

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

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



**“AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE CONTROLADOR LÓGICO  
PROGRAMABLE DEL REACTOR BATCH DE TANQUE AGITADO DEL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABON COMO ALTERNATIVA DE  
MEJORA EN LA DOSIFICACIÓN DE INSUMOS UTILIZADOS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**ALVAREZ DONAYRE, JONATHAN ALBERTO**

**Villa El Salvador**

**2017**

**DEDICATORIA:**

Dedico mi proyecto de Ingeniería a mi Madre Carmen Donayre, a mi Esposa Wendy La Rosa y a mis Hijas Camila e Ivanna, cuyo amor hacia ellas han generado en mí una motivación y fuerza para desarrollarme y culminar con éxito mis estudios profesionales.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi madre, a mi esposa, a mis hijas y a mi asesor de especialidad, por sus fuerzas y aliento incondicional para obtener mi título profesional.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTADO DE FIGURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTADO DE TABLAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>10</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>10</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	10
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	11
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	11
1.3.1 ESPACIAL.....	11
1.3.2 TEMPORAL .....	11
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.5 OBJETIVOS.....	12
1.5.1 OBJETIVO GENERAL .....	12
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>14</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
2.2. BASES TEORICAS.....	17
2.2.1 SISTEMAS DE AUTOMATIZACION .....	17
2.2.2 TANQUE .....	41
2.2.3 CONTROL DE PROCESOS .....	53
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	68
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>71</b>
<b>DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	<b>71</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO .....	71
3.2 DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN DEL AUTOMATISMO.....	77
3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS .....	79
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>86</b>

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA N° 1: FASES PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UN PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN.....	24
FIGURA N° 2: TRATAMIENTO SECUENCIAL DE LA INFORMACIÓN.....	31
FIGURA N° 3: PANTALLA DE OPERACIÓN LOGO SOFTCOMFORT.....	39
FIGURA N° 4: ESTRUCTURA DE UN TANQUE.....	42
FIGURA N° 5: TIPOS DE TANQUES.....	43
FIGURA N° 6: INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CASCO Y TUBO.....	51
FIGURA N° 7: PARTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL.....	59
FIGURA N° 8: COEFICIENTE DE DESCARGA DE LA VÁLVULA.....	66
FIGURA N° 9: CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS.....	68
FIGURA N° 10: PROCESO BATCH PARA LA OBTENCIÓN DE JABON CON VÁLVULA DE FLUJO ON/OFF PARA EL CONTROL DE LA LÍNEA DE VAPOR.....	72
FIGURA N° 11: CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES AL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	75
FIGURA N° 12: CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO.....	76
FIGURA N° 13: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE H <sub>2</sub> O DURANTE 10 MINUTOS.....	77
FIGURA N° 14: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE KOH Y NaCl DURANTE 5 MINUTOS.....	77
FIGURA N° 15: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE VAPOR Y DEL AGITADOR DURANTE 3 MINUTOS.....	78
FIGURA N° 16: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE VACIADO DURANTE 5 MINUTOS.....	78
FIGURA N° 17: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 1 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	80
FIGURA N° 18: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 2 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	81
FIGURA N° 19: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 3 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	82
FIGURA N° 20: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 4 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	83

## LISTADO DE TABLAS

TABLA N° 1: MODELOS DISPONIBLES LOGO SIEMENS .....	34
TABLA N° 2: MODELOS DE MÓDULOS DE AMPLIACIÓN LOGO .....	35
TABLA N° 3: ENTRADAS DEL PROCESO .....	73
TABLA N° 4: SALIDAS DEL PROCESO .....	73
TABLA N° 5: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS.....	74
TABLA N° 6: DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS.....	74

## INTRODUCCIÓN

El proceso de globalización está tomando cada vez mayor impulso y nuestro país al ser un país en vías de desarrollo, está uniendo esfuerzos para formar parte de este gran cambio. Uno de los principales factores que incrementaría la competitividad de la industria está relacionado con la automatización de plantas industriales, equipándolas con nuevos sistemas de control y sistemas de información que mejoren la productividad.

El control e instrumentación de procesos no se basa únicamente en la necesidad de operar una planta de forma segura, satisfaciendo restricciones laborales y ambientales, sino también, incrementando los niveles de producción, reduciendo los costos de materia prima, mejorando la calidad de los productos y por lo tanto brindando beneficios económicos para la empresa.

Al mismo tiempo, los sistemas de control brindan beneficios auxiliares como coordinación de alarmas y aumenta la vida útil de los equipos. La implementación de un sistema de control automático brinda beneficios tanto sociales como económicos.

El control de procesos es parte importante en cualquier industria, todos los procesos necesitan mantener dentro de ciertos límites variables como: caudal, presión, temperatura, concentración, etc. por razones de seguridad o por la función que desempeñan dentro del proceso.

El control automático de procesos es altamente conveniente debido a que el control manual requiere un ajuste continuo de las variables a controlarse mediante un operador humano, de manera que la eficacia del proceso dependa del operador, la cual disminuye inevitablemente con el tiempo.

La Empresa Palmas SAC, se dedica a la producción de jabón, con procesos totalmente manuales, motivo por el cual es de gran importancia la implementación de nuevas tecnologías en su proceso productivo ya que se garantizaría una mejora en la calidad del producto, lo cual conllevaría a controlar permanentemente el accionamiento oportuno de válvulas.

En ese sentido y con la finalidad de aportar para el desarrollo de mecanismos que permitan controlar mediante un automatismo un Reactor Batch para la producción de Jabón, he dividido mi proyecto de Ingeniería en 3 capítulos.

En el Capítulo I, describo el planteamiento del problema, que está relacionado con el limitado uso de las tecnologías de control y automatización en el Reactor Batch del proceso de producción de jabón, el cual implica error en la precisión en la cantidad de insumos a utilizar.

En el Capítulo II, desarrollo el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, en el cual describo las características de un controlador lógico Programable, su programación así como las conexiones del controlador con los sensores y actuadores de un proceso industrial.

En el Capítulo III, describo el automatismo, que consiste inicialmente en realizar el direccionamiento del Controlador, circuito de conexión del Controlador y circuito de control, para luego desarrollar la programación del automatismo a través de diagrama de contactos, y finalmente realizar la simulación del controlador Lógico Programable que nos permita presentar si se establece el accionamiento oportuno de las válvulas.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Actualmente la Empresa Palmas SAC se dedica a la producción de jabón, el cual contiene un Reactor Batch de Tanque Agitado, con una carencia en cuanto a mecanismos que garanticen el control de los actuadores del proceso.

Esta carencia se ve reflejada en el accionamiento de las válvulas, ya que actualmente se realiza de forma manual, a través de operarios, generando en muchos casos imprecisión en la dosificación de soluciones tales como KOH, NaCl y H<sub>2</sub>O, en el proceso de fabricación del Jabón.

Es importante señalar que en muchos casos se ha detectado que las concentraciones de las soluciones del producto generado no son las adecuadas, siendo necesario desechar totalmente toda la mezcla, generando pérdidas económicas e incumplimiento de plazos establecidos para la entrega del producto.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se justifica que a partir de la automatización del accionamiento de válvulas de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón en la Empresa Palmas SAC. Se lograra dosificar la cantidad de insumos utilizados, consiguiendo un proceso con mayor precisión, aumentando la calidad del producto, y minimizando la participación de operarios.

Está claro que mediante la automatización del Reactor Batch de tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón, frente al control manual del mismo proceso, se consigue ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes: Reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento, Reducción de tiempos de procesamiento de información, Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.3.1 ESPACIAL**

El proyecto se desarrollará en la Empresa Palmas SAC, ubicado en la Calle Vicente de la Vega, 1098 - Chiclayo - Lambayeque.

### **1.3.2 TEMPORAL**

El proyecto de ingeniería comprende 20 días, correspondientes al mes de Enero de 2017.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo automatizar el accionamiento de válvulas de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón en la Empresa Palmas SAC, a fin de dosificar la cantidad de insumos utilizados, mediante un Controlador Lógico Programable?

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Automatizar el accionamiento de válvulas de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón en la Empresa Palmas SAC, a fin de dosificar la cantidad de insumos utilizados, mediante un Controlador Lógico Programable.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar el circuito de control a fin de establecer si existe una relación secuencial entre los elementos de entrada y los elementos de salida de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón en la Empresa Palmas SAC, a fin de dosificar la cantidad de insumos utilizados.
  
- Verificar mediante la simulación de la programación del controlador Lógico programable si es posible realizar el accionamiento automático de las válvulas de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón

en la Empresa Palmas SAC, a fin de dosificar la cantidad de insumos utilizados.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Soria (2013), en su tesis titulada “Implementación de un reactor automatizado para la producción de biodiesel a nivel Semi Industrial para motores diesel”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Escuela Politécnica del Ejército de Latacunga, concluye que: “Automatizar los procesos será de gran utilidad ya que va a permitir tener un control de los tiempos en que cada uno deberá llevarse a cabo sin la necesidad de la intervención humana y puede ser implementado para producir a mayor escala. La calidad del producto será mejor pero la inversión es muy alta”.<sup>1</sup>

López (2013), en su tesis titulada “Automatización de un Biorreactor Piloto” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica

---

<sup>1</sup>SORIA, E. (2013). Implementación de un reactor automatizado para la producción de biodiesel a nivel Semi Industrial para motores diesel. (Tesis de Pre Grado). Escuela Politécnica del Ejército. Latacunga, Ecuador.

en la Universidad Tecnológica de La Mixteca de Oaxaca, concluye que: “En este trabajo se realizó la automatización de la temperatura y el pH del Biorreactor piloto del Instituto de Agroindustrias. Inicialmente el sistema no contaba con un sistema de automatización lo cual dificultaba la utilización de este equipo. Se logró diseñar y construir un sistema totalmente funcional de adquisición, monitoreo y control básico de las variables más importantes en el proceso de fermentación. Los resultados obtenidos del control de temperatura por medio de un controlador on/off + PI son satisfactorios y presentan una buena estabilidad  $\pm 0.3$  °C de la temperatura deseada”.<sup>2</sup>

Byron (2009), en su tesis titulada “Diseño e Implementación de la Automatización de un reactor de alta presión” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, concluye que: “Luego de finalizar el desarrollo del proyecto se ve claramente los beneficios que ha significado la automatización del reactor, el control automático de temperatura del reactor, cuando se efectúa las etapas de calentamiento o enfriamiento, permite que el operador pueda cumplir con otras actividades ya que se tiene la opción de ingresar un tiempo que a su fin termina el proceso y evita que esté pendiente todo el tiempo del reactor. De esto se puede

---

<sup>2</sup>LOPEZ, E. (2013). Automatización de un Biorreactor Piloto. (Tesis de Pre Grado). Universidad Tecnológica de La Mixteca. Oaxaca, México.

concluir que se cumplió con un objetivo importante de la automatización; liberar al operador de cargas repetitivas y tediosas”.<sup>3</sup>

Balcells (2010), en su libro titulado “Autómatas Programables”, señala que: “Los sistemas analógicos trabajan con señales de tipo continuo, con un margen de variación determinado. Dichas señales suelen representar magnitudes físicas del proceso, tales como presión, temperatura, velocidad, etc., mediante una tensión o corriente proporcionales a su valor (0 a 10V, 4 a 20mA, etc). Los sistemas de control actuales con un cierto grado de complejidad, y en particular los autómatas programables, son casi siempre híbridos, es decir, sistemas que procesan a la vez señales analógicas y digitales”.<sup>4</sup>

Albella (2003), en su libro titulado “Láminas delgadas y recubrimientos” señala que: “El reactor puede estar formado por un tubo de vidrio o de cuarzo, cerrado en sus extremos, y equipado con las correspondientes bocas de entrada y salida de gases así como con una puerta para extracción de muestras. El calentamiento del reactor puede hacerse mediante un horno exterior o también por un sistema de inducción de radio frecuencia (RF). Los reactores que llevan un horno exterior se denominan de pared caliente y se utilizan sobre todo en reacciones de tipo exotérmico, en las que la alta temperatura de las paredes evita la formación de depósito sobre ellas. En reacciones de tipo endotérmico, se

---

<sup>3</sup>BYRON, D. (2009). Diseño e Implementación de la Automatización de un reactor de alta presión. (Tesis de Pre Grado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

<sup>4</sup>BALCELLS, J. (2010). Autómatas Programables. Barcelona, España: MARCOMBO

utiliza reactores denominados de pared fría. Típicamente, estos reactores están formados por una campana de vidrio o metal, con la pared refrigerada, en los cuales el sistema de calefacción suele ser interior, bien sea mediante resistencia, lámpara de cuarzo o inducción de RF”.<sup>5</sup>

Ponsa (2005), en su libro titulado “Automatización de Procesos mediante la guía GEMMA” señala que: “Durante años, el regulador analógico tradicional ha sido el elemento capaz de controlar procesos en los que requiere control de temperatura, el control de caudal, o el control de presión. Con los avances en la electrónica digital y la informática industrial, los reguladores han pasado a ser controladores digitales autónomos, polivalentes desde el punto de vista de que adaptan a un rango de tensiones y corrientes habituales en la automatización industrial, por lo que un mismo controlador está condicionado para la regulación de diversas variables. Además, hoy en día disponen de bloques lógicos de programación de forma que también pueden hacer frente al manejo de sistemas secuenciales”.<sup>6</sup>

## **2.2. BASES TEORICAS**

### **2.2.1 SISTEMAS DE AUTOMATIZACION**

Es todo dispositivo físico (eléctrico, electrónico, neumático, hidráulico, etc.), capaz de controlar el funcionamiento de una

---

<sup>5</sup>ALBELLA, J. (2003). Láminas delgadas y recubrimiento. Madrid, España: CSIC

<sup>6</sup>PONSA, A. (2005). Automatización de Procesos mediante la guía GEMMA. Barcelona, España: UPC

máquina o proceso Libera al hombre de operaciones peligrosas, pesadas o rutinarias.

El elemento de control:

- Ejecuta el programa lógico interno
- Reacciona ante la información recibida por captadores actuando sobre los accionamientos de la instalación.

