	Señales de entrada y de Salida.....	33
3.3.2	Desarrollo de la Programación del PLC S7-1200	34
CONCLUSIONES		49
RECOMENDACIONES		50
BIBLIOGRAFÍA		51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Bomba Centrífuga Horizontal.....	6
Figura 2 Instalación típica de electrobombas centrífugas horizontales en una estación de bombeo	6
Figura 3 Estructura de un Sistema Automatizado	7
Figura 4 Controlador Lógico Programable (PLC).....	8
Figura 5 Sistema Controlado por relevadores	9
Figura 6 Arquitectura de un PLC	10
Figura 7 Representación de un Carga Estándar.....	12
Figura 8 Activación de la Carga	13
Figura 9 Contactos NO y NC	13
Figura 10 Sistema con flotador.....	13
Figura 11 Instrumento Ciego.....	17
Figura 12 Instrumento Indicador	17
Figura 13 Instrumento Registrador.....	18
Figura 14 Ejemplo de programa en diagrama de contactos (ladder diagram).....	20
Figura 15 Diagrama de Flujo del Proceso	26
Figura 16 Esquema del Sistema del Bombeo planteado	27
Figura 17 Principales Partes del PLC S7-1200	28
Figura 18 Presostato KP de la Marca Danfoss	30
Figura 19 Arquitectura de Control y Automatización.....	33
Figura 20 Interfaz Software Tia Portal v.13	35
Figura 21 Listado de modelos de dispositivos PLC	36
Figura 22 Configuración de Plc.....	36
Figura 23 Colocación de IP	37
Figura 24 Conexión entre PLC y PC.....	37
Figura 25 Variables del Plc	38
Figura 26 Bloques de Programa	38
Figura 27 Colocación de Temporizador	39
Figura 28 Segmento A.....	40
Figura 29 Segmento B.....	40
Figura 30 Compilación de Programa.....	41
Figura 31 Compilación exitosa.....	41

Figura 32 Simulación PLCSIM	42
Figura 33 Tabla de señales de Entrada y Salida	42
Figura 34 Activacion Bomba B -1.....	43
Figura 35 Bomba B-1 Activada.....	43
Figura 36 Activación de Bomba B-2.....	44
Figura 37 Bomba B-2 Activada.....	44
Figura 38 Simulación de Fallas	45
Figura 39 Simulación de Falla Activada	46
Figura 40 Activación de Relé (Fallo térmico N°1)	46
Figura 41 Relé Térmico N°1 Activo	47
Figura 42 Simulación de Activación de Relé Térmico N°2.....	47
Figura 43 Relé Térmico N° 2 Activado.....	48

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Características Técnicas del PLC S7-1200.....	28
Tabla 2 Características Técnicas del Presostato KP	30
Tabla 3 Características Técnicas del Sensor de presión de agua SS301	31
Tabla 4 Características Eléctricas del Sensor de presión de agua SS301	32
Tabla 5 Tabla de Señales de entrada y de Salida.....	34

INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido al gran crecimiento poblacional, se están llevando a cabo diversos proyectos inmobiliarios para vivienda, “El presidente del Instituto de la Construcción y Desarrollo (ICD) de la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco), Ricardo Arbulú, estimó que el sector construcción e inmobiliario crecerá 4% en el 2017” – Fuente: “La Republica”. Una de las grandes necesidades que conllevan estos proyectos inmobiliarios son brindar calidad de servicios a sus clientes, teniendo como uno de los principales servicios el agua potable, el cual es el recurso indispensable para la vida del ser humano.

Estas empresas inmobiliarias para brindar el servicio de agua potable de manera óptima, tiene que implementar sistemas de distribución adicionales a los de la concesionaria del servicio hídrico, debido a que en dichos proyectos inmobiliarios se tienen problemas de presión de agua a medida que aumenta la altitud de las edificaciones.

Para ello se tienen diversos sistemas de distribución como son: tanques elevados, cisternas con re-bombeo, bombas de presión constante, y entre otros, estos sistemas de distribución de agua están conformados por sistemas mecánicos, eléctricos y de automatización.

La realización del proyecto abordara específicamente a la automatización del sistema denominado presión constante debido a la necesidad de brindar una presión óptima a cada piso del proyecto inmobiliario, este sistema funciona de manera manual por medio de un operario y automática por medio de un controlador lógico programable y variador de frecuencia, teniendo que controlar el arranque de 02 electrobombas en alternancia y 01 electrobomba de emergencia, la potencias de las electrobombas son de 1.5 HP, y su accionamiento dependerá de los niveles de consumo, ya que en todo momento se debe tener una presión óptima para todos los usuarios del edificio.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos.

El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, en el cual se especifica el problema de falta de presión en todos los puntos de salida de agua para un edificio multifamiliar, además se justifica el diseño de automatización para el sistema de presión constante y por último se plantean los objetivos para el desarrollo del proyecto los

cuales son automatizar el sistema de presión constante mediante un controlador lógico programable y variador de frecuencia.

El segundo capítulo comprende el desarrollo del marco teórico, mostrando como antecedentes sistemas de bombeo de agua potable los cuales eran deficientes con respecto a la presión de agua suministrada, además abarca los fundamentos teóricos necesarios para la realización del proyecto, brindándose la conceptualización necesaria con respecto a la automatización por medio de un controlador, tipos e entradas y salidas, lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLC), variadores de frecuencia, y un marco conceptual con palabras clave para la realización del proyecto.

El tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto, comprende la selección de equipos y la programación realizada para el sistema de bombeo, mediante el PLC S7-1200 de la marca SIEMENS, Variador LS, además de presostato KPI38 de la marca Danfoss, sensor de presión y un control de nivel tipo bolla LVM30 de la marca Bonnet, los cuales harán posible que este sistema se automatice, realizando una programación tipo ladder, con la finalidad que la presión de agua en los distintos puntos de salida del edificio multifamiliar sea de 50 psi aproximadamente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la calle Enrique Camos 340, Surco, existe un proyecto inmobiliario el cual consta de un edificio de 5 pisos, el problema es la falta de presión de agua potable en la zona donde se encuentra el edificio, ya que como antecedentes en los proyectos inmobiliarios colindantes se tenía una presión baja a partir del piso 3, por ello para brindar una calidad óptima del servicio de agua potable a los futuros habitantes del edificio, se implementará un sistema de presión constante, para el cual se diseñara la automatización del mismo, mediante un controlador lógico programable y variador de frecuencia, los cuales controlaran a unas electrobombas y estas a su vez con ayuda de un sistema de tanque hidroneumático mantendrán un presión adecuada para cada salida de agua en el edificio.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

Este proyecto se justifica debido a que la empresa concesionaria de agua potable no brinda una presión eficiente de agua para un edificio multifamiliar de 5 pisos, ubicado en calle Enrique Camos 340 en el distrito de Surco, dándole solución a este problema por medio de la automatización de un sistema de presión constante, garantizando que en cada punto de salida de agua potable del edificio se entregara una presión óptima para el confort de los futuros propietarios de dicho inmueble.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Delimitación Teórica

El proyecto solo abarcará el diseño automatización del sistema de rebombeo presión constante conformado por 03 electrobombas y la integración de equipos de medición de presión existentes en campo el cual estarán intercomunicados entre sí mediante un controlador lógico programable, que

permitirá relacionar estos equipos para mantener una presión constante en el sistema hídrico.

No formará parte de este proyecto, cálculos eléctricos de electrobombas y de los equipos de protección eléctrica, tampoco será parte del estudio el cálculo del sistema hidráulico como tuberías, caudales requeridos, ya que estos forman parte de otra área de análisis.

1.3.2 Delimitación Espacial

El presente proyecto se desarrolló en la calle Enrique Camos 340, distrito Santiago de Surco.

1.3.3 Delimitación Temporal

El proyecto se llevó a cabo en el periodo del 15 de noviembre del 2017 al 19 de diciembre del mismo año. Ver anexo N°1 Cronograma y diagrama de Gantt del Proyecto en general.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema General

¿Cómo mantener la presión constante en todos los puntos de salida de un edificio multifamiliar mediante un diseño de sistema de bombeo automatizado a través de un controlador lógico programable y variador, en la calle Enrique Camos 340, Surco?

1.4.2 Problemas Específicos

¿Cuáles serán los componentes que permitirán desarrollar el sistema de bombeo automatizado con el propósito de mantener la presión de agua constante en todos los puntos de salida de un edificio multifamiliar ubicado en la Calle Enrique Camos 340, Surco?

¿Cómo desarrollar la programación de los distintos puntos de salida de agua de un edificio multifamiliar una vez implementado el sistema de

bombeo automatizado en la Calle Enrique Camo 340, Distrito Santiago de Surco?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Mantener la presión constante en todos los puntos de salida de un edificio multifamiliar mediante un sistema de bombeo automatizado a través de un controlador lógico programable y variador, en la Calle Enrique Camos 340, Distrito Santiago de Surco.

1.5.2 Objetivo Específicos

Determinar los componentes que permitirán desarrollar el sistema de bombeo automatizado con el propósito de mantener la presión de agua constante en todos los puntos de salida de un edificio multifamiliar ubicado en la calle Enrique Camos 340, Distrito Santiago de Surco.

Desarrollar la programación en lenguaje FUP, que permita controlar el sistema de bombeo automatizado con el propósito de mantener la presión de agua constante en todos los puntos de salida de un edificio multifamiliar ubicado en la calle Enrique Camos 340, Distrito Santiago de Surco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Gonzales, (2012), realizó la Tesis: “*Sistema de Control de Presión para el suministro de agua en la central de servicio del Centro Médico Nacional la Raza, en el Instituto Politécnico Nacional*”, escuela superior de ingeniería, mecánica y eléctrica de México. La investigación llegó a lo siguiente:

Conclusión:

Teniendo en cuenta las cantidades de energía consumida por el sistema, se concluye que los ahorros de energía, así como la eficiencia del sistema dependerá directamente del punto de operación del sistema de bombeo, el cual está determinado por la curva de carga del sistema y la curva de operación de la bomba. Si el proceso requiere distintas cargas según las necesidades del Centro Médico, las cargas se pueden satisfacer modificando la curva de operación de la bomba mediante la variación de velocidad, teniendo siempre en cuenta que al modificarse la velocidad también se modificara las tres variables del sistema que son: flujo, presión y potencia como lo define las leyes de afinidad.

Comentario:

En referencia a la tesis anterior se observa que, al implementar un sistema automático mediante el controlador lógico programable y variador, el proceso de abastecimiento de agua mejora de forma eficiente. Cuando el hospital que se menciona requiere de distintas cargas se modificará la curva de operación de la bomba mediante la variación de la velocidad, justamente el proceso que se realizará para mantener una presión estable, evitando caídas de presión, a mayor demanda de agua en el edificio multifamiliar.

Vega, (2014), realizó la Tesis: “*Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Variadores de velocidad para obtener presión de agua constante de un Edificio de la Universidad Simón Bolívar*”, realizado en la Escuela Politécnica Nacional, Guayaquil-Ecuador. La investigación llegó a las siguientes

Conclusiones:

El sistema de presión de agua constante, permite el suministro de agua adecuado para cada uno de los pisos del nuevo edificio de la Universidad Andina Simón Bolívar.

Comentario:

En referencia a la tesis citada se puede observar que el sistema al estar automatizado ha cumplido con uno de sus objetivos que era permitir el suministro de agua adecuado para cada uno de los pisos del nuevo edificio de la universidad Andina Simón Bolívar, y es justamente uno de mis objetivos mantener la presión constante en los distintos puntos de un edificio multifamiliar, viendo así que el sistema es viable y confortable para los usuarios o habitantes de dichos inmuebles.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Estaciones de Bombeo

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directamente o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución. (BVSDE, 2005, pág. 3)

2.2.2 Bombas Centrifugas Horizontales

Son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso, etc.

Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas, fuentes superficiales y embalses. Por su facilidad de operación y mantenimiento es apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional.

Se pueden clasificar, de acuerdo a la posición del eje de la bomba con respecto al nivel del agua en la cisterna de bombeo, en bombas de succión positiva y bombas de succión negativa. Si la posición del eje está sobre la superficie del agua, la succión es positiva y en la situación inversa la succión es negativa. (BVSDE, 2005, pág. 12)

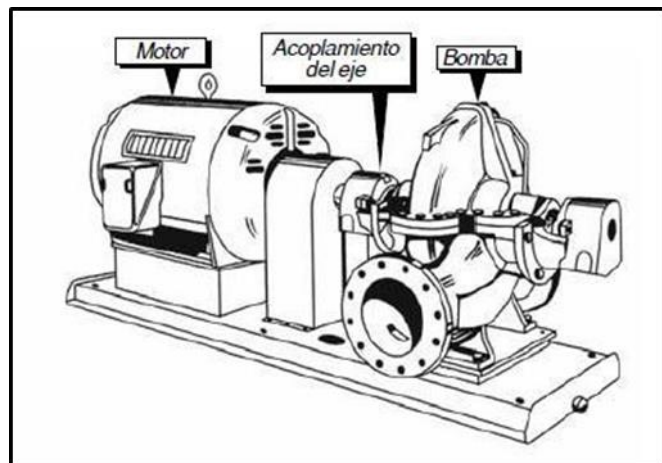


Figura 1 Bomba Centrífuga Horizontal

Fuente: Bombas e instalaciones de bombeo, Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental.

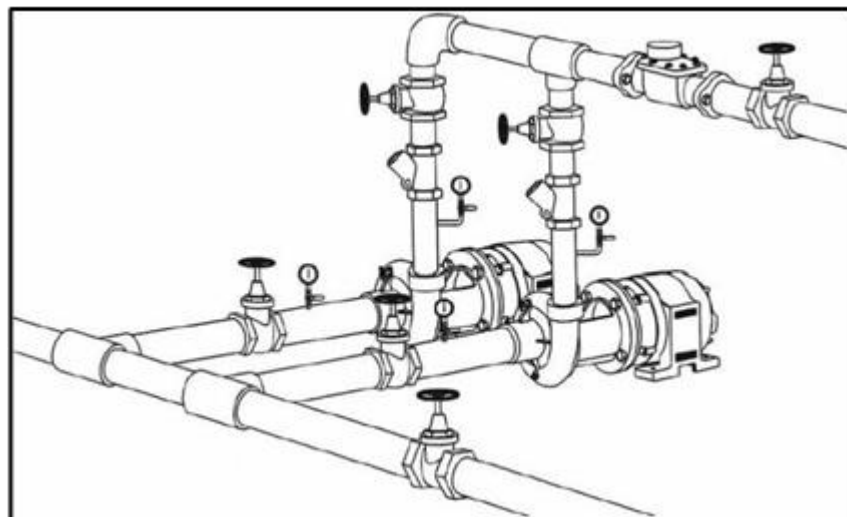


Figura 2 Instalación típica de electrobombas centrífugas horizontales en una estación de bombeo

Fuente: Bombas e instalaciones de bombeo, Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental.

