

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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



**“CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA ESCLUSA MEDIANTE
PROGRAMACIÓN DEL PLC SIEMENS LOGO A TRAVÉS DE
DIAGRAMA DE CONTACTOS, APLICADO A UN ÁREA DE
FABRICACIÓN FARMACÉUTICA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ARAUCANO BOBADILLA, ARNALDO

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a Dios quien supo guiarme por el buen camino. A mis padres Leoncio Araucano y Justina Bobadilla por su apoyo incondicional que siempre me apoyaron en cada momento de mi carrera profesional. A mis hermanos Aurelio, Leonardo y Javier gracias a ustedes hermanos mi gran agradecimiento de todo corazón.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres y mis maestros de la UNTELS por sus sabios consejos y aliento incondicional para obtener mi título profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	12
1.2 Justificación del Problema.....	14
1.3 Delimitación del Proyecto.....	15
1.3.1. Espacial.....	15
1.3.2. Temporal.....	15
1.4 Formulación del Problema.....	15
1.5 Objetivos.....	15
1.5.1. Objetivo General.....	15
1.5.2. Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	17
2.2. Bases Teóricas.....	20
2.2.1 Fundamentos del Control.....	20
2.2.1.1. Control de lazo abierto y control de lazo cerrado.....	22
2.2.1.2. Diagrama de bloques.....	25
2.2.2 Controlador lógico programable.....	27
2.2.2.1. Ventajas.....	28
2.2.2.2. Arquitectura de un PLC.....	28
2.2.2.3. Tipos de PLC.....	36
2.2.3 Proceso de automatización.....	38

2.2.3.1. Tecnologías de automatización empleados en la industria farmacéutica.....	41
2.2.3.2. Control de calidad farmacéutico.....	45
2.2.4. Manual de buenas prácticas de manufactura de productos farmacéuticos.....	50
2.3. Marco Conceptual.....	52
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO	
3.1 Descripción del Proceso Automatizado.....	55
3.2 Desarrollo del Automatismo Mediante la Programación del PLC a través de Diagrama de Contactos.....	62
3.3 Revisión y Consolidación de resultados.....	64
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXO.....	74

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Sistema de control de lazo abierto
- Figura N° 02: Sistema de control de lazo cerrado
- Figura N° 03: Bloque Simple
- Figura N° 04: Bloque con operación matemática
- Figura N° 05: Diagrama em bloques de sistema de control realimentado
- Figura N° 06: Nomenclatura de las entradas y salidas digitales
- Figura N° 07: Naturaleza de los circuitos de entradas y salidas
- Figura N° 08: Naturaleza de los circuitos de salidas digitales
- Figura N° 09: Estructura interna de un PLC
- Figura N° 10: Memoria de un PLC
- Figura N° 11: Esquema de la esclusa de fabricación de productos farmacéuticos
- Figura N° 12: Conexión de sensores y actuadores al PLC
- Figura N° 13: Circuito de control para la esclusa de fabricación de productos farmacéuticos
- Figura N° 14: Programación del PLC mediante diagrama de contactos - a
- Figura N° 15: Programación del PLC mediante diagrama de contactos - b
- Figura N° 16: Programación del PLC mediante diagrama de contactos - c
- Figura N° 17: Programación del PLC mediante diagrama de contactos - d
- Figura N° 18: Ejecución del programa del PLC - a
- Figura N° 19: Ejecución del programa del PLC - b
- Figura N° 20: Ejecución del programa del PLC - c
- Figura N° 21: Ejecución del programa del PLC - d

Figura N° 22: Ejecución del programa del PLC - e

Figura N° 23: Ejecución del programa del PLC – f

Figura N° 24: Gráfico porcentual de la contaminación de los productos antes de la automatización.

Figura N° 25: Gráfico porcentual de la contaminación de los productos durante la automatización.

Figura N° 26: Cuadro comparativo de la disminución de la contaminación de productos o insumos farmacéuticos durante la automatización

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 01: Tamaño de memoria

Tabla N° 02: Tipos de memoria de un PLC

Tabla N° 03: Entradas del proceso

Tabla N° 04: Salidas del proceso

Tabla N° 05: Direccionamiento de entradas del proceso con las entradas del
PLC

Tabla N° 06: Direccionamiento de salidas del proceso con las entradas del
PLC

INTRODUCCIÓN

El control de calidad y las buenas prácticas de manufactura son aspectos relacionados, muy importantes para la producción y control de empresas farmacéuticas, con estos se busca el cumplimiento de requerimientos tales como concentración, esterilidad e inocuidad (Norma técnica de las buenas prácticas de manufactura. 2015).

El control de calidad son todas aquellas acciones o mecanismos existentes que son utilizados para detectar errores humanos y así prestar asistencia al departamento de producción. El control de calidad tiene la responsabilidad de hacer cumplir todos aquellos requerimientos necesarios para que un producto satisfaga las necesidades de calidad.

En cuanto a las normas que componen las buenas prácticas de manufactura, son necesarias para todas las empresas farmacéuticas, ya que las empresas certificadas aseguran que las instalaciones donde se fabrican los productos son aptas.

De esta forma las buenas prácticas de manufactura se basan principalmente en disminuir considerablemente los riesgos implicados en la fabricación de medicamentos, como la contaminación y mezclas de materiales. Por esta razón es necesario que cada empresa farmacéutica cumpla con los requerimientos de las Buenas Prácticas de Manufactura para mantener un control y garantizar

la calidad del producto terminado y de esta forma brindar seguridad y confiabilidad a sus usuarios

Las instalaciones y los equipos deberán estar situados, diseñados, construidos, adaptados y mantenidos en función de las operaciones que se lleven a cabo.

Su disposición y diseño deben tener el objetivo de minimizar el riesgo de errores y permitir la limpieza y mantenimiento eficaz, con el fin de evitar la contaminación cruzada, la acumulación de polvo y suciedad como cualquier efecto adverso en la calidad de los productos.

En general no importa si se trata de laboratorios, de la industria alimentaria, de la industria farmacéutica o de la investigación, en todas partes donde se necesitan ambientes especiales o salas blancas para la producción o la investigación es indispensable un sistema de control de puertas con función de esclusa. Con el propósito de controlar la posibilidad del acceso a salas específicas en función de otras puertas.

En ese sentido y con la finalidad de aportar para el desarrollo de alternativas automatizadas, con la finalidad de garantizar las condiciones adecuadas para la fabricación de productos farmacéuticos es que he dividido mi proyecto de Ingeniería en 3 capítulos.

En el Capítulo I, describo el planteamiento del problema, que está relacionado con la carencia de mecanismos que permitan el control de apertura y cierre de las esclusas del área de fabricación farmacéutica.

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 realizar el direccionamiento del PLC, circuito de conexión al PLC y circuito de mando eléctrico, para luego desarrollar la programación del automatismo a través de diagrama de contactos, 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 Farmacéutica Pharma Dubonp SAC se dedica al desarrollo de productos farmacéuticos naturales, con una carencia en cuanto al cumplimiento de algunos estándares de calidad en relación a las buenas prácticas en elaboración de productos farmacéuticos definidos por la Organización Mundial de la Salud.

Una de esas carencias está relacionada a cómo garantizar que el area de producción de fármacos se mantenga cerradas o herméticas, según el requerimiento o condición del mismo, a fin de garantizar la contaminación de los productos o insumos utilizados en la producción.

Ya DIGEMID (Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas), identifique algunas deficiencias en las habitaciones destinadas a la elaboración de productos farmacéuticos, indicando que no están diseñadas como esclusas, así también observo que las habitaciones destinadas al cambio de vestimenta deben rediseñarse a esclusas de aire, para separar las diferentes etapas de dicho cambio, con miras a reducir al mínimo posible la contaminación de las ropas de protección con microbios y partículas.

DIGEMID recomendó que dichas habitaciones deben limpiarse eficientemente con descargas de aire filtrado y que es conveniente contar con salas cambiadoras independientes para la entrada y para la salida de las áreas limpias. Las instalaciones para el lavado de las manos deben estar ubicadas solamente en las salas de cambio de vestimenta, nunca en los lugares donde se efectúan trabajos asépticos.