La dotación a la fase de producción de un sistema de control, potencia y comunicación, que realice el trabajo y que pueda ser gobernado por el operador mediante un sistema de mando.

Las funciones básica de la automatización de una máquina o instalación:

- Disminuir costes: humanos, energéticos, materiales, etc.
- Mejorar la calidad del producto acabado, calidad constante.
- Evitar tareas de difícil control manual: peligrosas, complejas o rápidas Información en tiempo real del proceso.
- Aumentar la producción y flexibilidad de las máquinas (adaptación al mercado) Facilitar la detección de averías y su reparación.

El concepto de proceso está claramente relacionado con los conceptos de productos, programas, así como con la planificación

de plantas, tal como muestra la figura. 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 cuanto a la expresión control de procesos industriales, ésta abarca, desde un punto de vista académico, la teoría de control básica de realimentación y acción PID, la instrumentación de control (sensores, actuadores, dispositivos electrónicos, etc.), la aplicación a procesos industriales (como, por ejemplo, la mezcla de componentes en un reactor químico), las diversas arquitecturas de control (centralizado, distribuido), las estructuras de control (feedback, feedforward, cascada, etc.) y la teoría de control avanzada (control predictivo, control multivariable, etc.), por citar algunos de los aspectos más relevantes. Ciñéndonos a los algoritmos de control presentes en las industrias citadas, cabe destacar el control secuencial y la regulación continua. El control secuencial propone estados (operaciones a realizar para la transformación de la materia prima en producto) y transiciones (información relativa a sensores o elementos lógicos como

temporizadores o contadores) en una secuencia ordenada que identifica la evolución dinámica del proceso controlado. En la regulación continua, mediante la estructura de control clásica feedback, se aborda la acción de control proporcional, la acción de control derivativo o la acción de control integral, respecto al error (diferencia entre la consigna y la medida de la variable de salida del proceso) para conseguir así una regulación adecuada de la variable (temperatura, caudal, nivel, etc.).

Respecto a instrumentación de control, los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro del control de procesos industriales son el llamado autómatas programable PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales (tanto en versión analógica como digital).

Estos tres elementos comparten protagonismo y es frecuente encontrar artículos de opinión donde se comenta el futuro de la utilización de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador. Disputas aparte, cada uno de estos elementos halla su aplicación en la industria actual, y es por ello que la tendencia en los próximos años sea la de continuar utilizando estos elementos. Durante los casi ya treinta años de utilización de autómatas programables en la industria, conviene destacar su labor eficaz en el control secuencial de procesos. Una de las aplicaciones de mayor éxito es la combinación de autómatas

programable con la tecnología electroneumática. Esta combinación ha permitido ofrecer soluciones de automatización basadas en el posicionamiento, la orientación y el transporte de material dentro de la planta, y es de gran ayuda en las tareas realizadas por otros elementos, como por ejemplo el robot manipulador industrial.

Los reguladores industriales son dispositivos generados de forma clara para la regulación continua de variables. Durante años, el regulador analógico tradicional ha sido el elemento capaz de controlar procesos en los que se requiere el control de temperatura, el control de caudal, o el control de presión, todos ellos ejemplos típicos de la ingeniería química. Con los avances en la electrónica digital y la informática industrial, los reguladores han pasado a ser controladores digitales autónomos, polivalentes desde el punto de vista de que se adaptan a un rango de tensiones y corrientes habituales en la automatización industrial, por lo que un mismo controlador está condicionado para la regulación de diversas variables.

Además, hoy en día disponen de bloques lógicos de programación de forma que también pueden hacer frente al manejo de sistemas secuenciales. Una arquitectura abierta de estos controladores facilita la implementación de estructuras de control tipo cascada, o arquitectura de control distribuida mediante

un bus de campo orientado al control de procesos, como por ejemplo el bus MODBUS. El ordenador aparece en el control de procesos industriales a mediados de la década de los años cincuenta en la forma de control centralizado, una arquitectura en desuso hoy en día. Ya entonces el ordenador disponía de unas funciones, que siguen estando muy presentes en las industrias actuales: monitorización, vigilancia, control y supervisión.

El ordenador es tan polivalente que puede utilizarse por sí mismo como elemento regulador de procesos sencillos, como por ejemplo mediante tarjeta de adquisición de datos AD/DA, y con el software adecuado, se pueden regular la temperatura y el nivel de un tanque en el que fluye un cierto caudal de agua entrante y saliente.

Finalmente y gracias al desarrollo de las comunicaciones industriales, el ordenador puede formar parte de redes de ordenadores jerarquizados mediante la utilización de un bus de bajo nivel (bus AS-i), un bus de campo (PROFIBUS, CAN, por ejemplo) o una red de área local (Ethernet industrial).

Conviene destacar que la automatización contribuye al control automático del proceso y a relevar de esta tarea al operario, si consideramos que lo que interesa es la substitución de la persona por un ente automático. En los complejos procesos industriales,

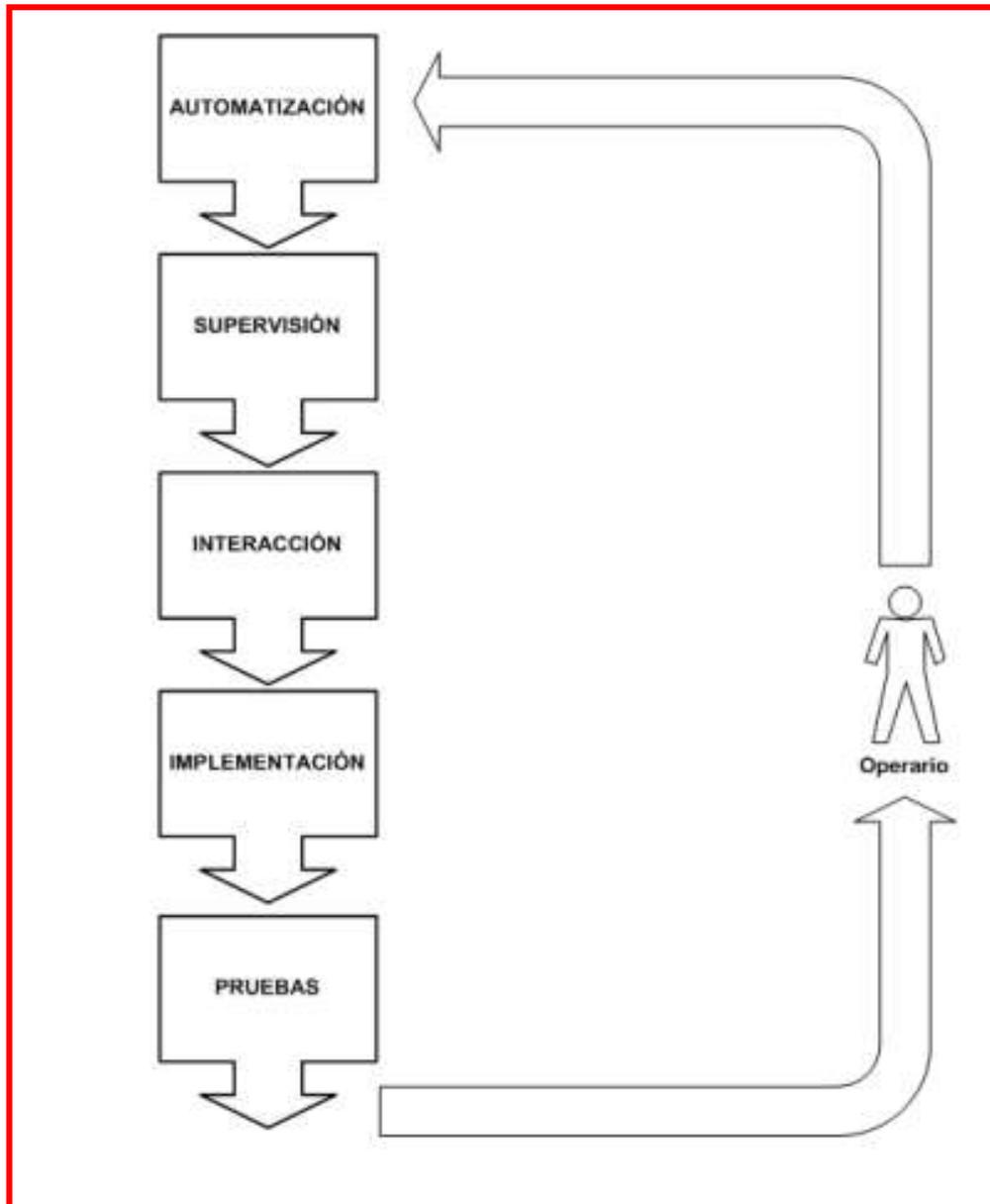
se ha puesto de manifiesto la necesidad de cambiar del control automático al control manual por necesidades de reajustes en el algoritmo de control o ante anomalías en el proceso, de forma que la automatización está contribuyendo, en un sistema de control abierto, a la intervención del operario, por lo que en estos casos no se trata tanto de sustitución sino de cooperación entre el operario y el controlador.

### **Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización**

Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero/ingeniera técnica.

El marco metodológico consta de las fases siguientes, que el operario debe realizar:

- Automatización
- Supervisión
- Interacción
- Implementación
- Pruebas



**FIGURA N° 1: FASES PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UN PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN**

### **2.2.1.1 AUTOMATAS PROGRAMABLES**

Un Controlador Lógico Programable es un equipo electrónico, diseñado para gobernar máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales en tiempo real en un ámbito industrial.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinitudes de tipos de PLC, los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo.

Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento. Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores.

Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa. Una unidad central de proceso (CPU), tarjetas de entradas y salidas digitales y analógicas y, en algunos casos, entradas y salidas especiales.

El número de puntos que pueda abarcar un determinado PLC dependerá del tipo de aplicaciones en el que se vaya a utilizar, existiendo desde unidades para cubrir simples funciones hasta equipos destinados a grandes coberturas.

El PLC consiste principalmente de una CPU, áreas de memoria y circuitos apropiados para recibir datos de entrada y salida. Podemos considerar que el PLC es una caja llena de cientos o miles de relevadores, contadores, temporizadores, y lugares de almacenamiento de datos separados.

Estos contadores, temporizadores, etc., no existen “físicamente” sino que son simulados y pueden ser considerados como contadores, temporizadores, etc., virtuales.

## **Estructura Básica de un PLC**

Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

- **Unidad Central del Proceso**

La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas

La Unidad Central de Procesamiento (CPU) es la parte más importante del PLC. Contiene el procesador que define lo que el PLC puede y no hacer. Las funciones del procesador son preestablecidas de tal manera que el PLC tenga ciertos límites establecidos. Estos límites son habitualmente el número máximo de entradas y/o salidas (E/S) disponible, pero pueden también incluir el número máximo de temporizadores, contadores y registradores, así como tipo de funciones que el PLC puede llevar a cabo.

- **Memoria**

La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM. La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema. La memoria RAM se encuentra conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del Controlador Lógico Programable (PLC).

- **Sistema de Entradas y Salidas**

El PLC capta señales a través de las entradas, las procesa de acuerdo con un programa y las envía a través de salidas. El programa se basa en un software de programación y puede conectar a voluntad entradas y salidas, medir el tiempo transcurrido o ejecutar operaciones de cálculo. Las principales características de un PLC son el número máximo de entradas/salidas, la capacidad de memoria y la velocidad de proceso.

El sistema de Entradas y Salidas recopila la información del proceso (Entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser; pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos, relés, contactores, Drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc. Las entradas y salidas (E/S) de un PLC son digitales, analógicas o especiales.

Las E/S digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: on u off, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.

Las E/S análogas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria.

Esto se realiza mediante conversores analógico/digitales (ADC's).

Por último, las E/S especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación que se necesitan para poder obtener el dato requerido por el PLC (HART, Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).

### **Criterios de selección**

- Número de E/S a controlar.
- Capacidad de la memoria de programa.
- Potencia de las instrucciones.
- Posibilidad de conexión de periféricos, módulos especiales y comunicaciones.

### **Clasificación PLC por tipo de formato**

Por tipo de formato la clasificación de autómatas es la siguiente:

- **Compactos**

Suelen integrar en el mismo bloque la alimentación, entradas y salidas y/o la CPU. Se expanden conectándose a otros con parecidas características.

- **Modulares**

Están compuestos por módulos o tarjetas conectadas a rack con funciones definidas: CPU, fuente de alimentación, módulos de E/S, etc.

Bloques principales de un PLC:

- CPU
- Periféricos: dispositivos de interfaz con entorno
- Buses: internos y externos, interconexión entre CPU y periféricos.

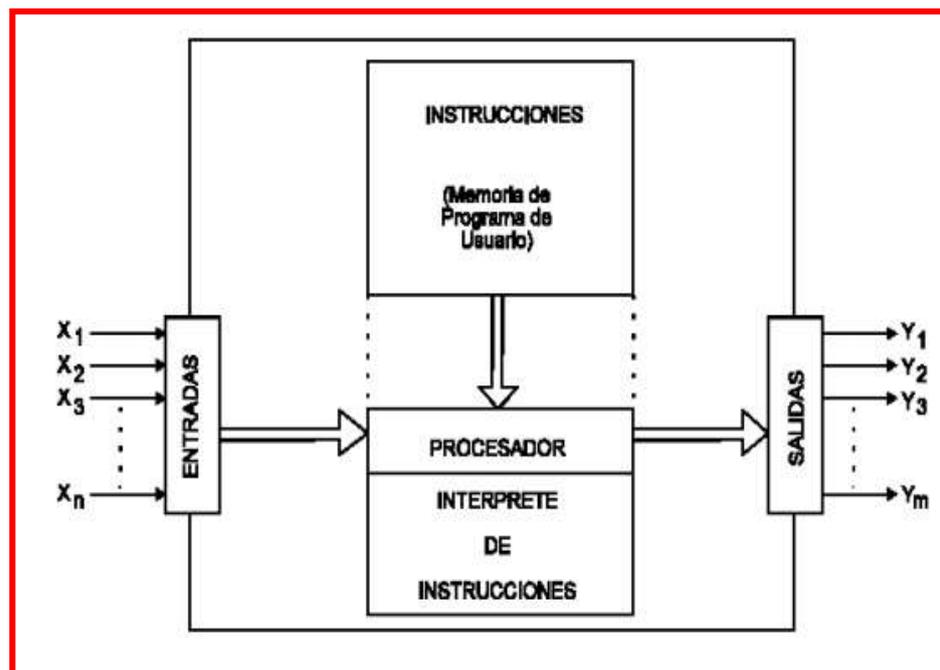


FIGURA N° 2: TRATAMIENTO SECUENCIAL DE LA INFORMACIÓN

### **2.2.1.2 PLC LOGO SIEMENS**

El PLC de SIEMENS LOGO, es el pequeño gigante de los autómatas para procesos sencillos. Solamente posee 6 entradas digitales (que por cierto funcionan con 1 lógico= 110Vac y 0 lógico= 0V) y cuenta con 4 poderosas salidas de Relé que manejan hasta 8A para corriente alterna y 220Vac.

