

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



**“AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE MEZCLADO DE PINTURA
MEDIANTE EL PLC SIEMENS LOGO 230RC, COMO ALTERNATIVA
PARA REDUCIR LOS TIEMPOS MUERTOS ORIGINADOS POR EL
ACTUAL PROCESO MANUAL”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ARBIETO CAMPOS, JACKSON RAÚL

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA:

Dedicado a mí padre quien en vida fue ejemplo de trabajo y esfuerzo; a mi madre por su enorme amor incondicional a pesar de mis defectos.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por haberme guiado en el camino hasta llegar a este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi familia, en especial a mis padres, por su apoyo incondicional en todo este proceso de formación, y todas aquellas personas que pasaron por mi vida, maestros, amigos, compañeros; aquellos que aún se encuentran a mi lado y aquellos que ya no.

En general a cada experiencia particular, que me enseñó a levantarme ante las dificultades y aprender de los errores permitiéndome madurar como ser humano y profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	12
1.2. Justificación del Problema.....	12
1.3. Delimitación del Proyecto.....	13
1.4. Formulación del Problema.....	14
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	15
2.2 Bases Teóricas.....	18
2.3 Marco Conceptual.....	50
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO	
3.1 Descripción del Proceso Automatizado.....	52
3.2 Desarrollo de la Programación del Automatismo.....	58
3.3 Revisión y Consolidación de resultados.....	60
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Conexión de un producto o proceso industrial a un controlador lógico electrónico
- Figura N° 02: Conexión de un controlador lógico a un producto o un proceso industrial
- Figura N° 03: Controlador lógico en bucleabierto
- Figura N° 04: Controlador lógico en bucle cerrado
- Figura N° 05: Clasificación de los controladores lógicos
- Figura N° 06: Esquema general de un sistema automatizado
- Figura N° 07: Partes principales de un PLC
- Figura N° 08: Arquitectura interna de un PLC
- Figura N° 09: Estructura del PLC compacto
- Figura N° 10: Estructura del PLC modular
- Figura N° 11: Logo em RIEL dimm
- Figura N° 12: Bornes de Logo
- Figura N° 13: Cursores de Logo
- Figura N° 14: Display de Logo!
- Figura N° 15: Diagrama del proceso de fabricación de pinturas base solvente
- Figura N° 16: Subproceso en la fabricación de pinturas
- Figura N° 17: Esquema del proceso mesclado de pintura a automatizar
- Figura N° 18: Circuito de control mediante lógica cableada
- Figura N° 19: Circuito de conexión al controlador
- Figura N° 20: Programación de la activación de la Bomba 1
- Figura N° 21: Programación de la activación de la Bomba 2

- Figura N° 22: Programación del control de nivel superior
- Figura N° 23: Programador del temporizador cuando se alcance el nivel superior
- Figura N° 24: Programación del arranque del motor para el mezclado y activación de la válvula de vapor
- Figura N° 25: Programación para la apertura de la válvula y la bomba de vaciado
- Figura N° 26: Programación para el conteo de ciclo con la opción de reset
- Figura N° 27: Resultado de la Simulación 1
- Figura N° 28: Resultado de la Simulación 2
- Figura N° 29: Resultado de la Simulación 3
- Figura N° 30: Resultado de la Simulación 4
- Figura N° 31: Resultado de la Simulación 5
- Figura N° 32: Diagrama de los tiempos muertos antes de automatizar el sistema de mezclado de pinturas
- Figura N° 33: Diagrama de la reducción de los tiempos muertos al automatizar el sistema de mezclado de pinturas
- Figura N° 34: Comparación del total de tiempos muertos antes y después de automatizar el sistema de mezclado de pinturas

LISTADO DE TABLAS

- Tabla N° 01: Variantes de LOGO!
- Tabla N° 02: Variantes de módulos LOGO!
- Tabla N° 03: Principales materias primas utilizadas para la fabricación de pinturas
- Tabla N° 04: Pinturas en base a solventes
- Tabla N° 05: Pinturas en base agua
- Tabla N° 06: Clasificación de las pinturas industriales desde el punto de vista de su componente
- Tabla N° 07: Entradas del proceso
- Tabla N° 08: Salidas del proceso
- Tabla N° 09: Direccionamiento de entradas
- Tabla N° 10: Direccionamiento de salidas
- Tabla N° 11: Total de tiempos muertos antes de automatizar el sistema de mezclado de pinturas
- Tabla N° 12: Total de tiempos muertos después de automatizar el sistema de mezclado de pinturas

INTRODUCCIÓN

Los distintos procesos de una planta química tienen como objetivo aportar un valor añadido, ya sea mediante la obtención de nuevos productos a partir de diferentes materias primas o bien mediante la transformación, la variación de las características fisicoquímicas o la manipulación de un compuesto para, finalmente, llegar a un producto acabado. En todo este proceso, es necesario llevar a cabo una serie de pasos mediante el empleo de equipos que permiten realizar acciones concretas, a partir de las consignas del operario, cuya aplicación determinará el producto final.

Todas estas acciones que se realizan en el proceso de producción industrial requieren un conjunto de operaciones en que la presencia del operador humano es constante, como es la puesta en marcha y el paro de procesos, la vigilancia de equipos, la manipulación de productos, la gestión de alarmas y el mantenimiento entre otras. Todo ha de llevarse a cabo con el menor coste posible, dentro de las mejores condiciones de seguridad humana y medioambiental.

La automatización en el campo de la industria química se desarrolla en tres vertientes. En primer lugar sustituyendo al operador humano en aquellas tareas más repetitivas en las que no es necesaria su intervención o bien en las que es difícil la realización. En segundo lugar, mejorando la calidad del producto final y abaratando los costes del proceso.

Ahora en el campo de la industria de tintes o pinturas, para la obtención del producto final en forma industrial se usan insumos tales como pasta base y elementos adicionales, dependiendo del tipo de pintura a producirse. La pasta base se obtiene mezclando, dentro de un tanque, materias primas de forma secuencial y en cantidades preestablecidas. Las materias primas, como solventes y resinas, son bombeadas desde depósitos de almacenamiento y llevadas mediante tuberías hasta el tanque principal, esto implica que para garantizar la calidad del producto generado, debe existir precisión en la ejecución de los sub procesos involucrados.

En ese sentido y tomando como referencia los puntos establecidos en el esquema de proyectos de ingeniería definidos por la universidad, es que he dividido mi proyecto de Ingeniería en 3 capítulos.

En el Capítulo I, describo el planteamiento del problema, que está relacionado con el actual proceso para la elaboración de pinturas, la cual se realiza completamente en forma manual. Esto obligaba a que los procesos de descarga de materias primas y mezclado necesiten obligatoriamente de un operador.

En el Capítulo II, describo el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, referente a la automatización de procesos industriales mediante el controlador lógico Programable Siemens LOGO, especificando las conexiones del controlador con los sensores y actuadores de un proceso.

Finalmente en el Capítulo III, describo el desarrollo de mi propuesta, que consiste en identificar los elementos de entrada y salida, realizar el circuito de conexión al PLC y circuito de mando eléctrico, para luego programar el automatismo a través del software LOGO SOFT COMFORT, y realizar la simulación del PLC que nos permita presentar la consolidación de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente la Empresa de Pinturas Hach SAC, en su proceso para la elaboración de pinturas lo realiza completamente en forma manual. Esto obligaba a que los procesos de descarga de materias primas y mezclado necesiten obligatoriamente de un operador.

Dentro de los problemas asociados a la operación manual de las descargas y mezclado se identificaron los siguientes: Errores en las cantidades de materia prima descargada atribuidos al operador, Elevado factor de potencia debido a la mala operación de motores, Excesivos tiempos de producción, debido a que las descargas solo se las realizaban en horas laborables, Excesivo consumo de energía eléctrica, producido por el funcionamiento innecesario de bombas y motores, Averías de motores y bombas, debido al manejo incorrecto por parte de los operadores.

En ese sentido se hace necesario utilizar un tipo de tecnología que permita establecer un procedimiento automatizado y secuencial que permita optimizar el proceso de producción de pintura.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica en que a partir de la automatización mediante el controlador Lógico Programable Logo 230RC del proceso de mezcla de

pinturas se optimizará el proceso de producción, ya que se reducirá los tiempos muertos originados por la realización de procedimientos de forma manual.

Con la automatización del proceso se pretende realizar descargas de materias primas de forma automática, posibilitando además que estas empiecen a cualquier hora del día.

Garantizar que los motores pueden funcionar por periodos de tiempo específicos, ingresados por el operador. Controlar el encendido de los motores de tal forma que estos arranquen luego de un cierto intervalo de tiempo configurado desde que se encendió el último motor. Así como garantizar la protección para evitar desbordamiento de insumos en el tanque de mezcla.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se desarrollará en la Empresa de Pinturas HACH SAC, ubicado en la Av. Argentina 2963, Lima - Perú.

1.3.2 TEMPORAL

El proyecto de ingeniería comprende, el mes de Enero de 2017.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo reducir los tiempos muertos originados por realizar en forma manual el proceso de mezcla de pintura en la Empresa Hach SAC, mediante la aplicación del controlador lógico programable Siemens LOGO 2030RC?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir los tiempos muertos originados por realizar en forma manual el proceso de mezcla de pintura en la Empresa Hach SAC, mediante la aplicación del controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los elementos de entrada y salida que intervienen en el proceso de mezcla de pinturas con la finalidad de establecer una relación de dependencia a través de la conexión con el Controlador Lógico Programable Siemens LOGO 230RC, en la Empresa Hach SAC.

- Desarrollar la programación del Controlador Lógico Programable LOGO 230RC a fin de establecer la automatización del proceso de mezcla de pintura en la Empresa Hach SAC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ceballos (2014), en su tesis titulada “Automatización en el proceso de pintado industrial en la etapa del secado” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en el Instituto Politécnico Nacional Adolfo López Mateos de México D.F, concluye que: “Una de las ventajas del mecanismo neumático automatizado es que disminuyo el tiempo del ciclo de pintura, ya que se pudo aumentar la velocidad en la cadena hasta en un 3% más. El tiempo de ciclo del pintado de las diferentes etapas, fue mucho más eficiente ya que disminuyó notablemente el paro del transportador de la línea, en este tipo de procesos continuos se ven muy afectados por los posibles paros que los operadores realizan al no poder ir al mismo ritmo del proceso.”¹

Belmar (2012), en su tesis titulada “Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Carlos III de Madrid, concluye que: “Los sistemas de automatización están cada vez más extendidos. Su gran uso es debido a que es un buen medio para conseguir objetivos a corto y a largo plazo. Hoy en día, estos sistemas son de necesidad básica para cualquier empresa, sea el caso de una PYME o

¹CEBALLOS, J. (2014). Automatización en el proceso de pintado industrial en la etapa del secado. (Tesis de Pre Grado). Instituto Politécnico Nacional Adolfo López Mateos. México D.F

de una gran Multinacional. Por tanto, el presente Proyecto satisface un sistema que realiza de manera automática y eficiente el proceso de galvanizado y pintura de armarios sin paradas y a un bajo coste amortizable con el tiempo, ya que disminuyen los costes fijos y cuadriplica la producción”.²

Sánchez (2014), en su tesis titulada “Automatización del Proceso de Frutado y Batido de Yogurt empleando un Controlador Lógico Programable y una Interface Hombre - Máquina” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, concluye que: “Dados los resultados del proyecto, se afirma que la automatización del proceso de batido y frutado de yogurt a través de la adquisición y procesamiento de señales mediante PLC y un sistema SCADA, aumenta la productividad y disminuye los costos de operación y producción”.³

Medina (2010), en su libro titulado “La automatización en la Industria Química”, señala que: “La automatización en el campo industrial se desarrolla en dos vertientes. En primer lugar sustituyendo al operador humano en aquellas tareas más repetitivas. En segundo lugar, mejorando la calidad del producto final y abaratando los costes del proceso. Las

²BELMAR, R. (2012). Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos. (Tesis de Pre Grado). Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, España.

³SANCHEZ, Z. (2014). Automatización del Proceso de Frutado y Batido de Yogurt empleando un Controlador Lógico Programable y una Interface Hombre - Máquina. (Tesis de Pre Grado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

ventajas de aplicar la automatización a un proceso industrial se resumen en los siguientes puntos: Aumenta la productividad y la flexibilidad de la máquina y de las instalaciones. Minimiza los tiempos de espera y parada por cambios de producción o alarmas en los procesos. Incrementa la seguridad del operario, ayudándolo o sustituyéndolo en entorno hostiles que puedan perturbar su seguridad, así como en tareas físicas o intelectuales poco apropiadas”.⁴

Balcells (2010), en su libro titulado “Autómatas Programables” señala que: “Los autómatas actuales han mejorado sus prestaciones respecto a los primeros en muchos aspectos, pero fundamentalmente a base de incorporar un juego de instrucciones más potente, mejorar la velocidad de respuesta y dotar al autómatas la capacidad de comunicación. En definitiva, podríamos decir que los grandes autómatas actuales se acercan cada vez más a las prestaciones de un pequeño ordenador, siendo algunos incluso programables en lenguajes típicamente informáticos como el BASIC. Todo ello ha potenciado su aplicación masiva al control industrial, su principal virtud del autómatas sigue siendo su robustez y facilidad de interconexión al proceso”.⁵

Armesto (2009), en su libro titulado “Autómatas Programables y Sistemas de Automatización”, señala que: “El aumento de la capacidad de integración ha permitido a algunos fabricantes introducir en un único circuito

⁴MEDINA, J. (2010). La automatización en la industria química. Barcelona, España: UPC

⁵BALCELLS, J. (2010). Autómatas Programables. Barcelona, España: MARCOMBO

integrado, que contiene un microcontrolador diseñado a medida, todos los elementos de un autómata programable, incluido un controlador de una pantalla visualizadora (Display). Si dicho circuito integrado se coloca un bastidor con un módulo de entrada/salida de una determinada capacidad no ampliable se tiene un autómata programable compacto o no modular en el que se disminuye al máximo el coste del sistema físico a expensas de limitar su campo de aplicación. Este tipo de autómatas programables comenzó a comercializarse en la década de 1990. Un ejemplo es el autómata programable 230 RC de la familia LOGO! de Siemens".⁶

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CONTROLADORES LOGICOS

El desarrollo de las diferentes tecnologías (mecánica, eléctrica, química, etc.) a lo largo de la primera mitad del siglo XX dio lugar a una paulatina elevación de la complejidad de los sistemas e hizo que fuesen muchas las variables físicas que tienen que ser vigiladas y controladas.

Pero dicho control no puede ser realizado de forma directa por el ser humano debido a que carece de suficiente capacidad de acción mediante sus manos y de sensibilidad y rapidez de respuesta a los estímulos que reciben sus sentidos.

⁶ARMESTO, J. (2009). Autómatas Programables y sistemas de automatización. Barcelona, España: MARCOMBO

Por todo ello se planteó el desarrollo de equipos capaces de procesar y memorizar variables físicas, que constituyen sistemas de tratamiento de la información. En realidad, la necesidad de estos sistemas se remonta a los primeros estados del desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, pero fue el descubrimiento de la Electricidad y su posterior dominio tecnológico a través de la Electrónica el que permitió el desarrollo de sistemas que memorizan y procesan información mediante señales eléctricas con un consumo energético muy pequeño que ha permitido reducir paulatinamente su tamaño y su coste. Estos sistemas, que reciben el nombre genérico de “electrónicos”, deben por lo tanto ser capaces de recibir información procedente de otros sistemas externos a ellos que se pueden a su vez dividir en dos grandes clases:

- Los productos industriales que son sistemas que realizan una función determinada, como por ejemplo una lavadora, un televisor, un taladro, etc.
- Los procesos industriales que se pueden definir como un conjunto de acciones, realizadas por una o más máquinas adecuadamente coordinadas que dan como resultado la fabricación de un producto. Son ejemplos de procesos industriales una cadena de montaje de automóviles o una fábrica de bebidas. Pero la mayoría de las variables físicas a medir no son eléctricas.