2.2.3 Automatismos

Se define un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 6)

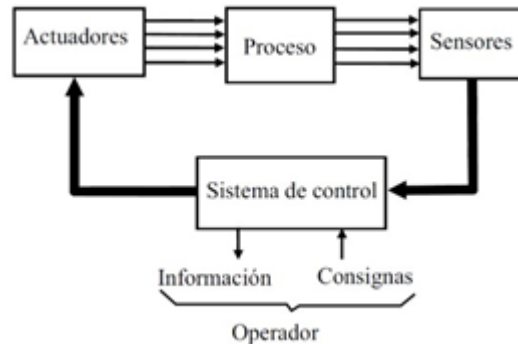


Figura 3 Estructura de un Sistema Automatizado

Fuente: “Automatización Industrial” - R. Sanchis, J. Romero, C. Ariño

2.2.4 Clasificación de Automatismos

a. Automatismos Cableados

Se implementan por medio de uniones físicas entre los elementos que forman el sistema de control (por ejemplo, contactores y relés unidos entre sí por cables eléctricos). La estructura de conexionado entre los distintos elementos da lugar a la función lógica que determina las señales de salida en función de las señales de entrada. Se pueden distinguir tres tecnologías diferentes:

Fluido (neumática o hidráulica).

Eléctrica (relés o contactores).

Electrónica estática (puertas lógicas y biestables).

b. Automatismos Programados

Se implementan por medio de un programa que se ejecuta en un microprocesador. Las instrucciones de este programa determinan la función lógica que relaciona las entradas y las salidas. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 7-8)

2.2.5 Autómata programable industrial.

Hoy por hoy es el que más se utiliza en la industria. Es un equipo electrónico programable en un lenguaje específico, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales. Se utilizan para el control de máquinas y procesos. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág.8)

2.2.6 Controladores Lógicos Programables

El controlador lógico programable o PLC conocido así por sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller), es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos y que se ha diseñado específicamente para programarse con facilidad. Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que la programación tiene que ver principalmente con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. (Bolton, 2006, pág. 423)



Figura 4 Controlador Lógico Programable (PLC)

Fuente: “Mecatrónica” – W. Bolton

Los dispositivos de entrada (como interruptores) y los dispositivos de salida (como motores) que están bajo control se conectan al PLC, después el controlador monitorea las entradas salidas de acuerdo con el programa almacenado por el operador en el PLC con el que controla máquinas o procesos.

En un principio, el propósito de estos controladores fue sustituir la conexión física de relevadores (Ver Figura N°5) de los sistemas de control lógicos y de sincronización. Los PLC tienen la gran ventaja de que permiten modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrear las conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes. También estos controladores son más rápidos que los sistemas a base de relevadores. El resultado es un sistema flexible que se puede usar para controlar sistemas muy diversos en su naturaleza y su complejidad. Tales sistemas se usan ampliamente para la implementación de funciones lógicas de control debido a que son fáciles de usar y programar. (Bolton, 2006, pág. 423)

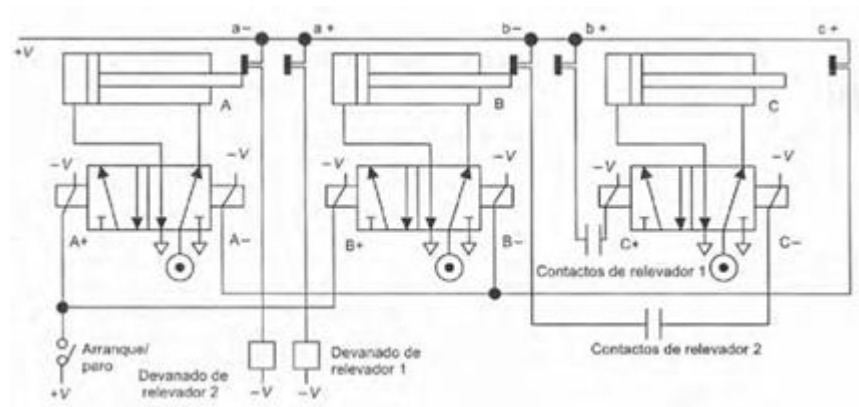


Figura 5 Sistema Controlado por relevadores

Fuente: “Mecatrónica” – W. Bolton

2.2.7 Estructura Básica de un PLC

La Figura N°6 muestra la estructura interna básica de un PLC que, en esencia, consiste en una unidad central de procesamiento (CPU), memoria y circuitos de entrada/salida. La CPU controla y procesa todas las

operaciones dentro del PLC. Cuenta con un temporizador cuya frecuencia típica es entre 1 y 8 MHz. Esta frecuencia determina la velocidad de operación del PLC y es la fuente de temporización y sincronización de todos los elementos del sistema. Un sistema de buses lleva información y datos desde y hacia la CPU, la memoria y las unidades de entrada/salida. Los elementos de la memoria son: una ROM para guardar en forma permanente la información del sistema operativo y datos corregidos; una RAM para el programa del usuario y memoria buffer temporal para los canales de entrada/salida. (Bolton, 2006, pág. 424)

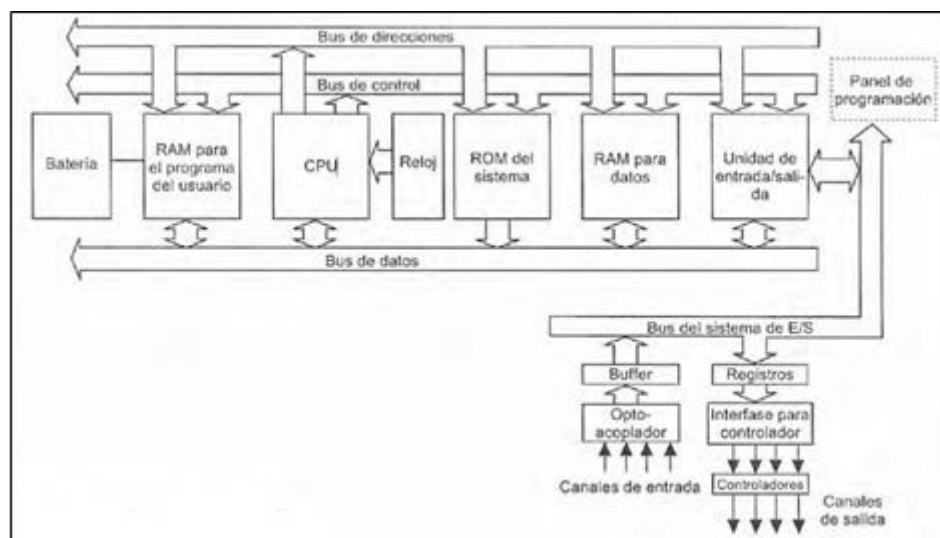


Figura 6 Arquitectura de un PLC

Fuente: “Mecatrónica” – W. Bolton

2.2.8 Hardware del PLC

En el hardware, se utiliza componentes robustos que soportan condiciones de trabajo adversas, como las que se dan en ambientes industriales (polvo, temperatura, vibraciones, etc.), y su constitución física incluye los circuitos de interfaz necesarios para conectarlo de forma directa a los sensores y actuadores del proceso. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 110)

2.2.9 Software del PLC

En el software, se programa en un lenguaje especial diseñado específicamente para generar de forma sencilla el programa que implementa el algoritmo de control de procesos secuenciales (de sistemas de eventos discretos), y el algoritmo de control programado es ejecutado de forma periódica en un ciclo temporal que es lo bastante breve como para poder controlar los procesos en tiempo real. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 110)

2.2.10 Entradas o Salidas

La descripción tecnológica del automatismo es el conjunto de elementos físicos que lo forman. En concreto, estos elementos son los sensores, los actuadores y el sistema de control. Por otra parte, está la descripción funcional, que se refiere a las características de funcionamiento del sistema automatizado.

Los sensores son los elementos que permiten obtener información de lo que sucede en el proceso. Se pueden distinguir dos tipos de sensores, según la información que proporcionan:

Detectores.

Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva). Son los que más se utilizan en los automatismos secuenciales. Los más frecuentes son los detectores de proximidad, que normalmente detectan la presencia de un objeto, aunque también son frecuentes los detectores de nivel, de temperatura o de presión.

Captadores.

Son los sensores que proporcionan una salida continua proporcional a una magnitud física. Esta salida puede ser analógica (en tensión o en corriente), o digital (codificada en binario, o en forma de pulsos).

Los captadores se utilizan en los sistemas de control continuo (como los PID), en los que se controla una variable continua. En automatismos

secuenciales también son frecuentes, utilizándose el valor continuo para obtener un valor binario mediante comparación con un límite determinado (la temperatura es superior o inferior a 70°C, por ejemplo). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 14)

Switch

Son interruptores que se abren o cierran debido al contacto físico del objeto a detectar. Pueden tener un solo contacto, o varios de ellos. Es habitual que tengan un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Estos contactos suelen tener una tensión nominal de 240V, y una corriente de varios amperios. Se pueden conectar entre la alimentación y la carga, o entre la carga y masa.

La carga puede ser la bobina de un contacto o relé, o cualquier elemento que se active al conectar sus bornes a una diferencia de tensión. Un ejemplo típico de carga es la entrada digital de un autómata programable. La Figura N°7 muestra una entrada digital a 24 V de un autómata programable y la bobina de un contactor o electroválvula representando la carga estándar. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 15)

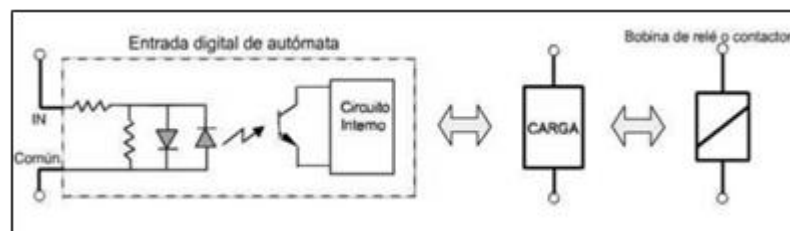


Figura 7 Representación de un Carga Estándar

Fuente: “Automatización Industrial” – R. Sanchis/J. Romero/ C. Ariño

La carga se activará cuando quede sometida a su tensión nominal. La entrada del autómata se activa a 24 V, tanto de tensión continua como de alterna. La bobina puede activarse a 24 V de continua, 24 V de alterna o 220 V de alterna, según el tipo de bobina. El circuito de salida del detector será el que, al activarse, pondrá la carga a tensión tal y como muestra en la figura N°8. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 16)

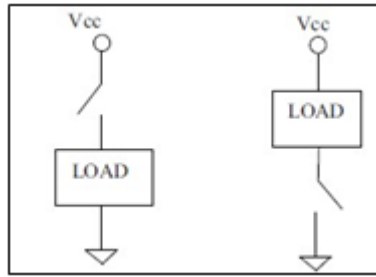


Figura 8 Activación de la Carga

Fuente: “Automatización Industrial” – R. Sanchis/J. Romero/C. Ariño

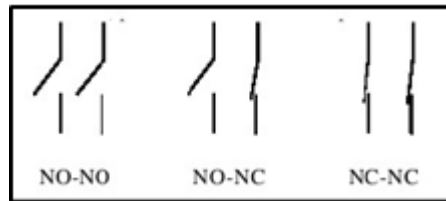


Figura 9 Contactos NO y NC

Fuente: “Automatización Industrial” – R.Sanchis/J. Romero/ C. Ariño

Flotador

Un método directo de monitorear el nivel de líquido en un recipiente es a través del movimiento de un flotador. La figura N°10 ilustra un sencillo sistema con flotador. Cuando el flotador se desplaza, el brazo de una palanca gira y desplaza también una parte móvil del potenciómetro. El resultado es una salida de voltaje relacionada con la altura del líquido. En otras modalidades, la palanca desplaza el núcleo de un LVDT, o estira o comprime un elemento extensómetro. (Bolton, 2006, pág. 42)

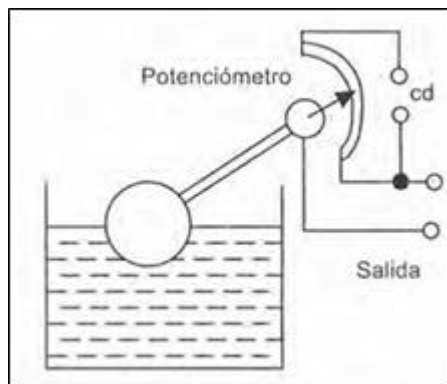


Figura 10 Sistema con flotador

Fuente: Mecatrónica – W. Bolton

2.2.11 Sistemas de actuación Eléctrica

Relé

Es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

2.2.12 Módulo de entradas digitales

Son módulos que permiten leer señales binarias (digitales) obtenidas a partir de detectores (cuya salida es activa o inactiva). Normalmente, van aisladas por medio de opto acopladores. Suelen funcionar con niveles de tensión de 24 V (de continua o de alterna) o niveles de 220 V (de alterna). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 119)

2.2.13 Módulo de salidas digitales

Estos módulos permiten transmitir una señal binaria (activada/desactivada) a un dispositivo externo. Hay tres tipos de salidas digitales que son las más utilizadas: salida a relé (contacto), salida a transistor (que puede ser NPN o PNP) y salida a TRIAC. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 121-122)

2.2.14 Módulo de entrada y salida analógica

Son módulos que permiten medir señales analógicas y dar como salida señales analógicas. De esta forma, permiten controlar procesos que requieran señales continuas.

Las entradas analógicas pueden ser de tensión (normalmente en un rango de -10 a 10 V ó de 0 a 10 V) o de corriente (en un rango de 4 a 20 mA). En realidad, estos módulos tienen un convertidor analógico-digital, que da un número proporcional a la señal. La resolución (número de bits) varía de unos autómatas a otros. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 124)

2.2.15 Memoria de programa

Contiene el programa (instrucciones) que se ejecutan en el procesador. Se puede dividir en dos partes:

Una parte ROM que contiene el programa monitor (para comunicar el autómata con los módulos de programación). Este programa monitor es fijo.