Si un procesos solamente requiere de 6 entradas y 4 salidas o menos, el LOGO es la mejor solución pues es muy económico y tiene incluso más funciones que los predecesores SIMATIC S5 (por supuesto refiriéndonos a funciones digitales). La forma de programación es FUP y además no necesita computadora para su programación. Hay más modelos de LOGO con más entradas y salidas, pero al menos el que se muestra en la figura se puede utilizar en muchas aplicaciones. El LOGO incluye una pantalla de cristal líquido a través de la cual se puede introducir casi cualquier función digital.

No hay mayor complicación con respecto a los módulos de programación y otra función es que son necesarias en un proceso sencillo. Además el LOGO puede conectarse a una red que permite a los nuevos PLC de la SIEMENS hacer las conexiones de las salidas y

entradas lo más cerca posible de la planta y ya no más la gran cantidad de alambres desde la planta hacia el PLC, sino que un simple par lleva toda la información de las entradas y salidas.

### **Modelos de CPU's del 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.

**TABLA N° 1: MODELOS DISPONIBLES LOGO SIEMENS**

Simbolo	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

### **Modelos de Módulos de Ampliación Logo**

- Existen módulos digitales LOGO para 12 V DC, 24 V AC/DC y 115...240 V AC/DC con 4 entradas y 4salidas.
- Existen módulos analógicos LOGO para 12 V DC y24 V DC con 2 entradas analógicas o con 2 entradasPt100.
- Módulos de comunicación (CM) LOGO, como p.ej. el módulo de comunicación AS-Interface, descrito en la documentación correspondiente.

Los módulos digitales y analógicos están integrados en 2TE y disponen de dos interfaces de ampliación respectivamente de modo que se puede conectar otro módulo a cada uno de ellos.

**TABLA N° 2: MODELOS DE MÓDULOS DE AMPLIACIÓN LOGO**

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

#### 2.2.1.2.1 SOFTWARE DEL PLC (LOGO SOFT COMFORT)

El programa LOGO Soft ofrece una simulación en PC de un LOGO preparado. Con el software de programación los programas de conmutación se pueden elaborar, ensayar, modificar, archivar e imprimir directamente en el PC. Esta elaboración offline del programa de

conmutación aumenta muy notablemente la facilidad de manejo del LOGO, para lo que la pantalla refleja una imagen del equipo a programar. Los programas pueden transferirse entonces entre el PC y el LOGO. Con LOGO Soft Comfort pueden elaborarse los programas de conmutación de forma más eficiente, confortable y clara que hasta ahora. La elaboración del programa tiene lugar colocando los elementos de programación libremente en una plataforma de programa y uniéndolos entre sí.

En particular facilitan la labor del usuario, entre otras cosas, la simulación off line del programa, que posibilita la indicación simultánea del estado de varias funciones especiales, así como la documentación con calidad profesional de los programas de conmutación elaborados.

### **Plataforma de Programación**

Una vez arrancado el programa verán la plataforma de operación de LOGO Soft

Comfort. La mayor parte de la pantalla la ocupa entonces el área dedicada a la elaboración de esquemas de conexiones. En esta plataforma de programación se disponen los símbolos y enlaces del programa de conexiones.

#### **2.2.1.2.2 ELEMENTOS DE LA PANTALLA DE OPERACIÓN**

Para que tampoco con circuitos extensos se pierda una visión general, en la parte inferior y la derecha de la plataforma de programación están dispuestas unas reglas deslizables, que permiten desplazar la imagen de conexiones en dirección horizontal y vertical.

##### **Barra de Herramientas**

A la izquierda se encuentra la barra de herramientas. Mediante los botones de mando dispuestos en ésta se puede cambiar a diferentes modos de procesado, para elaborar o procesar un programa con rapidez y sencillez.

### **Barra de símbolos estándar**

Encima de la plataforma de programación se encuentra la barra de símbolos Estándar.

Con tres botones de mando de ésta se puede aplicar un nuevo programa o cargar o bien guardar un programa ya existente, y mediante la utilización de los botones restantes se pueden recortar, copiar e insertar objetos de un circuito, o bien cargarlos o descargarlos para transferencia de datos de, respectivamente a, el LOGO.

### **Barras de menú**

Encima está situada la barra de menús. En la barra de menús encontrarán los más diversos comandos para la elaboración y la administración de programas de conexiones. Esto incluye también configuraciones y funciones de transferencia de programas.

## Línea de Estado

En el borde inferior de la ventana de programación se halla una línea de estado.

En ésta se dan algunas indicaciones sobre la herramienta en actividad, la situación de programa y el factor zoom actual.

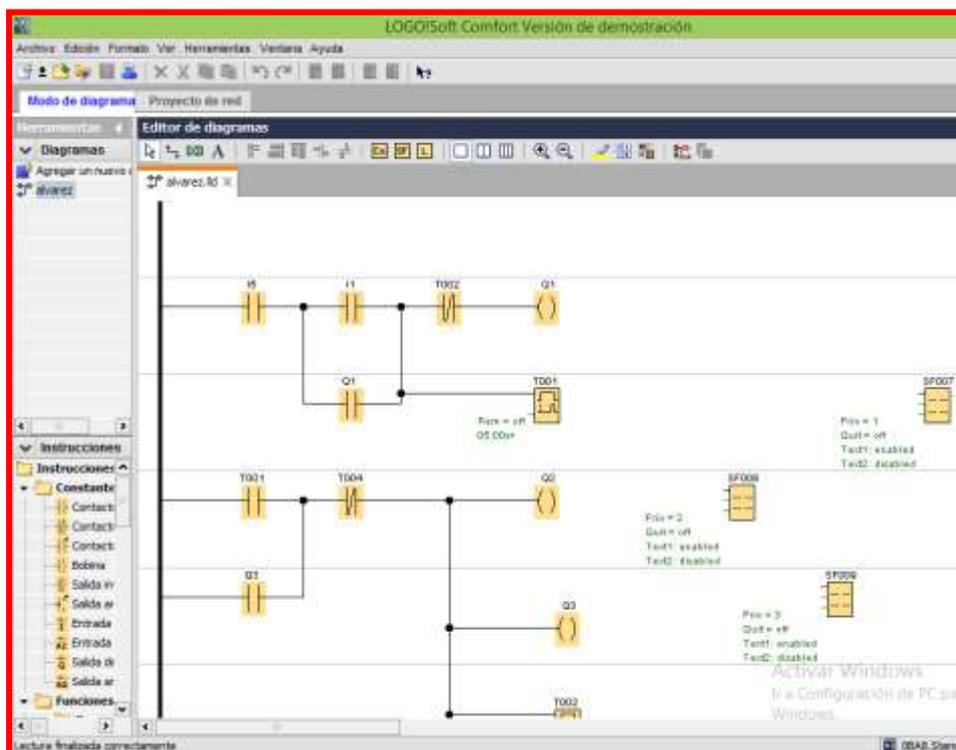


FIGURA N° 3: PANTALLA DE OPERACIÓN LOGO SOFTCOMFORT

### 2.2.1.2.3 CONEXIÓN LOGO A UN PC

Para poder conectar LOGO con un PC se necesita el cable de conexión LOGO!-PC. Retire la cubierta o el módulo de programa (Card) de su LOGO e inserte el cable. El otro extremo del cable se enchufa en la interfase en serie de su PC.

- **Conectar el cable de PC en el puerto USB**

Si su PC sólo dispone de puertos USB (Universal Serial Bus), necesitará un convertidor y los controles correspondientes, que permita la conexión del cable de LOGO! en el puerto USB de su PC.

Para la instalación de los controles del convertidor deberá seguir las instrucciones del fabricante.

- **Conmute Logo en el modo operativo PC\_LOGO**

Conmute Logo con/sin pantalla en STOP desde el PC (vea la ayuda en

pantalla de Logo Soft Comfort) o seleccione ESC / > Stop en un dispositivo con pantalla y confirme con 'Yes'.

Mientras Logo está en STOP y está conectado al PC, se comprenden los siguientes comandos de PC:

- Conmutar Logo! en modo RUN
- Leer/escribir programas
- Hora, leer/escribir horario de verano/de invierno

Al iniciar el proceso de carga o descarga en modo STOP.

### **2.2.2 TANQUE**

La mayoría de las sustancias que se utilizan en la industria para la obtención de productos que facilitan las actividades humanas están en estado líquido, para cumplir con su finalidad estos pasan por varios procesos, los cuales involucran el correcto almacenamiento dependiendo de las propiedades que poseen.

Estos lugares de almacenamiento se denominan tanques. Un tanque es una unidad procesadora regida por un algoritmo de control cuya función es almacenar líquidos; está formado por un

recipiente cerrado o abierto, el cual cuenta con líneas de entrada y salida. Existen varias formas y tamaños de tanques dependiendo de la aplicación o finalidad del mismo.



**FIGURA N° 4: ESTRUCTURA DE UN TANQUE**

#### **2.2.2.1 TIPOS DE TANQUES**

Hay una amplia variedad de tipos de tanque, entre los principales tipos están:

- **Tanques Elevados**

Son recipientes utilizados generalmente para elevar la altura de un líquido y distribuirlo. Existen de diferentes tamaños dependiendo del volumen del líquido a ser almacenado, lo que condiciona su forma.

- **Tanque Subterráneo**

Son recipientes enterrados, usados para almacenar sustancias inflamables y combustibles.

- **Tanque Superficial**

Son recipientes que se encuentran sobre la superficie del terreno. Este tipo de tanque es el más utilizado en la industria.

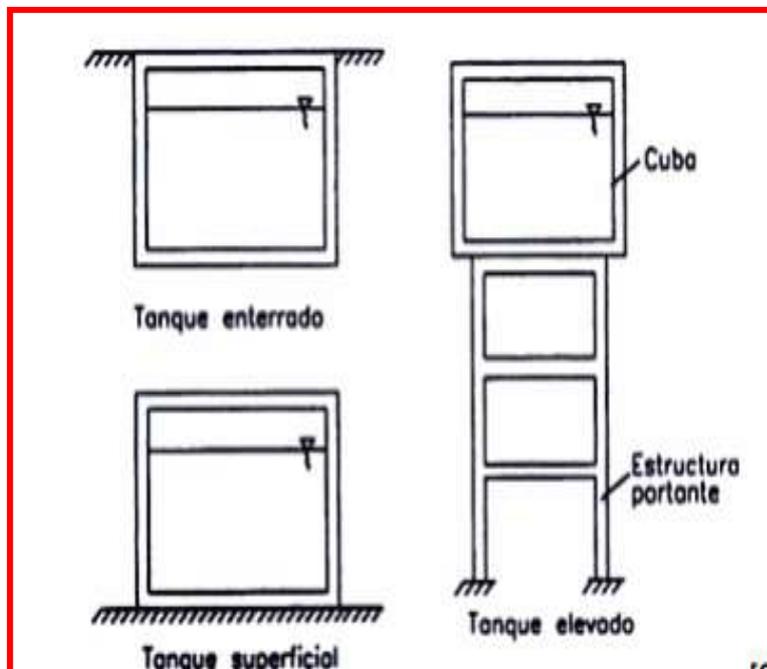


FIGURA N° 5: TIPOS DE TANQUES

- **Tanque Abierto**

Este recipiente se lo usa para acumular materiales que no son afectados por el agua, el clima o la contaminación atmosférica.

- **Tanque de Techo**

Existen dos tipos de este recipiente, el de techo fijo y el de techo flotante, estos sirven para impedir el escape de vapor o para evitar la acumulación de gases.

A los tanques también se los puede clasificar de acuerdo al modo de operación de las líneas de alimentación y descarga y son los siguientes:

- **Tanque Discontinuo**

También llamado Batch o Tanque por Lotes, debido a que opera por ciclos. Tiene como característica que las sustancias ingresan al comienzo del proceso, una vez ingresadas son llevadas a condiciones de temperatura o presión requeridas y al alcanzarlas se procede a la descarga del producto, su peculiaridad es que durante la transformación de los componentes no puede existir ingreso de ningún tipo de material.

El tanque discontinuo es usado en la industria para manejar grandes cantidades de sustancias y cuando la velocidad de reacción aumenta, también se lo usa a escala

experimental en estudios de cinética de reacción. Este tipo de tanque opera en estado no estacionario, por lo tanto la modificación de las sustancias aumenta con el tiempo cuando el sistema no esté en equilibrio químico.

- **Tanque Continuo**

Consiste en un recipiente en el cual se puede alimentar y liberar el producto constantemente.

Por lo general el tanque continuo está provisto de un agitador mecánico y un intercambiador de calor. Estos tanques operan normalmente en estado estable y se usan en procesos industriales con agitación para facilitar la mezcla de los productos en su interior y así obtener una mezcla perfecta.

- **Reactor Tubular**

Consiste en un tubo que normalmente opera en estado estable y por el cual fluye la mezcla en condiciones de temperatura y presión requeridas, obteniendo el producto deseado.

A partir de estos tres tipos de tanques, se puede obtener combinaciones tales como el tanque semicontinuo, baterías de tanques continuamente agitados en serie, etc. En los casos mencionados anteriormente el medio puede ser homogéneo o heterogéneo.

- **Medio Homogéneo**

Hay generalmente una sola fase, un gas o un líquido, si interviene más de una sustancia se las mezcla obteniendo un todo homogéneo.