Las esclusas de aire no deben abrirse simultáneamente. Se debe contar con un sistema de cierre interbloqueado y con un sistema de alarma visual para prevenir la apertura de más de una puerta a la vez.

Bajo estas recomendaciones realizadas por DIGEMID a la empresa farmacéutica Pharma Dubonp SAC, es que resalto e identifique la problemática actual a solucionar.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica que a partir de la automatización mediante el controlador Lógico Programable Logo 230RC de una esclusa de fabricación farmacéutica se minimizará los riesgos por contaminación en la elaboración de los productos estériles, ya que de forma automatizada la apertura y cierre de la esclusa se realizará mediante sensores discretos, actuadores y todos ellos contralados automáticamente por un PLC.

Y es que la fabricación de productos estériles debe realizarse en zonas limpias y el acceso a estas zonas siempre debe ser a través de esclusas reservadas para el personal autorizado, equipos y materiales, pero siempre con apertura y cierre automático.

Las zonas de fabricación farmacéutica deben mantener un nivel de limpieza adecuado, apoyándose en mecanismos de autorregulación de apertura y cierre de puertas ya que además estas áreas están dotadas de aire filtrado a través de filtros cuya eficacia está relacionado al hermetismo de la esclusa.

Este automatismo garantizara que cada operación de fabricación farmacéutica tenga un grado adecuado de limpieza del entorno en estado de funcionamiento para minimizar los riesgos de contaminación microbiana o de partículas en el producto o los materiales que se estén manipulando.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se desarrollará en la Empresa farmacéutica Pharma Dubonp SAC, ubicado en la Av. República de Panamá 2257, La Victoria – Lima.

1.3.2 TEMPORAL

El proyecto de ingeniería comprende 20 días, correspondientes al mes de Diciembre de 2016.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo minimizar los riesgos por contaminación de una esclusa en la empresa de fabricación farmacéutica Pharma Dubonp SAC, mediante la programación en diagrama de contactos de PLC Siemens LOGO?.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el control automático de una esclusa mediante la programación de un PLC Siemens LOGO a través de diagrama de contactos a fin de minimizar los riesgos por contaminación en la Empresa de fabricación farmacéutica Pharma Dubonp SAC.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si es posible y de qué manera se puede establecer una relación entre el PLC Siemens LOGO, los

sensores y actuadores de la esclusa de fabricación farmacéutica de la empresa Pharma Dubonp SAC.

- Verificar mediante la simulación de la programación del PLC Siemens LOGO en diagrama de contactos, si se puede establecer el control de la apertura y cierre de la esclusa del área de fabricación farmacéutica de la empresa Pharma Dubonp SAC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Espinosa (2005), en su tesis titulada “Diseño de un sistema electrónico automatizado para el control de puertas y sensores en áreas de alta seguridad” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Simón Bolívar de Caracas, concluye que: “Se ha desarrollado un sistema automático para el control de puertas, sensores y alarmas, basado en el uso del PLC como dispositivo principal de manejo y control de todas las señales provenientes de los distintos dispositivos que supervisan el área a proteger y de todas las señales encargadas de reportar los eventos que se generan. Adicionalmente, con esta herramienta de programación se puede definir fácilmente la dinámica que tendrán las puertas para establecer las diferentes esclusas con las que contara la sede. Tal como se había pautado en

los objetivos del proyecto, el sistema de seguridad diseñado e implementado respondió conforme a los esperado de manera satisfactoria”.¹

Yumisaka (2014), en su tesis titulada “Diseño y construcción de un modelo de ascensor a escala controlado por un PLC”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Riobamba, concluye que: “Para nuestro sistema de control se utilizó un PLC S7 1200 con módulo de expansión 7-14 porque este controlador puede resolver problemas desde un alto grado de complejidad hasta los sistemas más sencillos, además este controlador cumple con los requerimientos que exige nuestro sistema. El ascensor a escala además de contener teoría y aplicaciones de ascensores se puede aprovechar como prácticas de simulación y programación en el laboratorio de automatización y control”.²

Contreras (2010), en su tesis titulada “Diseño de un sistema de Automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecatrónica en la Pontificia Universidad Católica del Perú de Lima, concluye que: “La propuesta de implementar un sistema de automatización que controle la iluminación de la planta en estudio es el punto de partida para la solución integral que permita optimizar al máximo los consumos en este sistema. La red de comunicación se ha diseñado de tal

¹ESPINOSA, J. (2005). Diseño de un sistema electrónico automatizado para el control de puertas y sensores en áreas de alta seguridad. (Tesis de Pre Grado). Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

²YUMISAKA, H. (2014). Diseño y construcción de un modelo de ascensor a escala controlado por un PLC. (Tesis de Pre Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

forma que se permita que un terminal remoto o computador personal se conecte en línea desde cualquier nodo de la red y así poder verificar el procesamiento del código implementado en cada PLC así como su interacción con cada Panel de Operador. De esta forma se pueden detectar errores antes que un PLC entre a modo de falla o puede diagnosticarse la causa de la falla de forma más rápida sin necesidad de deshabilitar la red de comunicación”.³

García (2005), en su libro titulado “El Control Automático en la industria”, señala que: “La automatización de procesos industriales debe contemplar todos los posibles estados en que se puede encontrar dicho sistema. No solamente se debe tener en cuenta en el programa el simple funcionamiento automático normal; sino las situaciones de fallo, de parada de emergencia, los procesos de rearme y puesta en marcha. Un programa de autómeta debe considerar prioritario la detección de los posibles de la parte operativa y la ejecución de la parada de emergencia. Todo programa de autómeta debe contemplar estos casos, con el objeto de reducir al mínimo los tiempos de parada”.⁴

Ogata (2003), en su libro titulado “Ingeniería de Control Moderna” señala que: “Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Las ventajas de la representación mediante diagramas de bloques general de todo el sistema con solo conectar los bloques de los componentes de acuerdo con el flujo de señales y en que es posible evaluar la contribución de cada

³CONTRERAS, A. (2010). Diseño de un sistema de Automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial. (Tesis de Pre Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú

⁴GARCIA, A. (2005). El control automático en la industria. Cuenca, España: EDICIONES DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA – LA MANCHA

componente al desempeño general del sistema. En general la operación funcional del sistema se aprecia con más facilidad si se examina el diagrama de bloques que si se revisa el sistema físico mismo”.⁵

Balcells (2010), en su libro titulado “Autómatas Programables”, señala que: “Los autómatas programables han supuesto la aplicación masiva del microprocesador al mundo de los controles industriales. Su gran ventaja ha sido que han permitido aplicar a dichos controles las conocidas ventajas de los sistemas programables. Pero quizás su mayor mérito es que han permitido el uso generalizado del microprocesador por parte de no especialistas. No obstante, el uso de autómatas obliga a adquirir nuevos conocimientos si se quiere obtener de ellos el máximo partido. La demanda de la industria de un sistema económico, robusto, flexible, fácilmente modificable y con mayor facilidad para tratar con tensiones, hizo que se desarrollase los autómatas programables en la industria”.⁶

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1 FUNDAMENTOS DEL CONTROL

Los controles automáticos tienen una intervención cada vez más importante en la vida diaria, desde los simples controles que hacen funcionar un tostador automático hasta los complicados sistemas de control necesarios en vehículos espaciales, en guiado de proyectiles, sistemas de pilotajes de aviones, etc.

⁵OGATA (2003). Ingeniería de Control Moderna. Madrid, España: PEARSON

⁶BALCELLS, J. (2010). Autómatas Programables. Barcelona, España: MARCOMBO

Además el control automático se ha convertido en parte importante e integral de los procesos de manufactura e industriales modernos. Por ejemplo el control automático resulta esencial en operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de procesos, maquinado manejo y armado de piezas mecánicas en las industrias de fabricación, entre muchas otras. En la actualidad en las modernas fábricas e instalaciones industriales, se hace cada día más necesario de disponer de sistemas de control o de mando, que permitan mejorar y optimizar una gran cantidad de procesos, en donde la sola presencia del hombre es insuficiente para gobernarlos. El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia.

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa con creces la inversión en equipo de control. Además hay muchas ganancias intangibles, como por ejemplo la eliminación de mano de obra pasiva, la cual provoca una demanda equivalente de trabajo especializado. La eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático. Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y a lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

Primero se han de definir los sistemas de control de lazo abierto y de lazo cerrado, luego se ha de realizar una comparación entre ambos tipos.