- Entre ellas se puede citar la temperatura, la presión, el nivel de un líquido o de un sólido, la fuerza, la radiación luminosa, la posición, velocidad, aceleración o desplazamiento de un objeto, etc.

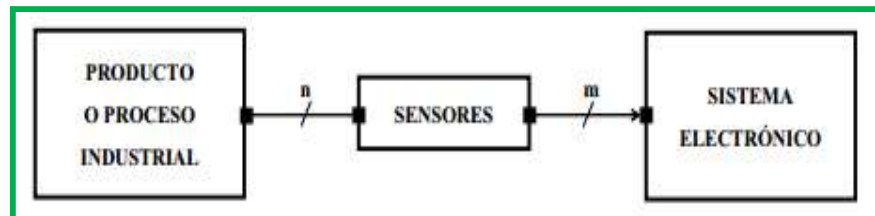


FIGURA Nº 01: CONEXIÓN DE UN PRODUCTO O PROCESO INDUSTRIAL A UN CONTROLADOR LÓGICO ELECTRÓNICO

Por otra parte, numerosos productos y procesos industriales generan, por medio de sensores, variables eléctricas que sólo pueden tener dos valores diferentes. Dichas variables reciben el nombre de binarias o digitales y en general se las conoce como todo-nada (On-Off).

Los sistemas electrónicos que reciben variables binarias en sus entradas y generan a partir de ellas otras variables binarias reciben el nombre de controladores lógicos (Logic Controllers).

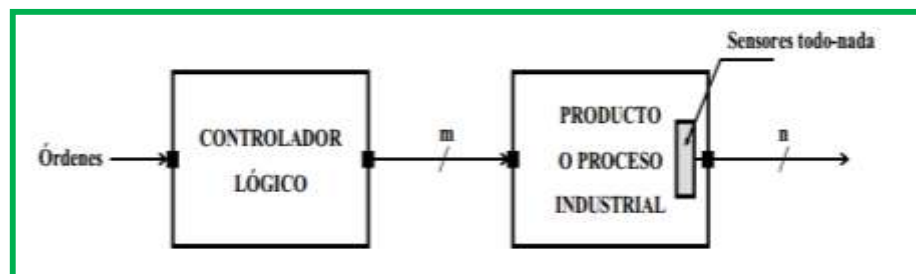


FIGURA Nº 02: CONEXIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO A UN PRODUCTO O UN PROCESO INDUSTRIAL

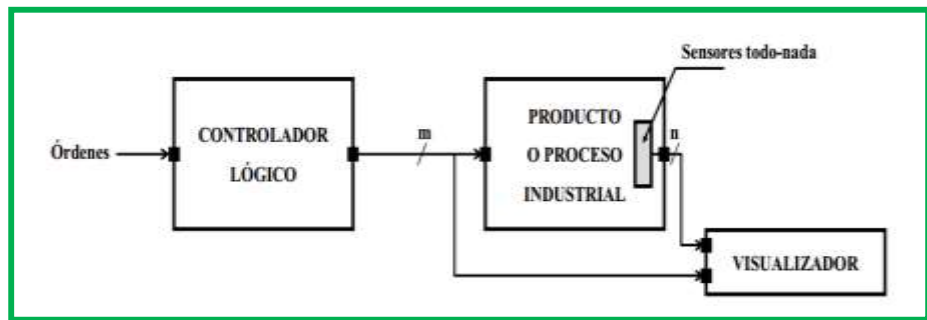


FIGURA Nº 03: CONTROLADOR LÓGICO EN BUCLE ABIERTO

De acuerdo con la forma en que se utilizan las variables de salida se tiene:

- Un sistema de control en bucle abierto, si las variables todo-nada de salida del producto o proceso industrial, y en su caso del controlador lógico, simplemente se visualizan para dar información a un operador humano.
- Un sistema de control en bucle cerrado, si las variables todo-nada de salida del producto o proceso industrial actúan sobre el controlador para influir en la señales de control generadas por él.

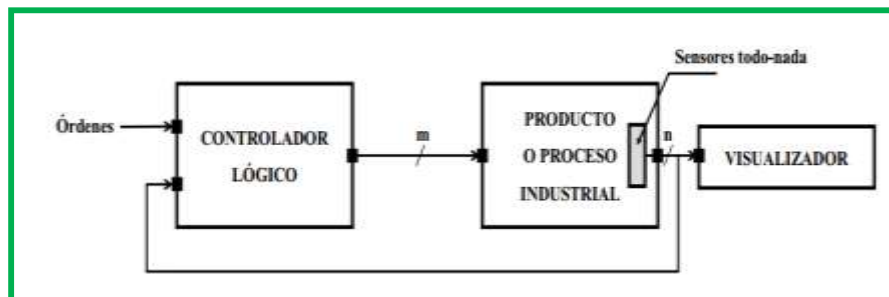


FIGURA Nº 04: CONTROLADOR LÓGICO EN BUCLE CERRADO

Aunque entre los productos y los procesos industriales existe una frontera difusa, se pueden detallar las siguientes diferencias de carácter general:

- **Cambios a lo largo de la vida útil**

Los procesos suelen cambiar a lo largo de la vida útil mientras que los productos no suelen hacerlo. Ello hace que el diseñador de los controladores lógicos utilizados en el control de procesos tenga que prever su realización de manera que se pueda modificar fácilmente el número de variables de entrada y/o salida, propiedad que recibe el nombre de modularidad. Por el contrario al diseñar un controlador lógico para controlar con él un producto no se necesita en general la modularidad.

- **Volumen de fabricación**

Los productos se suelen fabricar en una cierta cantidad, que depende del tipo de producto concreto. Por el contrario, los procesos industriales suelen ser ejemplares únicos que se caracterizan además por el elevado coste de las máquinas que forman parte de ellos. Esto hace que en la selección del tipo de controlador lógico adecuado para controlar un producto se deba tener mucho más en cuenta, en general, el coste de su realización física (Hardware) que cuando se va a utilizar para controlar una o más máquinas que forman parte de un proceso industrial.

- **Garantía de funcionamiento**

La garantía de funcionamiento o confiabilidad se puede definir como la propiedad de un sistema que permite al usuario tener

confianza en el servicio que proporciona. La complejidad de los procesos industriales, y el coste que puede tener el que una o más máquinas que lo forman quede fuera de servicio durante un tiempo elevado, hace que la garantía de funcionamiento de los controladores lógicos utilizados en las mismas sea un factor determinante en algunos campos de aplicación.

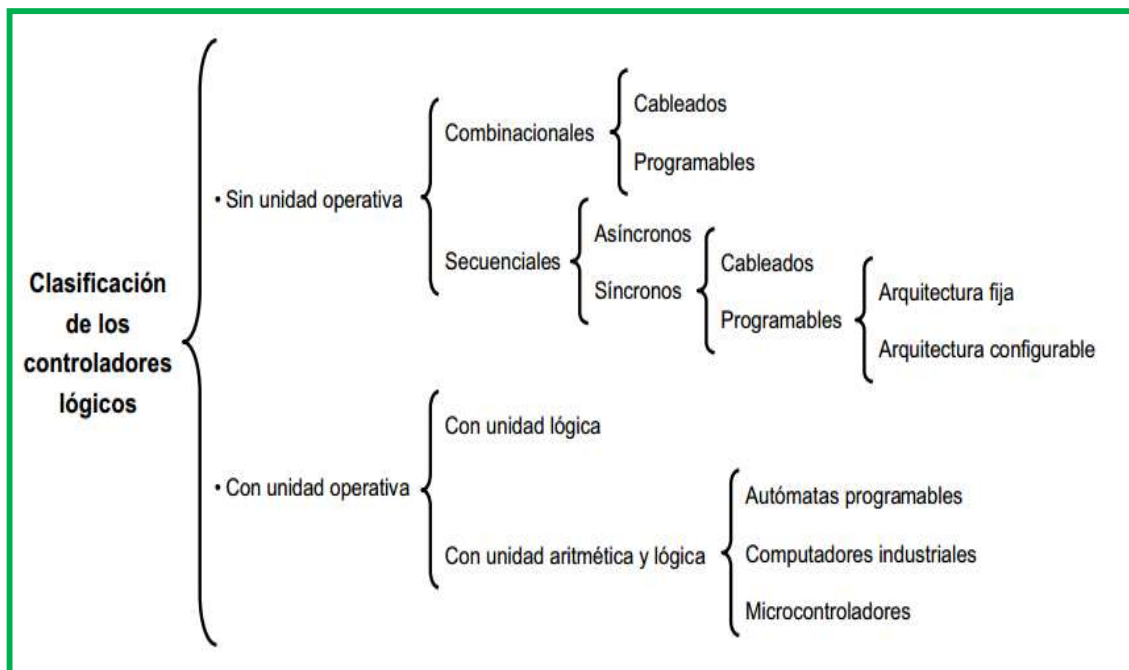


FIGURA Nº 05: CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLADORES LÓGICOS

2.2.1.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

El controlador lógico programable o mejor conocido como PLC es una memoria de control, especializada en el manejo de entradas y salidas. Su programación es básica y se basa en diagramas de contactores, de modo similar a los circuitos electromecánicos o bien en el álgebra booleana. Un Controlador Lógico Programable, es un equipo electrónico, que puede ser programado en

lenguaje no informático, está diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Su manejo y programación se pueden realizar por personal con conocimientos eléctricos o electrónicos y sin necesidad experiencia en campos de la informática. Estos controladores realizan funciones en serie, en paralelo, de temporización, de conteos y otras más potentes como cálculos y regulaciones, según.

No hay que perder de vista que los PLCs son la evolución natural del empleo de la tecnología eléctrica en el control de procesos. De esta forma un PLC se puede entender como el dispositivo electrónico que viene a sustituir el conjunto de componentes eléctricos (relés, enclavamientos, etc.) que adecuadamente combinados implementan la lógica de un circuito de mando, como se puede leer en la referencia. Esa lógica será implementada en este nuevo dispositivo como un programa de control. En el campo de la industria se han desarrollado los Controladores Lógicos Programables (PLC), que son dispositivos electrónicos programables encargados de controlar el funcionamiento normal de los sistemas de producción, aumentando la calidad del producto final o mejorando los servicios que proporcionan los equipos o procesos así controlados.

Estos dispositivos han adquirido una gran popularidad gracias a sus características y desempeño y en la actualidad se encuentran presentes en la mayoría de los procesos automatizados.

Todo sistema automatizado está formado por tres partes claramente diferenciadas:

- La parte operativa o proceso que se desea controlar.
- La parte de control o controlador utilizado para gobernar la parte operativa de la manera deseada.
- La parte de supervisión y explotación del sistema que servirá de interfaz entre el operador y el sistema automatizado.

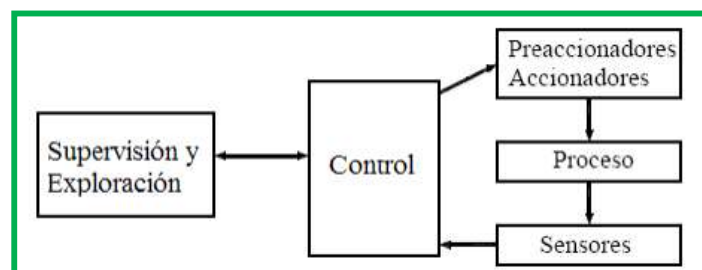


FIGURA N° 06: ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO

Estructura Interna

El PLC es un equipo autónomo y compacto que internamente está distribuido por diferentes áreas o secciones:

- Unidad Central de Procesos (CPU)
- Sección de entradas

- Sección de salidas
- Unidad de alimentación
- Unidad de programación
- Periféricos
- Módulo de comunicaciones
- Memoria

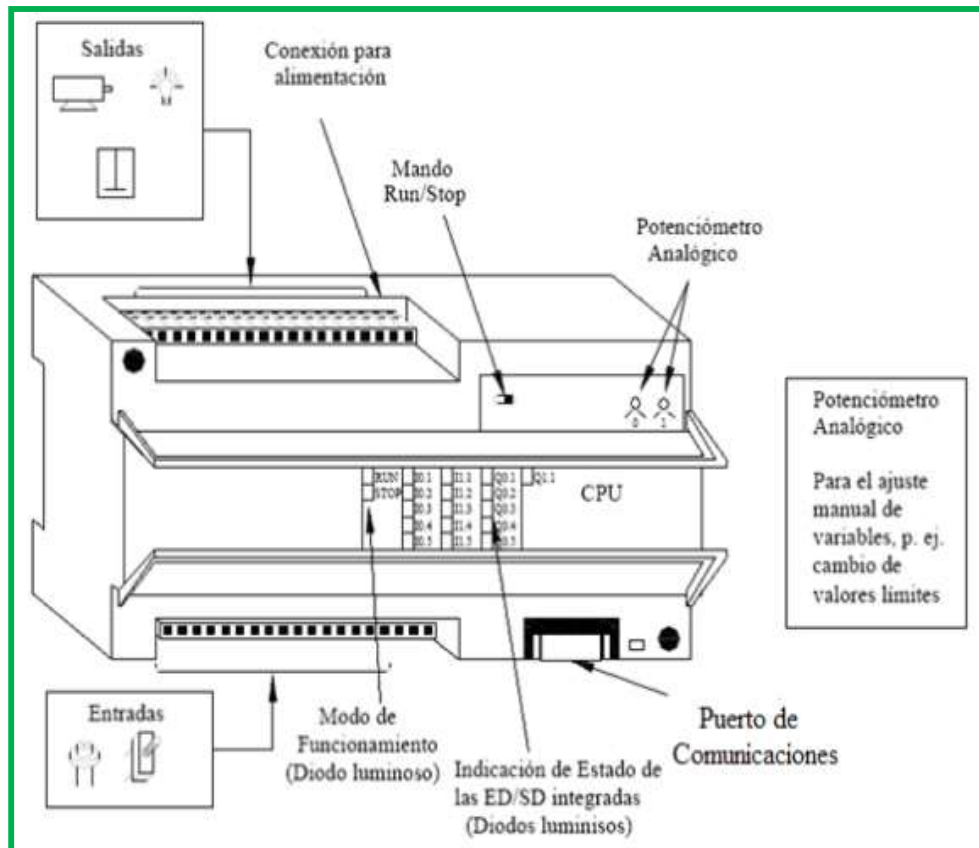


FIGURA Nº 07: PARTES PRINCIPALES DE UN PLC

Funciones Generales de las Secciones Internas

- **Unidad Central de Procesos (CPU)**

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes, del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas.

- **El microprocesador**

Es un circuito integrado que realiza las operaciones de tipo lógico, aritmético y de control de transferencia de datos dentro del controlador.

- **Las memorias**

Son registros de almacenamiento temporal de instrucciones, datos y direcciones. Los registros básicos son el acumulador, el contador de programa, el registro de trabajo y el registro de banderas.