- **Medio Heterogéneo**

En este medio pueden estar presentes dos y hasta tres fases como por ejemplo gas - líquido, gas - sólido, líquido - sólido y líquido - líquido.

#### **2.2.2.2 INTERCAMBIADORES DE CALOR**

Un intercambiador de calor es un dispositivo creado para transferir energía térmica entre dos o más fluidos en contacto directo o separado por una barrera. Por lo general, la transferencia de calor sucede entre dos fluidos que están a diferente temperatura y en contacto térmico. Un intercambiador de calor consiste en un

núcleo o matriz que contiene la superficie de transferencia de calor y elementos que distribuyen el fluido tales como tanques, tubos de entrada y salida, etc.

El área de transferencia de calor se encuentra en contacto directo con fluidos a través de los cuales el calor se transfiere por conducción. Los intercambiadores de calor son ampliamente utilizados en la industria ya que son de vital importancia para incrementar la eficiencia de todo el proceso de manufactura.

La mayoría de los procesos industriales utilizan intercambiadores de calor en operaciones tales como: esterilización, refrigeración, pasteurización, precalentamiento, entre otros.

Los intercambiadores de calor también tienen varias aplicaciones domésticas, radiadores de automóviles, evaporadores, condensadores, termostatos, etc.

### **Mecanismos de Transmisión de Calor**

Calor es energía que fluye desde un objeto a otro debido a la diferencia de temperatura entre ellos. La

dirección natural del flujo de calor es siempre desde el objeto de temperatura más alta al objeto de temperatura más baja. Por ejemplo, si un objeto caliente se pone en contacto con un objeto frío, fluirá calor desde el objeto caliente al frío, haciendo que el objeto caliente se enfríe y que el objeto frío se caliente.

El proceso inverso, en el que fluye calor desde el objeto frío al caliente, no se da nunca por sí mismo. Existen tres mecanismos básicos por los que el calor fluye espontáneamente desde una región de temperatura alta a otra de temperatura baja: conducción, convección y radiación.

- **Transmisión de Calor por Conducción**

Se refiere a la transmisión de calor de un cuerpo por contacto directo. Para que se produzca la conducción se necesita un medio material continuo y no vacío, se da generalmente en los sólidos y por lo tanto el caudal de transmisión depende de la naturaleza del material y las diferencias de temperatura.

- **Transmisión de Calor por Convección**

Se refiere a la transmisión de calor desde una superficie a un fluido que se encuentra en movimiento. La convección puede ser natural o forzada, dependiendo del tipo de fuerzas que actúan sobre el fluido.

La convección natural se produce debido a la diferencia de densidad del fluido caliente o frío y la convección forzada se origina por una diferencia de presión externa o por dispositivos mecánicos como agitadores y bombas, los cuales transfieren energía al fluido poniéndolo en movimiento.

- **Transmisión de Calor por Radiación**

La transmisión de calor por radiación se realiza por medio de ondas electromagnéticas.

En el caso de que estas se transmitan en el vacío no se transforma en calor o en otra forma de energía, caso contrario, al incidir en un medio material, se transforma en calor o energía que podría producir reacciones. La radiación puede ser transmitida, reflejada o absorbida.

### 2.2.2.3 TIPOS DE INTERCAMBIADOR DE CALOR

En la industria existe una gran variedad de intercambiadores de calor, y se pueden clasificar de acuerdo a: la construcción, procesos de transferencia, dirección del flujo, mecanismos de transferencia, entre otros. A continuación se va a detallar los tipos de intercambiadores de calor según su construcción.

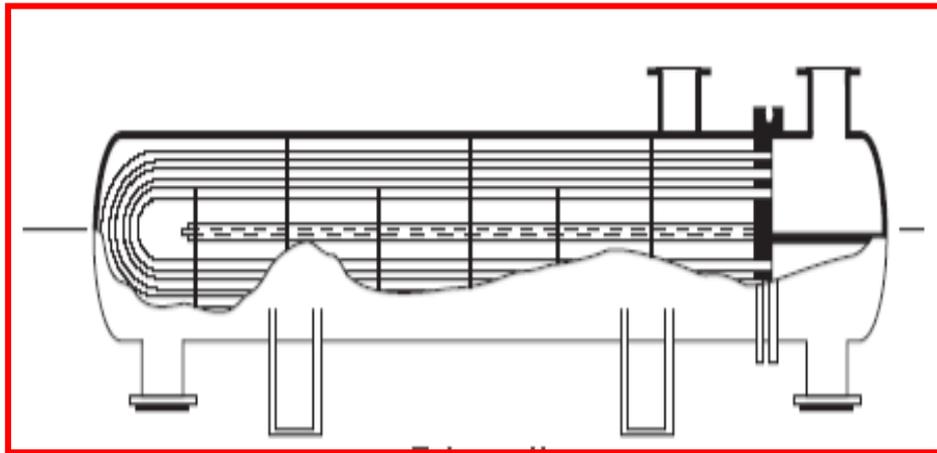
- **Casco y Tubo**

Este intercambiador es el más usado en la industria y está formado por un conjunto de tubos dentro de un contenedor llamado carcasa.

En este tipo de intercambiador de calor uno de los fluidos circula por el interior de los tubos, mientras que el otro fluye a través de la carcasa o casco y por el exterior de la tubería. Se utilizan deflectores o placas verticales para asegurar que el fluido de la carcasa induzca una mayor transferencia de calor.

Se los utiliza en procesos de alta corrosión como manejo de ácidos y bases y conforman la parte más importante de los equipos de transferencia de calor sin combustión en las planta de procesos químicos. Dentro de este tipo de intercambiador de

calor existe una subclasificación debido a la construcción interna de los tubos, estos se clasifican en: tubo en U, cabezal flotante y de espejo fijo.



**FIGURA N° 6: INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CASCO Y TUBO**

- **Tipo Placa**

También conocido como intercambiador de calor de tipo plato, consiste de placas para separar a los dos fluidos, son diseñados para lograr una gran área de transferencia de calor por unidad de volumen. Su tamaño y peso son reducidos, tienen limitación en su uso debido a que no soporta grandes niveles de temperatura y presión. Tiene aplicaciones en los campos Alimenticio, Petroquímico, Farmacéutico, Plantas Eléctricas y Siderúrgicas, etc.

- **Regenerador**

Es un tipo de intercambiador de calor de almacenamiento, se usa generalmente al intercambiar calor entre grandes cantidades de gas como en la industria metalúrgica como el acero, también en centrales térmicas eléctricas.

### **Serpentín y Chaqueta**

En el presente proyecto, para modelar el comportamiento dinámico del proceso, se van a utilizar dos tipos de intercambiadores de calor con la finalidad de seleccionar el más indicado para el proceso, analizando el factor económico al igual que el más óptimo en términos de transferencia de calor.

Se ha decidido utilizar intercambiadores de calor de tipo tubular: una chaqueta térmica de acero inoxidable y un serpentín de cobre. La chaqueta cubre las paredes laterales y la base inferior del tanque, con una altura de 0.4318 metros y un diámetro de 0.6869 metros. El serpentín se encuentra en el interior del tanque, formado por una tubería de 1/8 pulgadas dispuesto en forma de espiral con un diámetro y una altura de 0.35 18

metros. El flujo de alimentación de los intercambiadores de calor mencionados anteriormente es vapor saturado a 260°C.

### **2.2.3 CONTROL DE PROCESOS**

Un proceso es una operación o conjunto de operaciones que conducen a un resultado u objetivo determinado en el cual se controla magnitudes como la temperatura, flujo, presión, nivel, etc.

Generalmente los procesos tienen varios pasos, los cuales están asociados a un grupo de corrientes de entradas y salidas. Los materiales que ingresan al proceso pueden ser : materia prima que es el material básico, el cual se transforma en el producto final; materiales secundarios que tienen menor importancia pero también aportan a la producción del producto final y los materiales auxiliares que ayudan a facilitar las operaciones aunque no aparecen en el producto final.

Los materiales que salen del proceso pueden ser: productos finales, que son el objetivo final de producción; los productos secundarios, son los obtenidos como resultado de un proceso productivo aún sin ser requeridos, éstos se obtienen junto con los productos finales; los productos residuales no forman parte del producto final pero se los puede dar otros usos; los productos de desecho, son los que han perdido su forma física y composición

de tal manera que no se los puede reciclar y deben ser eliminados del proceso.

El control de procesos tiene como finalidad mantener las variables del proceso como temperatura presión, flujo, nivel, etc. en un valor determinado. Los procesos tienen un comportamiento dinámico donde permanentemente ocurren cambios y al no tomar acciones apropiadas como respuesta a dichos cambios las variables del proceso no cumplirán con las condiciones de diseño.

Para un mejor entendimiento de control de procesos se deben conocer ciertas definiciones que se tratarán a lo largo de este documento.

- **Planta**

Equipo, parte de equipo o grupo de elementos de una máquina funcionando conjuntamente, cuyo objetivo es realizar una operación determinada.

- **Sistema**

Es una combinación de elementos organizados y relacionados que actúan en conjunto para lograr un objetivo determinado, los sistemas reciben entradas y proveen salidas.

Éste puede aplicarse a fenómenos abstractos y dinámicos, por lo tanto puede interpretarse en un sentido amplio.

Un sistema de control está formado por cuatro componentes básicos:

- Sensor: conocido como elemento primario
- Transmisor: llamado también elemento secundario
- Controlador: es el “cerebro” del sistema del control.
- Elemento final de Control: dispositivo encargado de controlar directamente las variables manipuladas dentro del lazo de control.

### **2.2.3.1 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN CONTROL DE PROCESOS**

Dentro de un proceso se debe tomar en cuenta tres tipos de variables, estas son:

- **Variable manipulada**

Es la variable de la planta modificada por el controlador para influir sobre la variable controlada de manera que ésta resulte afectada en la proporción correcta.

- **Variable controlada**

Es la variable directa que se mide y controla. Generalmente esta variable es la salida del sistema y una característica del medio controlado.

- **Variable de perturbación**

Es la variable que afecta a la variable controlada, haciendo que ésta se desvíe del objetivo de control deseado.

### **2.2.3.2 SENSORES E INSTRUMENTACIÓN EN CONTROL DE PROCESOS**

La instrumentación es la base para el control de procesos en la industria. Para obtener un producto con altos estándares de calidad es necesario un meticuloso control del proceso, el mismo que depende del sistema de mediciones escogido. Dentro de la instrumentación necesaria en un proceso, los sensores, transmisores y elementos finales son de vital importancia para la manufactura de productos.

- **Sensores**

En la automatización industrial cada sistema tiene sensores para medir el estado de las variables que

intervienen en un proceso. Un sensor es un dispositivo que detecta una cantidad física como: luz, movimiento, calor, presión, energía eléctrica y magnética o cualquier otro tipo de energía para obtener como respuesta una señal eléctrica, éste es un elemento importante en todo sistema de control.

- **Transmisores**

Son interfaces entre el proceso e instrumentos como: receptores, indicadores, controladores, registradores o combinación de éstos. La función del transmisor es 26 convertir la señal de salida del sensor como milivoltios, presión diferencial, movimientos mecánicos, etc. a una señal de control lo suficientemente fuerte como para poder transmitirla. Las señales de salida del transmisor pueden ser eléctricas, digitales, neumáticas, hidráulicas y telemétricas.

### **2.2.3.3 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL**

Un elemento final de control es un dispositivo que controla directamente los valores de la variable manipulada en un lazo de control, típicamente recibe una señal del controlador y modifica el agente de

control. El elemento final de control puede ser una válvula de control, variadores de frecuencia y motores eléctricos.

El elemento final de control consta de dos partes:

- **Actuador**

Son mecanismos capaces de generar una fuerza en respuesta a una señal de entrada proveniente del controlador, ésta puede ser eléctrica, mecánica, neumática o hidráulica.

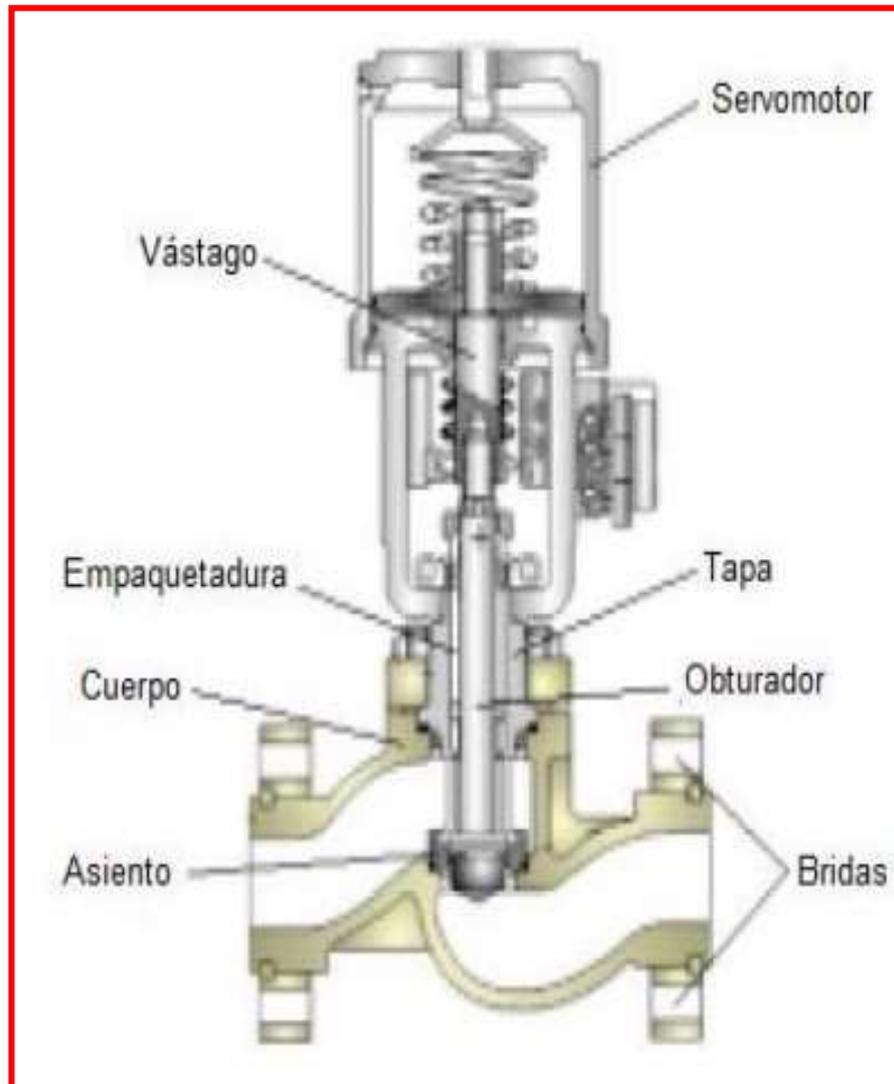
- Un dispositivo para ajustar la variable manipulada.