2.2.1.1 CONTROL DE LAZO ABIERTO Y CONTROL DE LAZO CERRADO

a) Control de Lazo Abierto

Es decir, en un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control.

Los elementos de un sistema de control en lazo abierto, se pueden dividir en dos partes: el controlador, y el proceso controlado. Una señal de entrada o comando se aplica al controlador, cuya salida actúa como una señal de control o señal actuante, la cual regula el proceso controlado, de tal forma que la variable de salida o variable controlada se desempeñe de acuerdo a ciertas especificaciones o estándares establecidos.

Los sistemas de lazo abierto son económicos pero normalmente inexactos. Un sistema de control de lazo abierto es insensible a las perturbaciones; por consiguiente un sistema de control de este tipo es útil cuando se tiene la seguridad que no existen perturbaciones actuando sobre el mismo. En la práctica solo se puede usar el control de lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida, y si no hay perturbaciones internas ni externas importantes. De lo dicho anteriormente no deberá concluirse que los sistemas de control de lazo abierto sean ineficaces. Debido a la simplicidad y economía se los utiliza en muchas aplicaciones no críticas.

Existen muchos sistemas de lazo abierto que cumplen una función útil.

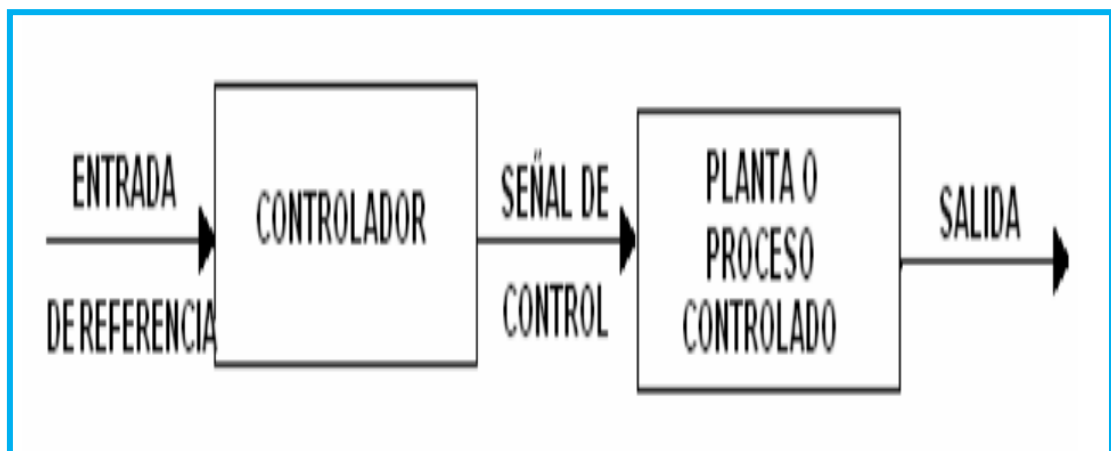


FIGURA Nº 01: SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

b) Sistemas de Control de Lazo Cerrado

En los sistemas de control de lazo cerrado, la salida o señal controlada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema, para disminuir el error y corregir la salida.

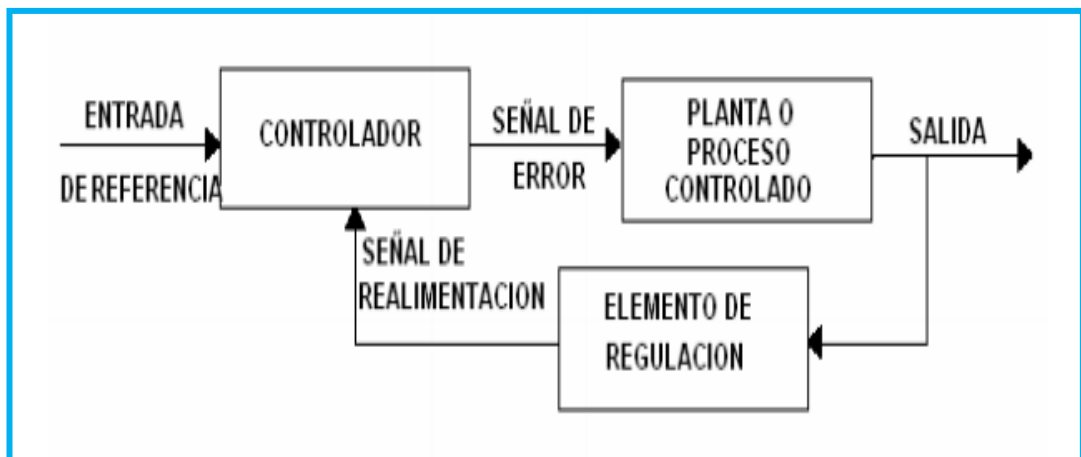


FIGURA Nº 02: SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO

La ventaja de los sistemas de control de lazo cerrado, es que al usar de forma adecuada la realimentación, como se vio en la sección anterior, se puede lograr que el sistema sea relativamente insensible a las perturbaciones externas o exógenas y a variaciones internas de los parámetros del sistema. De esta manera se pueden utilizar en el diseño y experimentación componentes más inexactos y

económicos, logrando exactitud de control, mientras esto sería mucho más complicado de solucionar proponiendo un diseño de un sistema de lazo abierto.

2.2.1.2 DIAGRAMA DE BLOQUES

Un sistema de control puede tener varios componentes. Para mostrar las funciones que lleva a cabo cada componente en la ingeniería de control, por lo general se usa una representación denominada diagrama de bloques. Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente. Tal diagrama muestra las relaciones existentes entre los diversos componentes.

En un diagrama de bloques se enlazan una con otra todas las variables del sistema, mediante bloques funcionales. El bloque funcional o simplemente bloque es un símbolo para representar la operación matemática que sobre la señal de entrada hace el bloque para producir la salida. La figura muestra un elemento del diagrama de bloques. La punta de flecha que señala el bloque indica la entrada, y la punta de flecha que se aleja del bloque representa la salida. Tales flechas se conocen como señales.

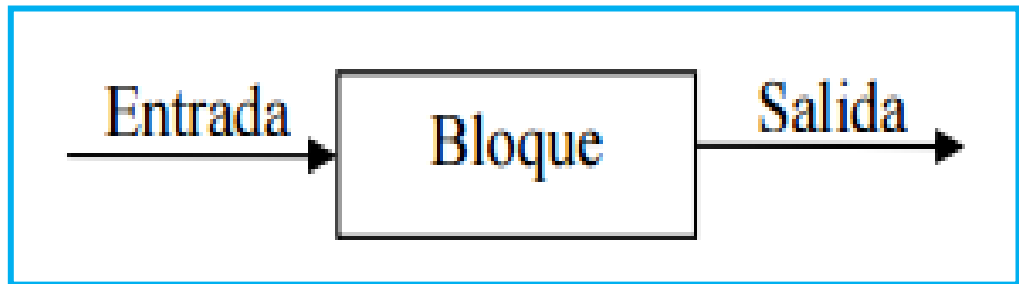


FIGURA Nº 03: BLOQUE SIMPLE

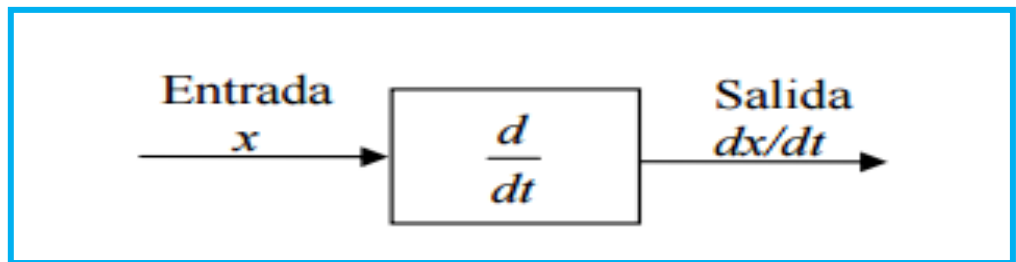


FIGURA Nº 04: BLOQUE CON OPERACIÓN MATEMÁTICA

- **Diagrama en Bloques de un Sistema de Control Realimentado**

Cualquier sistema de control lineal puede ser representado por un diagrama de bloques.