Una parte RAM con batería (puede ser también FLASH EEPROM) en la que se almacena el programa del usuario, que implementa el algoritmo de control del proceso. Evidentemente, este programa se mantiene, aunque se desconecte el autómata. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

2.2.16 Memoria RAM

Es una memoria volátil, es decir, que se borra si se quita la alimentación. Se puede distinguir entre RAM estática (que permanece mientras no se quite la alimentación) y RAM dinámica, que se va borrando, aunque se mantenga la alimentación, por lo que requiere de un sistema que refresque (vuelva a grabar) los valores que almacena cada cierto tiempo. La memoria RAM de los PC es de este tipo. La memoria RAM utilizada en los autómatas programables suele ser estática. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 111)

2.2.17 Memoria ROM

Grabable solo una vez en fabrica (cuando se fabrica el chip). No se puede borrar. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 111)

2.2.18 Memoria interna

Almacena los valores de entradas y salidas, además de otras variables internas del autómata. En ella se almacenan variables de 1 solo bit, es decir, variables que, aunque estén organizadas en bytes (grupos de 8 bits), se puede acceder a cada uno de los bits de forma independiente para leer o escribir. En esta zona de memoria se leen los valores de las entradas (donde están conectados los sensores), y se escriben los valores de las salidas (donde

están conectados los actuadores). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

2.2.19 Memoria de datos

Contiene datos de configuración o parámetros de funcionamiento del autómatas y del proceso, o datos de propósito general. En ella se almacenan variables tipo byte (8 bits) o word (16 bits). (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

2.2.20 Instrumentación

Los instrumentos de medición y de control son relativamente complejos y su función puede comprenderse bien si están incluidos dentro de una clasificación adecuada. Como es lógico, pueden existir varias formas para clasificar los instrumentos, cada una de ellas con sus propias ventajas y limitaciones. Se considerarán dos clasificaciones básicas: la primera relacionada con la función del instrumento y la segunda con la variable del proceso. De acuerdo con la función del instrumento, obtenemos las formas siguientes:

a) Instrumentos Ciegos

Son aquellos que no tienen indicación visible de la variable. Hay que hacer notar que son ciegos los instrumentos de alarma, tales como presostatos y termostatos (interruptores de presión y temperatura respectivamente) que poseen una escala exterior con un índice de selección de la variable, ya que sólo ajustan el punto de disparo del interruptor o conmutador al cruzar la variable el valor seleccionado. Son también instrumentos ciegos, los transmisores de caudal, presión, nivel y temperatura sin indicación. (Creus, 1999, pág. 12)

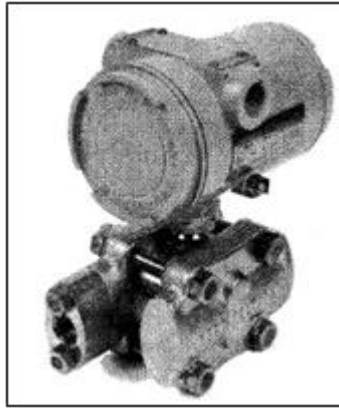


Figura 11 Instrumento Ciego

Fuente: Instrumentación Industrial – A. Creus Solé

b) Instrumentos Indicadores

Disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos. Existen también indicadores digitales que muestran la variable en forma numérica con dígitos. (Creus, 1999, pág. 12)



Figura 12 Instrumento Indicador

Fuente: Instrumentación Industrial – A. Creus Solé

c) Instrumentos Registradores

Registran con trazo continuo o a puntos la variable, y pueden ser circulares o de gráficos rectangulares o alargado según sea la norma del gráfico. (Creus, 1999, págs. 12-13)

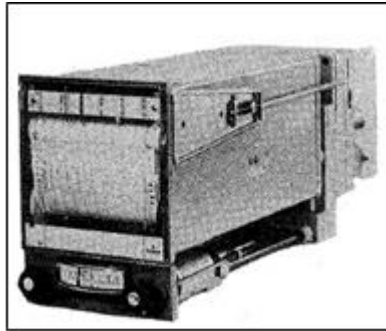


Figura 13 Instrumento Registrador

Fuente: Instrumentación Industrial – A. Creus Solé

2.2.21 Detectores de Nivel

Activan o desactivan su salida en función de que el nivel del líquido sea superior o inferior a la posición en que están colocados. Hay de varios tipos:

Boya con contacto: Consiste en una boya flotante y un contacto que se abre o cierra en función de que el líquido haga flotar la boya o no.

Conductivo: Sirve para líquidos conductores, como el agua no destilada. En esencia, consta de dos conductores situados a distinta altura. Cuando el líquido cubre los dos, se establece una corriente entre ellos, que conmuta una salida (generalmente un relé).

Capacitivo: Consta de un detector capacitivo como los descritos en la sección anterior, colocado en la pared del depósito. Si el líquido cubre el sensor, este lo detecta.

Ultrasónico: Consiste en utilizar un detector de ultrasonidos como el descrito en la sección anterior. Este se coloca encima del depósito, midiendo la distancia a la superficie. Normalmente, se suele utilizar uno con salida analógica, con lo que se obtiene el nivel continuo. (Sanchis & Romero & Ariño 2010, págs. 46-47)

2.2.22 Presostato

Sirven para conocer si la presión de una instalación de gas o líquido es mayor o menor que una determinada presión. Los hay mecánicos, de forma que cuando la presión supera el valor umbral, la fuerza ejercida por el líquido o gas vence un resorte y acciona un contacto. Los hay también electrónicos, que incorporan un captador continuo de presión y que activan o no la salida en función de que la medida del sensor sea mayor o menor que un valor de referencia. Estos suelen ser ajustables. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 47)

2.2.23 Diagrama Escaleras Ladder

El lenguaje de programación más utilizado en los autómatas programables es el diagrama de contactos (Ladder Diagram o diagrama de escalera). Está basado en los automatismos cableados por medio de contactores, que fueron los primeros en implementarse. Gráficamente se representan dos líneas verticales largas separadas, de forma que la de la izquierda representa tensión y la de la derecha, masa. Entre esas líneas verticales, se representan las ecuaciones lógicas por medio de contactos. Hay 3 tipos de elementos fundamentales:

Contacto normalmente abierto (NA): Representa un contacto que está abierto si la variable asociada vale 0, y que se cierra si la variable asociada vale 1. Se representa con dos líneas verticales paralelas.

Contacto normalmente cerrado (NC): Representa un contacto que está cerrado si la variable asociada vale 0, y que se abre si la variable asociada vale 1. Se representa con dos líneas verticales paralelas cruzadas por una línea oblicua.

Bobina: Representa el valor de una variable. Cada salida tiene asociada una bobina. Si esta bobina tiene corriente (el diagrama de contactos la activa), la salida está a 1, y si no tiene corriente, la salida está a cero. Además, puede haber bobinas asociadas a variables internas (por ejemplo, las que

representan cada etapa del proceso). Se representa mediante un círculo. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 127-128)

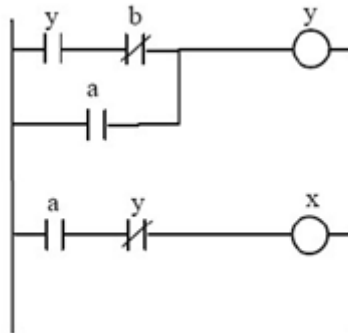


Figura 14 Ejemplo de programa en diagrama de contactos (ladder diagram).

Fuente: “Automatización Industrial” – Roberto Sanchis/J. Romero/ C. Ariño

2.2.24 Lista de instrucciones

Otro lenguaje muy utilizado es la lista de instrucciones. Este es un lenguaje de aspecto similar al ensamblador, aunque no se codifican instrucciones de código máquina del procesador. El programa se expresa en una lista de instrucciones muy básicas.

Cada instrucción contiene un nemónico (el nombre de la instrucción) y uno o varios datos con los que opera. Estos datos pueden ser un bit o una palabra (registro de 8 ó 16 bits). El conjunto de instrucciones disponible y la nomenclatura utilizada depende del fabricante del autómatas.

Hay una serie de instrucciones básicas que permiten implementar las ecuaciones lógicas equivalentes al diagrama de relés. Estas instrucciones básicas son:

LD: abre una red de contactos con el contacto abierto. La condición de ejecución tiene en ese momento el valor del bit.

LD NOT: abre una red de contactos con el contacto cerrado. La condición de ejecución tiene en ese momento el valor del bit negado.

AND: hace el Y lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando. El resultado es la condición de ejecución.

AND NOT: hace el Y lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando negado. El resultado es la condición de ejecución).

OR: hace el O lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando. El resultado es la condición de ejecución.

OR NOT: hace el O lógico entre la condición de ejecución actual en la red y el operando negado. El resultado es la condición de ejecución. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 130)

2.2.25 Protocolo Industrial Ethernet

Industrial Ethernet para soluciones eficientes de automatización con Industrial Ethernet, el ámbito industrial, dispone de una potente red de área y célula según el estándar IEEE 802.3 (Ethernet) y 802.11 (Wireless LAN). Actualmente Ethernet es, con una proporción de más del 80%, el número uno en todo el mundo entre las redes LAN. Este sistema permite crear, con Industrial Ethernet, potentes redes de comunicación de gran extensión.

La tecnología Ethernet, con gran éxito desde hace muchos años, en combinación con switching, full dúplex y outosensing, ofrece al usuario la posibilidad de adaptar el rendimiento necesario en su red de forma precisa a sus exigencias. La velocidad de transmisión de datos se puede elegir según las necesidades, porque la compatibilidad sin lagunas permite la introducción escalonada de la nueva tecnología. Ethernet posee características importantes que pueden aportar ventajas esenciales:

Puesta en marcha rápida gracias a un sistema de conexionado extremadamente simple.

Alta disponibilidad; las instalaciones existentes se pueden ampliar sin efectos negativos.

Rendimiento de comunicación prácticamente ilimitado; si se necesita, se puede escalar el rendimiento aplicando tecnología de conmutación y elevadas velocidades de transferencia de datos.

Interconexión de las áreas más diversas, como oficina y fabricación.
(Guerrero & Yuste & Martinez, 2010, pág. 255)

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Automatismo: Sistema automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática ante los cambios que se producen en el mismo. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 6)

Contacto normalmente abierto: Representa un contacto que está abierto si la variable asociada vale 0. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 128)

Contacto normalmente cerrado: Representa un contacto que está cerrado si la variable asociada vale 0. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 128)

CPU: El módulo principal es el de CPU, que contiene el procesador, la memoria y algunos controladores de periféricos. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 113)

Detectores: Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva). Son los que más se utilizan en los automatismos secuenciales. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 14)

Detector de Nivel: Activan o desactivan su salida en función de que el nivel del líquido sea superior o inferior a la posición en que están colocados. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 46)

Diagrama Ladder (Diagrama de escalera): Está basado en los automatismos cableados por medio de contactores, gráficamente se representan dos líneas verticales largas separadas. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 127)

Entradas o Salidas: En concreto, estos elementos son los sensores, los actuadores y el sistema de control. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 14)

PLC (Controlador Lógico Programable): Es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas. (Bolton, 2006, pág. 423)

Memoria de datos: Contiene datos de configuración o parámetros de funcionamiento del autómeta y del proceso, o datos de propósito general. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

Memoria RAM: Memoria principal de un dispositivo donde se almacena programas y datos informativos. Las siglas RAM significan “Random Access Memory” traducido al español es “Memoria de Acceso Aleatorio”.

Memoria ROM: Grabable solo una vez en fabrica (cuando se fabrica el chip). No se puede borrar. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 111)

Memoria de programa: Contiene el programa (instrucciones) que se ejecutan en el procesador. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 112)

Módulo de entradas digitales: Son módulos que permiten leer señales binarias (digitales) obtenidas a partir de detectores. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 119)

Módulo de salidas digitales: Estos módulos permiten transmitir una señal binaria (activada/desactivada) a un dispositivo externo. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 120)

Transmisores: Son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumentó receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. (Creus, 1999, págs. 13-14)

Presostato: Sirven para conocer si la presión de una instalación de gas o líquido es mayor o menor que una determinada presión. (Sanchis & Romero & Ariño, 2010, pág. 47)

CAPÍTULO III
DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO MEDIANTE
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE Y VARIADOR, PARA
MANTENER LA PRESIÓN DE AGUA CONSTANTE EN TODOS LOS PUNTOS
DE SALIDA DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR UBICADO EN LA CALLE
ENRIQUE CAMOS 340, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO

A continuación, se realizará la descripción del proceso de automatizado para el sistema de bombeo mediante el controlador lógico programable y variador, con el fin de poder mantener una presión contante en los diversos puntos de salida en un edificio multifamiliar. Este proceso tendrá la capacidad de funcionamiento en modo manual y automático, en modo manual controlado por un operario o personal encargado y en automático mediante el PLC y variador.

El proceso de la impulsión de agua será realizado por 03 bombas de 1.5 HP (M1, M2, M3), solo dos de ellas tendrán un funcionamiento continuo a lo largo del día, pero alternándose en periodos de 6 horas, la tercera bomba (M3) solo entrara de emergencia en caso no se llegue a la presión requerida de 50 Psi.

El agua de impulsión será suministrada por medio de una cisterna de 12 m³ ubicado en el sótano N°1 del edificio multifamiliar, esta cisterna contara con una boya de nivel esta enviara dos señales, un contacto cerrado a la lógica cableada y el otro contacto abierto como señal discreta hacia el PLC para indicarnos el nivel bajo de la cisterna, ya que las bombas no pueden funcionar en vacío, esto originaria fallos mecánicos en las bombas, lo cual traería por consecuencia el cambio de las mismas.

La puesta en marcha de los motores se realizará mediante selector MOA (SL1, SL2, SL3) el cual indica los dos modos de operación ya antes mencionados (Manual – Automático) y un punto de desconexión.

El modo manual solo consta de activar las bombas independientemente sin seguir ninguna secuencia, este modo solo será usado en caso de realizar pruebas de rutina o si en un caso extremo el PLC se averíe.

El proceso en automático funcionara de la siguiente manera se activará la bomba N°1 (M1) de 1.5 HP, durante 6 horas manteniendo la presión requerida de 50 Psi, para luego detenerse y entrar en funcionamiento la Bomba N°2 (M2) de 1.5 HP teniendo el mismo comportamiento que la primera bomba, solo en caso de que uno de las bombas falle o no sea suficiente para mantener la presión requerida, entrara en funcionamiento la bomba N°3 (M3). Así mismo es importante indicar que el automatismo contará con un pulsador de parada, capaz de detener el proceso en cualquier instante, en caso ocurra alguna emergencia.