El elemento final de control más utilizado en la industria es la válvula de control y será revisada a continuación en mayor detalle. En los procesos industriales la válvula de control es un dispositivo esencial para ejecutar exitosamente todos los procedimientos y maniobras del sistema.

Las válvulas son dispositivos de control manuales o automáticos que manipulan directamente el flujo de líquidos o gases. Para que una válvula actúe de manera adecuada debe ser suficientemente rápida para corregir las perturbaciones, no debe operar cerca

de ninguno de los extremos y ser estable a lo largo de todo el recorrido.

La válvula de control se compone de dos partes:



**FIGURA N° 7: PARTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL**

- **El cuerpo**

Está formado por un tapón, los asientos del mismo y roscas para conectar la válvula a la tubería. El tapón es el que se encarga del control de paso del fluido y puede tener movimientos rotativos o en dirección de su propio eje, está unido a un vástago el cual pasa a través del obturador y es accionado por un servomotor.

- **El accionador**

También conocido como actuador o motor, es el que activa el movimiento del vástago y por ende el obturador. Son del tipo neumático, eléctrico, hidráulico y digital, siendo los neumáticos y eléctricos los más utilizados ya que son los más simples y de acción rápida.

Diferentes tipos de válvulas son usadas en un proceso, debido a las distintas variables existen numerosos tipos de válvulas las cuales se pueden clasificar según el movimiento del obturador y el diseño del cuerpo.

Las más conocidas y utilizadas en la industria son las siguientes:

- **Válvula de Globo**

Se la conoce de esta manera debido a que la forma de su obturador es un globo, se caracteriza por la perpendicularidad entre el eje del obturador y el flujo de entrada o salida. La válvula de globo usa un tapón o disco para controlar el flujo. Esta puede ser de tipo doble asiento, simple asiento u obturador equilibrado.

Las válvulas de globo no son recomendables cuando la resistencia al flujo y la caída de presión son excesivas, pero son generalmente ideales para regulación de líquidos, vapores, gases, corrosivos y pastas semilíquidas; se prefieren cuando se requiere ajustes de flujo frecuentes.

- **Válvula de Compuerta**

Son las más utilizadas en tubería industrial, se usan únicamente como válvulas de cierre para cortar o abrir totalmente el flujo y no están diseñadas para regularlo. El cierre se efectúa mediante un disco vertical plano que se mueve verticalmente al flujo del fluido por lo que ofrece pequeña resistencia al flujo y reduce la caída de presión al mínimo.

Las válvulas de compuerta son preferidas para servicios que no requieren operación frecuente y no son prácticas para ajustar el flujo. Sus ventajas son cierre hermético, diseño y funcionamiento sencillos y bajo costo, pero hay que considerar que su cierre es muy lento ya que hay que dar varias vueltas a un volante para abrirla o cerrarla completamente además son muy grandes y pesadas lo que no hace fácil su instalación y mantenimiento.

- **Válvula de Mariposa**

Es una válvula de diseño simple, se caracteriza por tener una acción rápida ya que necesita únicamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta para cambiar de posición abierta a cerrada.

Esta válvula está formada por un anillo dentro del cual gira transversalmente un disco circular. Cuando está abierta el disco ofrece una resistencia mínima al flujo debido a que es paralela a la dirección del flujo.

Es compacta, de bajo peso, de bajo costo, requiere poco mantenimiento pero tiene capacidad limitada para caída de presión y su cierre no es hermético.

Se emplea para el control de grandes caudales y está preparada para admitir cualquier tipo de fluido gas, líquido o sólidos.

- **Válvula de Diafragma**

Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible que utiliza en lugar de la compuerta o tapón para regular o cortar el flujo, el cual está sujeto a un compresor.

Se utilizan en líneas que manejan fluidos corrosivos, pastas semilíquidas fibrosas, materiales pegajosos o viscosos, alimentos, lodos y productos farmacéuticos. Son de bajo costo, no tienen empaquetaduras ya que no presentan problemas de fugas. Su diafragma es sensible al desgaste pero éste puede ser reemplazado con facilidad.

- **Válvula de Bola**

También llamada válvula de esfera, obtiene su nombre debido que su obturador tiene forma de bola o esfera, es una válvula de cierre rápido de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, el flujo pasa a través del obturador en forma de V. La válvula de bola se emplea

principalmente en las líneas de petróleo crudo donde los líquidos varían ampliamente de viscosidad o también en fluidos con alto porcentaje de sólidos en suspensión.

Son de bajo costo, no requiere lubricación, son de tamaño compacto y tienen cierre hermético con baja torsión, no se las utiliza para estrangulación debido al excesivo desgaste en el sello y en la bola lo que hace que se requiera excesivo mantenimiento.

- **Válvula Macho**

Posee un obturador de forma cilíndrica o cónica el cual gira sobre el eje central, esta válvula se mueve mediante una llave o palanca de completamente cerrada a completamente abierta en un cuarto de vuelta por lo que su accionamiento es muy rápido.

Se inyecta grasa alrededor del tapón para que actúe como agente sellante y como lubricante. Las pérdidas de carga en posición abierta son pequeñas y se la emplea generalmente en instalaciones poco vigiladas. Se usan en servicio de apertura, cierre y desviación de flujos.

- **Válvula de Retención**

También conocida como válvula check, es una válvula unidireccional cuya función es evitar el flujo inverso o contraflujo en una tubería. Son de acción automática.

- **Válvula de seguridad o Alivio**

Es de acción automática ya que requiere un desfogue rápido de sobrepresión. Estas válvulas tienen asientos y tapones que se abren rápidamente en caso de sobrepresión, desfogando a flujo total. Las válvulas de seguridad son para fluidos compresibles, vapor y otros gases. Pueden descargar vapor directamente a la atmósfera o a un sistema de recuperación si se trata de un gas tóxico o costoso. Fueron creadas con el fin de proteger equipos e instalaciones en momentos de emergencia.

Otro aspecto a tomar en cuenta es el coeficiente de descarga de la válvula ( $C_v$ ) que generalmente lo proporciona el fabricante, este coeficiente no depende únicamente del tamaño de la válvula sino también de la cantidad de fluido que pasa por ésta.

$$f = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{G_s}}$$

FIGURA N° 8: COEFICIENTE DE DESCARGA DE LA VÁLVULA

Dónde:

- **f** = Tasa de flujo
- **Cv** = Coeficiente de descarga de la válvula
- **ΔP** = Caída de Presión en la válvula
- **Gs** = Gravedad específica del fluido

Otro aspecto a tomar en cuenta para la selección adecuada de una válvula son sus características que relacionan el flujo a través de la válvula con la posición de la misma.

Existen 3 características principales, estas son:

- **Lineal**

Es cuando la relación del caudal y la posición de la válvula son directamente proporcionales, es decir el incremento del flujo se mantiene constante a través de todo el recorrido de la válvula.

- **Igual Porcentaje**

El caudal es proporcional al recorrido de la válvula y al caudal de paso que existía antes del incremento del recorrido, es decir, iguales incrementos del recorrido de la válvula proporcionan cambios de igual porcentaje en el caudal que pasa en ese momento.

- **Apertura Rápida**

El caudal es máximo cuando el recorrido de la válvula es mínimo. Por lo general las válvulas con esta característica se utilizan para el control todo-nada, en donde el flujo debe establecerse rápidamente cuando la válvula comienza abrirse.

La rangeabilidad se asocia estrechamente con las características de la válvula, ésta se define como la relación entre los caudales máximo y mínimo que la válvula puede controlar.

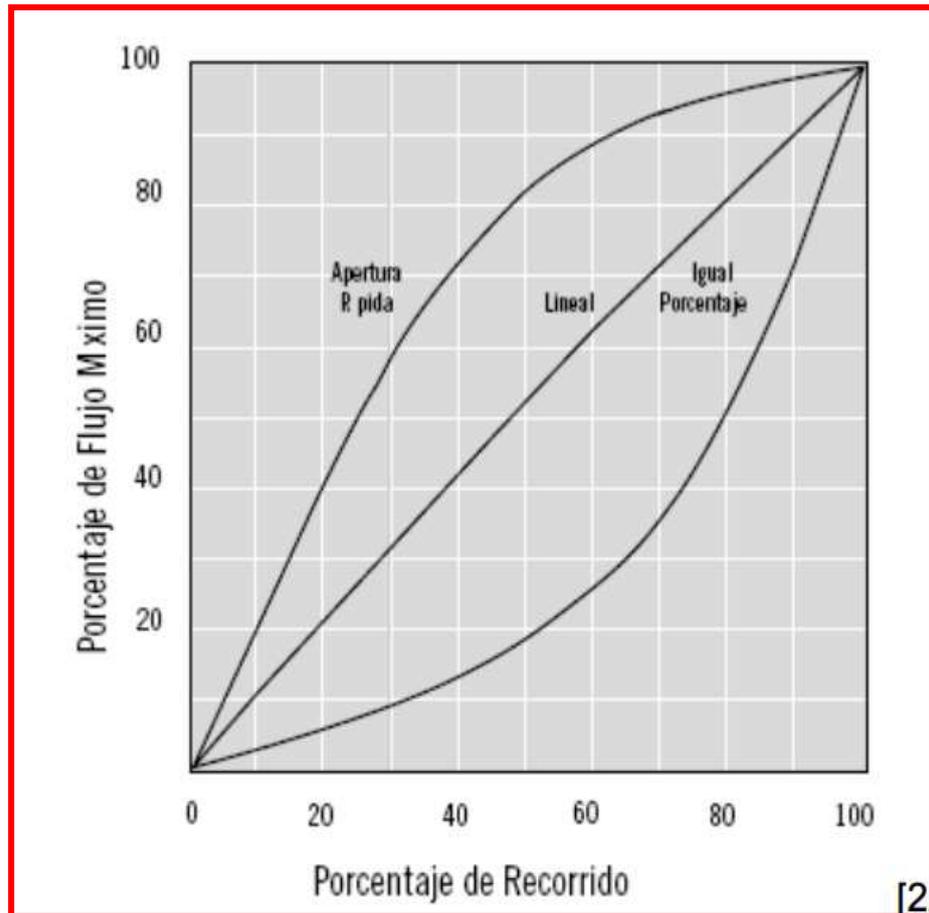


FIGURA N° 9: CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

- ✚ Actuador: Son mecanismos capaces de generar una fuerza en respuesta a una señal de entrada proveniente del controlador, ésta puede ser eléctrica, mecánica, neumática o hidráulica.
- ✚ Accionador: También conocido como actuador o motor
- ✚ Apertura Rápida: El caudal es máximo cuando el recorrido de la válvula es mínimo.
- ✚ Autómata: Instrumento o aparato que encierra dentro de sí el mecanismo que le imprime determinados movimientos.
- ✚ Automatismo: Cualidad de lo que es automático

- ✚ AWL: Lenguaje de programación con lista de instrucciones.
- ✚ Bornera: Terminal eléctrico de sujeción.
- ✚ Conmutar: Cambiar el destino de una señal o corriente eléctrica.
- ✚ CPU: Unidad central procesadora de una computadora
- ✚ Estandarización: Ajustar varias cosas semejantes a un tipo o norma común.
- ✚ Exactitud: Se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido.
- ✚ [Fuente de energía](#): Recurso presente en la naturaleza con el que se puede intercambiar calor.
- ✚ Sensor: Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
- ✚ Interacción: Acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, formas, funciones, etc.
- ✚ [Intercambiador de calor](#): Dispositivo para la transferencia de calor entre dos fluidos sin que estos se mezclen.
- ✚ Interfaz: Conexión física o funcional entre dos aparatos o sistemas independientes. Periférico: Aparato auxiliar e independiente conectado a la unidad central de una máquina o computadora.
- ✚ Precisión: Se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud.
- ✚ Regenerador: Es un tipo de intercambiador de calor de almacenamiento
- ✚ RTD: Sensor de temperatura de tipo resistivo.

- ✚ Transmisor: Instrumento que capta la variable del proceso y la transmite a distancia a un instrumento receptor, indicador, controlador o combinación de estos.
- ✚ Válvula de Compuerta: Son las más utilizadas en tubería industrial, se usan únicamente como válvulas de cierre para cortar o abrir totalmente el flujo.
- ✚ Válvula de Mariposa: Esta válvula está formada por un anillo dentro del cual gira transversalmente un disco circular.
- ✚ Válvula de Diafragma: efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible que utiliza en lugar de la compuerta o tapón para regular o cortar el flujo, el cual está sujeto a un compresor.
- ✚ Válvula de Bola: obtiene su nombre debido que su obturador tiene forma de bola o esfera, es una válvula de cierre rápido de  $\frac{1}{4}$  de vuelta.
- ✚ Válvula Macho: Posee un obturador de forma cilíndrica o cónica el cual gira sobre el eje central.
- ✚ Válvula de Retención: es una válvula unidireccional cuya función es evitar el flujo inverso o contraflujo en una tubería.
- ✚ Válvula de seguridad o Alivio: Es de acción automática ya que requiere un desfogue rápido de sobrepresión.