- **Los circuitos auxiliares**

Son unidades internas encargadas de realizar los cálculos y las decisiones lógicas, así como emitir la señal de control para cada instrucción.

- **Sección de entradas**

Esta sección es una interfaz que adapta y codifica, de forma comprensible por la CPU, las señales procedentes de los dispositivos de entrada, los cuales se denominan captadores o elementos primarios y que indican cómo se encuentra el proceso en cada momento. Los captadores pueden ser detectores de valores límites, pulsadores, sensores y otros dispositivos de entrada. Esta sección además, debe

garantizar la protección de los dispositivos internos del controlador. Estas entradas pueden ser de tipo analógica o discreta.

- **Sección de salidas**

Es una interfaz que decodifica las señales generadas por la CPU, las amplifica y las envía a los actuadores. Los actuadores pueden ser lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas o cualquier otro elemento de acción final. Estas salidas pueden ser de tipo analógica o discreta. Para que esta sección lleve a cabo su función, existen en memoria bits de salida que están asignados a puntos de salida, a través de los cuales se envían las señales a los diferentes dispositivos.

- **Unidad de alimentación**

Esta sección se encarga de suministrar la alimentación eléctrica a los circuitos del controlador. Generalmente 220 V c.a.ó 24 V c.c. Además, es capaz de adaptar la tensión de la red 110 V c.a.ó 220 V c.a., 50 Hz ó 60 Hz a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del controlador, así como a los dispositivos de entrada, los cuales, en su mayoría, reciben alimentación eléctrica desde esta unidad.

- **Unidad de programación**

Se entiende a partir de que, es un dispositivo externo mediante el cual se introducen al controlador las instrucciones del programa creado por el usuario.

Este dispositivo es denominado Consola de Programación y se utiliza para escribir y transferir programas al PLC, así como para monitorizar las operaciones y modificar datos. La consola se puede conectar directamente al PLC en caso de que solo se utilice un único PLC. También se puede conectar, a través de un adaptador de enlace, de manera que esta consola puede acceder a cada uno de los PLC conectados al adaptador. En la actualidad el dispositivo utilizado para este fin es un ordenador.

- **Periféricos**

Los periféricos son dispositivos independientes que facilitan el uso del controlador o amplían su campo de aplicación. Entre los periféricos conocidos se encuentran los llamados módulos de expansión, los cuales garantizan un mayor número de prestaciones que las que puede brindar el PLC por sí solo. Los módulos de expansión pueden ofrecer un mayor número de puntos de entrada y salida, diferentes

interfaces de comunicación, temporizadores, contadores y otras funciones que pueden ser útiles dependiendo de la aplicación para la cual se utiliza un PLC específico.

- **Memorias**

Esta sección contiene todos los datos e instrucciones que se necesita para ejecutar la tarea de control. La memoria interna es la encargada de almacenar los datos intermedios de cálculo y las variables internas que no aparecen directamente sobre las salidas, así como un reflejo o imagen de los últimos estados leídos sobre las señales de entrada o enviados a las señales de salida.

La memoria del programa contiene la secuencia de operaciones que deben realizarse a partir de las señales de entrada para generar las señales de salida, así como los parámetros de configuración del controlador. Por ello, si se hace necesario introducir alguna variación sobre el sistema de control, generalmente es suficiente con modificar el contenido de esta memoria. Otros elementos que se encuentran en los PLCs son los diodos luminosos, los cuales indican el modo de operación de la CPU (RUN o

STOP), el estado de las entradas y salidas integradas, así como los posibles fallos del sistema que se pudieran detectar.

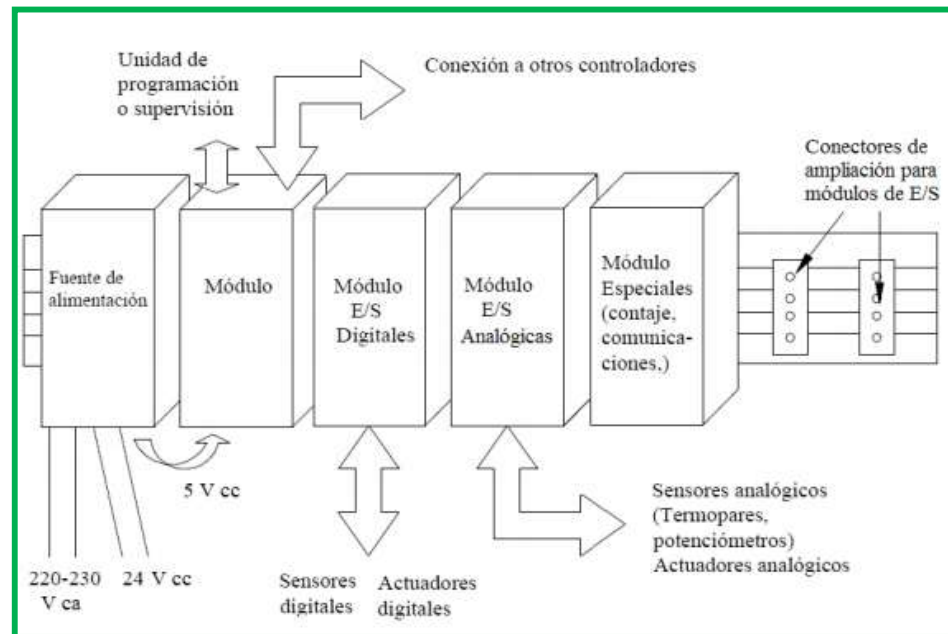


FIGURA Nº 08: ARQUITECTURA INTERNA DE UN PLC

2.2.1.2 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Programar un controlador consiste en introducirle una secuencia de órdenes (instrucciones) obtenidas a partir de un modelo de control, según una codificación determinada (lenguaje) que por su forma puede ser:

- Literal, o de textos
- Gráfica, o de símbolos

Cada instrucción del programa consta de dos partes: el código de operación, que define qué se debe hacer y el código de los operandos (generalmente identificados por

su dirección), que indican las constantes o variables con las que se debe operar. En definitiva, el usuario introduce su ley de mando en la unidad de programación mediante un programa (secuencia de órdenes) codificado según el lenguaje (conjunto de símbolos).

La unidad de programación compila o convierte el programa a los códigos binarios que realmente son entendibles por el controlador, los transfiere y deposita en la memoria del mismo. Estos códigos binarios, más tarde, se interpretan por el sistema operativo del PLC para poner en funcionamiento los recursos físicos (procesador, interfaces E/S, etc.) necesarios en la ejecución del programa.

- **Lenguajes de Programación**

Un lenguaje de programación es el conjunto de símbolos y textos legibles por la unidad de programación, que le sirven al usuario para codificar, sobre un controlador en particular, las leyes de control deseadas. Un programa es el conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el controlador, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar la secuencia de control deseada.

El lenguaje depende del controlador empleado y de su fabricante, el cuál decide el tipo de unidad de programación (literal, gráfico) y el intérprete que utiliza su máquina. Asimismo el modelo de representación depende del usuario, que lo elige según sus necesidades o conocimientos.

Pese a ello, los lenguajes de programación para los controladores intentan ser lo más parecidos posibles a los modelos de representación usuales, a fin de facilitar la transcripción entre ambos.

2.2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLC

- **PLC de tipo Nano**

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/Q integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/Q, generalmente en un número inferior a 100.

Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

- **Compactos**

Este tipo de PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo

módulo principal y permite manejar desde unas pocas I/O hasta alrededor de 500 I/O, su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de i/o

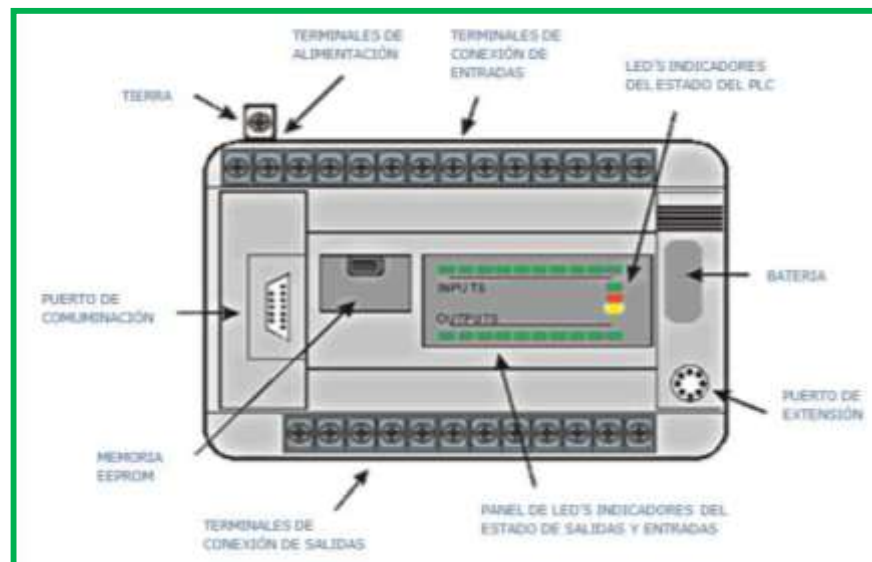


FIGURA Nº 09: ESTRUCTURA DEL PLC COMPACTO

• PLC Modular

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final estos son:

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

Los PLC's modulares generan una gran flexibilidad debido a que cada módulo se instalará de acuerdo a las necesidades que el sistema requiera, permitiendo un cambio o modificación de los módulos de entrada/salida en cualquier momento.



FIGURA Nº 10: ESTRUCTURA DEL PLC MODULAR

2.2.1.4 TIPOS DE SEÑALES UTILIZADAS POR LOS PLCs

Un PLC recibe y transfiere señales eléctricas, expresando así variables físicas finitas (temperatura, presión etc.). De este modo es necesario incluir en el SM un convertidor de señal para recibir y cambiar los valores a variables físicas. Existen tres tipos de señales en un PLC: señales binarias, digitales y analógicas.

- **Señales binarias**

Señal de un bit con dos valores posibles ("0" – nivel bajo, falso o "1" – nivel alto, verdadero), que se codifican por medio de un botón o un interruptor. Una

activación, normalmente abre el contacto correspondiendo con el valor lógico “1”, y una no-activación con el nivel lógico “0”. Los límites de tolerancia se definen con interruptores sin contacto.

Así el IEC 61131 define el rango de -3 - +5 V para el valor lógico “0”, mientras que 11 - 30 V se definen como el valor lógico de “1” (para sensores sin contacto) a 24 V DC. Además, a los 230 V AC, la IEC 61131 define el rango de 0 – 40 V para el valor lógico de “0”, y 164 – 253 V para el valor lógico “1”.

- **Señales digitales**

Se trata de una secuencia de señales binarias, consideradas como una sola. Cada posición de la señal digital se denomina un bit. Los formatos típicos de las señales digitales son: tetrad – 4 bits (raramente utilizado), byte – 8 bits, word – 16 bits, doubleword – 32 bits, doublelongword – 64 bits (raramente utilizado).

- **Señales analógicas**

Son aquellas que poseen valores continuos, es decir, consisten en un número infinito de valores (ej. en el rango de 0 – 10 V). Hoy en día, los PLCs no pueden

procesar señales analógicas reales. De este modo, estas señales deben ser convertidas en señales digitales y vice-versa.

Esta conversión se realiza por medio de SMS analógicos, que contienen ADC. La elevada resolución y precisión de la señal analógica puede conseguirse utilizando más bits en la señal digital. Por ejemplo, una señal analógica típica de 0 – 10 V puede ser con precisión (pasos para la conversión en una señal digital) desde 0.1 V, 0.01 V o 0.001 V de acuerdo al número de bits que vaya a tener la señal digital.

2.2.1.5 PLC LOGO

Con Logo! se resuelven tareas de instalación y del ámbito doméstico como por ejemplo alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc., así como la construcción de armarios eléctricos, máquinas y aparatos como por ejemplo controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua no potable, etc.

Asimismo, Logo! se puede utilizar para controles especiales en invernaderos o jardines de invierno, para

el procesamiento de señales en controles y, mediante la conexión de un módulo de comunicaciones (p. ej., ASi), para el control de máquinas y procesos. Para las aplicaciones en serie en la construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios eléctricos, así como en el sector de instalaciones, existen variantes especiales sin unidad de mando y visualización.

- **Modelos de PLC Logo!**

Logo! Basic está disponible para dos clases de tensión:

- Categoría 1 _ 24 es decir, 12 V DC, 24 V DC, 24 V AC
- Categoría 2 > 24 V, es decir 115...240 V AC/DC

Y a su vez:

- Variante con pantalla: 8 entradas y 4 salidas.
- Variante sin pantalla ("Logo!Pure"): 8 entradas y 4 salidas.

Cada variante está integrada en 4 unidades de división (TE), dispone de una interfaz de ampliación y le facilita 33 funciones básicas y especiales pre programadas para la elaboración de su programa.



Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

TABLA Nº 01: VARIANTES DE LOGO!

Todos los módulos Logo! Basic disponen de las siguientes conexiones para crear el programa, independientemente del número de módulos que se conecten:

- Entradas digitales I1 hasta I24
- Entradas analógicas AI1 hasta AI8
- Salidas digitales Q1 hasta Q16
- Salidas analógicas AQ1 y AQ2
- Marcas digitales M1 hasta M24, M8: marcas de arranque
- Marcas analógicas AM1 hasta AM6

- Bits de registro de desplazamiento S1 hasta S8
- 4 teclas de cursor
- 16 salidas no conectadas X1 hasta X16.

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas
	LOGO! DM 8 12/24R	12/24 V CC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 24	24 V c.c.	4 digitales	4 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R ⁽³⁾	24 V AC/DC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 230R	115...240 V CA/CC	4 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 5A
	LOGO! AM 2	12/24 V CC	2 analógicas 0 ... 10V ó 0 ... 20mA ⁽²⁾	ninguna
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 V DC	2 Pt100 -50 °C hasta +200 °C	ninguna

TABLA Nº 02: VARIANTES DE MODULOS LOGO!

Las variantes 230 de Logo! están indicadas para tensiones eléctricas con un valor nominal de 115 V CA/CC y 240 V CA/CC. Las variantes 24 de Logo! y 9 las variantes 12 de Logo! son adecuadas para 24 V DC, 24 V AC ó bien 12 V DC. Deben observarse al respecto las instrucciones de conexión descritas en la información del producto así como los datos técnicos referentes a las tolerancias de tensión, frecuencias de red y consumo de corriente permitidos. Un corte de la alimentación eléctrica podría ocasionar por ejemplo: en las funciones especiales activadas por flancos, la generación de un

flanco adicional. Los datos del último ciclo ininterrumpido se guardan en Logo!