El control del proceso automático será llevado a cabo por medio de un controlador lógico programable LOGO de la Marca Siemens y para el control de velocidad de los motores se estará usando el variador de frecuencia AC150 de la marca ABB, los cuales se accionaran las bombas en relación de la presión del proceso, este parámetro de presión será indicado por medio de un sensor de presión de la marca SENDO SENSOR SS301, el cual enviara una señal analógica hacia el PLC, haciendo con esto posible por medio de la programación establecer un adecuado ciclo de trabajo de las bombas, teniendo como resultado la presión constante requerida en el sistema de 50 Psi.

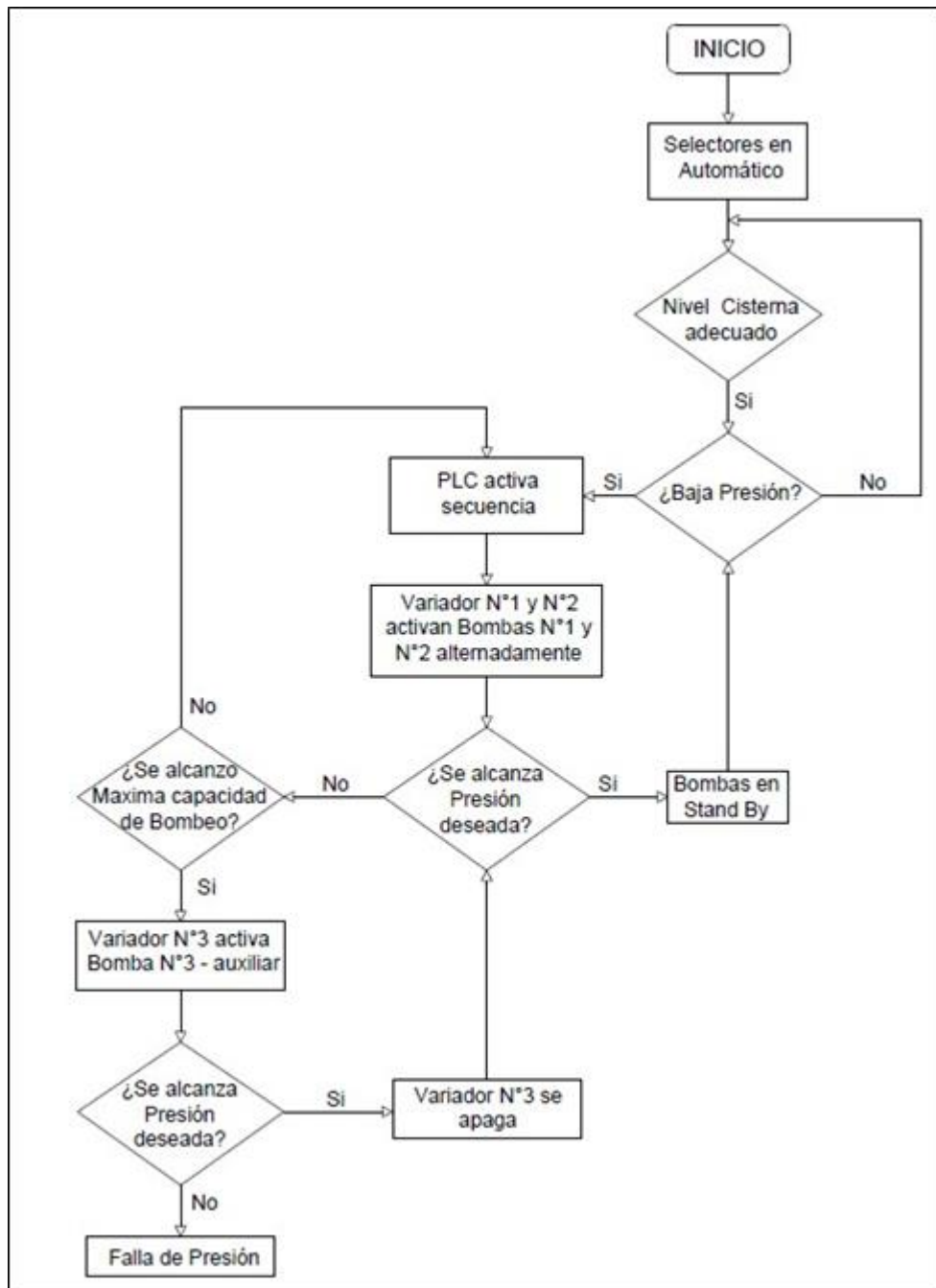


Figura 15 Diagrama de Flujo del Proceso

Fuente: Elaboración Propia

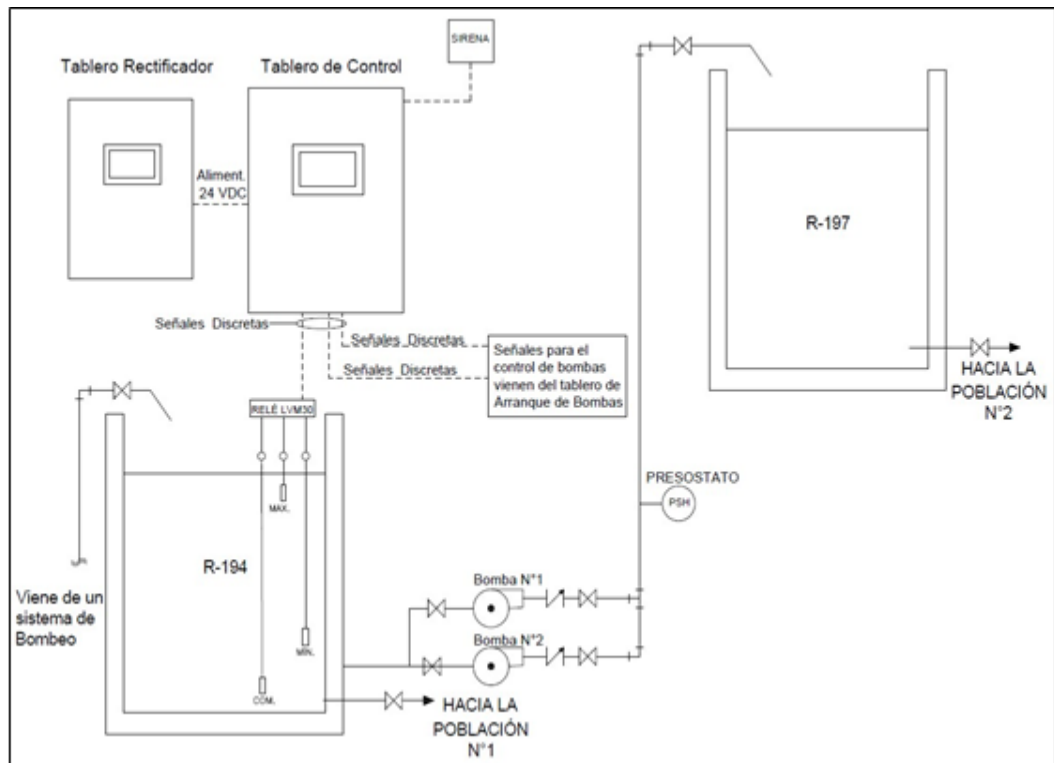


Figura 16 Esquema del Sistema del Bombeo planteado

Fuente: Elaboración propia

3.2 EQUIPOS A USAR EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

PLC S7-1200

Se usará el PLC S7 -1200 de la gama de CPU 1214C, el cual tiene como código de referencia en la lista de productos de Siemens el siguiente: 6ES7214-1HG40-0XB0. El PLC tiene una CPU que 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, todo ello en una carcasa compacta. Las entradas y salidas, está provistos de 14 entradas discretas y de 10 salidas discretas tipo Relé a 2A, además tiene adicional 02 entradas de tipo analógica con regulación de 0 a 10 VDC, y la alimentación tiene un valor nominal de 24 VDC teniendo un rango admisible de alimentación entre 20.4 VDC a 28.8 VDC.

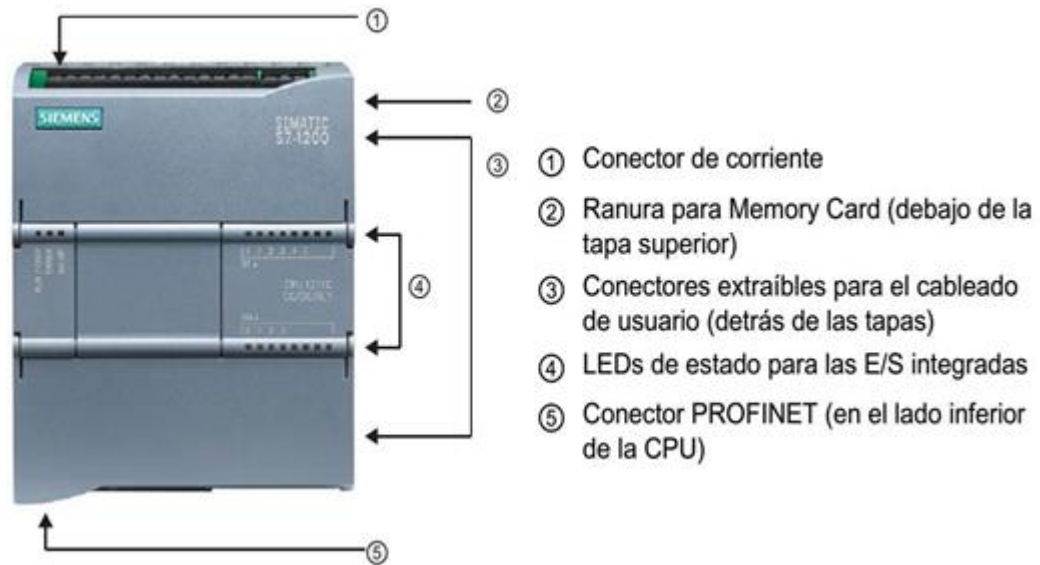


Figura 17 Principales Partes del PLC S7-1200

Fuente: Manuales de Usuario – Siemens

El PLC S7-1200 Como ya se dijo tiene unos pines en los cuales se conectarán tanto las entradas como salidas, además de tener los pines para la alimentación del equipo. En la tabla N°1 se muestra la disposición de los pines:

A continuación, se describen las principales características técnicas del PLC S7-1200 cuyo CPU es el 1214C, en las cuales se podrán ver los rangos de tensión para su alimentación, además del número de entradas y salidas discretas y analógicas con las cuales dispone, ver las características en la Tabla N° 1:

Tabla 1

Características Técnicas del PLC S7-1200

SIMATIC S7-1200 CPU1214C	
Energía	
Consumo de energía	12 W
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de alimentación	DC
Tensión nominal	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	20.4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28.8 V
Entradas digitales	
Número de entradas digitales	14; integrada

Tensión de entrada (Valor nominal)	24 V (DC)
Para señal “0”	5 V (DC) a 1 mA
Para señal “1”	15 V (DC) a 2.5 mA
Salidas digitales	
Número de salidas digitales	10; relés
Protección contra cortocircuito	No; debe ser proporcionado externamente
Capacidad de conmutación de salidas	
Con carga resistiva	Máximo 2 A
Sobre la carga	Máximo 30 W (DC), 200 W (AC)
Entradas análogas	
Número de entradas análogas	2
Salidas Analógicas	
Número de salidas análogas	0
Grado y clase de protección	
IP20	Sí

Fuente: Manuales de Usuario – Siemens

En caso de mayor información, ver el Anexo N°2 en la cual se dan las características más completas extraídas de la misma página del fabricante Siemens.

PRESOSTATO

Los presostatos KP de la Marca Danfoss, se usan para proporcionar protección a sistemas de refrigeración y aire acondicionado y sistemas de bombeo frente a presiones de aspiración o descarga excesivamente bajas o altas, respectivamente. Este presostato KP está provisto de un interruptor SPDT. La posición del interruptor se determina a partir del ajuste del presostato y la presión en el conector marcándonos así un nivel alto o bajo. Los presostatos KP están disponibles con protección IP 30, IP 40.



Figura 18 Presostato KP de la Marca Danfoss

Fuente: Catalogo Técnico de Danfoss

A continuación, se muestran las características técnicas del presostato en la tabla N°2:

Tabla 2

Características Técnicas del Presostato KP

Presostato KPI 38	
Regulación	8 a 28 bar
Diferencial	1.8 a 6 bar
Presión de trabajo admisible	30 bar
Presión de prueba máxima	30 bar
Toma de presión	G ¼ A
Material de Contacto	Plata
Uso	Bombas y Compresores
Tiempo de disparo	Ultra-corto
Entrada de cable	Ø6 - 14 mm
Tipo de corriente	Continua y Alterna

Fuente: Catalogo Técnico de Danfoss

TRANSMISOR DE PRESIÓN PIEZORESISTIVO PARA APLICACIONES DE AIRE Y AGUA

Sensores de presión de la serie SS301 para aplicaciones industriales aprovechan la tecnología piezo-resistivo, y están totalmente medios aislando con acero inoxidable y no hay juntas de elastómero internos. Este diseño a menudo los hace resistentes a las duras, medios agresivos y entornos difíciles. El sensor está soldado con láser en un paquete de acero inoxidable con un pequeño volumen de aceite entre el diafragma y el sensor. La carcasa de presión utiliza el aceite para transmitir la presión desde el diafragma al sensor. Serie SS301 transmisores de presión industriales ofrecen el rango de presión de, de alta precisión de la medición se realiza a través extensa caracterización del sensor.

Características:

1. conformidad CE
2. Acero inoxidable 316L diafragma
3. Sensor de presión piezo-resistivo, llena de aceite
4. Toda la estructura de acero inoxidable, NO junta tórica utilizado
5. señales de salida: 4 - 20 salida de mA y voltaje
6. Más amplia gama de compensación de temperatura -10 a 70°C
7. Construcción SS aislada, capaz de probar varios medios
8. Una amplia gama de conexiones de presión y eléctricas
9. Aceite de silicona AK Fluidos EE.UU., buena bio-compatibilidad, no toxicidad
10. Rangos de presión de calibre ventilado, medidor de sellado y absoluta.