## **CAPÍTULO III**

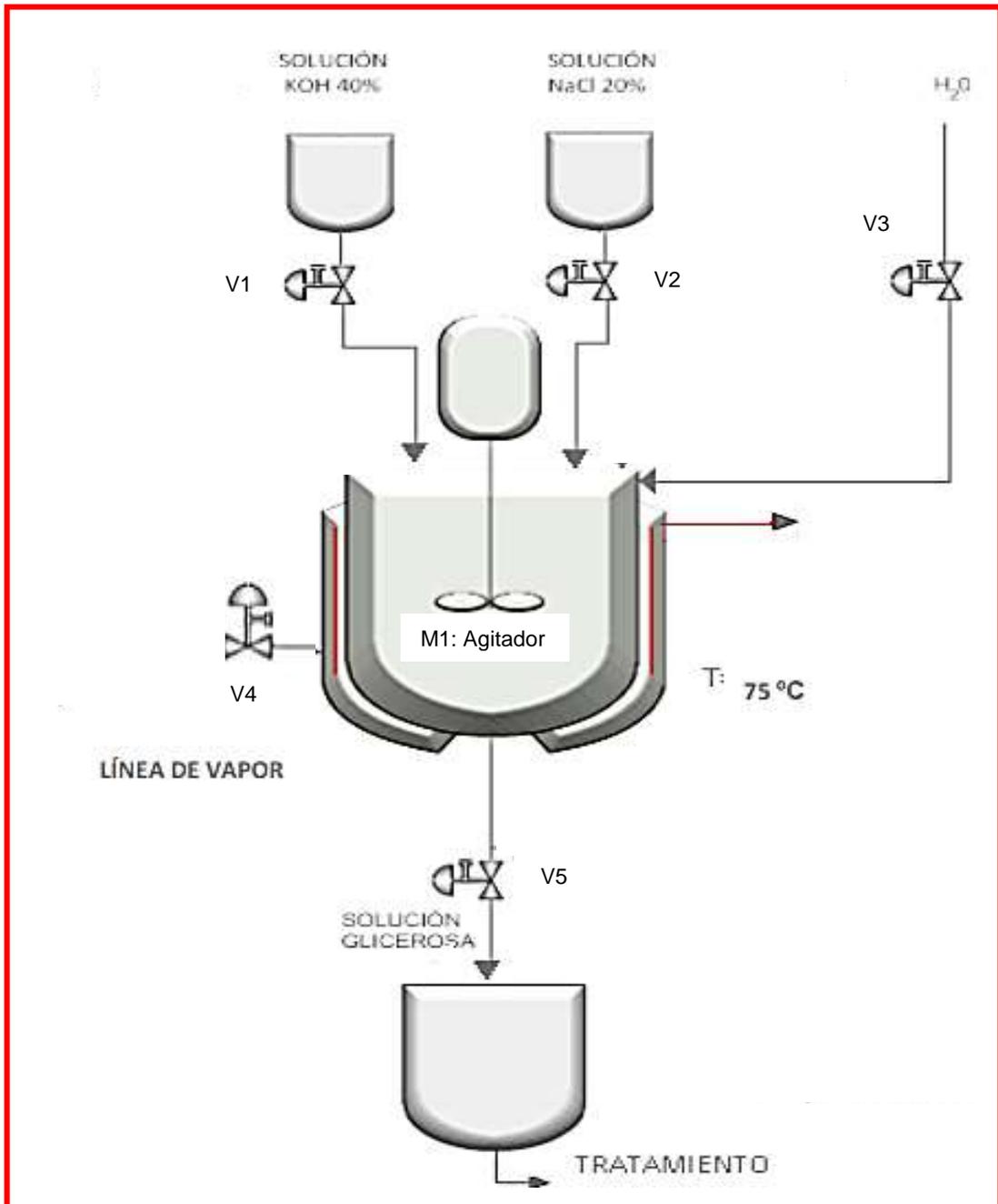
### **DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO**

A continuación describo el proceso a automatizar, que consiste en un Reactor Químico Batch o llamado también Reactor de operación discontinua, cuyo funcionamiento consiste en la adición de cantidades determinadas de diferentes insumos o soluciones (KOH, NaCl y Agua), mediante la activación secuencial de válvulas (V1, V2, V3, V4 y V5) y del agitador, tal como se especifica en las siguientes líneas:

- ✚ Al presionar el pulsador de marcha se apertura la válvula V3, durante 10 minutos, generando el vaciado de Agua.
- ✚ Al cabo de 5 minutos de aperturar la válvula V3, se aperturará simultáneamente la válvula V1 (Solucion de KOH) y la válvula V2 (Solucion NaCl), durante un tiempo de 5 minutos.
- ✚ Luego de 2 minutos de aperturado las válvulas V1 y V2, se activará el agitador y simultáneamente se abrirá la válvula de vapor,

- ✚ elevando la temperatura de la mezcla hasta 75°C, para lo cual el tiempo de apertura de la válvula de vapor (V4) y del mezclador será de 3 minutos.
- ✚ Finalmente se aperturará la válvula de vaciado V5 durante 5 minutos.



**FIGURA N° 10: PROCESO BATCH PARA LA OBTENCIÓN DE JABON CON VÁLVULA DE FLUJO ON/OFF PARA EL CONTROL DE LA LÍNEA DE VAPOR**

Considerando la descripción del proceso de activación secuencial de sensores y actuadores, a continuación procedo a realizar el cuadro de identificación de entradas y salidas del proceso.

TABLA N° 3: ENTRADAS DEL PROCESO

ENTRADAS DEL PROCESO		
N°	SENSOR	DENOMINACIÓN
1	Pulsador de Parada	PP
2	Pulsador de Marcha	PM

TABLA N° 4: SALIDAS DEL PROCESO

SALIDAS DEL PROCESO		
N°	ACTUADOR	DENOMINACIÓN
1	Contactador de la Válvula 1	KM1
2	Contactador de la Válvula 2	KM2
3	Contactador de la Válvula 3	KM3
4	Contactador de la Válvula 4	KM4
5	Contactador de la Válvula 5	KM5
6	Agitador (M1)	KM6

Procederé a realizar el direccionamiento de entradas y salidas del proceso con las entradas y salidas del Controlador Lógico Programable.

**TABLA N° 5: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS**

<b>DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS</b>	
<b>ENTRADAS DEL PROCESO</b>	<b>ENTRADAS DEL PLC</b>
Pulsador de Parada	I5 (1 bit)
Pulsador de Marcha	I1 (1 bit)

**TABLA N° 6: DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS**

<b>DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS</b>	
<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>	<b>SALIDAS DEL PLC</b>
<b>KM1</b>	Q1 (1bit)
<b>KM2</b>	Q2 (1bit)
<b>KM3</b>	Q3 (1bit)
<b>KM4</b>	Q4 (1bit)
<b>KM5</b>	Q5 (1bit)
<b>KM6</b>	Q6 (1bit)

En referencia al direccionamiento de entradas y salidas, es que determino el tipo de PLC a utilizar. En este caso se requiere utilizar un PLC que posea 2 entradas discretas y 6 salidas discretas. Por lo tanto elegí utilizar el Nano PLC LOGO 230 RC.

Ahora que ya determiné el tipo de PLC, procedo a realizar la conexión de sensores y actuadores.

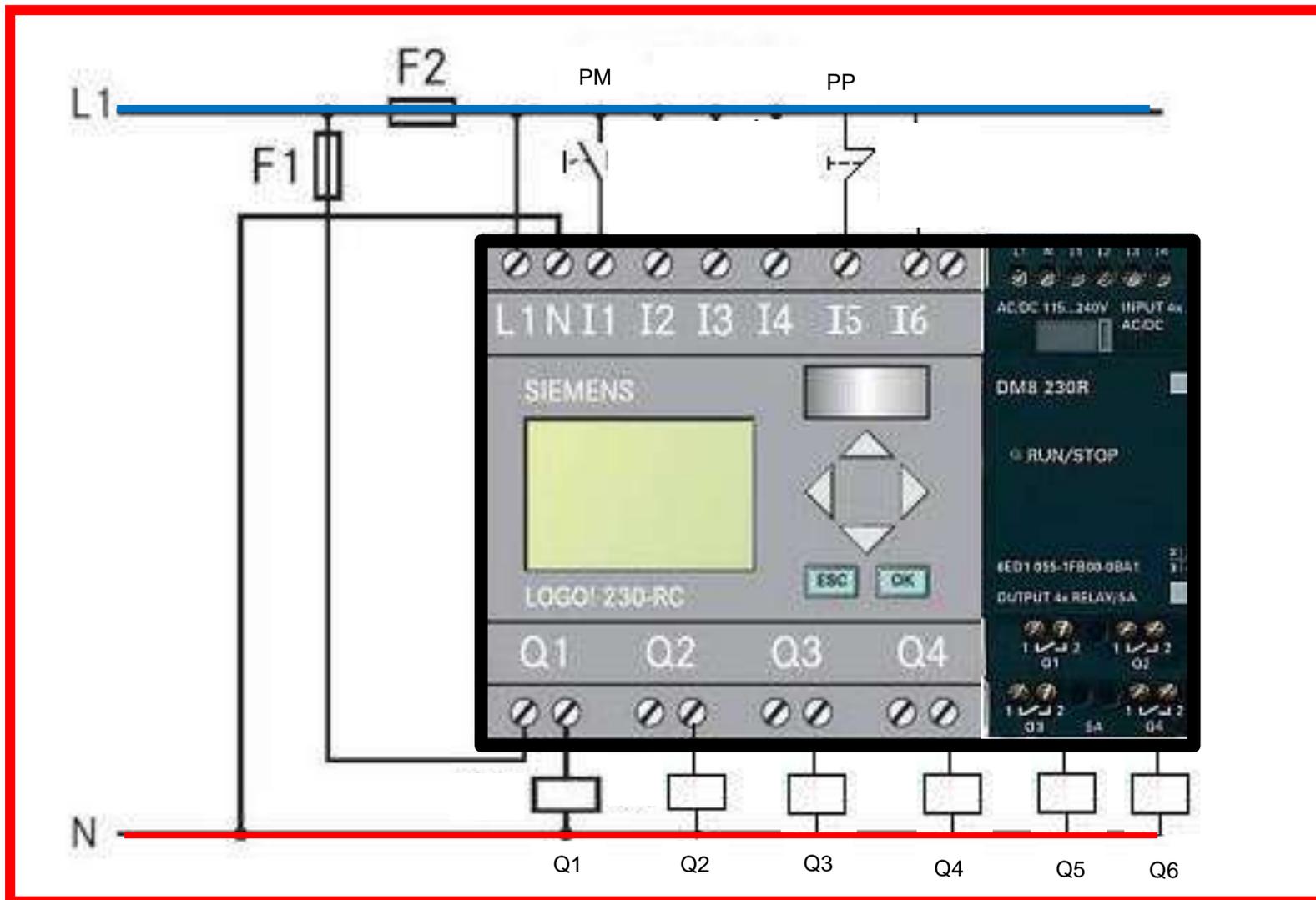


FIGURA N° 11: CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES AL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

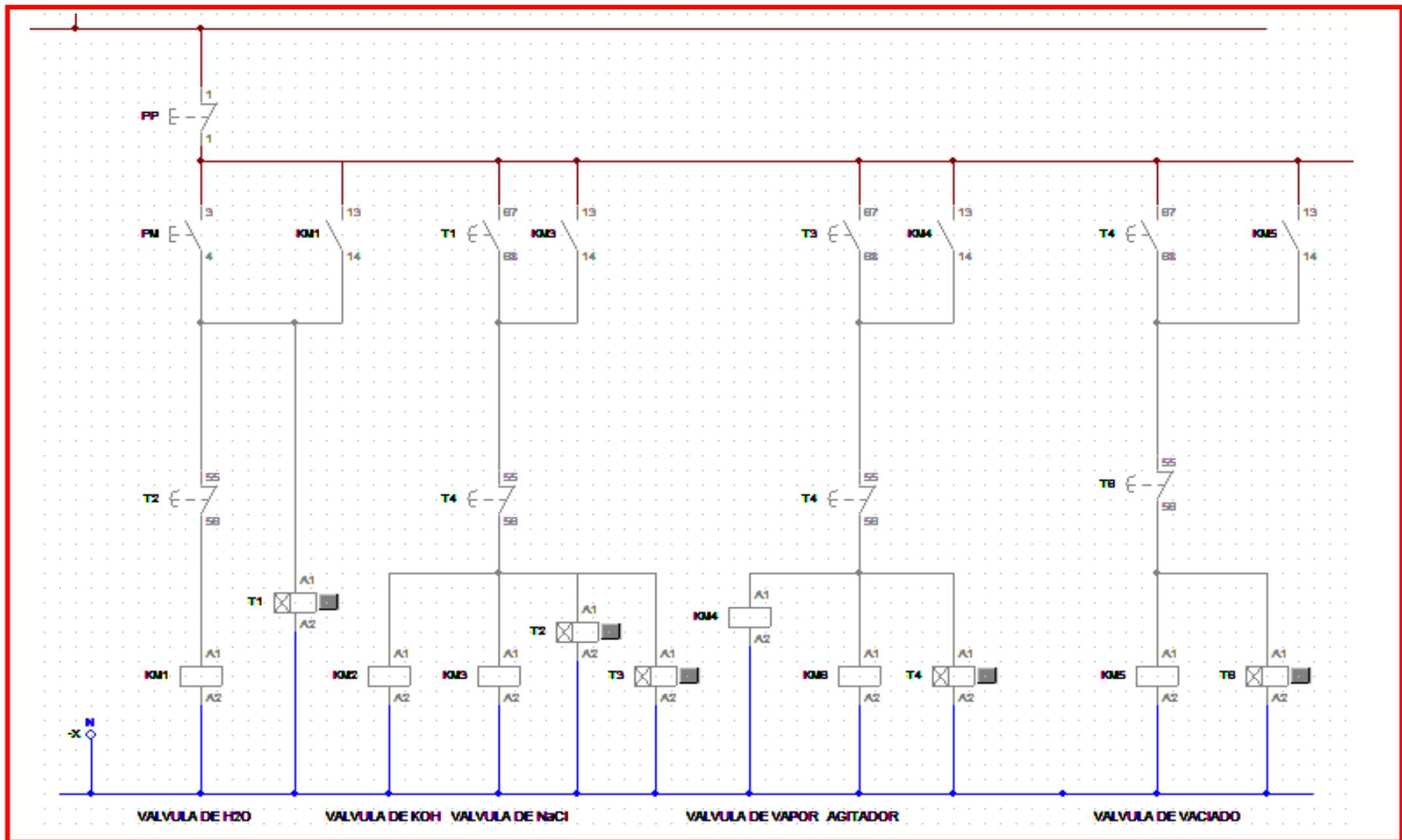


FIGURA N° 12: CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO

### 3.2 DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN DEL AUTOMATISMO

Utilizaré el software de Programación del Controlador Lógico programable LOGO SOFT COMFORT V8.