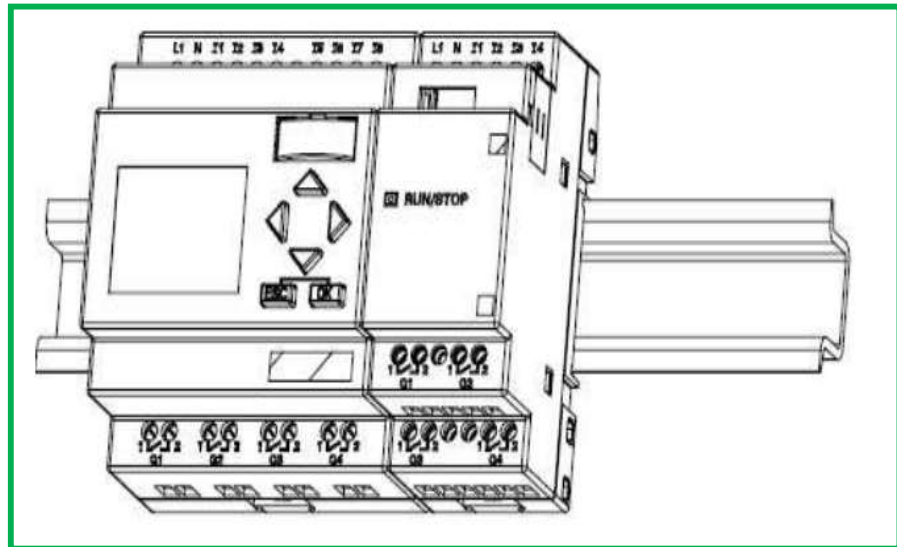


FIGURA Nº 11: LOGO EN RIEL dimm

Las entradas se designan con la letra I y una cifra. En la parte frontal de Logo, se verá los bornes de las entradas. Sólo en los módulos analógicos Logo AM 2 y AM 2 PT100 las entradas están en la parte inferior. Las salidas se designan con la letra Q y una cifra. Los bornes de las salidas se hallan en la parte inferior. En los bornes se identifican todas las conexiones y estados que se pueden utilizar en Logo. Las entradas y salidas pueden tener el estado '0' o el estado '1'. El estado '0' significa que no hay tensión en la entrada. El estado '1' significa que sí hay tensión.

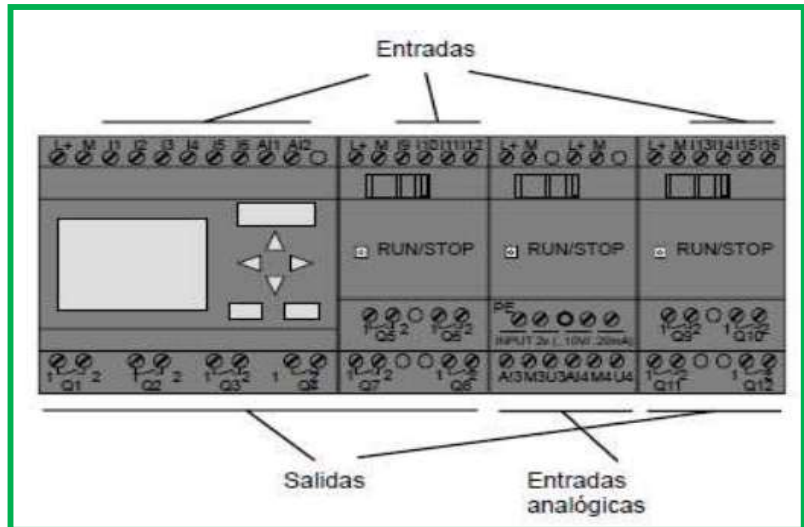


FIGURA Nº 12: BORNES DE LOGO

Puede utilizar las 4 teclas de cursor (C=cursor). Las teclas de cursor se programan del mismo modo que las demás entradas en un programa. Las teclas de cursor se activan en un display específico en modo RUN y en un texto de aviso activado (ESC + tecla deseada).

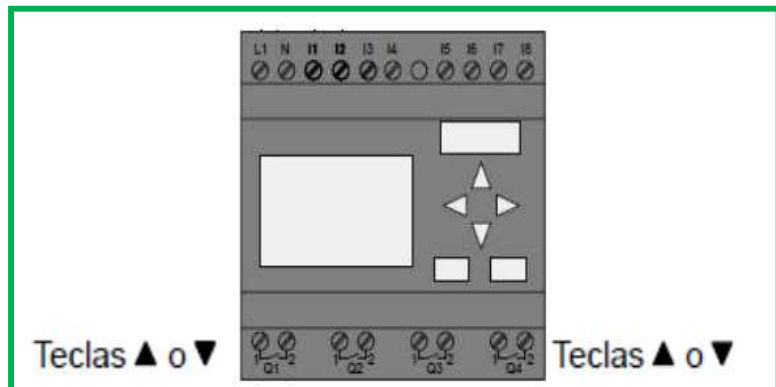


FIGURA Nº 13: CURSORES DE LOGO



FIGURA Nº 14: DISPLAY DE LOGO!

2.2.2 AUTOMATIZACION EN LA INDUSTRIA DE PINTURA

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

El concepto de proceso está claramente relacionado con los conceptos de productos, programas, así como con la planificación de plantas. La estructura organizativa de la empresa debe contar con una clara relación entre estos conceptos, y para ello el ciclo de diseño está basado en la idea de ingeniería concurrente en la que diversos equipos desarrollan de forma coordinada cada uno de los diseños. En concreto es relevante centrarse en qué se va a producir, cómo y cuándo se fabricarán los productos, qué cantidad de producto debe fabricarse, así como especificar el tiempo empleado y el lugar en que se llevarán a cabo dichas operaciones.

En este punto es necesario hacer un breve inciso sobre los tipos de industria existentes y los problemas de control que se plantean en cada tipo de industria. Las industrias relacionadas con la automatización son básicamente la industria manufacturera y la industria de procesos. La industria manufacturera (discretepartsmanufacturing) se caracteriza por la presencia de

máquinas herramienta de control numérico por ordenador como núcleo de sistemas de fabricación flexible. En esta industria, destaca el uso de estaciones robotizadas en tareas de soldadura al arco o por puntos, pintura, montaje, etc., de forma que en la actualidad la necesidad de automatización es elevada si se desea ofrecer productos de calidad en un entorno competitivo.

2.2.2.1 INDUSTRIA ELABORADORA DE PINTURA

La industria de pinturas elabora una amplia gama de productos, entre los que destacan las pinturas (base agua o solvente), barnices, lacas y esmaltes. Estos productos presentan una amplia clasificación de acuerdo a su uso, ya sea industrial (minería, industria pesada, construcción naval, industria en general) o decorativo (arquitectónico, uso doméstico). También son clasificados según el vehículo o disolvente base (agua o solvente), que se evapora luego de la aplicación del producto.

Existen también otros recubrimientos o pinturas especiales, de tipo no volátil, los que se clasifican de acuerdo al método de curado o endurecimiento. Estos incluyen las pinturas en polvo, recubrimientos curados por radiación y pinturas catalizadas. Según lo anterior, el

mercado que atiende el sector Pinturas se encuentra principalmente en:

- **Sector industrial**

- Industria automotriz y del transporte.
- Industria de electrodomésticos, de artículos eléctricos/electrónicos.
- Industria de grifería y sanitarios. ⇒ Industria de muebles.
- Industria de la construcción.

- **Sector doméstico (pinturas decorativas)**

Además de las pinturas en base agua o solvente, las empresas también elaboran productos en pasta (masillas y pinturas en pastas texturales), pinturas en polvo (de fabricación propia o importada) y algunas de las resinas requeridas como materia prima para la pintura.

Las empresas han diversificado su mercado para dar una atención integral a sus clientes, es por ello que además elaboran aditivos para preparación de superficies previo al pintado y también envasan solventes para ser usados como diluyentes del producto principal.

2.2.2.2 ANTECEDENTES DE PRODUCCION

- **Materias primas**

Genéricamente, los materiales o sustancias utilizadas en la elaboración de pinturas pueden agruparse en cuatro categorías de materias primas: pigmentos, aglutinantes, solventes y aditivos menores. Los pigmentos son productos en polvo, insolubles por si solos en el medio líquido de la pintura; sus funciones son suministrar color y poder cubridor, contribuir a las propiedades anticorrosivas del producto y darle estabilidad frente a diferentes condiciones ambientales y agentes químicos.

Los agentes aglutinantes son sustancias normalmente orgánicas, cuya función principal es dar protección; se pueden utilizar en forma sólida, disueltos o dispersos en solventes orgánicos volátiles, en solución acuosa o emulsionados en agua. Estas sustancias comprenden los aceites secantes, resinas naturales y resinas sintéticas.

Los solventes, o vehículos volátiles son sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura. La variedad de solventes que ocupa este tipo de industria es muy amplia pero, a

pesar de ello, su uso se ha visto disminuido en los últimos años, debido a restricciones de tipo ambiental y de costo, especialmente en el caso de los solventes clorados.

Los aditivos menores son sustancias añadidas en pequeñas dosis para desempeñar funciones específicas, que no cumplen los ingredientes principales. Entre los más utilizados se encuentran los materiales secantes, plastificantes y antisedimentables.

MATERIA PRIMA	UNIDAD	FACTOR DE CONSUMO
Solventes (principalmente aguarrás)	lt/ton pint.	160
Dióxido de titanio (pimento)	kg/ton pint.	43
Resina	kg/ton pint.	16

TABLA Nº 03: PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURAS

- **Proceso de producción**

La gama de productos elaborados es muy amplia, incluyendo pinturas en base agua (látex) y en base a solventes (óleo), barnices, lacas, impermeabilizantes y anticorrosivos, pinturas marinas, automotrices, industriales, etc. A nivel nacional, la industria de pinturas sigue el mismo esquema de procesamiento que se utiliza a nivel mundial, considerando similares etapas de proceso para ambos tipos de pinturas.

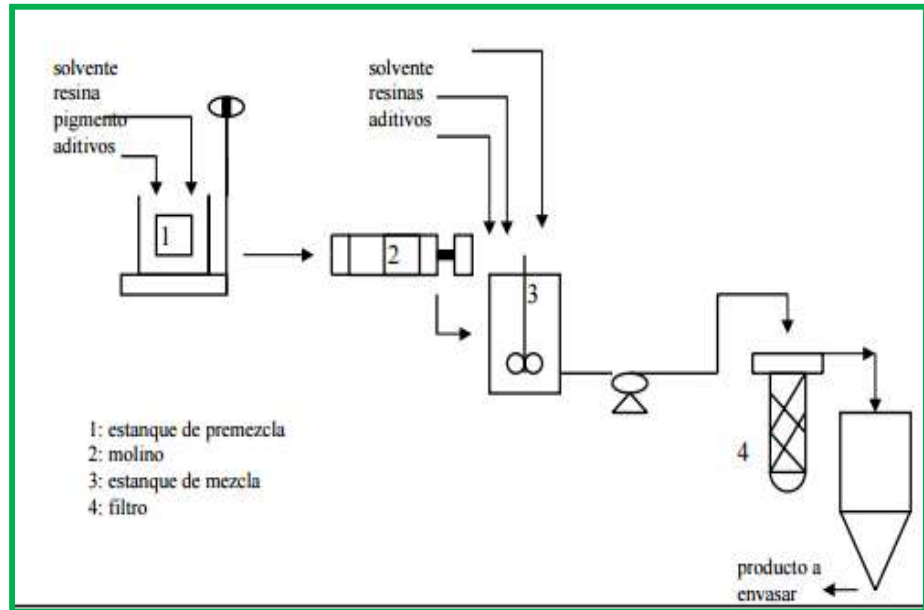


FIGURA Nº 15: DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PINTURAS BASE SOLVENTE

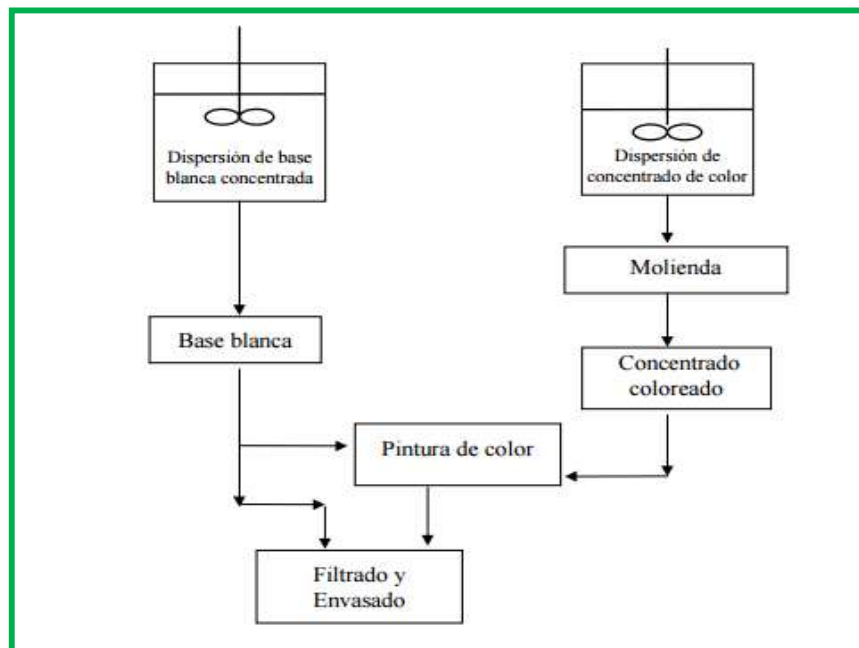


FIGURA Nº 16: SUBPROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURAS

Tipo de pintura	Vehículo sólido	Disolvente	Tipo de pigmentos	Usos
Alquídicas de secado al aire	Resina gliceroftálica con aceites secantes	Aguarrás	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno • Amarillo zinc 	• Decoración anticorrosiva
Alquídicas de secado al horno	R. oleo-gliceroftálica + melamino-formol	Tolueno-xileno Butanol	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Automotriz • Electrodomésticos
Vinílicas	Polivinil-butiral	Tolueno	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo zinc 	• Anticorrosivos
Celulósicas (lacas)	Nitrocelulosa modificada con resinas y plastificante	Acetato de etilo Ciclohexanona Etilacetona	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno 	• Decoración de muebles, automotriz
Cloro-caucho	Caucho clorado	Xileno Tolueno	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo zinc 	<ul style="list-style-type: none"> • Pinturas ignífugas • Rev. Antiácidos, antiherrumbre
Poliuretano	Poliéster y poliisocianato	Cetonas, acetato de etilglicol, acetato de butilo	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo cromo • Rojo molibdeno • Amarillo zinc 	Pinturas marinas y para hormigón, protectoras de hierro y aluminio
Epóxicas	Poliamida o poliamina con resina	Esteres, cetonas, alcoholes, glicoles		Pinturas marinas, revest. Estanques

TABLA Nº 04: PINTURAS EN BASE A SOLVENTES

Tipo de pintura	Vehículo sólido	Disolvente	Tipos de pigmentos	Usos
Plásticas	Acetato de polivinilo	Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Óxido de cromo • Azul ultramar. 	Decoración de paredes interiores y exteriores
Acrílicas	Acrilatos	Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Óxido de cromo • Azul ultramar. 	Decoración, madera, metal interiores y exteriores

TABLA Nº 05: PINTURAS EN BASE AGUA

PRODUCTO	COMPONENTE
Esmaltes:	<ul style="list-style-type: none"> • Alquídico • Alquídicosilicona • Epóxico • Vinílico
Anticorrosivos:	<ul style="list-style-type: none"> • Epóxicos • Cr-Zn • Epoxiamina

TABLA Nº 06: CLASIFICACIÓN DE LAS PINTURAS INDUSTRIALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU COMPONENTE

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- Acetatos: Son productos obtenidos por reacción del ácido acético con la gama de los alcoholes.
- Adherencia: Se llama así a la capacidad o facilidad de una película de pintura para unirse fuertemente a la superficie sobre la que se aplica, sea ésta un material desnudo o una pintura anterior ya seca.
- Alcalinidad: En Química se llaman "bases" a los productos que son opuestos a los "ácidos". Las "bases" más activas son las derivadas de los metales llamados "alcalinos", es decir, el sodio, el potasio, el calcio.
- Analógico: Dispositivo, circuito o sistema electrónico que procesa señales eléctricas que toman infinitos valores dentro de un intervalo, y que reciben el nombre de señales analógicas.
- Autómata: Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.
- Autómata programable: Equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.
- Bit: Del Inglés binary digit. Unidad elemental de información representada por un símbolo con dos valores, generalmente denotados por 0 y 1, asociados a los dos estados posibles de un dispositivo.
- Bus: Dispositivo no cíclico cuyo fin es asegurar las transferencias de información simultáneas entre diferentes subconjuntos de un sistema informático según sus especificaciones físicas y lógicas comunes.