A continuación, se describen los datos técnicos del sensor de presión marca SENDO SENSOR modelo SS301, ver las características en la Tabla N° 3:

Tabla 3

Características Técnicas del Sensor de presión de agua SS301

SENDO SENSOR SS301	
Exactitud (@ 25°C)	±0.5% FS
No linealidad BFSL (conformidad)	≤ ±0.3% FS
Histéresis y repetibilidad	≤ ±0.1% FS

cantidad error banda dentro el compensado la temperatura alcance	Sí $\pm 1.0\%$ FS
Respuesta hora	< 4 Sra
sobrecarga presión	$2 \times$ FS
Durabilidad, P: 10-90% FS	$> 10 \times 10^6$ ciclos
Presión alcance	0~0.2...200bar
Presión escribe	medidor de ventilación, sellado calibre, absoluto
Estabilidad	$\leq 0.2\%$ F.S. / Año
Temperatura coeficiente	$\pm 0.03\%$ F.S. / °C

Fuente: Catalogo Técnico de SENDO SENSOR

A continuación, se muestran las características Eléctricas del sensor de presión marca SENDO SENSOR modelo SS301 en la tabla N° 4.

Tabla 4

Características Eléctricas del Sensor de presión de agua SS301

	4 – 20 mA (actual salida)	0-10V, 0-5V (No Relación métrica)	Ratio métrica (10-90% de Vs.)
Suministro voltaje [UB]	12-30V	12-30V	5 V \pm 10%
Carga [RL] (carga conectado a 0 V)	$RL \leq (UB - 7.3V)/0.02$ LA	---	---
Polaridad protegido	sí	Sin	Sin
Cortocircuito protegido	sí	Sin	Sin

Fuente: Catalogo Técnico de SENDO SENSOR

En caso de mayor información, ver el Anexo N°4 en la cual se dan las características más completas del funcionamiento para los sistemas de agua, los cuales fueron extraídos del catálogo de Relés de Nivel de la Marca Lovato.

3.3 DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO PRESIÓN CONSTANTE AUTOMATIZADO MEDIANTE PLC LOGO.

En la figura N° 19 se muestra la arquitectura de control que se está tomando en cuenta para el desarrollo de la automatización, se puede observar la integración de

los diversos equipos que intervienen en el Sistema de Bombeo de presión constante hacia el PLC LOGO, el cual es el controlador del proceso y es en este equipo en donde se cargará la programación mediante el Software LOGOSOFT V.8, cabe resaltar que las imágenes usadas en la arquitectura de control son referenciales.

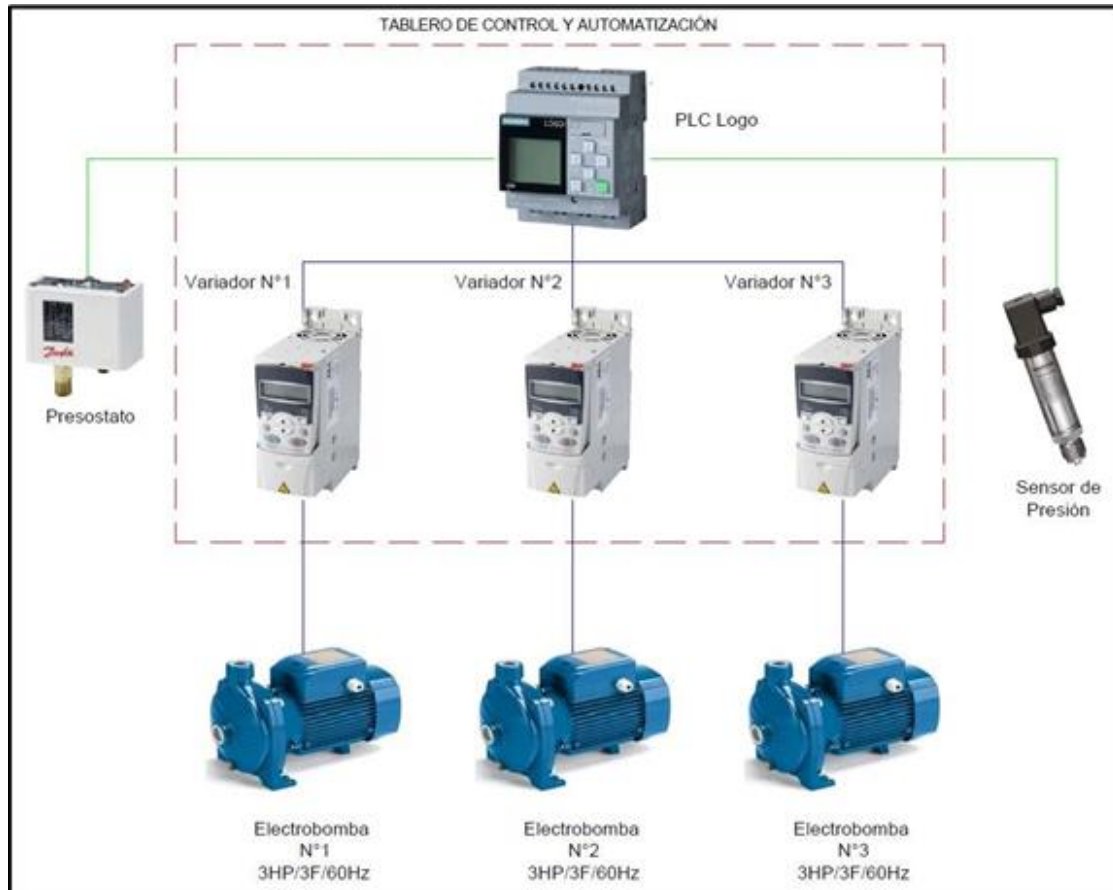


Figura 19 Arquitectura de Control y Automatización

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Señales de entrada y de Salida

Se realiza un listado de todas las señales discretas de entradas y señales de salida discretos de los planos eléctricos (Ver Anexo N°5), para poder así tomar las previsiones de agregar o no un módulo adicional para lo cual se presenta la tabla N° 5 indicando dicha información:

Tabla 5*Tabla de Señales de entrada y de Salida*

Entrada Discreta	Descripción
Selector Automático	El contacto es Abierto en la posición inicial
Fallo Térmico B-N°1	En caso se Active el Relé Térmico de la Bomba N°1
Fallo Térmico B-N°2	En caso se Active el Relé Térmico de la Bomba N°2
Modo Manual	Contacto Abierto, solo indicara el modo manual
Nivel Alto	Contacto Abierto indicara el nivel alto del reservorio
Nivel Bajo	Contacto Abierto indicara el nivel bajo del reservorio
Presostato	Contacto Abierto en caso de sobrepresiones
Apertura de Puerta Tablero	Contacto Abierto activará una sirena en caso se habrá el tablero
Salidas Discretas	
Marcha B-1	Arrancará la BombaN°1
Marcha B-2	Arrancará la BombaN°2
Sirena	Activara una sirena

Fuente: Elaboración Propia

Ya que en número de entradas discretas es 8 no requiere que se amplíe un módulo adicional al plc S7-1200 ya que este cuenta con 14 entradas discretas disponibles teniendo unas 6 entradas para futuras señales. Con respecto a las señales de Salida se tienen disponibles 10 salidas de tipo Relé, y al solo tener 3 salidas en nuestro proceso tendríamos 7 disponibles como reserva.

3.3.2 Desarrollo de la Programación del PLC S7-1200

Para la realización de la programación se hará uso del Software Tia Portal V.13 el cual es de propiedad de la empresa Siemens, siendo este un software muy intuitivo para la realización de los proyectos, además de tener una interfaz visualmente buena.

Empezamos abriendo el software Tia Portal v.13 podemos ver la interfaz en la siguiente imagen:

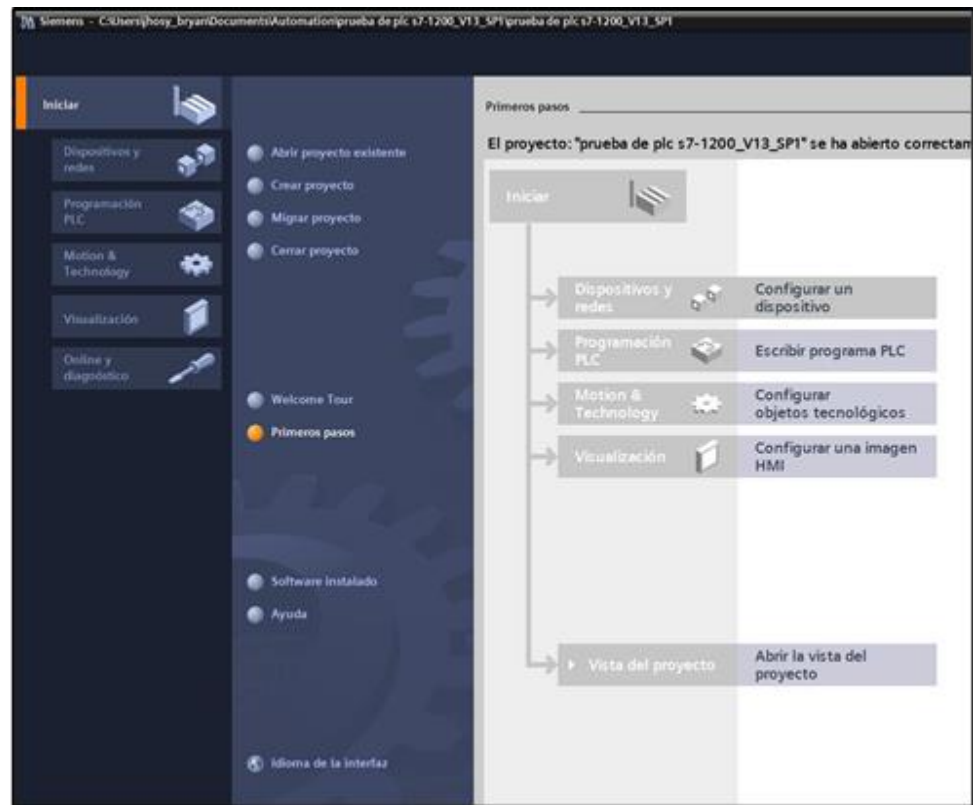


Figura 20 Interfaz Software Tia Portal v.13

Fuente: Software Tia Portal v.13

Seleccionamos configurar un dispositivo y nos saldrá la opción de agregar dispositivos en la cual buscaremos el modelo de nuestro PLC en la pestaña de controladores, nuestro PLC tiene una CPU 1214C DC/DC/RLY, podemos ver este proceso en la siguiente imagen.

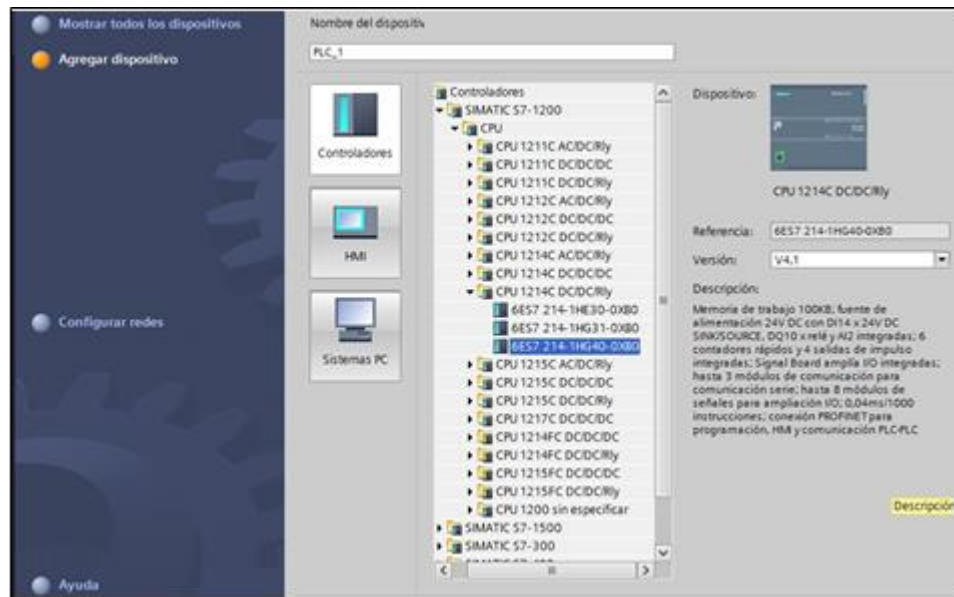


Figura 21 Listado de modelos de dispositivos PLC

Fuente: Elaboración propia

Al encontrar el modelo exacto de nuestro PLC S7-1200 CPU 1214C le damos doble click dándonos la siguiente pantalla donde dispondremos de la opción de configurar nuestro PLC ya cargado.