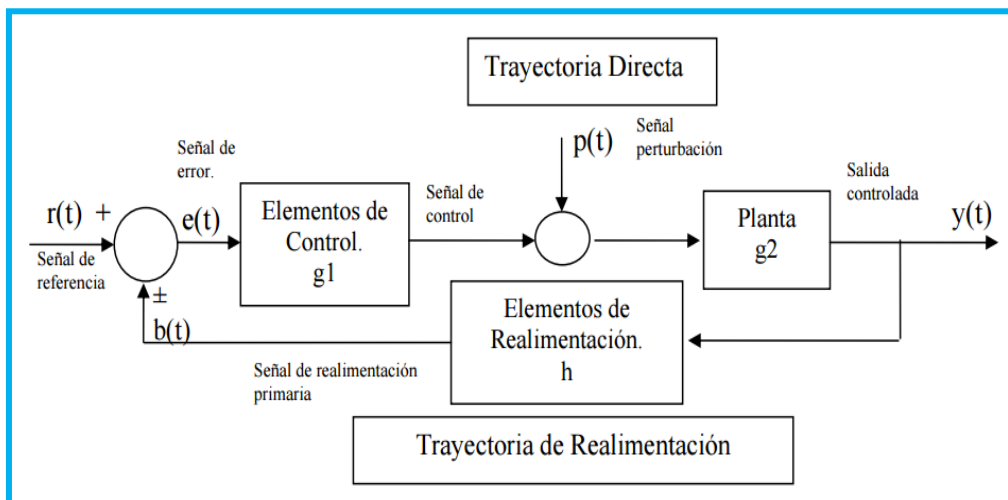


FIGURA Nº 05: DIAGRAMA EN BLOQUES DE SISTEMA DE CONTROL REALIMENTADO

2.2.2 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: lógica, secuencias, temporizado, conteo, aritmética, con el objeto de controlar máquinas y procesos. Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

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 infinidad de tipos de PLC, los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan. Los PLC son llamados también por algunos autores Autómatas Programables Industriales.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación. Es decir, a través de los dispositivos de entradas, formados por los sensores (transductores de entradas) se logran captar los

estímulos del exterior que son procesados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas (transductores de salidas, llamados actuadores).

2.2.2.1 VENTAJAS

- ✚ Flexibilidad
- ✚ Implementación de cambios, corrección de errores
- ✚ Espacio físico
- ✚ Costo
- ✚ Ingeniería offline, prueba-simulación en laboratorio
- ✚ Visualización online
- ✚ Rápidos tiempos de Scan
- ✚ Confiabilidad: Un PLC estándar tiene una tasa de falla aprox. de 0.16 fallas/año, mientras que un sistema triple redundante (tanto CPUs como módulos de entrada-salida) 0.003 fallas/año.
- ✚ Mantenibilidad

2.2.2.2 ARQUITECTURA DE UN PLC

a) Ancho de la Memoria

Número de bits que conforman una posición de memoria; es usual que las memorias tengan anchos de 8 o 16 bits. Cabe aclarar, que el término Word es usado implícitamente para grupos de 16bits, sin

embargo, cuando un fabricante utiliza grupos de bits no descritos en la tabla anterior puede emplear la expresión para describir el grupo siempre y cuando haga la salvedad de a cuantos bits se está refiriendo en sus documentos. Por ejemplo, en el caso de memorias con ancho de 14 bits, se pueden mencionar como palabras (Words) de 14 Bits.

Número de bits	Denominación	Símbolo
4	Nibble	
8	Byte	B
16	Word	W
32	Doble Word	DW

TABLA Nº 01: TAMAÑO DE MEMORIA

b) Estructura externa

El PLC es una unidad electrónica que reemplaza a los dispositivos auxiliares de automatización y control desempeñando él mismo toda la lógica de automatización. Está compuesto por:

- ✚ Entradas y Salidas Digitales
- ✚ Fuentes de Poder.
- ✚ Carcasa.
- ✚ Control de Operario.
- ✚ Interfaz de Programación.
- ✚ Módulos de Expansión.

c) Entradas y Salidas Digitales

Los PLC están provistos de entradas y salidas digitales que les permite conectarse a las diversas señales y actuadores de una aplicación específica. A las entradas se conectan diversos tipos de interruptores los cuales serán activados por el operario o directamente por la máquina, del tipo fin de carrera. De igual manera, se admite la conexión de sensores.

Cuando se conecta un interruptor o sensor a una entrada, simplemente se está permitiendo que la tensión eléctrica del punto común se presente en la entrada cuando el interruptor está cerrado y que se ausente si el interruptor está abierto.

d) Nomenclatura de las Entradas y Salidas Digitales

Para designar las entradas y salidas digitales, éstas se agrupan en conjuntos de 8 bits (octetos) numerados consecutivamente: 0, 1,2...7. Por su parte, cada uno de los bits de un octeto se numera del 0 al 7. Tanto los octetos como los circuitos son separados por un punto. A las entradas digitales suele anteponerse la letra I y a las salidas la letra Q.

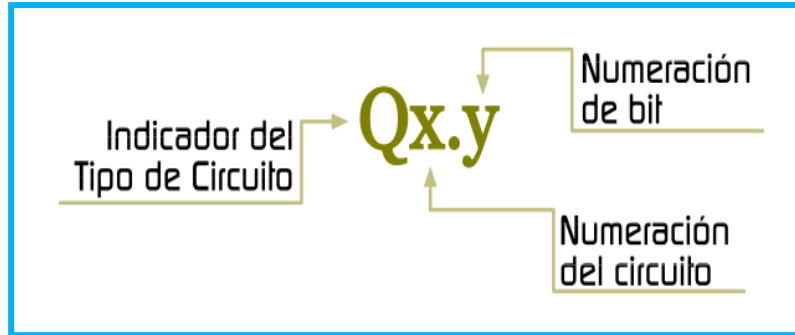


FIGURA Nº 06: NOMENCLATURA DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

e) Naturaleza de los Circuitos de Entradas Digitales

Las entradas digitales se caracterizan por rangos de tensión, que dependiendo del fabricante pueden asumir los siguientes valores AC o DC en voltios: 0 – 24; 0 – 48; 0 –110; El rango más frecuente de los PLC es 0 – 24. Las entradas digitales requieren de un aislamiento galvánico entre el circuito interno del PLC y el externo, para lo cual se utilizan generalmente opto aisladores.

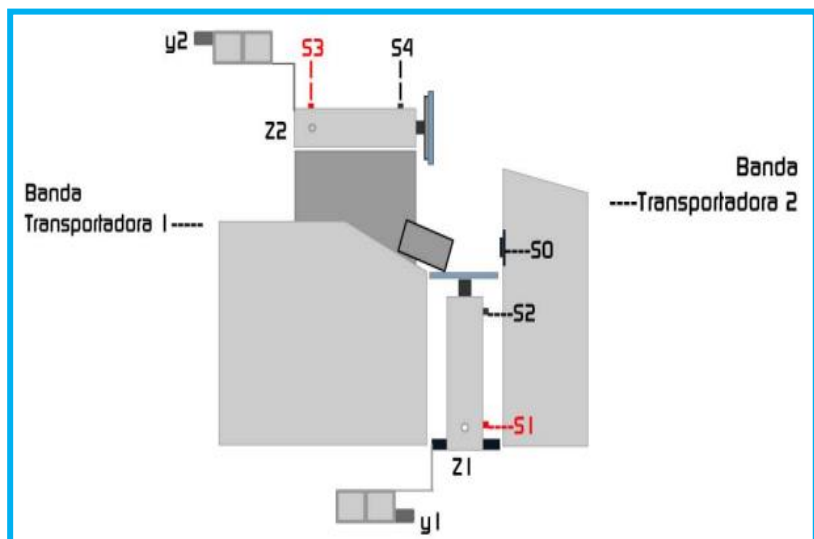


FIGURA Nº 07: NATURALEZA DE LOS CIRCUITOS DE ENTRADAS Y SALIDAS

f) Naturaleza de los Circuitos de Salidas Digitales

La salida digital más simple, que ofrece aislamiento galvánico es la de contacto normal abierto de relé, pero también son frecuentes las salidas a transistor las cuales pueden ser de tipo NPN o PNP. La anterior clasificación determina el modo en que se pueden conectar las salidas. Es necesario tener claro este concepto al momento de hacer el diseño de aplicaciones. La polaridad del punto común determina la situación de las cargas del circuito.