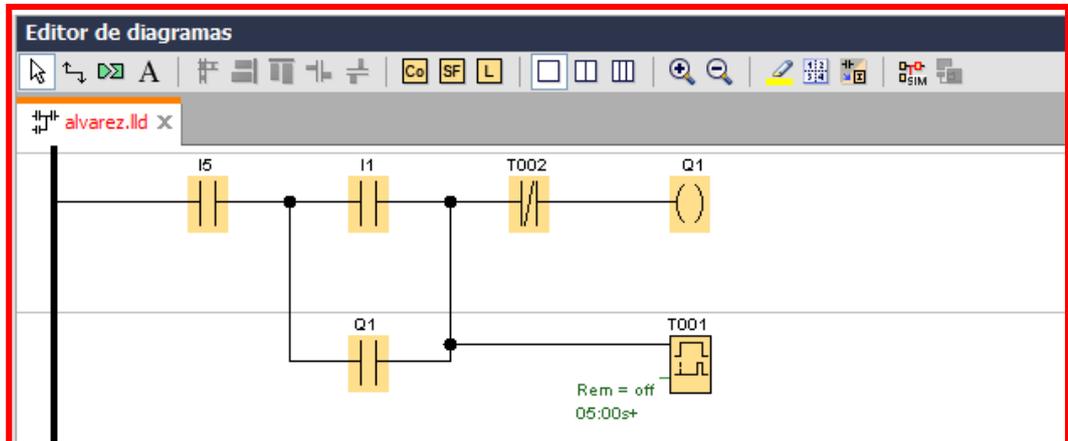


FIGURA N° 13: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE H2O DURANTE 10 MINUTOS

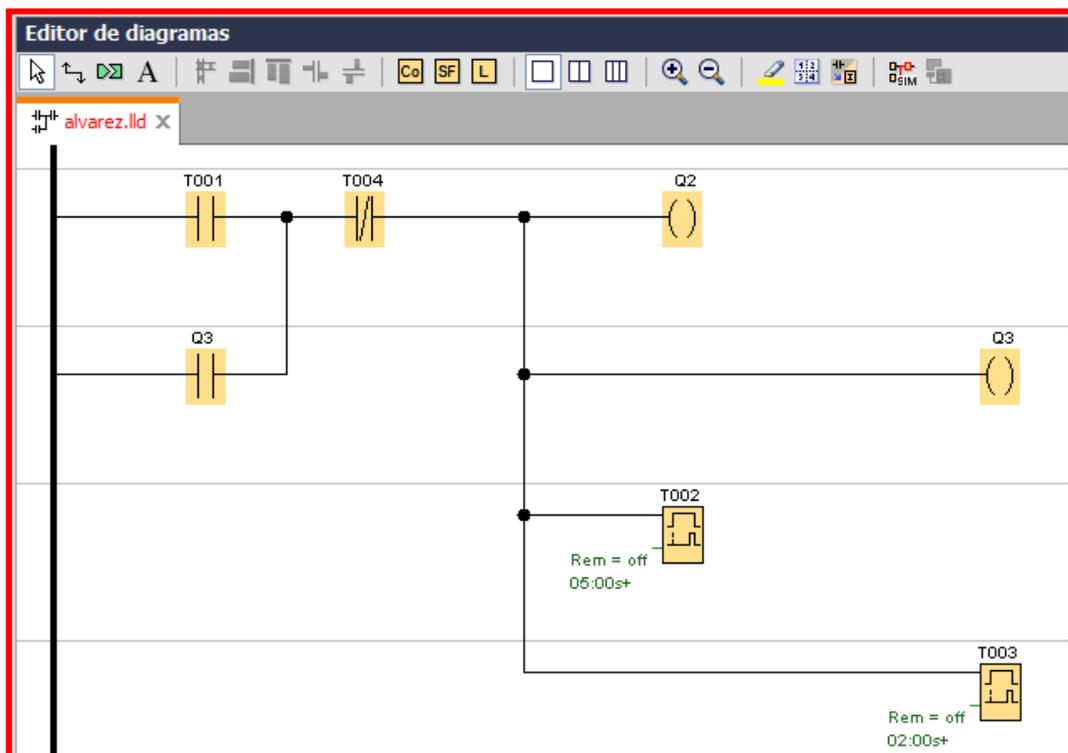
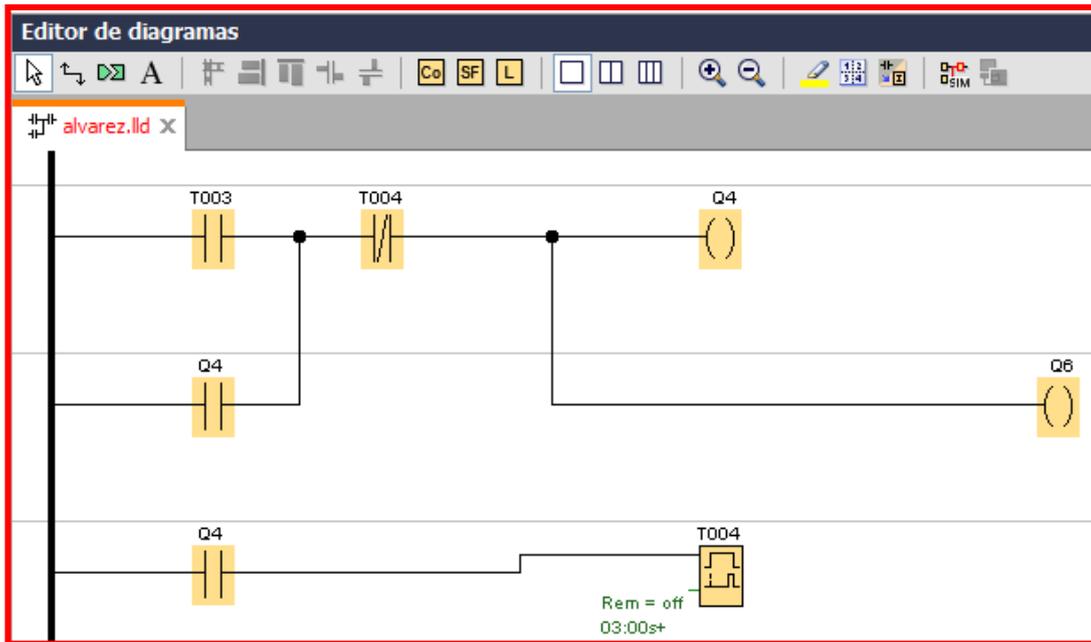
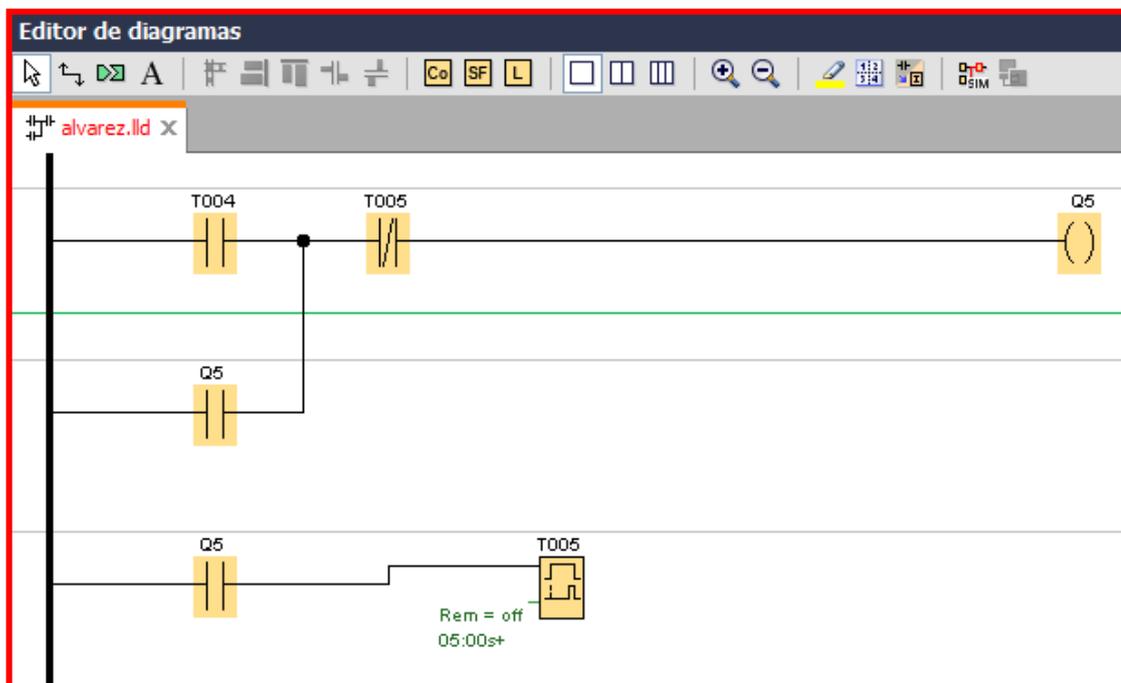


FIGURA N° 14: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE KOH Y NaCl DURANTE 5 MINUTOS



**FIGURA N° 15: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE VAPOR Y DEL AGITADOR DURANTE 3 MINUTOS**



**FIGURA N° 16: PROGRAMACIÓN DE LA APERTURA Y CIERRE DE LA VÁLVULA DE VACIADO DURANTE 5 MINUTOS**

### **3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS**

A continuación procedo a mostrar los resultados de la ejecución del programa de automatización del controlador Lógico Programable LOGO 230 RC:

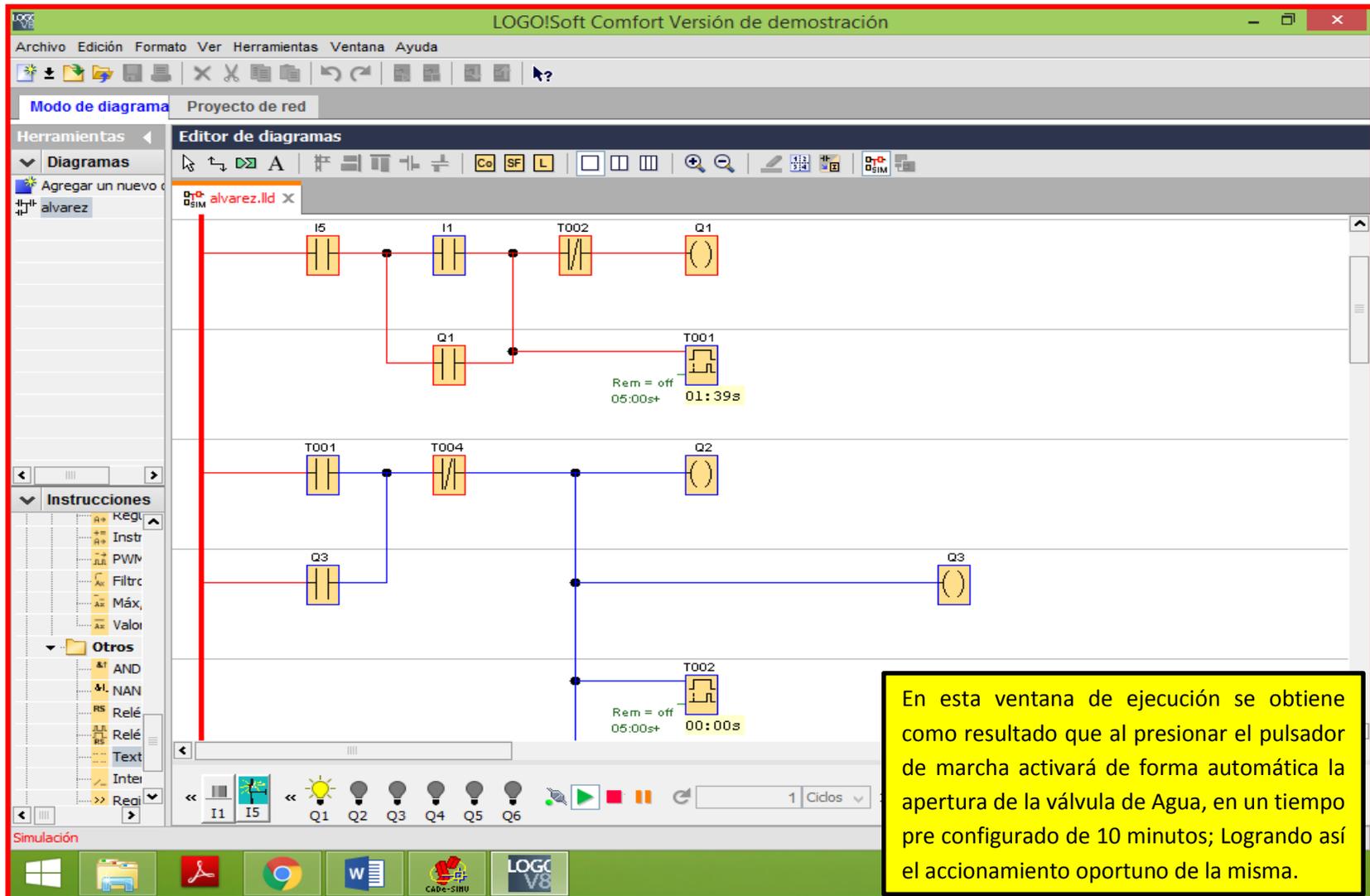


FIGURA N° 17: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 1 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