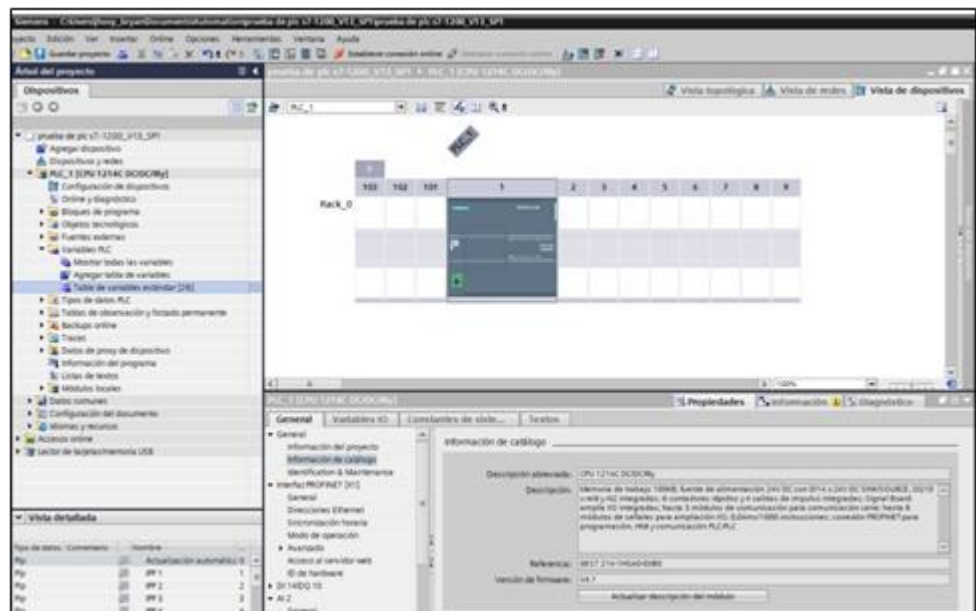


Figura 22 Configuración de Plc

Fuente: Elaboración propia

Luego de ello pasamos a colocarle el IP a nuestro PLC S7-1200 el cual será el siguiente: 192.168.0.1 con una mascar de subred de 255.255.255.0

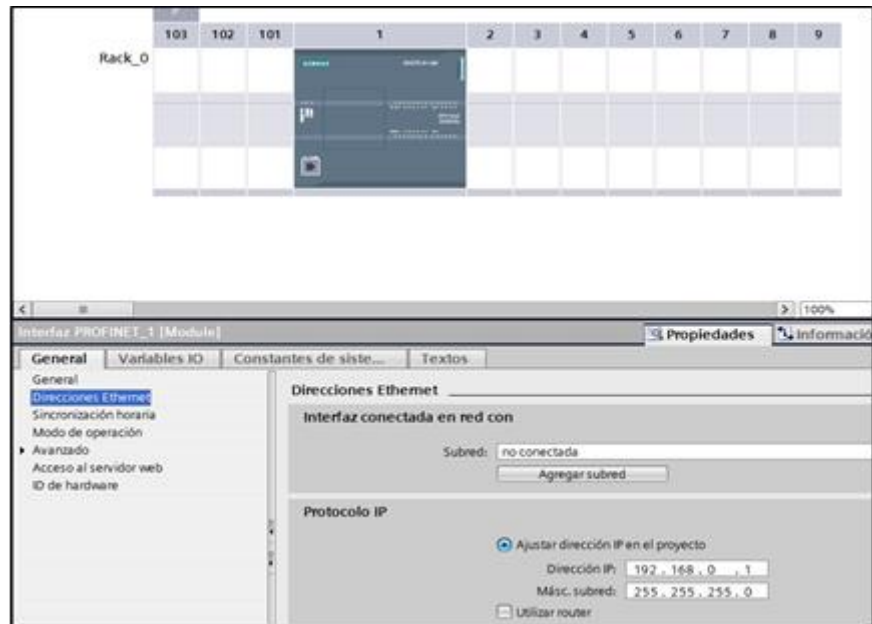


Figura 23 Colocación de IP
Fuente: Elaboración propia

Luego de ello cargamos las configuraciones realizadas para ver si hay una conexión entre el PLC y la PC.

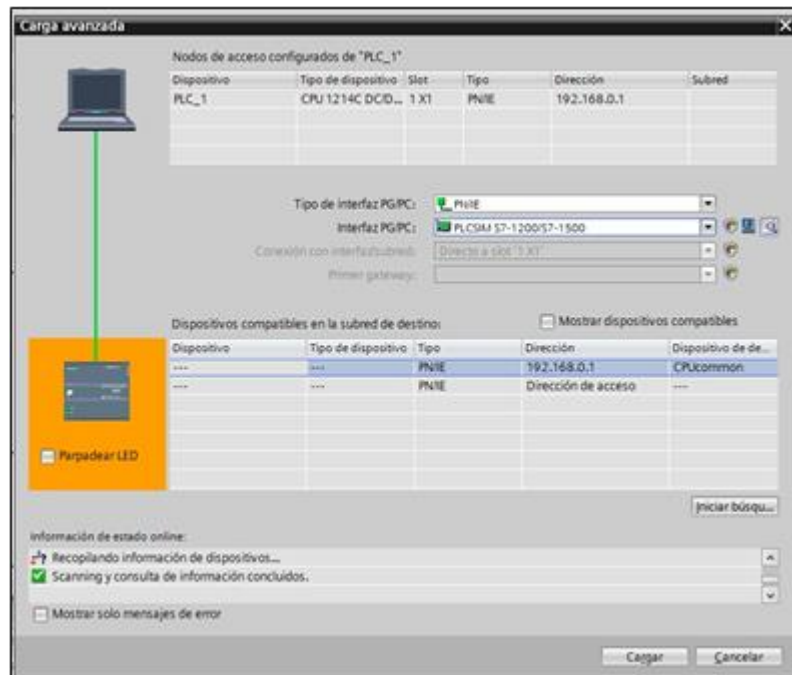


Figura 24 Conexión entre PLC y PC
Fuente : Elaboración propia

Teniendo así una conexión satisfactoria entre el PLC y el PC, luego debemos ingresar en la opción de variables del plc, en la tabla de variables estándar e ingresar las entradas y salidas, además de algunas marcas las cuales son espacios de memorias internas propias del plc, a continuación, se puede observar ello en la siguiente imagen.

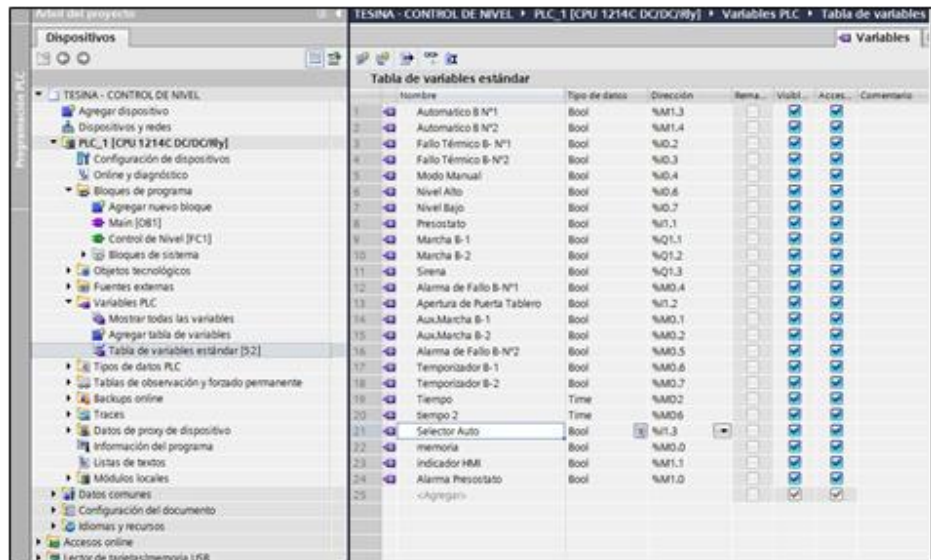


Figura 25 Variables del Plc

Fuente: Elaboración Propia

Luego ingresamos a la opción bloques del programa y tendremos lo siguiente.

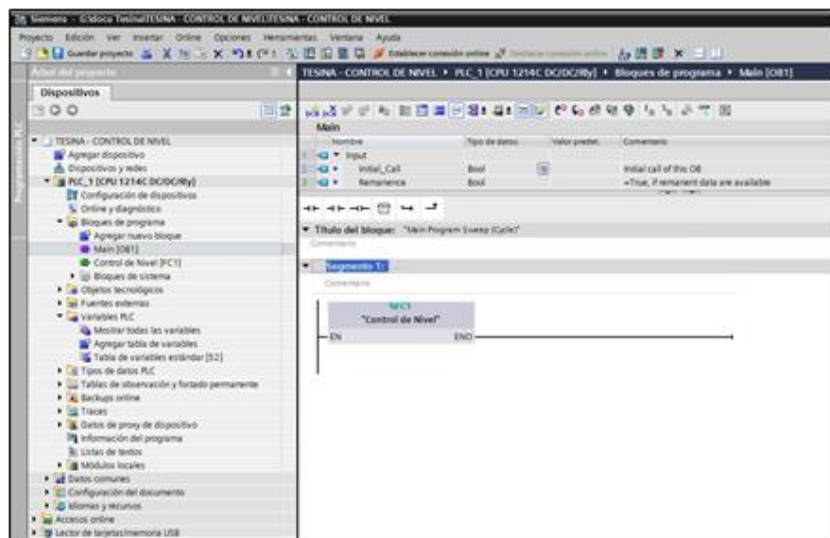


Figura 26 Bloques de Programa

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, empezamos con la programación en lenguaje Ladder ya que tenemos los bloques de funciones, contactos abiertos o cerrados y la función de activación, con lo cual procedemos a la realización del programa para el controla alternado de los motores en intervalos de 3 hrs, para la simulación del proceso se tuvo que colocar un temporizador con un tiempo de 10 segundos de conteo a la desconexión para agilizar las pruebas de la programación.