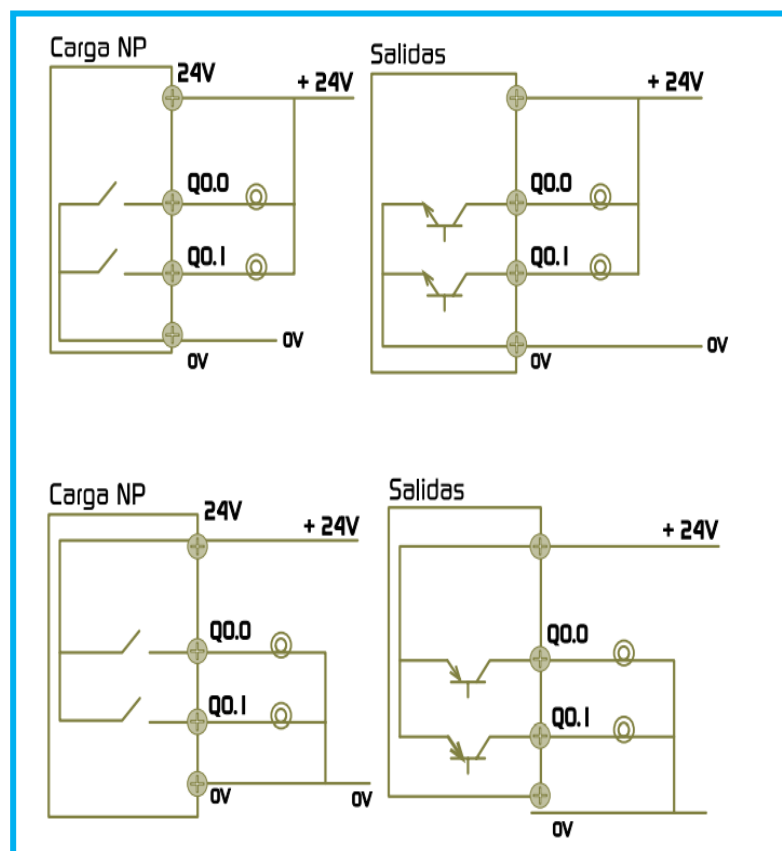


FIGURA Nº 08: NATURALEZA DE LOS CIRCUITOS DE SALIDAS DIGITALES

g) Estructura Interna

Un PLC está compuesto netamente por dispositivos electrónicos cuya configuración se asemeja a la de un pequeño computador o procesador digital.

La arquitectura interna del PLC se divide en cuatro grandes partes: CPU, Memoria, Puertos y Módulos.

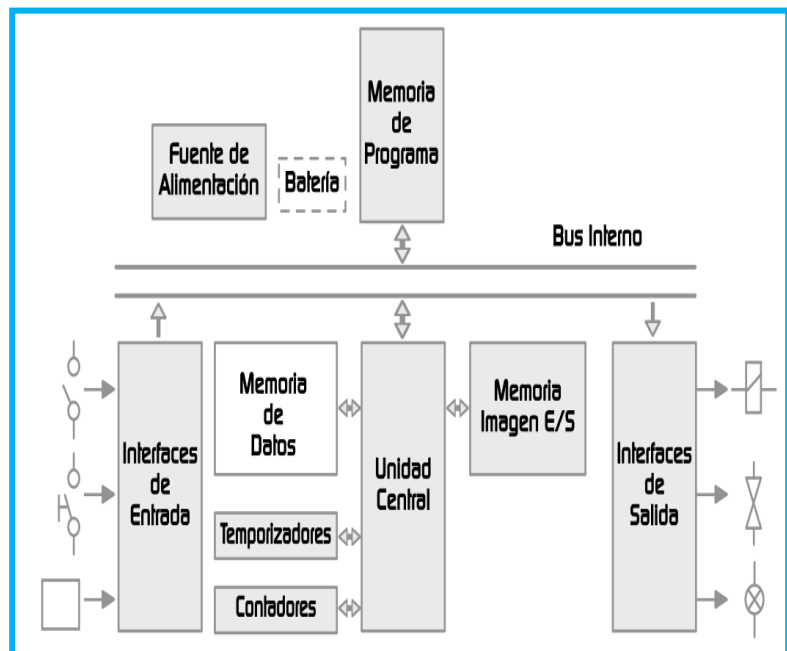


FIGURA Nº 09 ESTRUCTURA INTERNA DE UN PLC

h) Unidad Central de Proceso – CPU

Lleva a cabo la mayoría de los procesos del sistema, su desempeño depende de una lista de ejecución que se provee, denominada programa. Los programas que se ejecutan son dos, el primero de autoconfiguración cuando el sistema arranca y el

segundo de usuario, diseñado para una aplicación específica. Por lo general la CPU viene integrada en un chip semi-conductor caso en el cual recibe el nombre de micro-procesador.

i) Memoria

Almacén de información del sistema. Contiene datos numéricos en código binario y está dividida en posiciones de memoria, a cada una de las cuales le corresponde una dirección de memoria, cada posición de memoria es un arreglo de una determinada cantidad de bits (8 o 16 bits).

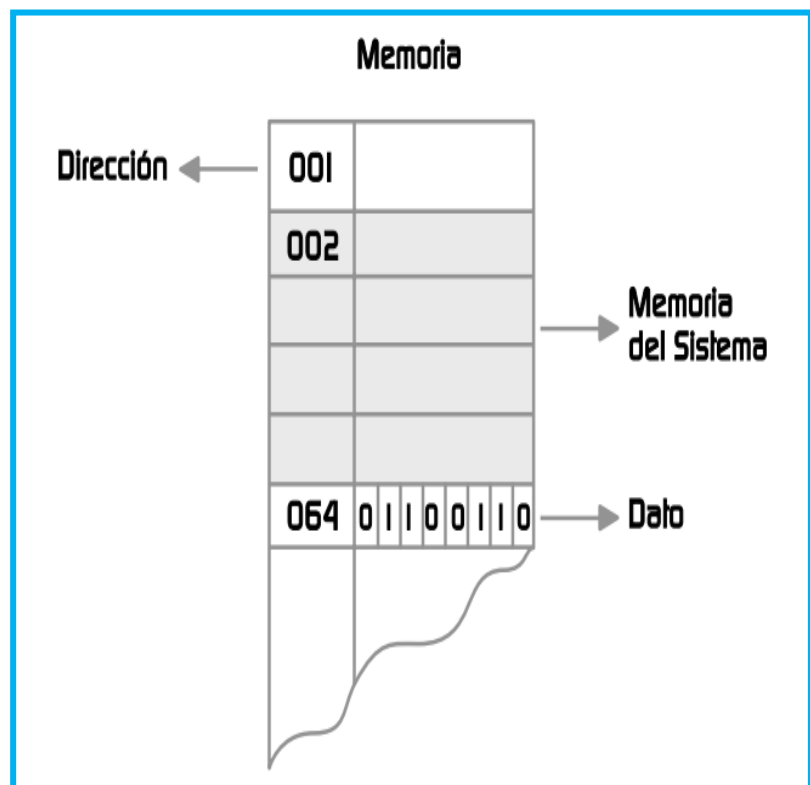


FIGURA N° 10: MEMORIA DE UN PLC

Memoria ROM

Se utiliza para almacenar programas que pone en marcha el ordenador. Las cuales pueden ser ejecutadas pero no borradas porque sus programas pueden ser leídos pero no modificados la información.

Memoria PROM

Es una memoria digital que solo puede ser programada una solo vez, las cuales se utilizan para grabar datos permanentemente en pequeñas cantidades a las ROM.

Memoria EPROM

Es de solo lectura reprogramable; mediante impulsos eléctricos, a la cual se le borra el contenido exponiéndola a luz ultravioleta. De tal manera que estos rayos atraen los elementos fotosensibles modificando su estado.

Memoria EEPROM

Puede ser programada, borrada y reprogramada electrónicamente. La diferencia de la EPROM que debe borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioleta.