- Densidad: Número que expresa cuanto más pesa esa pintura con relación al agua, que por definición se ha tomado siempre como de densidad 1.
- Digital: Área de la electrónica que estudia los sistemas electrónicos que procesar señales eléctricas que toman sólo dos valores asignados a los dígitos 0 y 1, y reciben el nombre de señales digitales.
- Memoria: Dispositivo, o sistema, dedicado a almacenar datos.
- Mezclador: Circuito con uno, o varios, amplificadores operacionales que puede tener una ganancia de tensión diferente para cada una de las señales de entrada.
- Microcontrolador: Microprocesador que comprende elementos fijos, como la unidad central y sus memorias, y elementos personalizados en función de la aplicación.
- Microprocesador: Circuito electrónico que actúa como unidad central de proceso de un computador, proporcionando el control de las operaciones de cálculo. Los microprocesadores también se utilizan en otros sistemas informáticos avanzados, como impresoras, automóviles o aviones.
- PLC: Equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.
- RAM (Memoria de acceso aleatorio): En informática, memoria basada en semiconductores que puede ser leída y escrita por el microprocesador u otros dispositivos de hardware.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO

El esquema representa un proceso de mezclado de insumos para generar pasta base de pintura. En la parte superior del mezclador hay dos tuberías por donde se suministra solvente y resina. En la parte inferior se aprecia una sola tubería que transporta la pasta base preparada. El automatismo a desarrollar está basado en la siguiente secuencia de accionamiento:

- ✚ Se enciende la bomba 1, la cual permite suministrar solvente al tanque.
- ✚ Se enciende la bomba 2, la cual permite suministrar resina al tanque.
- ✚ Se supervisa el nivel del tanque, lo cual apagará las bombas cuando hasta cuando detecte el sensor discreto de nivel superior.
- ✚ Seguidamente arrancar el proceso de mezclado y simultáneamente aperturar la válvula de vapor, para dar inicio al proceso de calefacción.
- ✚ Finalmente se aperturará de forma simultánea la válvula y la bomba de vaciado, proporcionando el producto final.

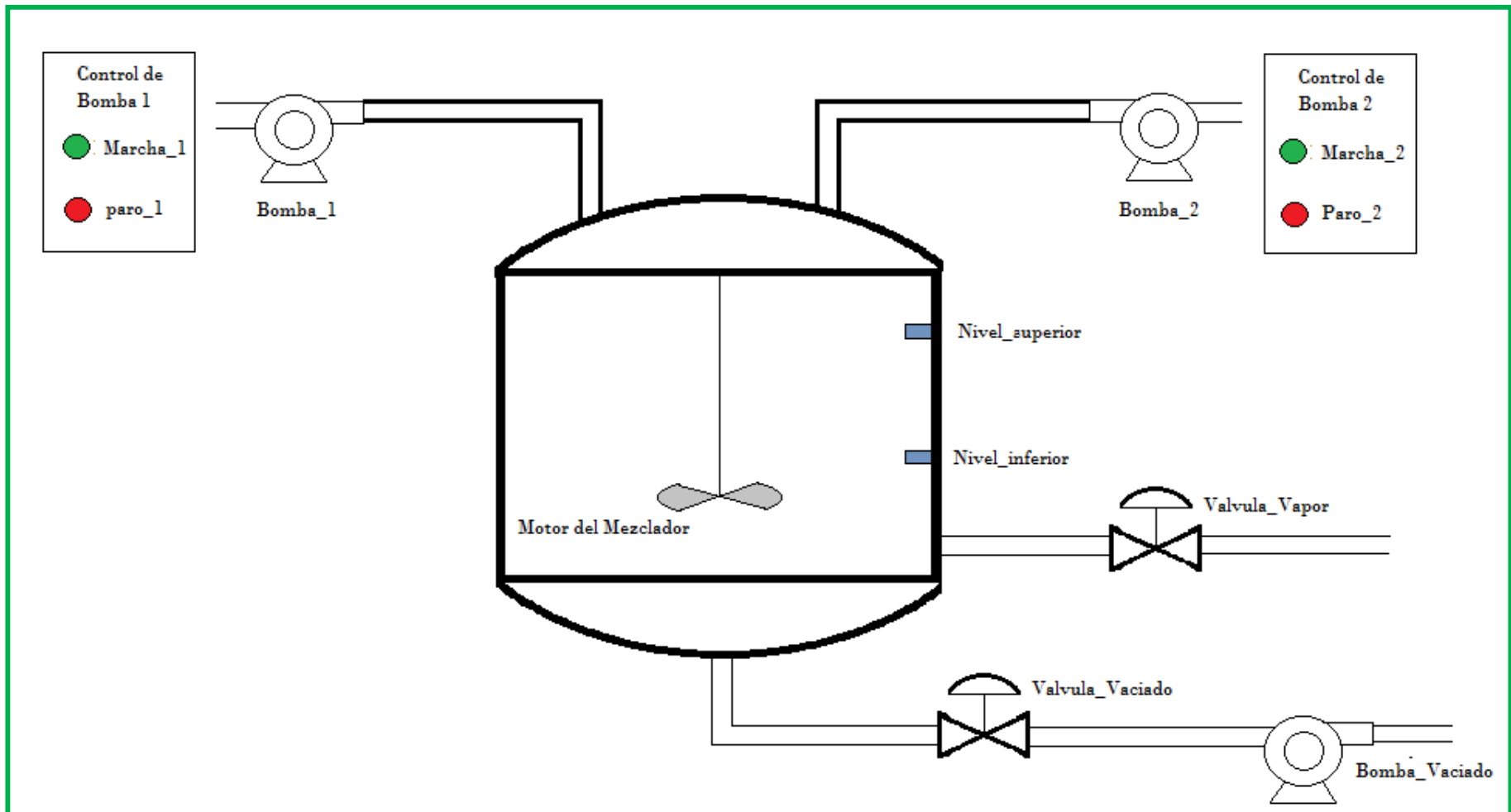


FIGURA N° 17: ESQUEMA DEL PROCESO DE MEZCLADO DE PINTURA A AUTOMATIZAR

Con la finalidad de establecer una relación entre los elementos captadores de señal, los actuadores y el controlador lógico programable, se muestran a continuación las siguientes tablas:

ENTRADAS DEL PROCESO		
N°	SENSOR	DENOMINACIÓN
1	Pulsador Marcha_1	PM1
2	Pulsador Marcha_2	PM2
3	Pulsador de paro_1	PP1
4	Pulsador de paro_2	PP2
5	Sensor Nivel_Superior	S_sup
6	Sensor Nivel_Inferior	S_inf
7	Pulsador Reset del Contador	PR

TABLA N° 07: ENTRADAS DEL PROCESO

SALIDAS DEL PROCESO		
N°	ACTUADOR	DENOMINACIÓN
1	Bomba_1	KM1
2	Bomba_2	KM2
3	Motor_Mezclador	KM3
4	Valvula_Vapor	KM4
5	Valvula_Vaciado	KM5
6	Bomba_Vaciado	KM6

TABLA N° 08: SALIDAS DEL PROCESO

DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS		
N°	ENTRADAS DEL PROCESO	ENTRADAS DEL PLC
1	Pulsador Marcha_1	I1 (1 bit)
2	Pulsador Marcha_2	I2 (1 bit)
3	Pulsador de paro_1	I3 (1 bit)
4	Pulsador de paro_2	I4 (1 bit)
5	Sensor Nivel_Superior	I5 (1 bit)
6	Sensor Nivel_Inferior	I6 (1 bit)
7	Pulsador Reset del Contador	I7 (1 bit)

TABLA N° 09: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS

DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS		
N°	SALIDAS DEL PROCESO	SALIDAS DEL PLC
1	Bomba_1	Q1 (1bit)
2	Bomba_2	Q2 (1bit)
3	Motor_Mezclador	Q3 (1bit)
4	Válvula_Vapor	Q4 (1bit)
5	Válvula_Vaciado	Q5 (1bit)
6	Bomba_Vaciado	Q6 (1bit)

TABLA N° 10: DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS

El automatismo del Procesos de mezcla a través del PLC se logrará mediante la esquematización del circuito de control bajo el enfoque de la lógica cableada y del circuito de conexión controlador.

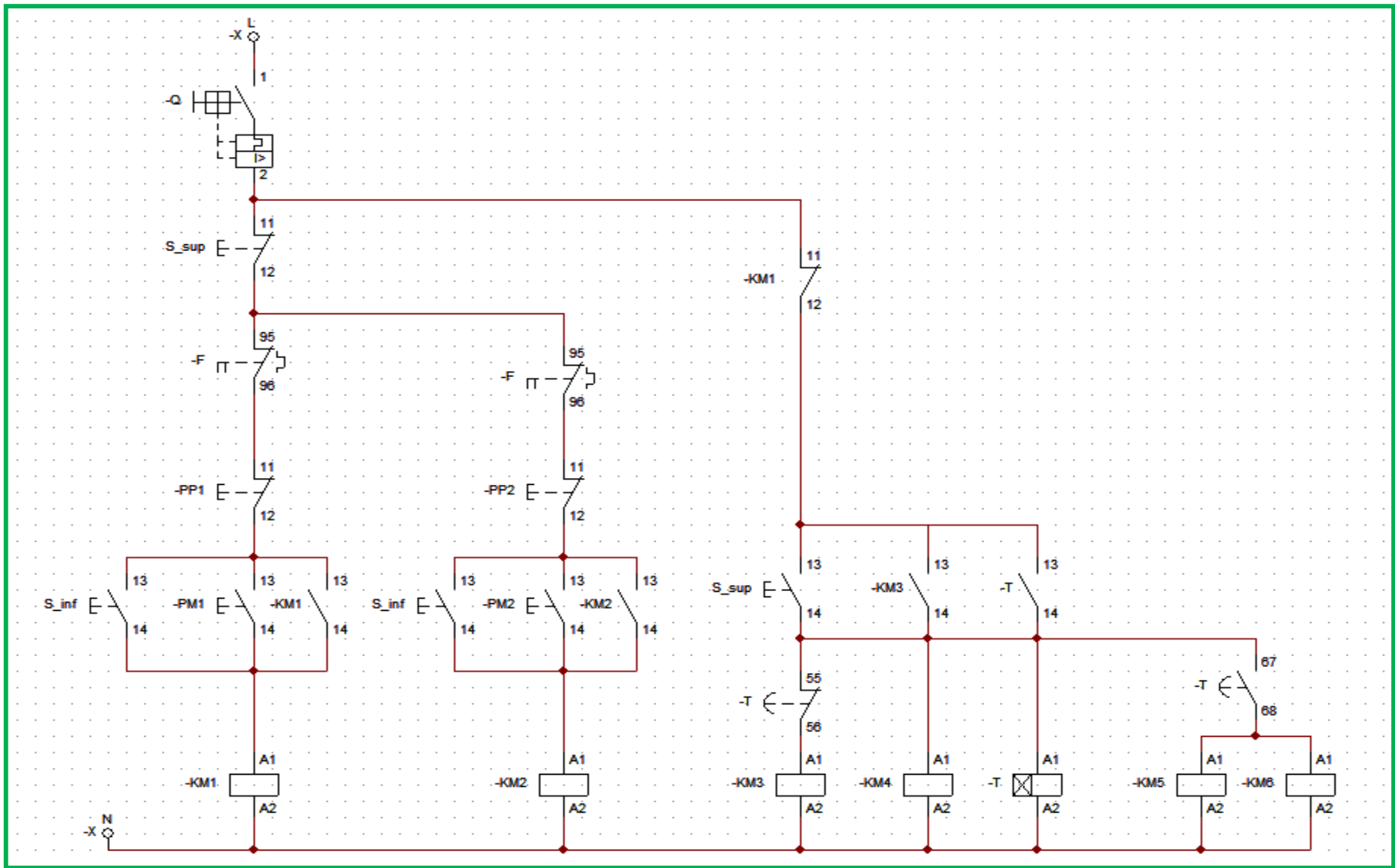


FIGURA N° 18: CIRCUITO DE CONTROL MEDIANTE LÓGICA CABLEADA

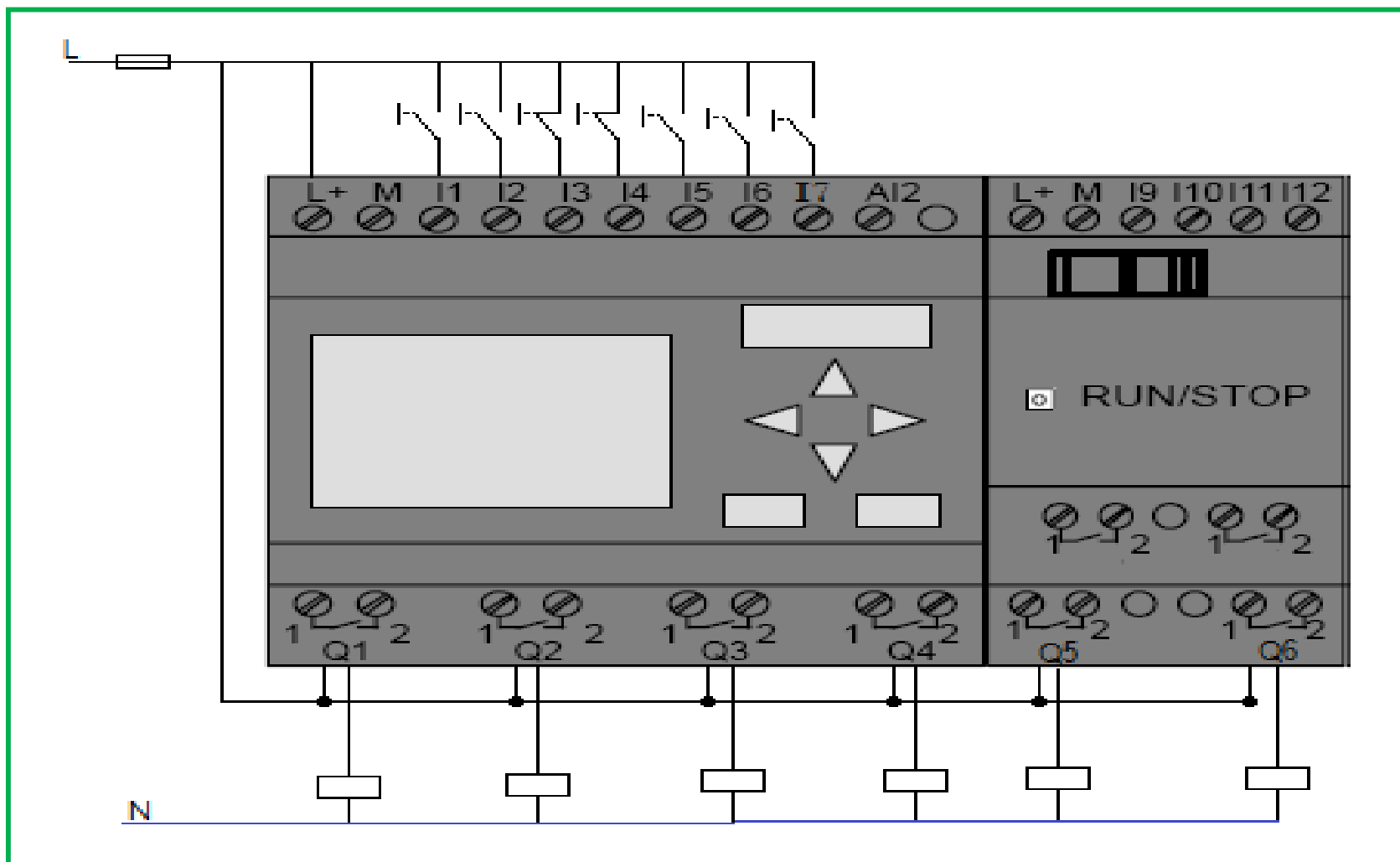


FIGURA N° 19: CIRCUITO DE CONEXIÓN AL CONTROLADOR

3.2 DESARROLLO DELA PROGRAMACIÓN DEL AUTOMATISMO

A continuación realizo la programación para el automatismo propuesto:

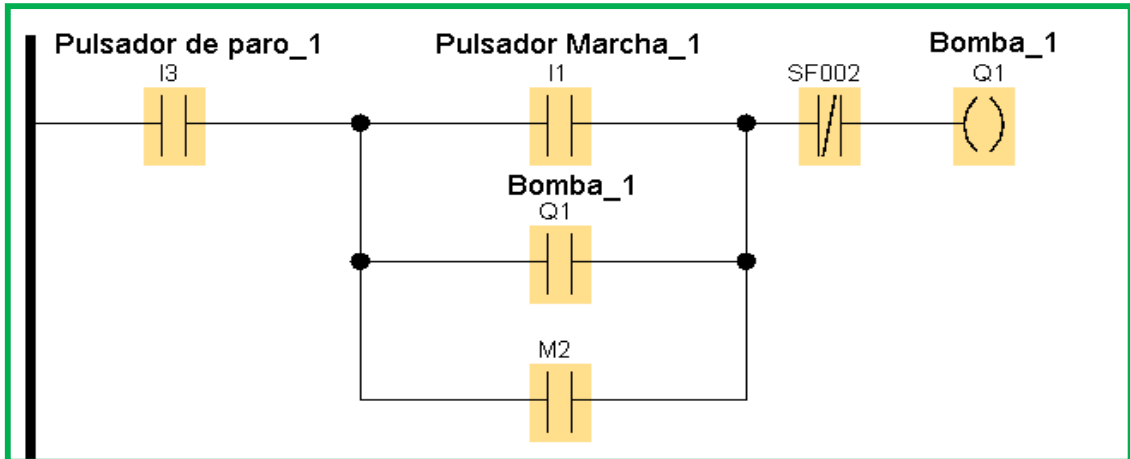


FIGURA N° 20: PROGRAMACIÓN DE LA ACTIVACION DE LA BOMBA 1

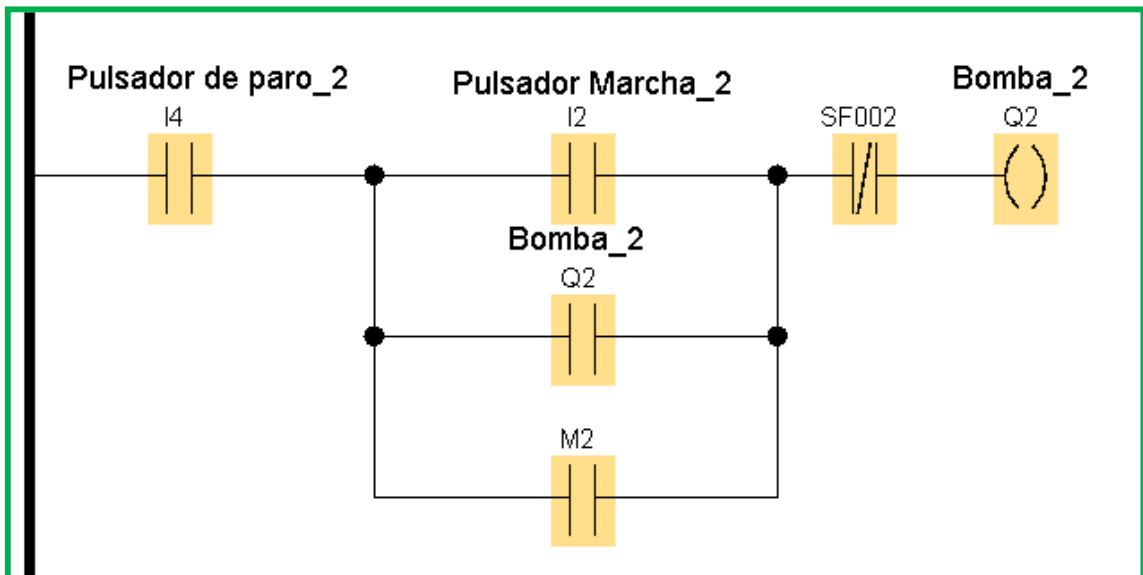


FIGURA N° 21: PROGRAMACIÓN DE LA ACTIVACION DE LA BOMBA 2

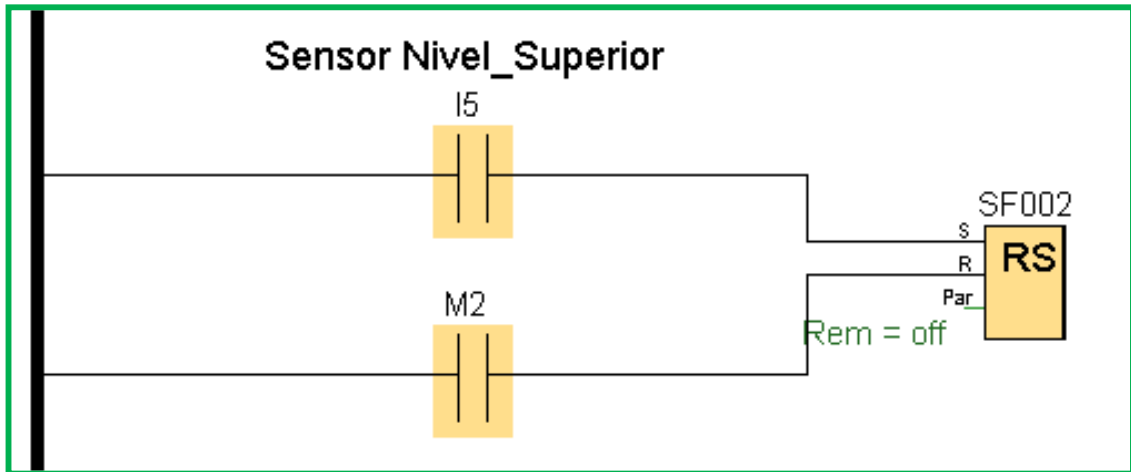


FIGURA N° 22: PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE NIVEL SUPERIOR

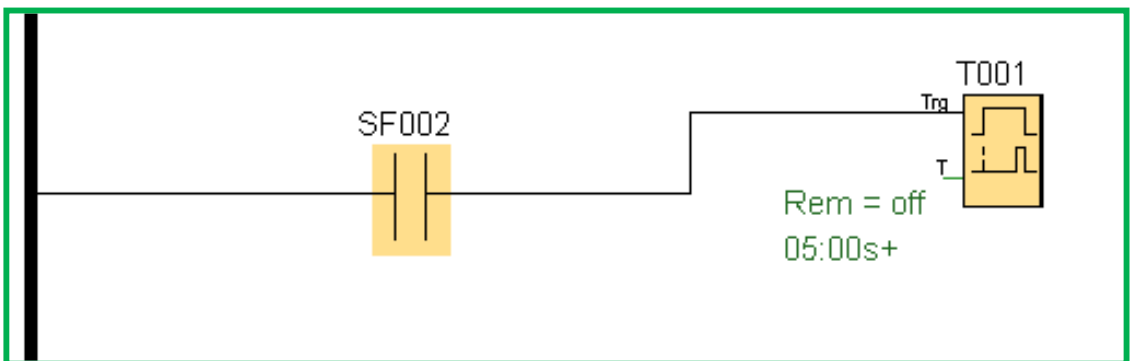


FIGURA N° 23: PROGRAMACIÓN DEL TEMPORIZADOR CUANDO SE ALCANCE EL NIVEL SUPERIOR

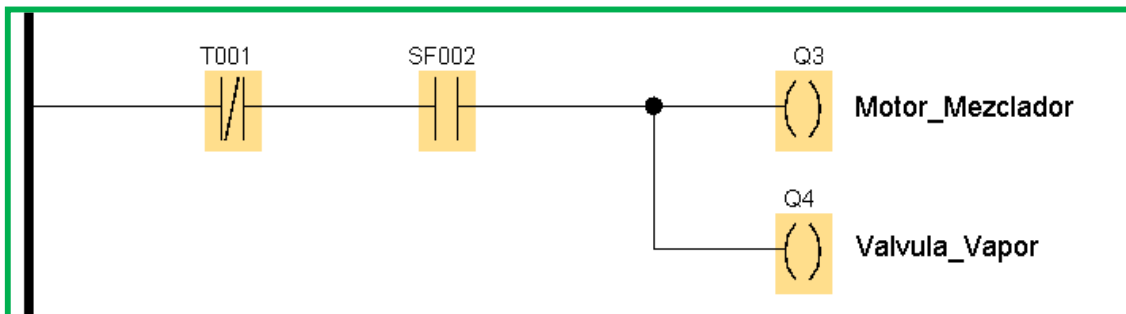


FIGURA N° 24: PROGRAMACIÓN DEL ARRANQUE DEL MOTOR PARA EL MEZCLADO Y ACTIVACION DE LA VALVULA DE VAPOR

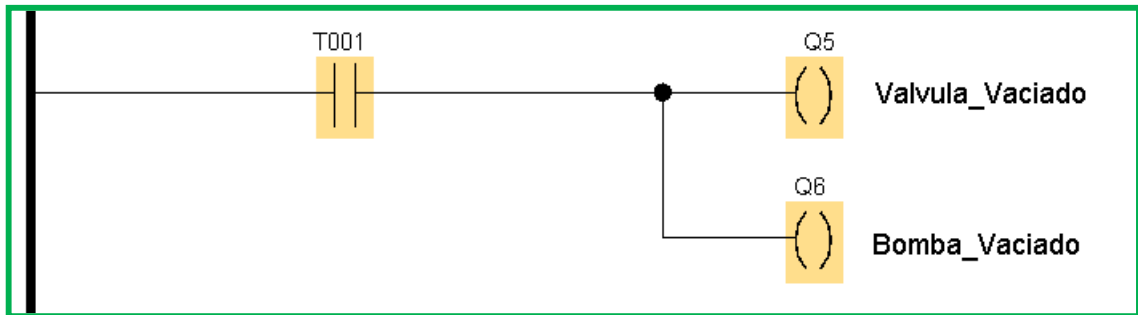


FIGURA N° 25: PROGRAMACIÓN PARA LA APERTURA DE LA VÁLVULA Y LA BOMBA DE VACIADO

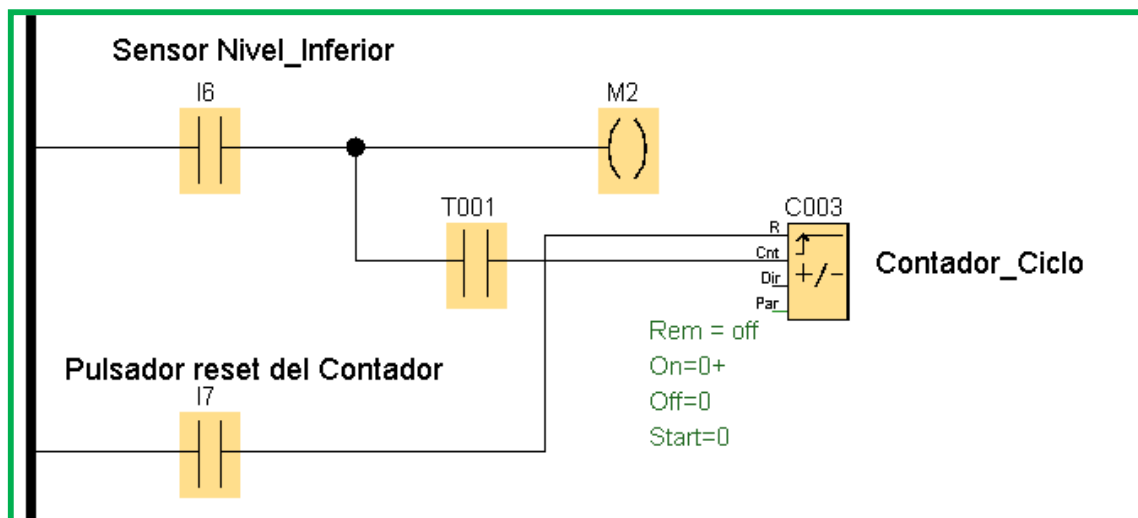


FIGURA N° 26: PROGRAMACIÓN PARA EL CONTEO DE CICLO CON LA OPCIÓN DE RESET

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

En la ejecución del programa de automatización del controlador Lógico Programable LOGO 230 RC, se obtiene los siguientes resultados:

RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 1:

Al pulsar I1 se ha activado Q1 mediante un circuito de enclavamiento igualmente sucede al pulsar I2 se activa Q2, empezando el proceso de Llenado de pintura.