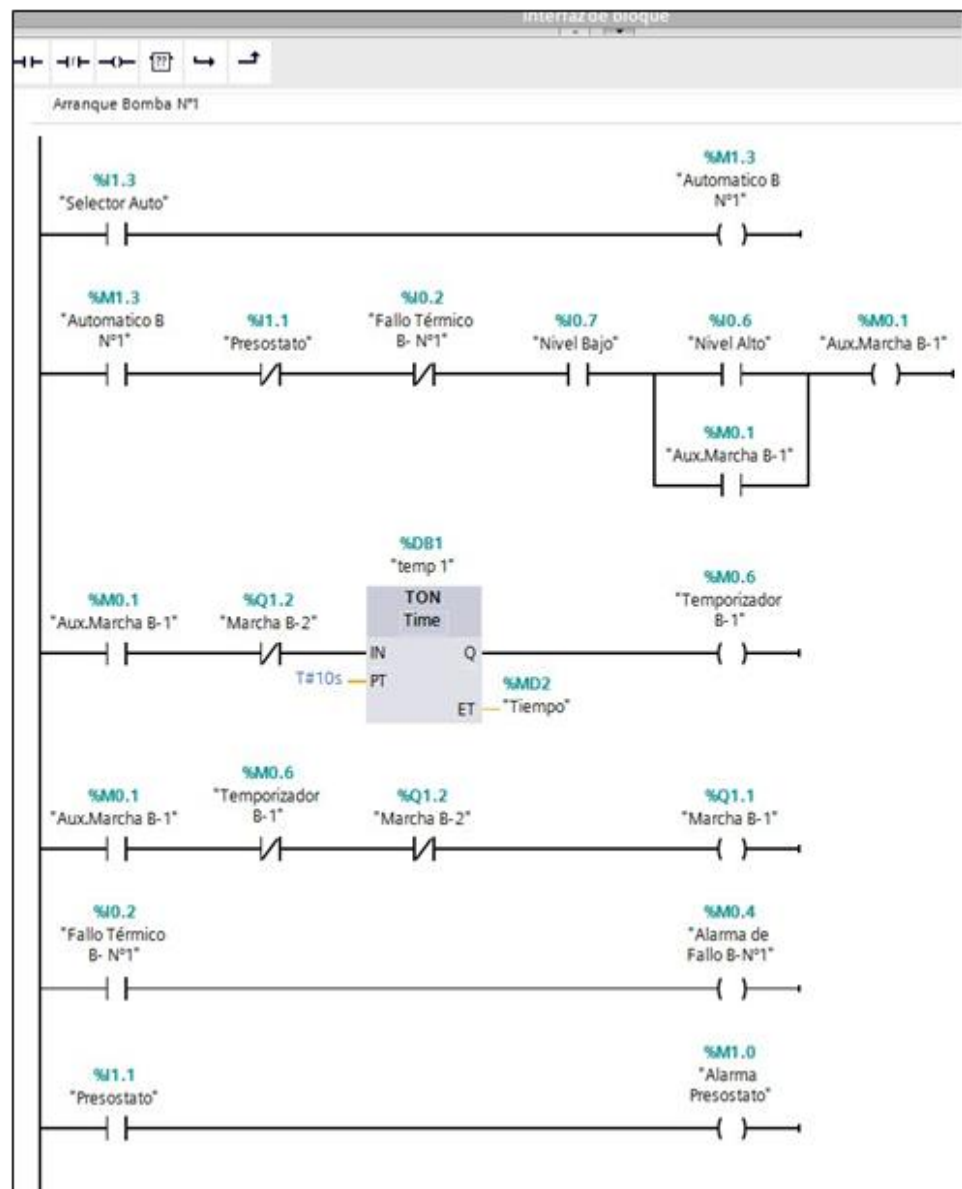


Figura 27 Colocación de Temporizador

Fuente: Elaboración Propia

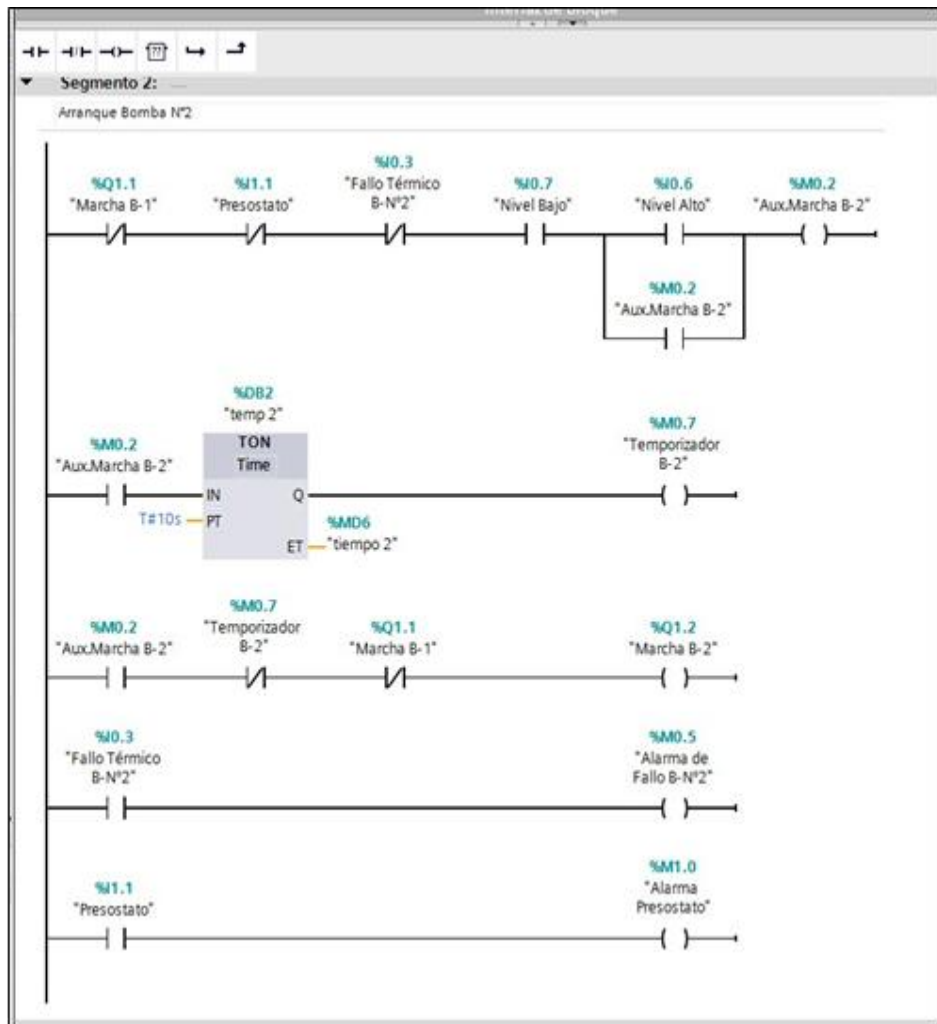


Figura 28 Segmento A
Fuente: Elaboración Propia

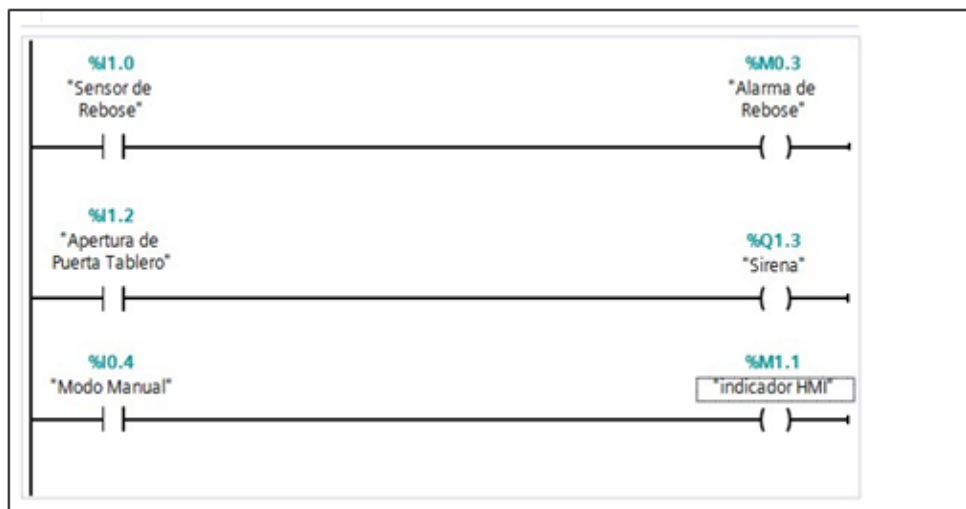


Figura 29 Segmento B
Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizada la programación se procede a cargar el programa para verificar si existen errores en la compilación del mismo.

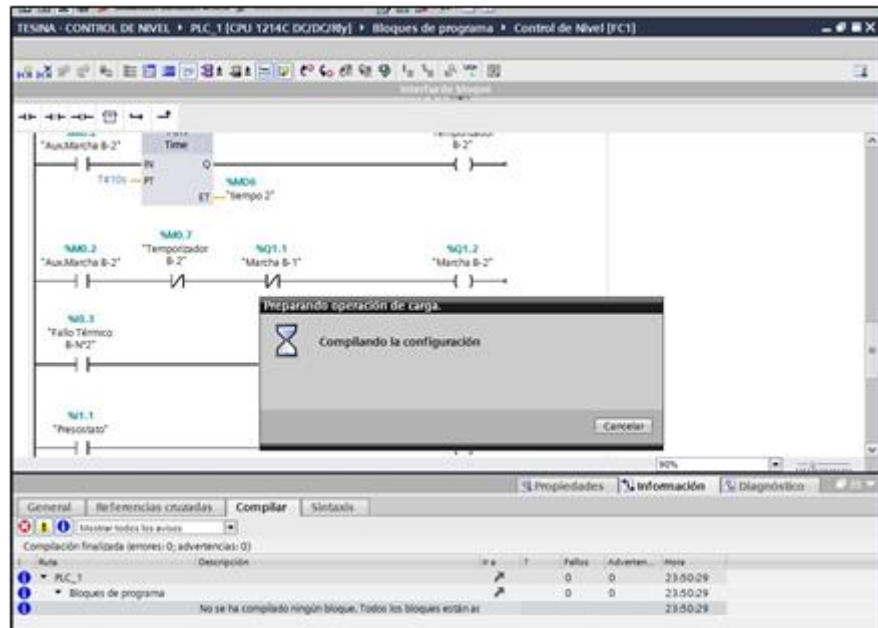


Figura 30 Compilación de Programa

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que no existen inconvenientes en la compilación del programa.

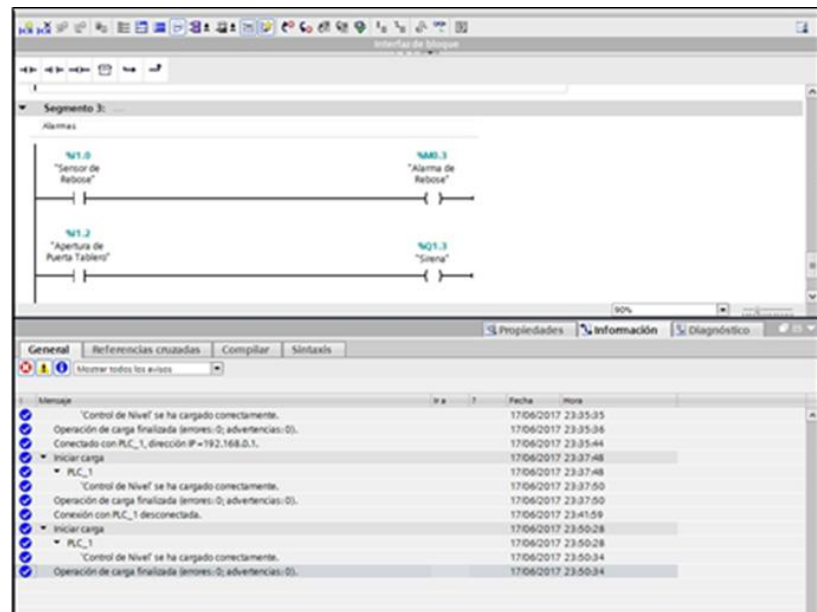


Figura 31 Compilación exitosa

Fuente: Elaboración Propia

Procedemos a la simulación del programa realizado mediante el PLCSIM.

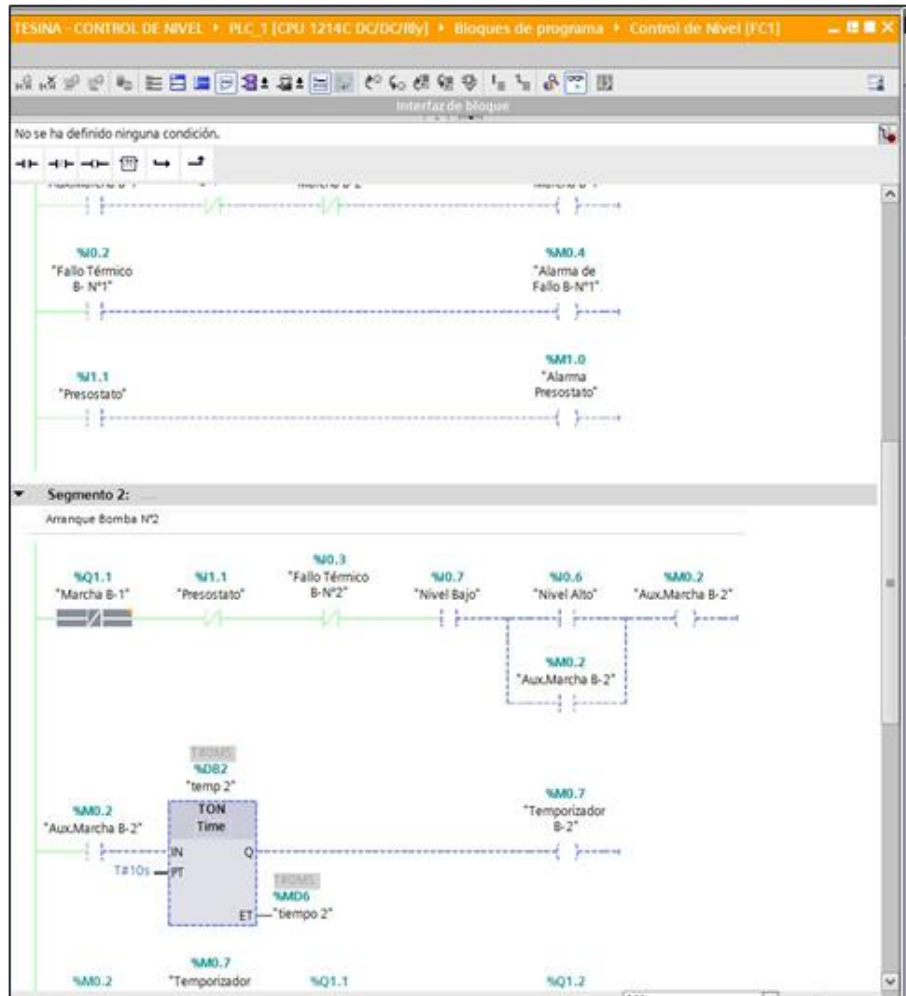


Figura 32 Simulación PLCSIM

Fuente: Elaboración Propia

Siemens - C:\Users\jhosy_bryan\Documents\Simulation\Proyecto16\Proyecto16

Proyecto Edición Ejecutar Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Guardar proyecto Dirección IP: 192.168.0.1

Tabla SIM_1

	Nombre	Dirección	Formato de visualización	Observar/forzar valor	Bits
Iniciar	"Selector Auto"	%I1.3	Bool	FALSE	
	"Nivel Alto"	%I0.6	Bool	FALSE	
	"Nivel Bajo"	%I0.7	Bool	FALSE	
	"Presostato"	%I1.1	Bool	FALSE	
	"Marcha B-1"	%Q1.1	Bool	FALSE	
	"Marcha B-2"	%Q1.2	Bool	FALSE	
	"Tiempo"	%MD2	Hora	T#0MS	
	"tiempo 2"	%MD6	Hora	T#0MS	
	"Fallo Térmico B- N°1"	%I0.2	Bool	FALSE	
	"Fallo Térmico B- N°2"	%I0.3	Bool	FALSE	

Figura 33 Tabla de señales de Entrada y Salida

Fuente: Elaboración Propia

El sistema inicia con la activación del selector automático y cumpliendo las condiciones de que el electrodo de nivel alto y bajo estén cerrados, activando la marca Aux.Marcha B-1 el cual da inicio al temporizador y también al arranque de la bomba N°1.

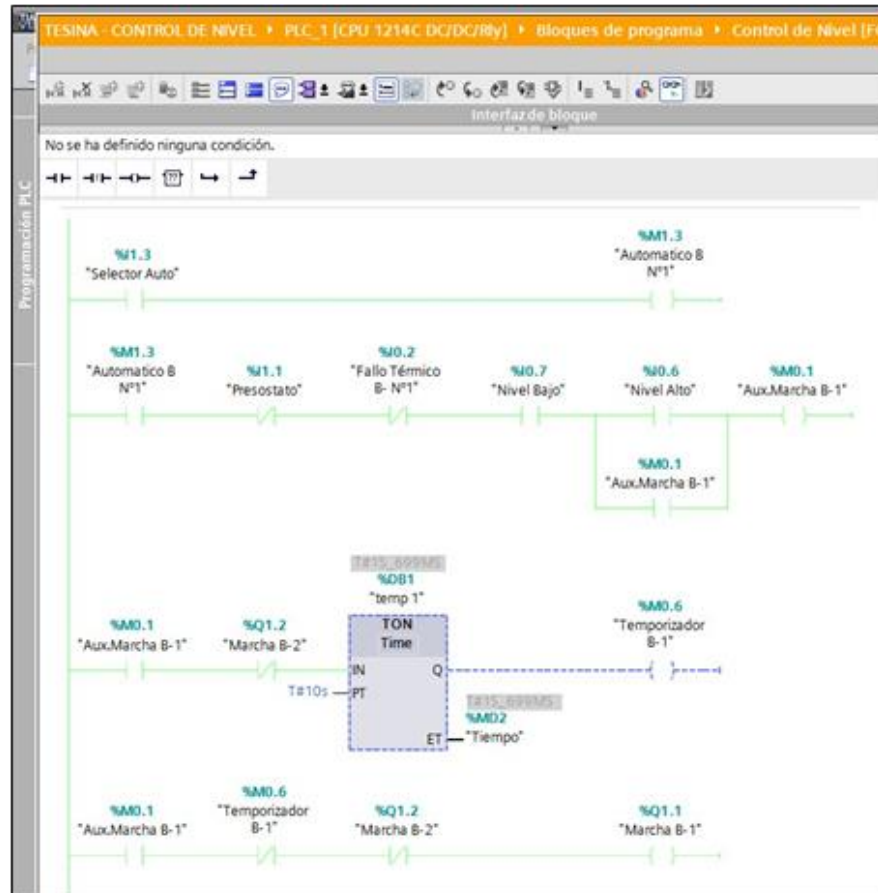


Figura 34 Activación Bomba B -1

Fuente: Elaboración Propia

Nombre	Dirección	Formato de visua...	Observar/forzar valor	Bits	Forzar coherente...
"Selector Auto"	%I1.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Alto"	%I0.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Bajo"	%I0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Presostato"	%I1.1	Bool	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-1"	%Q1.1	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-2"	%Q1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Tiempo"	%MD2	Hora	T#1S_541MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"tiempo 2"	%MD6	Hora	T#0MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"Fallo Térmico B- N°1"	%I0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Fallo Térmico B-N°2"	%I0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE

Figura 35 Bomba B-1 Activada

Fuente: Elaboración Propia

Luego de que el temporizador haya realizado el conteo de 10 segundos se activa automáticamente la bomba N°2.