Tipo	Categoría	Borrado	Alterable por Byte	volátil	Aplicación típica
SRAM	Lectura/escritura	Eléctrico	Si	Si	Caché
DRAM	Lectura/escritura	Eléctrico	Si	Si	Memoria principal
ROM	Sólo lectura	Imposible	No	No	Equipos(volumen de producción grande)
PROM	Sólo lectura	Imposible	No	No	Equipos(volumen de producción pequeño)
EPROM	Principalmente lectura	Luz UV	No	No	Prototipos
EEPROM	Principalmente lectura	Eléctrico	Si	No	Prototipos

TABLA Nº 02: TIPOS DE MEMORIA DE UN PLC

2.2.2.3 TIPOS DE PLC

Los PLC's pueden clasificarse, en función de sus características como los siguientes:

PLC Nano

Generalmente es un PLC de tipo compacto es decir, que integra la fuente de alimentación, CPU y entradas y salidas que puede manejar un conjunto reducido de entradas I y salidas Q, generalmente en un número inferior a 100, permite manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

PLC Compacto

Este tipo de PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos (alrededor de 500 entradas y salidas), su tamaño es superior a los PLC tipo Nano y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de entrada y salida.
- Indicador de programación.

PLC Modular

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

- El Rack.
- La fuente de alimentación.
- El CPU.

- Los módulos de entrada y salida.
- Indicador de programación.
- Puerto de enlace
- Módulo de expansión.

De estos tipos de PLC's existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salida, hasta los PLC's de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.

2.2.3 PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN

La automatización se ha entendido como una tecnología en la cual se aplican los sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el fin de operar y controlar la producción, de bienes físicos de consumo, además involucra una gran variedad de sistemas y procesos que se ejecutan con mínima o ninguna intervención del ser humano.

El concepto de automatización está evolucionando rápidamente, en parte debido a que las técnicas avanzan tanto dentro de una instalación o sector como entre las industrias. Por ejemplo, el sector petroquímico ha desarrollado el método de flujo continuo de producción, posible debido a la naturaleza de las materias primas utilizadas.

En una refinería, el petróleo crudo entra en un punto y fluye por los conductores a través de dispositivos de destilación y reacción, a medida que va siendo procesada para obtener productos como la gasolina. Un conjunto de dispositivos controlados automáticamente, dirigidos por microprocesadores y controlados por una computadora central, controla las válvulas, calderas y demás equipos, regulando así el flujo y las velocidades de reacción.

El proceso de automatización está diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano.

A través de los siglos, el hombre se ha propuesto mejorar sus condiciones de vida, facilitar sus labores cotidianas, mejorar los procesos de producción, ser más competitivo y generar mayor riqueza a través de su trabajo, evitando desgastarse e incluso, tener que hacerlo por sí mismo.

A partir de la inventiva, experiencia y demás virtudes que el hombre posee ha podido generar miles de soluciones a sus problemas cotidianas, si unimos parte de estas virtudes con la necesidad de mejorar, ser más competitivo, reducir al máximo su participación en los trabajos pesados y generar para sí mismo mayores beneficios, encontramos soluciones tan creativas y a la vez tan avanzadas que nos permiten eliminar por un instante los límites que el hombre como ser racional posee. En medio de su afán por mejorar sus producciones, conseguir mayores beneficios, y ser mejor cada día, grandes investigaciones y una infinidad de posibilidades ha logrado crear sistemas automáticos, que de una u otra manera han hecho más fácil y a la vez más productiva la vida del hombre.

Estos sistemas, creados a partir de conceptos básicos de las diferentes ciencias, ramas de la industria, e incluso de necesidades tan básicas como el tener que contar, han generado en el hombre la necesidad de tener todo proceso de manera automática, a partir de esta idea, se concibe la automatización, como una serie de sistemas que de manera automática o semiautomática logran realizar cualquier trabajo en menos tiempo y con mayor calidad.

2.2.3.1 TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

La industria farmacéutica mantiene unos altos estándares para la garantía de la calidad en el desarrollo, fabricación y control de los medicamentos.

La existencia de un sistema para las autorizaciones de comercialización garantiza que los medicamentos son evaluados por una autoridad competente para asegurar el cumplimiento de los requisitos vigentes relativos a seguridad, calidad y eficacia. Asimismo, el disponer de un sistema de autorizaciones de fabricación garantiza que todos los medicamentos que hay en el mercado europeo han sido fabricados únicamente por fabricantes autorizados, cuyas actividades son inspeccionadas regularmente por las autoridades competentes. La autorización de fabricación es preceptiva para todo fabricante ubicado en la Unión Europea, independientemente de que sus productos sean vendidos dentro o fuera de ella.

A nivel mundial el empleo de estas tecnologías por la industria farmacéutica se ha clasificado de acuerdo con el nivel de la organización en donde se utilizan, bien sea en funciones administrativas, en el diseño integrado de producto y proceso, en la planeación de la producción, o en el control de esta.

a) Razones para automatizar plantas de producción farmacéutica

Los beneficios de incorporar tecnologías de automatización en el campo farmacéutico se reflejan en:

- ✚ Flexibilización de los procesos de producción para la elaboración de diferentes productos que den respuesta a las demandas actuales y futuras de la organización.
- ✚ Disminución de la manipulación manual y almacenamiento intermedio de materiales en proceso.
- ✚ Mejoramiento y aseguramiento de la calidad y reproducibilidad de productos y posibilidad de verificar el estado del material en proceso; así como confiabilidad en la información que se administra.
- ✚ Reducción de los niveles de inventario concepto JIT, disminución de inventarios en proceso.
- ✚ Aumento en la velocidad y eficiencia para la transferencia entre etapas del proceso, incrementando la productividad.

- ✚ Reducción en los tiempos de limpieza y optimización en el empleo de sistemas de apoyo crítico.
- ✚ Mayor seguridad por la eliminación de la contaminación cruzada en los alrededores y protección para el personal.
- ✚ Eliminación de contaminación por derrames de producto en el proceso.
- ✚ Manejo eficiente de la documentación en planta.
- ✚ Integración en computador y control de todos los procesos y operaciones de producción incluyendo almacenamiento y control ambiental.
- ✚ Disminución de los niveles de accidentalidad, por sustitución de personal en tareas de alto riesgo.
- ✚ Mejoramiento del nivel de calificación del personal que opera las tecnologías.

b) Aplicaciones de la automatización industrial farmacéutica

La posibilidad de diseñar una planta farmacéutica de producción completamente automatizada, permite la operación con mínima participación de operarios en piso, los movimientos de material

dentro de las instalaciones de producción se lleva a cabo utilizando sistemas de transporte automatizados entre cada una de las etapas del proceso, las áreas de bodega, empaque y despacho.

Este sistema maneja todas las facetas de las operaciones de producción y controla directamente los sistemas PLC de bajo nivel, en esta forma se integran y organizan todas las operaciones de producción.

Finalmente, el concepto de calidad que caracteriza este tipo de producción dio lugar al desarrollo de las buenas prácticas de manufactura automatizada, en las cuales se orienta a los proveedores de sistemas automatizados en su desarrollo y mantenimiento y se presentan los lineamientos para los usuarios, en los aspectos relacionados con el personal, las validaciones y el aseguramiento de calidad de software y la documentación necesaria para respaldar las validaciones de estos sistemas.

2.2.3.2 CONTROL DE CALIDAD FARMACÉUTICO

La fabricación de productos estériles está sujeta a requisitos especiales para minimizar los riesgos de contaminación microbiana, de partículas y de pirógenos.

Depende, en gran parte, de la habilidad, formación y actitud del personal implicado. La Garantía de Calidad reviste una importancia especial y esta fabricación debe seguir estrictamente métodos de preparación y procedimientos cuidadosamente establecidos y validados. La garantía de la esterilidad y de otros aspectos de calidad de los medicamentos no debe depender únicamente de los ensayos realizados al final del proceso o sobre el producto terminado.

a) Aspectos generales

La fabricación de productos estériles debe realizarse en zonas limpias. El acceso a estas zonas debe realizarse a través de esclusas reservadas para el personal y/o los equipos y materiales. Las zonas limpias deben mantener un nivel de limpieza adecuado y han de estar dotadas de aire filtrado a través de filtros de una eficacia apropiada. Las diversas operaciones de preparación de los

componentes, preparación del producto y llenado deben realizarse en zonas separadas dentro de la zona limpia. Las operaciones de fabricación se clasifican en dos categorías: en primer lugar, aquellas en que el producto se esteriliza al final y, en segundo lugar, aquellas que se realizan asépticamente en todas o algunas de sus fases.