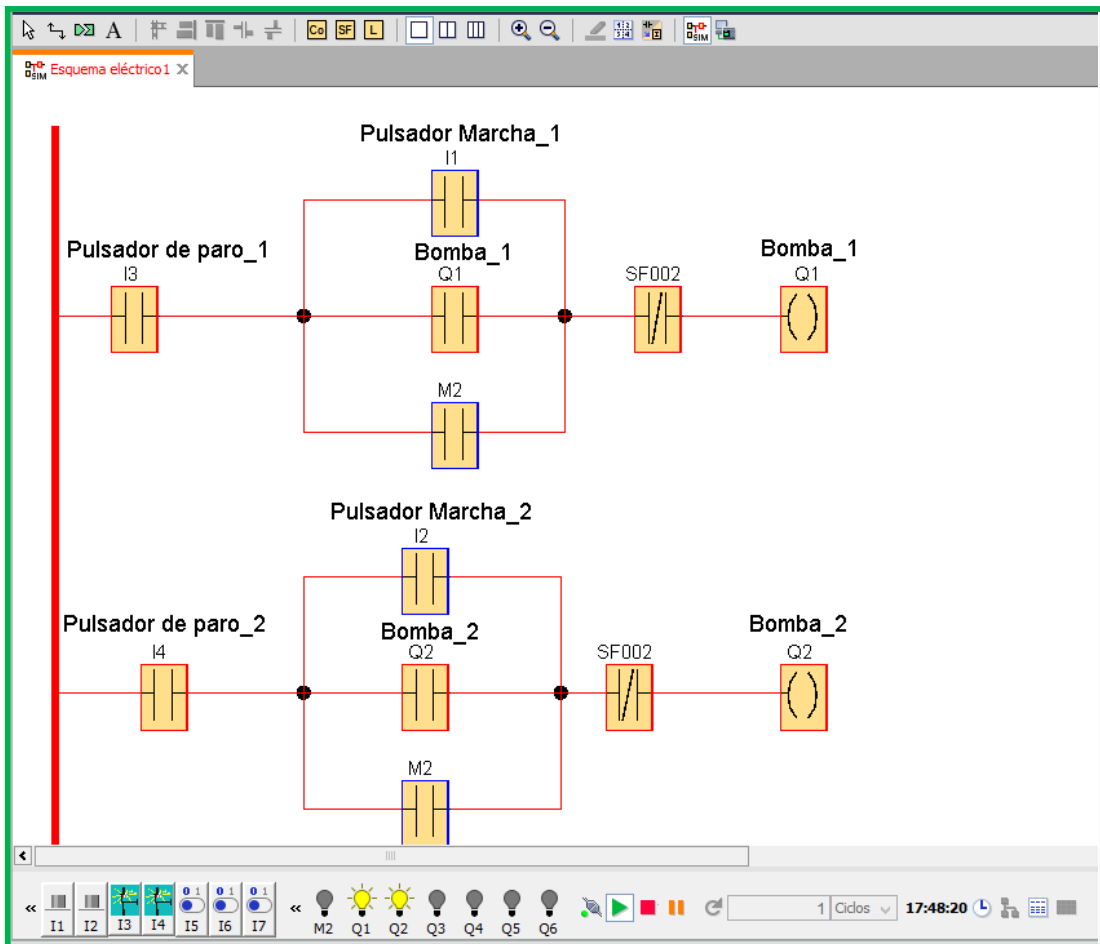


FIGURA N° 27: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 1

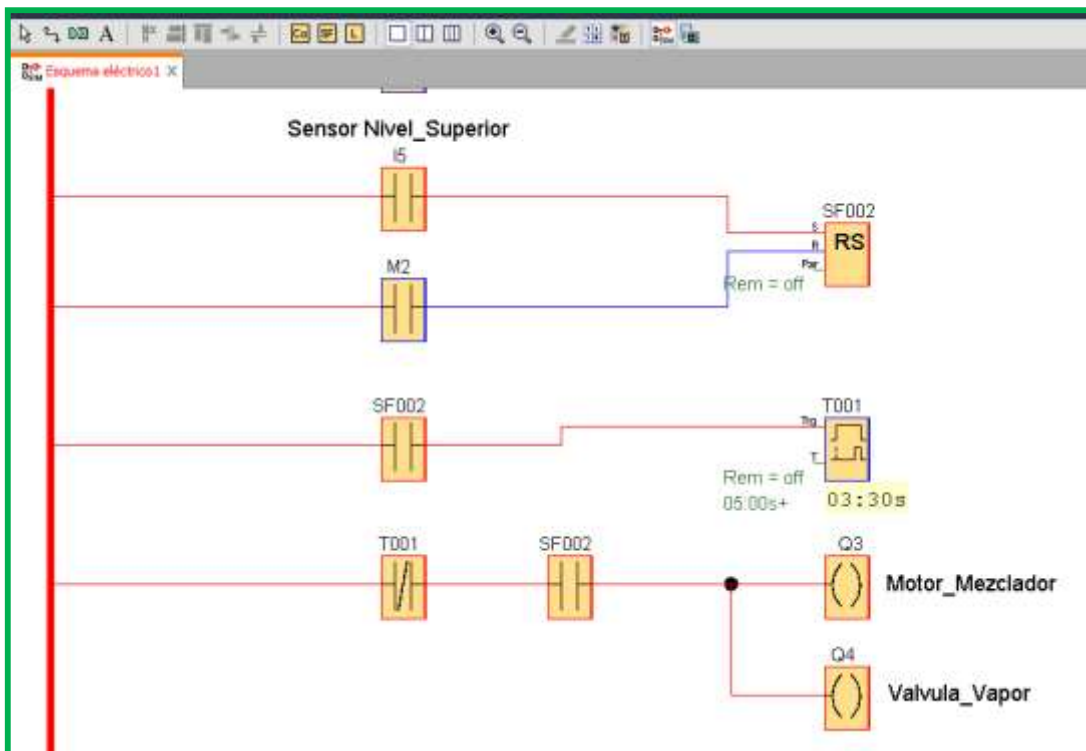


FIGURA N° 28: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 2

RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 2:

En la figura anterior se observa que cuando la mezcla llega al nivel superior se activa el temporizador y a la vez las salidas Q3 y Q4, representando al mezclador y a la válvula de calefacción.

RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 3:

En la siguiente figura se observa que luego de transcurrido el tiempo de 5 minutos (Valor obtenido definido experimentalmente) se desactiva la salida Q3 y Q4 del Controlador Lógico Programable, y dando lugar a la activación de la bomba y válvula de vaciado.

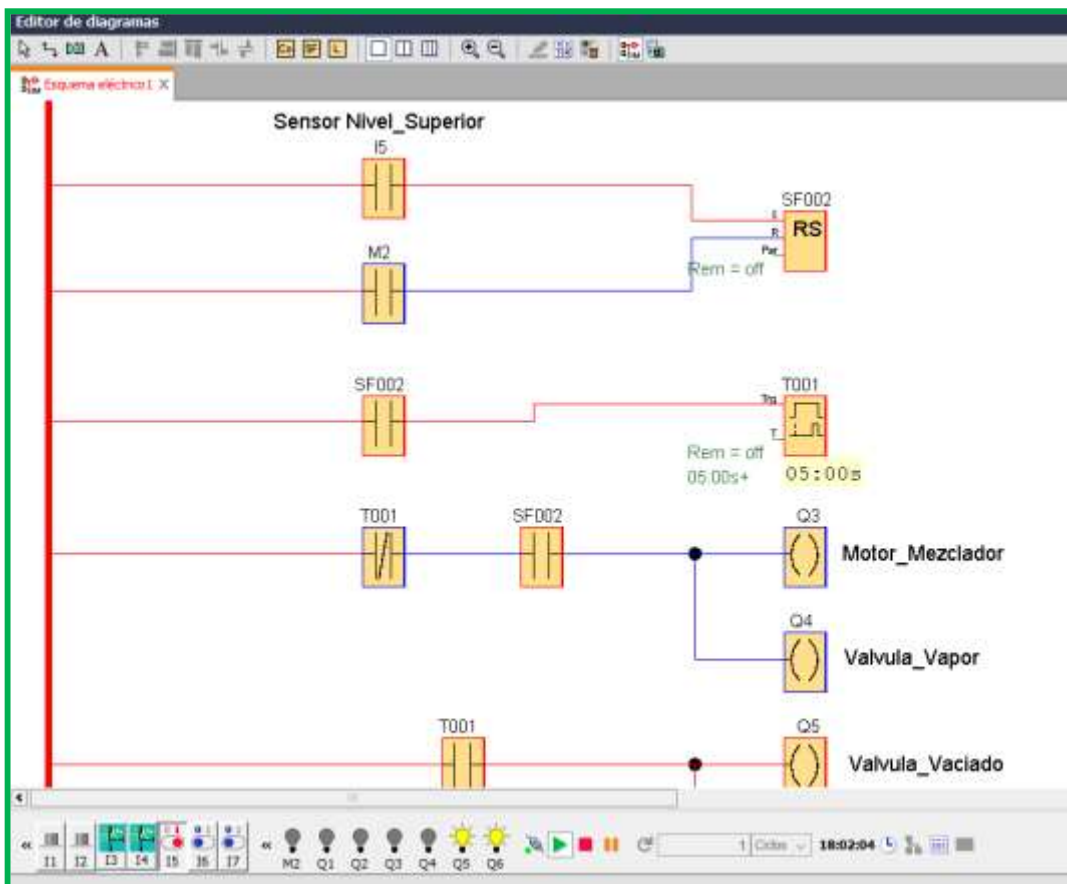


FIGURA N° 29: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 3

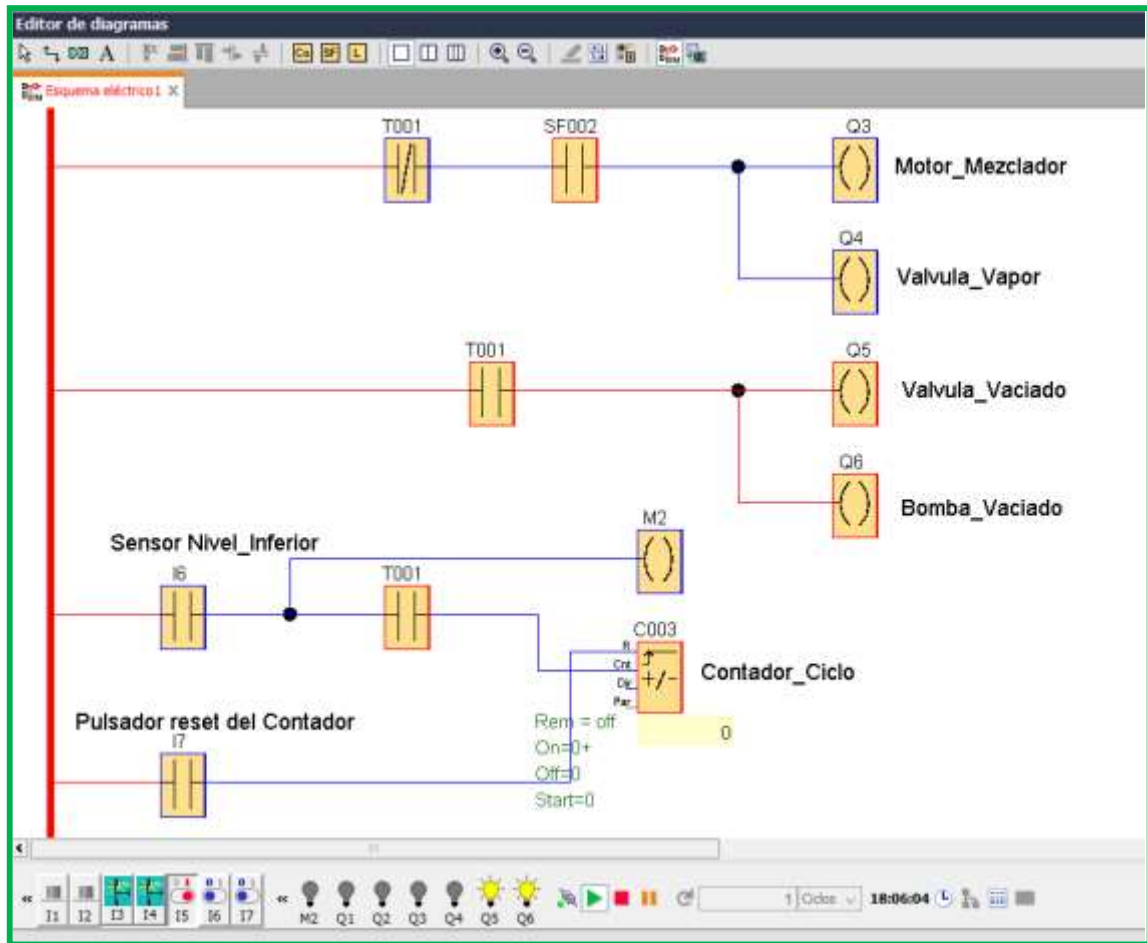


FIGURA N° 30: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 4

RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 4:

En la figura anterior se observa que el tanque de mezcla de pintura se va vaciando, cuando llegue al nivel inferior se volverá activar Q1 y Q2 y así se repetirá el proceso cíclicamente.

RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 5:

En la siguiente figura se muestra que al ser activado el sensor de nivel inferior dará un pulso al bloque C003 que es un contador que monitorea cada ciclo del proceso. El pulsador de Reset hace que el contador retorne a su posición de conteo 0.

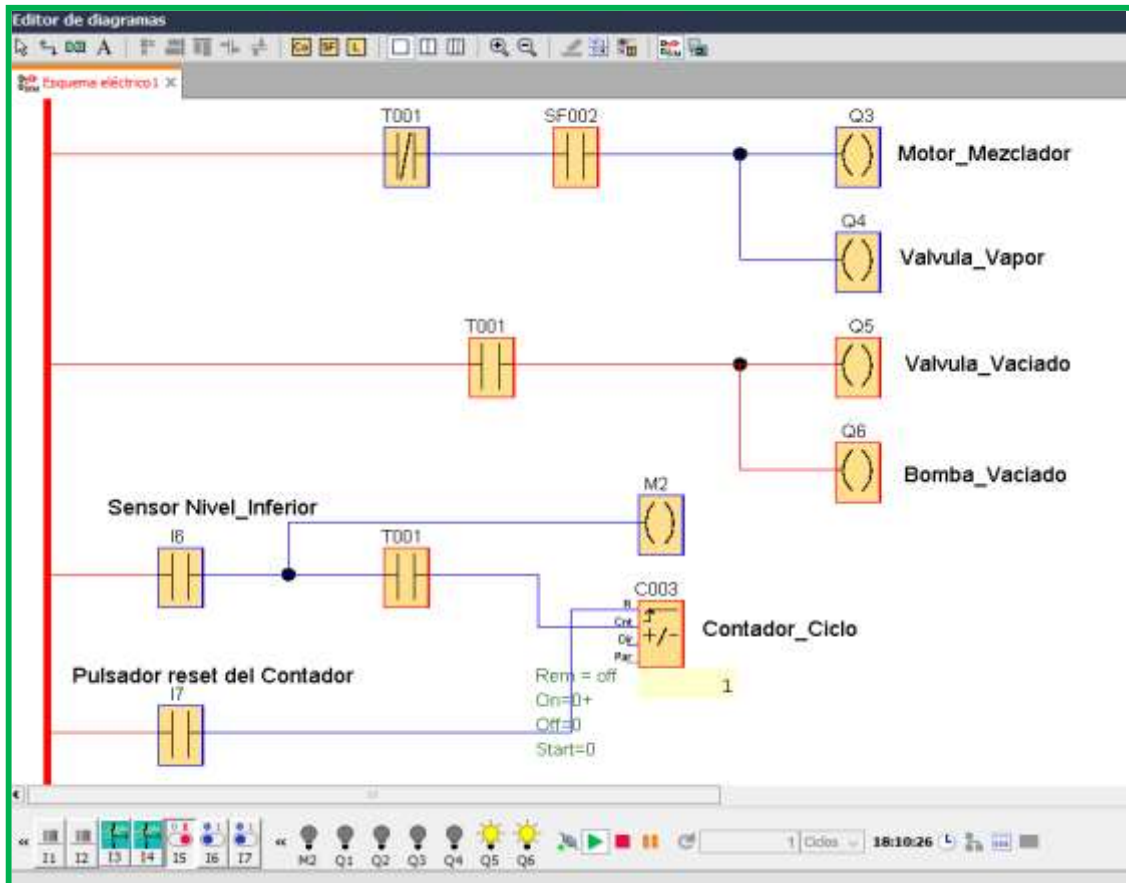


FIGURA N° 31: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN 5

Según información proporcionada por la misma Empresa Hach S.A.C, los tiempos muertos (TM) antes de automatizar el sistema de mezclado de pinturas está representado por el siguiente diagrama.