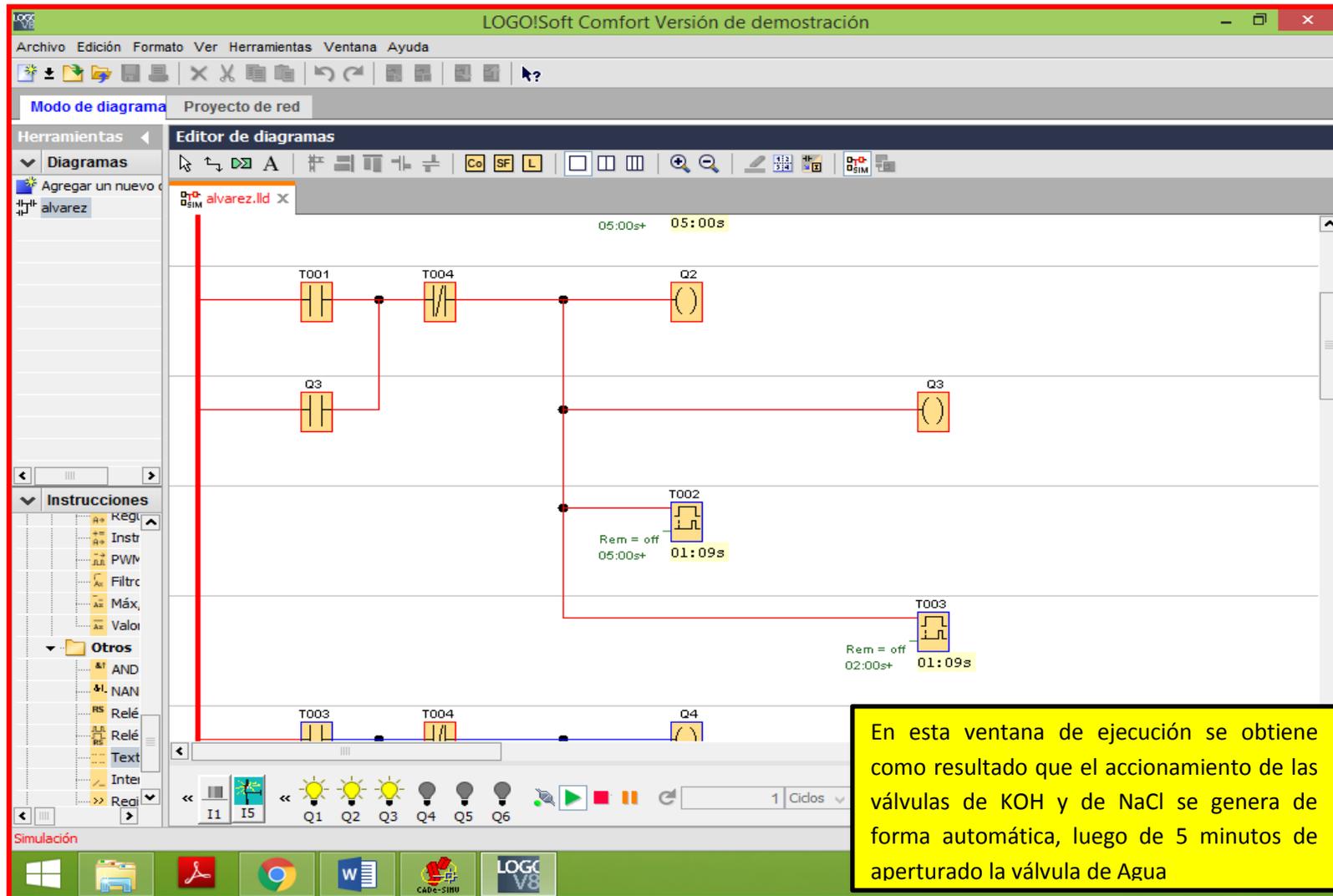
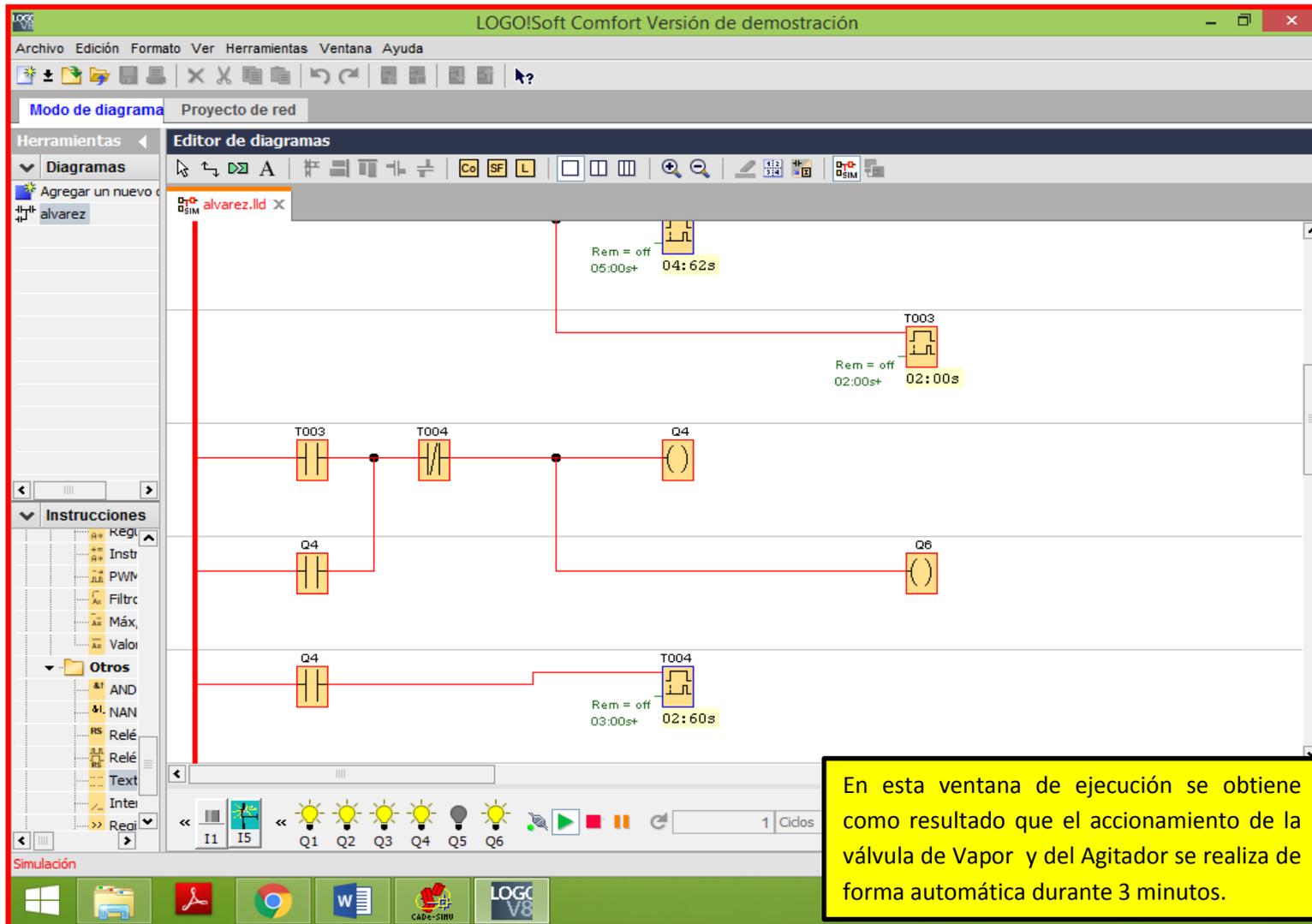


FIGURA N° 18: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 2 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE



**FIGURA N° 19: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 3 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

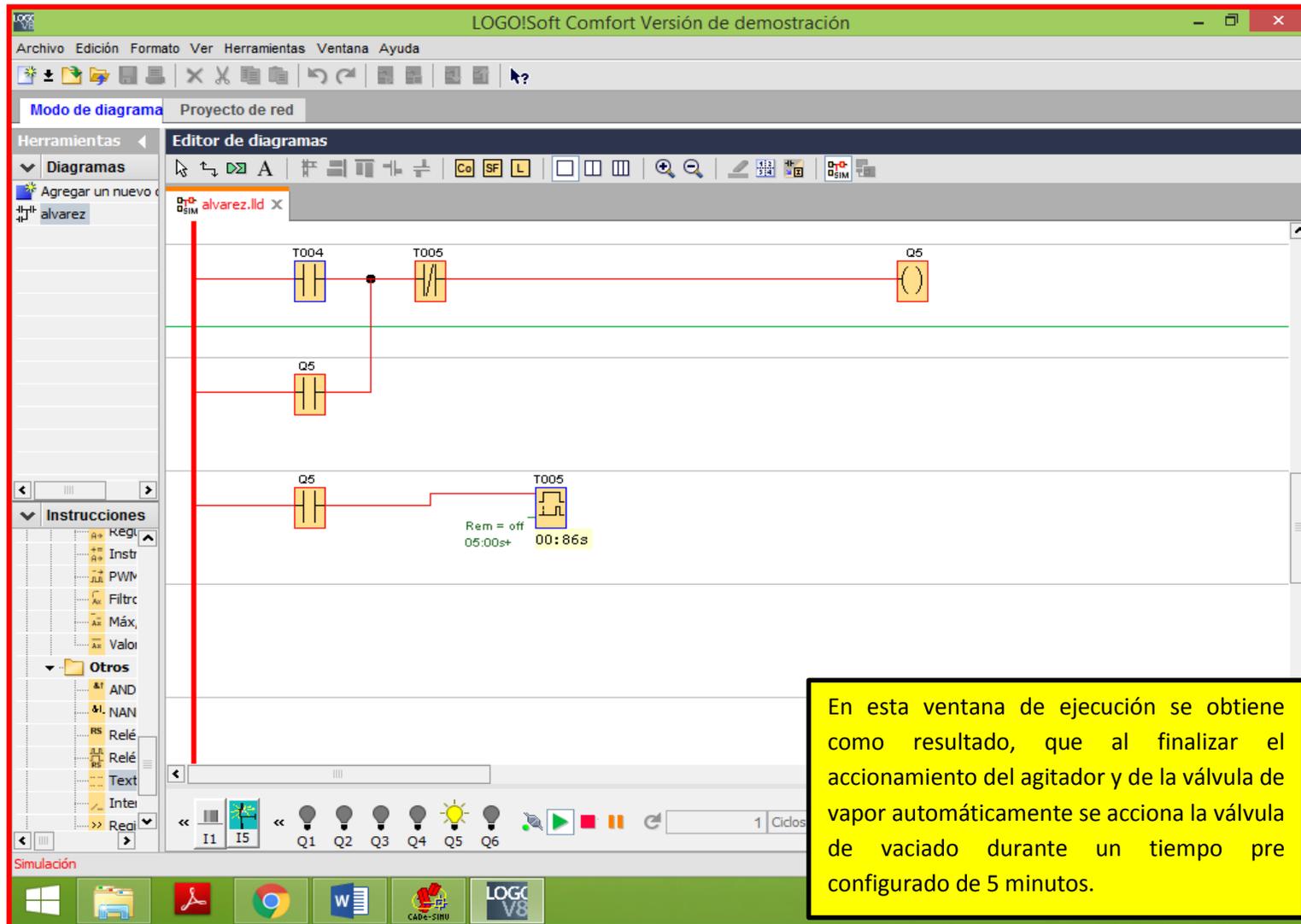


FIGURA N° 20: EJECUCIÓN DEL SEGMENTO 4 DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

## CONCLUSIONES

- Se concluye que existe un relación secuencial entre los elementos de entrada y salida de un Reactor Batch de tanque Agitado, tal como se establece en el circuito de control eléctrico.
- Se concluye que si es posible realizar el accionamiento automático de las válvulas de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón en la Empresa Palmas SAC.
- Finalmente se concluye que mediante la automatización del accionamiento de válvulas de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón en la Empresa Palmas SAC, se consigue dosificar la cantidad de insumos utilizados.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el automatismo para el accionamiento de válvulas de un Reactor Batch de Tanque agitado del proceso de fabricación de Jabón en la Empresa Palmas SAC, a fin de dosificar la cantidad de insumos utilizados, mediante un Controlador Lógico Programable.
- Se recomienda considerar en el automatismo descrito, un sistema de monitoreo para el proceso de Fabricación de jabón, a través de un Panel de visualización a fin de garantizar un control permanente del sistema.
- Se recomienda acoplar un sistema de control de temperatura a través de un controlador PI, relacionado con la válvula de vapor, de tal forma que ante de la presencia de algún tipo de perturbación, este mecanismo garantice la regulación de forma automática.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **SORIA. E.** (2013). Implementación de un reactor automatizado para la producción de biodiesel a nivel
2. **LOPEZ. E.** (2013). Automatización de un Biorreactor Piloto. (Tesis de Pre Grado). Universidad Tecnológica de La Mixteca. Oaxaca, México.
3. **BYRON. D.** (2009). Diseño e Implementación de la Automatización de un reactor de alta presión. (Tesis de Pre Grado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
4. **BALCELLS. J.** (2010). Autómatas Programables. Barcelona, España: MARCOMBO
5. **ALBELLA. J.** (2003). Láminas delgadas y recubrimiento. Madrid, España: CSIC
6. **PONSA A.** (2005). Automatización de Procesos mediante la guía GEMMA. Barcelona, España: UPC
7. **MEDINA, G.** (2010). La Automatización en la Industria Química. Editorial: UPC. España.
8. **MONTELLANO, F.** (2003). Sistemas Servo controlados: Elección y Cálculo de accionamientos, Automática e Instrumentación. Editorial Marcombo.
9. **Ros, R.** (2003). Monitorización de una red industrial, Rev. Automática e Instrumentación,

## BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

1. **Tanque Continuamente Agitado Presurizado con Intercambio de Calor**

[http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/981/2/94247%20\(Tesis\).pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/981/2/94247%20(Tesis).pdf)

2. **Ingeniería Química: Automatización de una reactor BATCH**

<https://simulacionblog.com/automatizacion-de-un-reactor-tanque-agitado-batch-i/automatizacion-de-un-reactor-tanque-agitado-batch-ii/>

3. **Estudio de los reactores Discontinuos**

[http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6463/02\\_grauVilalta\\_capitol\\_1.pdf;jsessionid=D030F1A329C19AD35C430A086FC92E1B?sequence=2](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6463/02_grauVilalta_capitol_1.pdf;jsessionid=D030F1A329C19AD35C430A086FC92E1B?sequence=2)