Las zonas limpias para la fabricación de productos estériles se clasifican según las características requeridas del entorno. Cada operación de fabricación exige un grado adecuado de limpieza del entorno en estado de funcionamiento para minimizar los riesgos de contaminación microbiana o de partículas en el producto o los materiales que se estén manipulando. A fin de cumplir las condiciones “en funcionamiento”, estas zonas deben diseñarse de forma que alcancen ciertos niveles especificados de limpieza del aire cuando estén “en reposo”. La situación “en reposo” es aquella en la que la instalación está completa y operativa, con los equipos de producción instalados pero sin que esté presente el personal.

La situación “en funcionamiento” es aquella en la que la instalación está funcionando de la forma definida de trabajo con el número de personas definidas trabajando. Los estados “en funcionamiento” y “en reposo” deben estar definidos en cada sala limpia o zona de salas limpias.

Para la fabricación de medicamentos estériles se distinguen cuatro grados:

Grado A

Zona donde se realizan operaciones de alto riesgo tales como la zona de llenado, de bandejas de tapones, de ampollas y viales abiertos y de realización de conexiones asépticas. Normalmente estas condiciones son provistas por estaciones de trabajo de flujo laminar.

Los sistemas de flujo laminar deben proporcionar una velocidad homogénea del aire en un intervalo de 0,36 – 0,54 m/s (valor orientativo) a nivel del punto de trabajo en entorno abierto. Debe demostrarse y validarse el mantenimiento de la laminaridad. Se puede

utilizar un flujo de aire unidireccional y velocidades más bajas en aisladores cerrados y con guantes.

Grado B

Entorno para la zona de grado A en el caso de preparación y llenado asépticos.

Grados C y D

Zonas limpias para realizar fases menos críticas de la fabricación de productos estériles.

b) Monitorización de las salas limpias y dispositivos de aire limpio

Las salas limpias y los dispositivos de aire limpio deben monitorizarse de forma habitual “en funcionamiento” y los puntos de monitorización deben basarse en un estudio formal de análisis de riesgos y en los resultados obtenidos durante la clasificación de las salas y/o dispositivos de aire limpio.

Para las zonas de grado A debe llevarse a cabo una monitorización de partículas a lo largo de toda la duración de los procesos críticos, incluyendo el

montaje de los equipos, excepto cuando esté justificado por contaminantes en el proceso que pudieran dañar el contador de partículas o representen un peligro (por ejemplo, organismos vivos y peligros radiológicos). En estos casos, de forma previa a la exposición al riesgo, debe llevarse a cabo la monitorización durante las operaciones de montaje habitual de los equipos. También debe llevarse a cabo la monitorización durante operaciones simuladas.

La zona de grado A debe monitorizarse con una frecuencia y un tamaño de muestra tales que permitan detectar las intervenciones, acontecimientos transitorios o cualquier deterioro del sistema y se deben activar los sistemas de alarma en caso de que se excedan los límites de alerta. Se acepta que no siempre es posible demostrar niveles bajos de partículas de tamaño $\geq 5 \mu\text{m}$ en el punto de la dosificación cuando el llenado está en proceso, debido a la generación de partículas o pequeñas gotas procedentes del propio producto.

2.2.4 MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS

En relación al proyecto automatizado a desarrollar, a continuación se hace referencia al Título III, Normas complementarias y Estériles Capítulo XVII, referido a Productos Farmacéuticos Estériles (artículos del 267 al 287). Dentro las que resaltan:

Artículo 267°.- La producción de preparaciones estériles debe llevarse a cabo en áreas limpias, el ingreso a las cuales debe efectuarse a través de esclusas de aire, tanto para el personal como para los materiales. Las áreas limpias deben mantenerse de conformidad con normas apropiadas de limpieza, a las cuales se debe suministrar solamente aire que ha pasado por filtros de comprobada eficiencia.

Artículo 268°.- Las diversas operaciones de preparación de componentes (tales como recipientes y cierres), preparación de productos, llenado y esterilización deben llevarse a cabo en zonas separadas dentro del área limpia.

Artículo 270°.- Cada operación de fabricación requiere un nivel apropiado de limpieza del aire, para reducir al mínimo los riesgos de la contaminación con partículas o microbiana del producto o de los materiales que se están manipulando.

Cuando el producto se expone al ambiente, las condiciones de partículas y microbianas indicadas en el Cuadro 1 deben mantenerse en la zona inmediatamente vecina al producto. Estas condiciones deben mantenerse también en todo el entorno del producto si el personal no está presente en el área de procesamiento y si las condiciones se deterioran por cualquier razón, debe ser posible volver a las condiciones recomendadas después de transcurrido un breve período de “limpieza”.

El empleo de tecnología de protección absoluta y de sistema automatizados para reducir al mínimo la intervención humana en las áreas de procesamiento puede facilitar considerablemente el mantenimiento de la esterilidad de los productos fabricados.

Cuando se emplean dichas técnicas también tienen vigencia las recomendaciones contenidas en estas normas complementarias, en especial las que se refieren a la calidad del aire y su control, con una interpretación apropiada de los términos “sitio de trabajo” y “ambiente”.

Artículo 285°.- Las instalaciones deben diseñarse de tal forma que se evite el ingreso innecesario de personal de supervisión o control. El diseño de las áreas de grado A y B debe permitir que todas las operaciones puedan ser observadas desde el exterior.

Artículo 286°.- En las áreas limpias, todas las superficies expuestas deben ser lisas, impermeables y sin grietas para reducir al mínimo el desprendimiento o la acumulación de partículas o microorganismos y permitir la aplicación constante de sustancias limpiadoras y desinfectantes, donde sea necesario.

Artículo 287°.- Para reducir la acumulación de polvo y para facilitar la limpieza, no debe haber lugares que no puedan limpiarse, y solamente se debe contar con un mínimo de estantes, anaqueles y equipos necesarios. Las puertas deben estar construidas de tal forma que no tengan rincones que no puedan limpiarse; por esta razón son inconvenientes las puertas corredizas o esclusas.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- Agentes biológicos: Microorganismos, incluidos los obtenidos por ingeniería genética, cultivos celulares y endoparásitos, sean o no patógenos.
- Configuración: Asignación de módulos a los bastidores/slots y (p.ej. En los módulos de señal) las direcciones.
- Dirección: Una dirección es la identificación de un operando
- Electromecánico: Es la combinación de las ciencias del electromagnetismo de la ingeniería eléctrica y la ciencia de la mecánica.

- Esclusa: Espacio cerrado con 2 o más puertas, interpuesto entre 2 o más salas, por ejemplo de distinto nivel de limpieza, con el fin de controlar la circulación de aire entre dichas salas cuando se pasa a las mismas.
- Esterilidad: Esterilidad es la ausencia de organismos vivos. Las condiciones del ensayo de esterilidad se recogen en la Farmacopea Europea.
- Infectado: Contaminado con agentes biológicos extraños y capaz por ello de diseminar la infección.
- Mecanización: Consiste en proveer a operadores humanos con maquinaria para ayudarles con los requerimientos físicos del trabajo.
- Microprocesadores: Es el circuito integrado central y más complejo de un sistema informático; a modo de ilustración, se le suele asociar por analogía como el «cerebro» de un sistema informático.
- Módulo de señales Los módulos de señales (SM) constituyen la interfaz entre el proceso y el sistema de automatización.
- Perturbación: señales no deseadas.
- Profibus: Es un estándar de comunicaciones para bus de campo.
- Sensores: Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
- Unidad de programación: Las unidades de programación son esencialmente PCS aptos para aplicaciones industriales, compactas y portátiles.