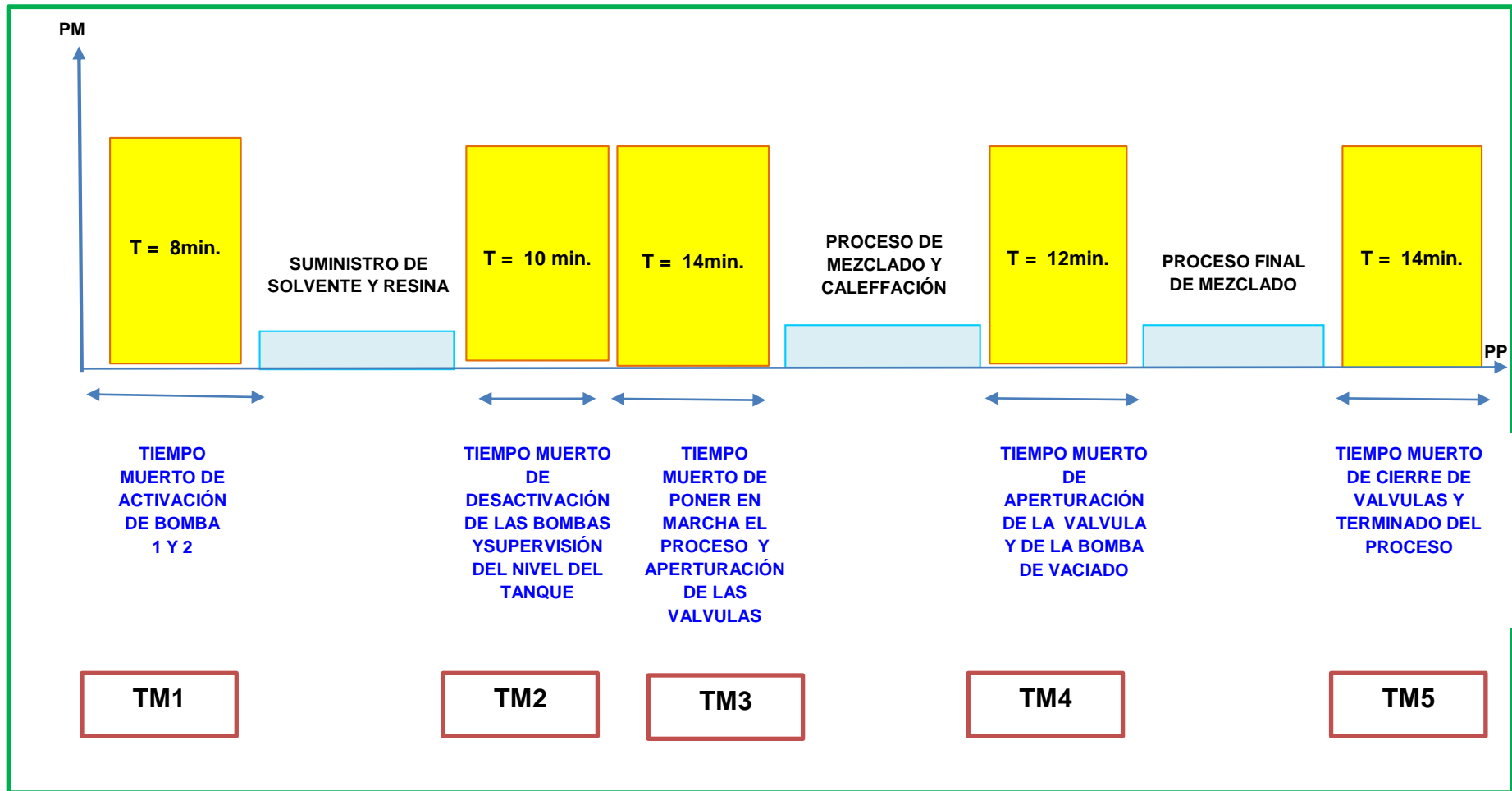


FIGURA Nº 32: DIAGRAMA DE LOS TIEMPOS MUERTOS ANTES DE AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE MEZCLADO DE PINTURAS

El total de tiempos muertos antes de automatizar el sistema de mezclado de pintura, responde a la siguiente tabla:

TIEMPO MUERTO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN		
#		TIEMPO (min)
TM1	TIEMPO MUERTO DE ACTIVACIÓN DE BOMBA 1 Y 2	8min
TM2	TIEMPO MUERTO DE DESACTIVACIÓN DE LAS BOMBAS Y SUPERVISIÓN DEL NIVEL DEL TANQUE	10min
TM3	TIEMPO MUERTO DE PONER EN MARCHA EL PROCESO Y APERTURACIÓN DE LAS VALVULAS	14min
TM4	TIEMPO MUERTO DE APERTURACIÓN DE LA VALVULA Y DE LA BOMBA DE VACIADO	12min
TM5	TIEMPO MUERTO DE CIERRE DE VALVULAS Y TERMINADO DEL PROCESO	14min
	TOTAL	58min

TABLA Nº 11: TOTAL DE TIEMPOS MUERTOS ANTES DE AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE MEZCLADO DE PINTURAS

El tiempo muerto total antes de la implementación era de 58min. Puesto en marcha el nuevo sistema automatizado en el sistema de mezclado de pintura en la Empresa Hach S.A.C, mediante el Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230RC, a continuación en el siguiente diagrama se presenta los resultados obtenidos en relación a la reducción de los tiempos muertos.

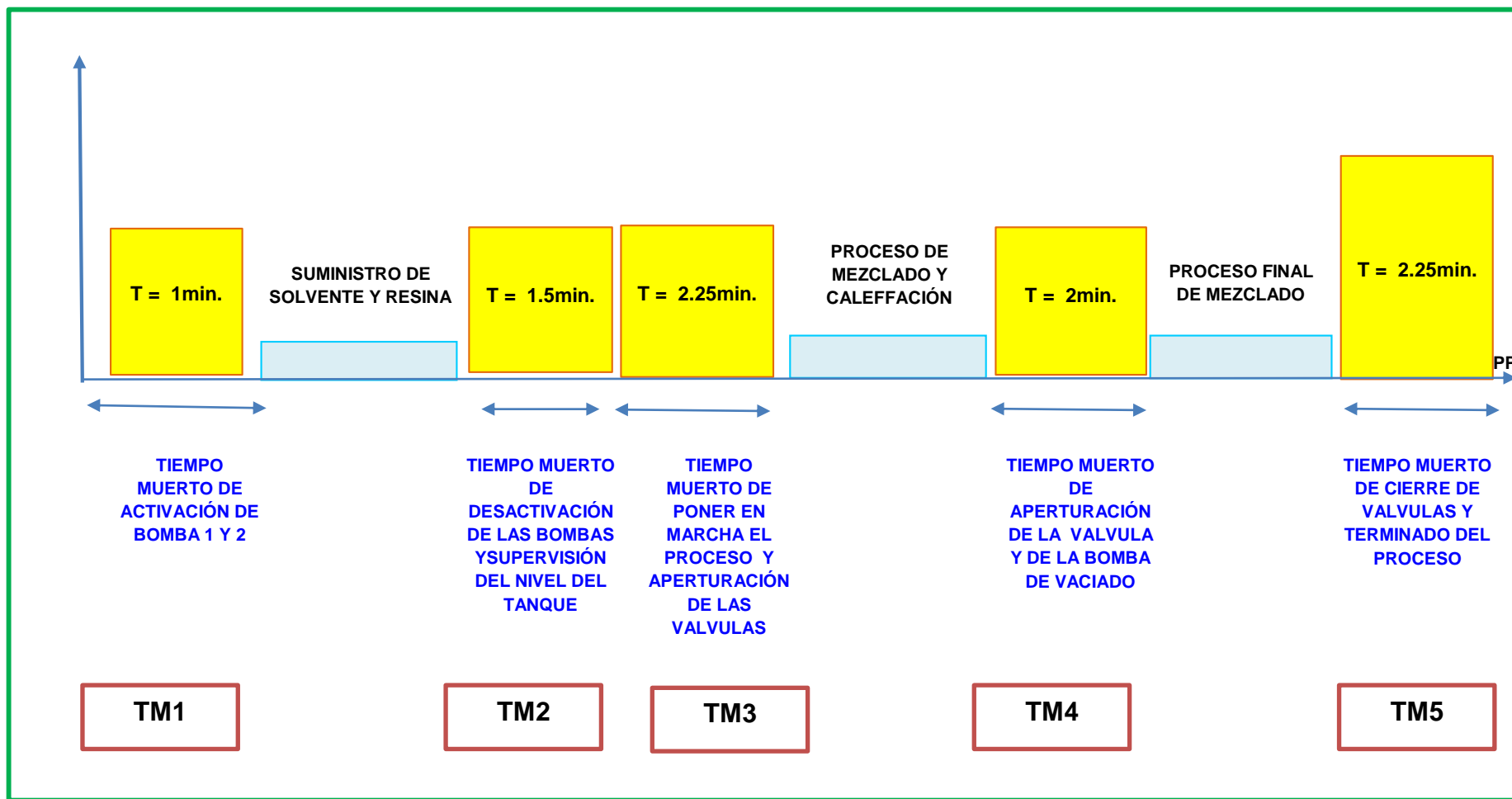


FIGURA Nº 33: DIAGRAMA DE LA REDUCCIÓN DE LOS TIEMPOS MUERTOS AL AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE MEZCLADO DE PINTURAS

TIEMPO MUERTO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN		
#		TIEMPO (min)
TM1	TIEMPO MUERTO DE ACTIVACIÓN DE BOMBA 1 Y 2	1min
TM2	TIEMPO MUERTO DE DESACTIVACIÓN DE LAS BOMBAS Y SUPERVISIÓN DEL NIVEL DEL TANQUE	1.5min
TM3	TIEMPO MUERTO DE PONER EN MARCHA EL PROCESO Y APERTURACIÓN DE LAS VÁLVULAS	2.25min
TM4	TIEMPO MUERTO DE APERTURACIÓN DE LA VÁLVULA Y DE LA BOMBA DE VACIADO	2min
TM5	TIEMPO MUERTO DE CIERRE DE VÁLVULAS Y TERMINADO DEL PROCESO	2.25min
	TOTAL	9min

TABLA Nº 12: TOTAL DE TIEMPOS MUERTOS DESPUES DE AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE MEZCLADO DE PINTURAS

El total de tiempos muertos puesto en marcha el sistema automatizado, responde a la tabla anterior dando un total de 9min. Con esta implementación se reducirá los tiempos muertos en 49min generando así mayor productividad.

En relación al objetivo general planteado en el capítulo 1, a continuación procedo a realizar una comparación entre el total de tiempos muertos antes y durante el desarrollo del automatismo.

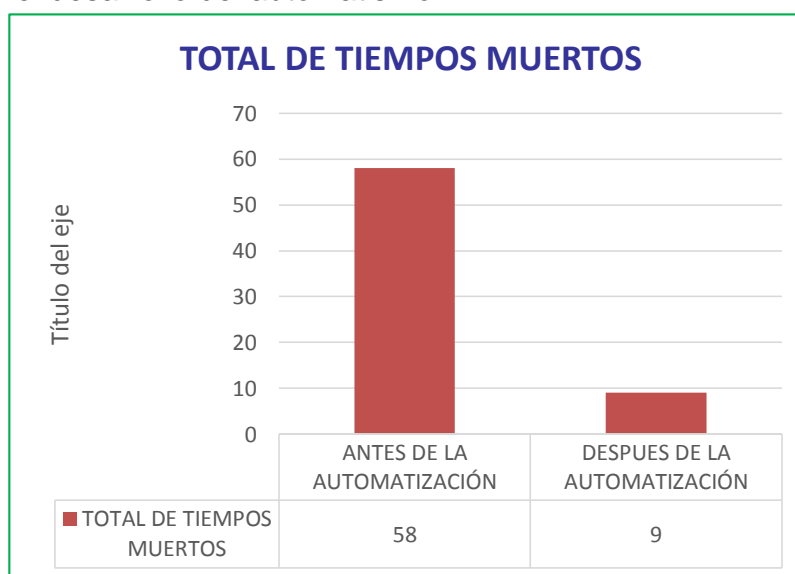


FIGURA Nº 34: COMPARACIÓN DEL TOTAL DE TIEMPOS MUERTOS ANTES Y DESPUES DE AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE MEZCLADO DE PINTURAS

CONCLUSIONES

- Se concluye que es posible reducir los tiempos muertos originados por realizar en forma manual el proceso de mezcla de pintura en la Empresa Hach SAC en 49 minutos, representado en un 84.48%, mediante la aplicación del controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC.
- Se concluye que se identificó los elementos de entrada y salida que intervienen en el proceso de mezcla de pinturas siendo estos 7 sensores (Pulsador Marcha_1: PM1, Pulsador Marcha_2: PM2, Pulsador de paro_1: PP1, Pulsador de paro_2: PP2, Sensor Nivel_Superior: S_sup, Sensor Nivel_Inferior: S_inf, Pulsador Reset del Contador: PR) y 6 actuadores (Bomba_1: KM1, Bomba_2: KM2, Motor_Mezclador: KM3, Valvula_Vapor: KM4, Valvula_Vaciado: KM5, Bomba_Vaciado: KM6), con la finalidad de establecer una relación de dependencia a través de la conexión con el Controlador Lógico Programable Siemens LOGO 230RC.
- Finalmente se concluye que fue posible desarrollar el automatismo del proceso de mezclado de pintura mediante la programación del Controlador Lógico Programable, tal como se observa en los resultados de la simulación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el automatismo del proceso de mezcla de pinturas en la empresa Hach SAC, como alternativa para reducir los tiempos muertos originados por realizar procedimientos en forma manual.
- Se recomienda utilizar como alternativa de control avanzado, sensores de caudal y presión para determinar si el flujo de ingreso a las etapas de dosificación de Solventey Resina son los adecuados para realizar dichos proceso.
- Se recomienda acoplar uncontrolador PID en la medición y monitoreo de la temperatura en la etapa de calefacción, con la finalidad de mejorar aún más, la calidad del producto obtenido con la automatización del proceso con el PLC.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **MEDINA, G.** (2010). La Automatización en la Industria Química. Editorial: UPC. España.
- [2] **CEBALLOS. J.** (2014). Automatización en el proceso de pintado industrial en la etapa del secado. (Tesis de Pre Grado). Instituto Politécnico Nacional Adolfo López Mateos. México D.F
- [3] **BELMAR. R.** (2012). Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos. (Tesis de Pre Grado). Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, España.
- [4] **SANCHEZ. Z.** (2014). Automatización del Proceso de Frutado y Batido de Yogurt empleando un Controlador Lógico Programable y una Interface Hombre - Máquina. (Tesis de Pre Grado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- [5] **MEDINA. J.** (2010). La automatización en la industria química. Barcelona, España: UPC
- [6] **BALCELLS. J.** (2010). Autómatas Programables. Barcelona, España: MARCOMBO
- [7] **ARMESTO. J.** (2009). Autómatas Programables y sistemas de automatización. Barcelona, España: MARCOMBO

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- CONTROL AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE MEZCLA DE TINTES EN PINTURAS CONDOR

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9899/1/2007AJIEE-03.pdf>

- AUTOMATIZACIÓN DE UNA CADENA DE LLENADO Y MEZCLA

<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1473pub.pdf>

ANEXOS

**INVERSIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
MEZCLA DE PINTURA EN LA EMPRESA HACH S.A.C.**

COSTO INVERSION			
COMPONENTES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
PLC Siemens LOGO	1	578	578
Electroválvulas	2	80	160
Bombas	3	750	2250
Sensor de Nivel	1	600	600
TOTAL			3588