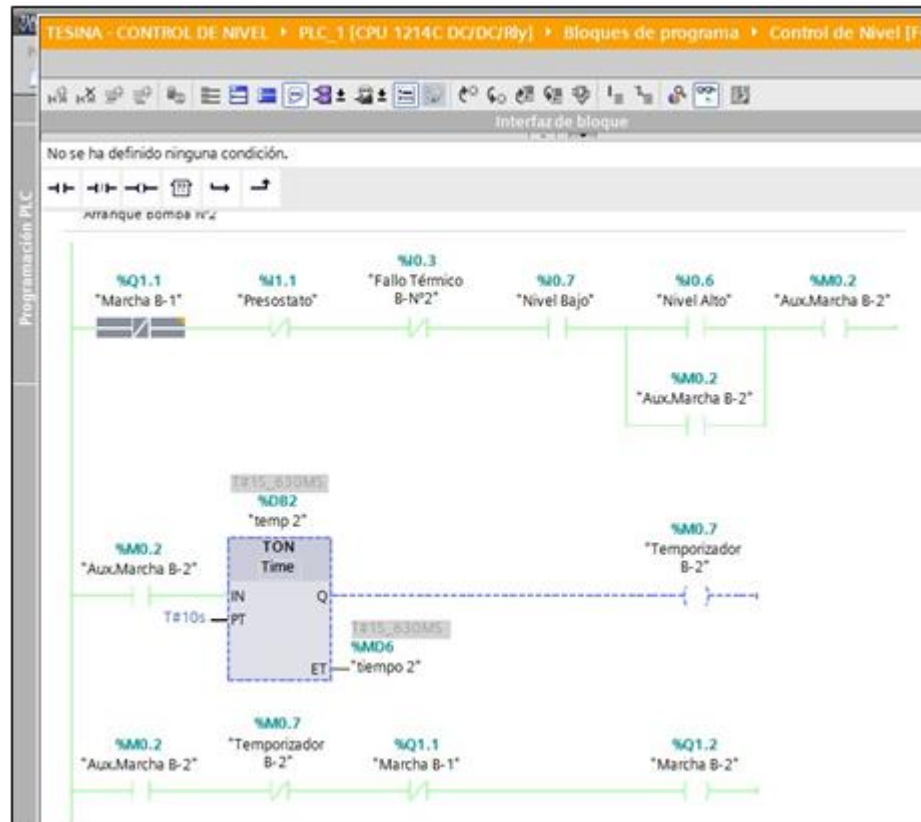


Figura 36 Activación de Bomba B-2

Fuente: Elaboración Propia

Nombre	Dirección	Formato de visual.	Observar/forzar valor	Bits	Forzar coherente...
"Selector Auto"	%I1.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Alto"	%I0.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Bajo"	%I0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Presostato"	%I1.1	Bool	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-1"	%Q1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-2"	%Q1.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Tiempo"	%MD2	Hora	T#0MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"tiempo 2"	%MD6	Hora	T#15_771MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"Fallo Térmico B-N°1"	%I0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Fallo Térmico B-N°2"	%I0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE

Figura 37 Bomba B-2 Activada

Fuente: Elaboración Propia

Esta secuencia se estará llevando a cabo alternadamente en tiempo de 10 segundos, pero para el proceso en realidad se fijó un tiempo de 3 horas, solo por efectos de simulación se colocó 10s.

A continuación, vamos a simular las posibles fallas que se puedan originar en el sistema además de las alarmas. En este caso se simuló que el presostato se activa debido a una sobrepresión en la línea, lo cual haría que las bombas paren.

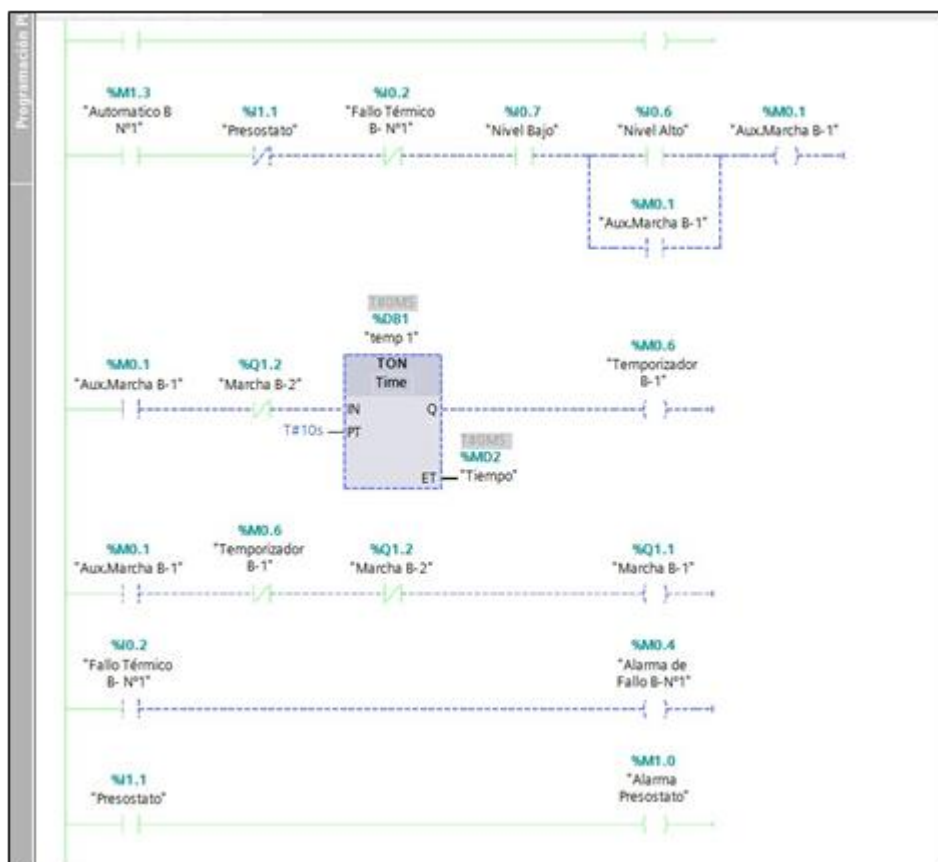


Figura 38 Simulación de Fallas

Fuente: Elaboración Propia

Nombre	Dirección	Formato de visua..	Observar/forzar valor	Bits	Forzar coherente...
"Selector Auto"	%I1.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Alto"	%I0.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Bajo"	%I0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Presostato"	%I1.1	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-1"	%Q1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-2"	%Q1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Tiempo"	%MD2	Hora	T#0MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"tiempo 2"	%MD6	Hora	T#0MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"Fallo Térmico B- N°1"	%I0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Fallo Térmico B- N°2"	%I0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE

Figura 39 Simulación de Falla Activada

Fuente: Elaboración Propia

En este caso se simuló que el relé térmico de la bomba N°1 se activa debido a una falla del motor, lo cual haría que la bomba N°1 pare haciendo que la bomba N°2 tome la posta.

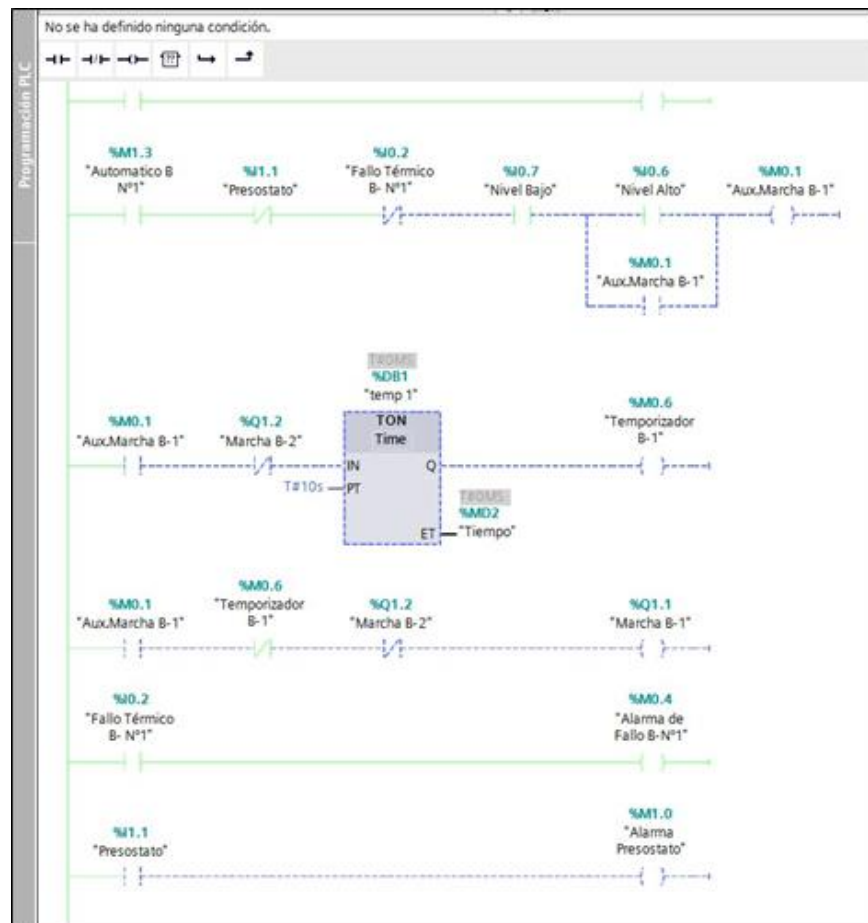


Figura 40 Activación de Relé (Fallo térmico N°1)

Fuente: Elaboración Propia

Nombre	Dirección	Formato de visual.	Observar/forzar valor	Bits	Forzar coherente...
"Selector Auto"	%I1.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Alto"	%I0.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Bajo"	%I0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Presostato"	%I1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-1"	%Q1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-2"	%Q1.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Tiempo"	%MD2	Hora	T#0MS		T#0MS
"tiempo 2"	%MD6	Hora	T#15_633MS		T#0MS
"Fallo Térmico B- N°1"	%I0.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Fallo Térmico B-N°2"	%I0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE

Figura 41 Relé Térmico N°1 Activo

Fuente: Elaboración Propia

En este caso se simuló que el relé térmico de la bomba N°2 se activa debido a una falla del motor, lo cual haría que la bomba N°2 pare haciendo que la bomba N°1 tome la posta.

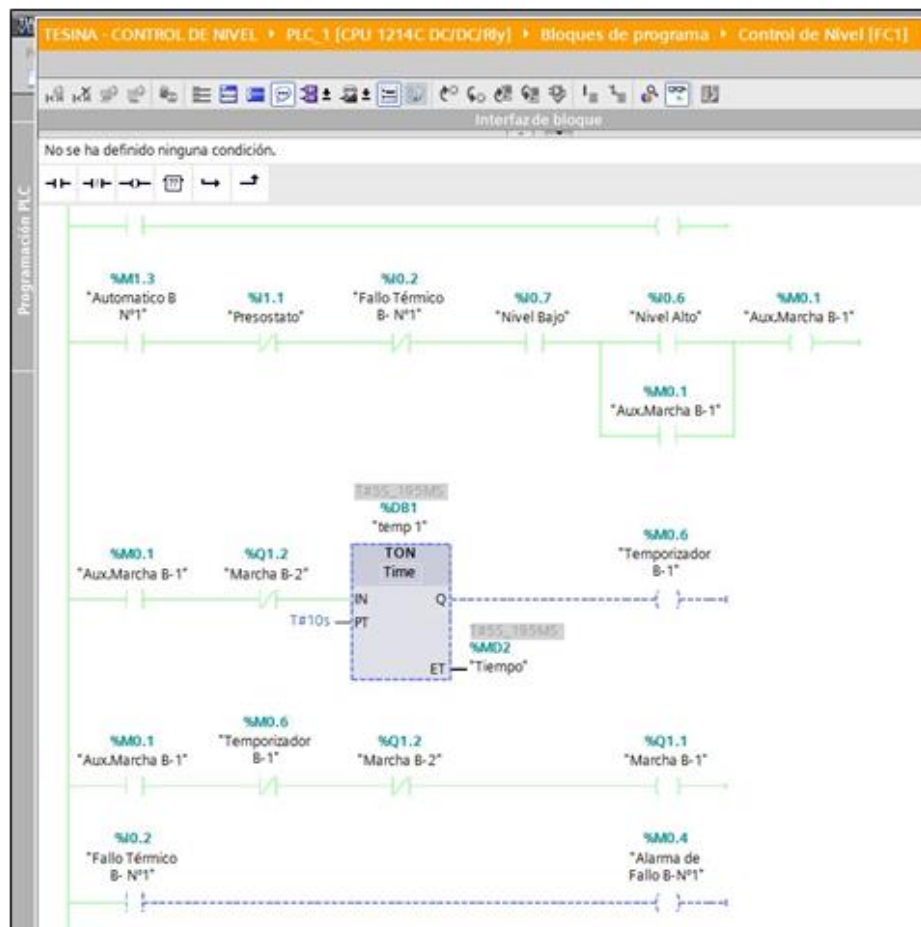


Figura 42 Simulación de Activación de Relé Térmico N°2

Fuente: Elaboración Propia

Nombre	Dirección	Formato de visua...	Observar/forzar valor	Bits	Forzar coherente...
"Selector Auto"	%I1.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Alto"	%I0.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Nivel Bajo"	%I0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Presostato"	%I1.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-1"	%Q1.1	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
"Marcha B-2"	%Q1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Tiempo"	%MD2	Hora	T#55_242MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"tiempo 2"	%MD6	Hora	T#0MS		<input type="checkbox"/> T#0MS
"Fallo Térmico B- N°1"	%I0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE
"Fallo Térmico B-N°2"	%I0.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE

Figura 43 Relé Térmico N° 2 Activado

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en las simulaciones, se concluye que sistema de bombeo de presión constante automatizado mediante controlador lógico programable y variador de frecuencia, logran mantener la presión requerida del sistema de 50 Psi.

Se concluye que los equipos seleccionados para llevar a cabo el proyecto han cumplido el objetivo planteado de poder desarrollar el sistema de bombeo automatizado el cual hizo posible mantener la presión requerida del sistema, estos equipos son los siguientes: PLC S7-1200 de la marca Siemens y variador de frecuencia ACS 150 de la marca ABB.

Según los resultados obtenidos en las simulaciones. Se concluye que la lógica programada en lenguaje de programación LADDER, respondió adecuadamente ante los diversos eventos críticos simulados, teniéndose como resultado un control adecuado de la presión del sistema en todo momento, cumpliéndose el requerimiento principal del proyecto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar e integrar la instrumentación con protocolos de comunicación para poder controlar de una manera más óptima el proceso.

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo a distancia para que la estación sea controlada desde un SCADA, para un mayor control del proceso.

El mantenimiento de los equipos de control del sistema de presión constante es esencial para su vida útil, por lo tanto, se recomienda verificar el completo funcionamiento 1 vez al año.

BIBLIOGRAFÍA

- R. Sanchis, J. Romero, C. Ariño. (1ra Edición). (2010) “Automatización Industrial”.
- W. Bolton. (3ra Edición). (2006) “Mecatrónica - Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica”. Editorial Alfaomega.
- V. Guerrero, R. Yuste, L. Martínez, (1ra Edición). (2010). “Comunicaciones Industriales”, Editorial Alfaomega.
- Antonio Creus Solé. (6ta Edición). (1999) “Instrumentación Industrial”, Editorial Alfaomega.
- BVSD. (2005). “Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable”
Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Recuperado de:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>