- Validación: Obtención de pruebas, con arreglo a las Normas de Correcta Fabricación, de que cualquier procedimiento, proceso, equipo, material, actividad o sistema produce en realidad el resultado previsto (véase también cualificación).
- Variable controlada: Se refiere a la variable cuyo valor debe mantenerse igual al de referencia, durante el proceso.
- Valor de referencia: (Set Point). Es el valor deseado de la variable controlada.
- Variable medida: Es el valor de la variable que se desea controlar.
- Zona confinada: Zona construida y que funciona de forma que, equipada con aireación y filtración de aire adecuadas, impide la contaminación del medio ambiente externo por agentes biológicos procedentes del interior de la zona.
- Zona controlada: Zona construida y que funciona de forma que hay cierto grado de control de la introducción de contaminación potencial (puede ser adecuado un suministro de aire que se aproxime al grado D) y de las consecuencias de la liberación accidental de organismos vivos.
- Zona limpia: Zona cuyo ambiente está controlado de forma determinada respecto a la contaminación microbiológica y por partículas, y que está construida y se utiliza de forma que queda reducida la introducción, producción y retención de contaminantes en dicha zona.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO

A continuación describo el proceso automatizado, que consiste un sistema de control automático de una esclusa mediante la programación de un PLC Siemens LOGO a través de diagrama de contactos a fin de minimizar los riesgos por contaminación en la Empresa de fabricación farmacéutica Pharma Dubonp SAC.

Para pasar la esclusa se debe activar el pulsador de requerimiento S1. Si una persona desea pasar por la puerta 1 que está cerrada se activa el pulsador S1. La puerta 1 se abre inmediatamente.

Cuando la persona traspasa el umbral, la barrera de luz B1 envía un impulso y después de 5 segundos se cierra la puerta 1.

Inmediatamente que el limitador de carrera S11 indique que la puerta 1 está cerrada se activara la barrera de luz B2, la cual cuando dicha persona siga avanzando e interrumpa la barrera de luz B2 se abrirá automáticamente la puerta 2 y en lapso de 3 segundos se cerrara dicha puerta.

A continuación procedo a representar la ubicación de los sensores y actuadores presentes en la esclusa de fabricación de productos farmacéuticos de la Empresa Pharma Dubonp SAC.

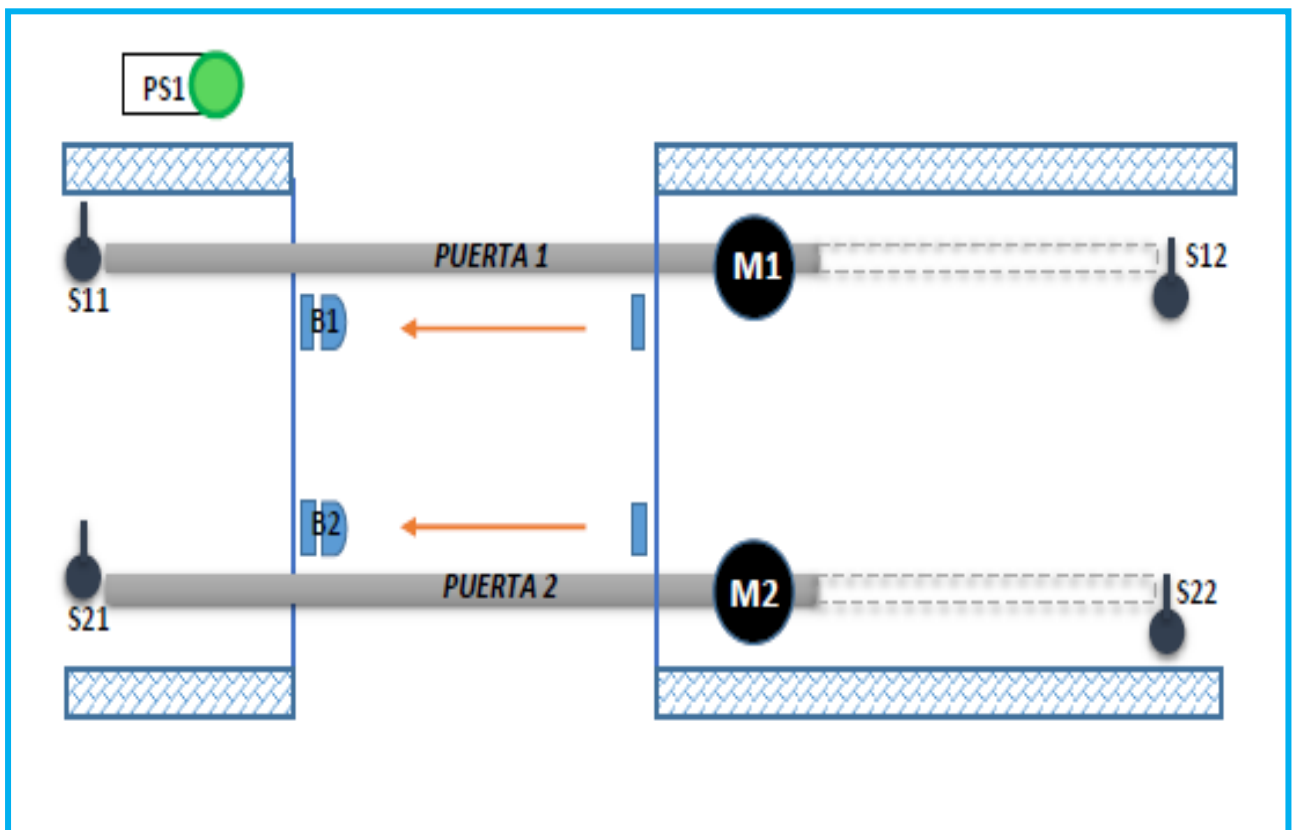


FIGURA N° 11: ESQUEMA DE LA ESCLUSA DE FABRICACION DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS

Ahora, como el propósito es automatizar el funcionamiento de la Esclusa, entonces es necesario realizar la identificación de todos los sensores y actuadores del Proceso, a fin de relacionarlos con las entradas y salidas del PLC.

SENSORES DE HERMETICIDAD		
N°	SENSOR	DENOMINACIÓN
1	Pulsador de requerimiento c/señalización puerta 1	PS1
2	Limitador de carrera puerta 1	S11
3	Limitador de carrera puerta 2	S21
4	Limitador de carrera puerta 1	S12
5	Limitador de carrera puerta 2	S22
6	Sensor de Barrera puerta 1	B1
7	Sensor de Barrera puerta 2	B2

TABLA N° 03: ENTRADAS DEL PROCESO

ACTUADORES DE HERMETICIDAD		
N°	ACTUADOR	DENOMINACIÓN
1	Contactador KM1 (Horario) del Motor puerta 1	H1
2	Contactador KM2 (Antihorario) del Motor puerta 2	H2
3	Contactador KM3 (Horario) del Motor puerta 1	H3
4	Contactador KM4 (Antihorario) del Motor puerta 2	H4

TABLA N° 04: SALIDAS DEL PROCESO

Ahora con la finalidad de proceder a la conexión de los sensores y actuadores al Controlador Lógico Programable, a continuación presento el cuadro de direccionamiento de entradas y salidas.

	Proceso	Nano PLC
Direccionamiento de Entradas	Pulsador de requerimiento C/señalización Puerta 1: PS1	I1 (1bit)
	Limitador de carrera Puerta 1:S11	I5 (1bit)
	Limitador de carrera Puerta 2:S21	I7 (1bit)
	Limitador de carrera Puerta 1:S12	I6 (1bit)
	Limitador de carrera Puerta 2:S22	I8 (1bit)
	Sensor de Barrera Puerta 1:B1	I3 (1bit)
	Sensor de Barrera Puerta 1:B2	I4 (1bit)

TABLA N^o. 16:DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS DEL PROCESO CON LAS ENTRADAS DEL PLC

	Proceso	Nano PLC
Direccionamiento de Salidas	Contactor KM1 (S Horario) del Motor Puerta 1: H1	Q1 (1bit)
	Contactor KM2 (S Antihorario) del Motor Puerta 2: H2	Q2 (1bit)
	Contactor KM3 (S Horario) del Motor Puerta 1: H3	Q3 (1bit)
	Contactor KM4 (S Antihorario) del Motor Puerta 2: H4	Q4 (1bit)

TABLA N^o. 16:DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS DEL PROCESO CON LAS SALIDAS DEL PLC

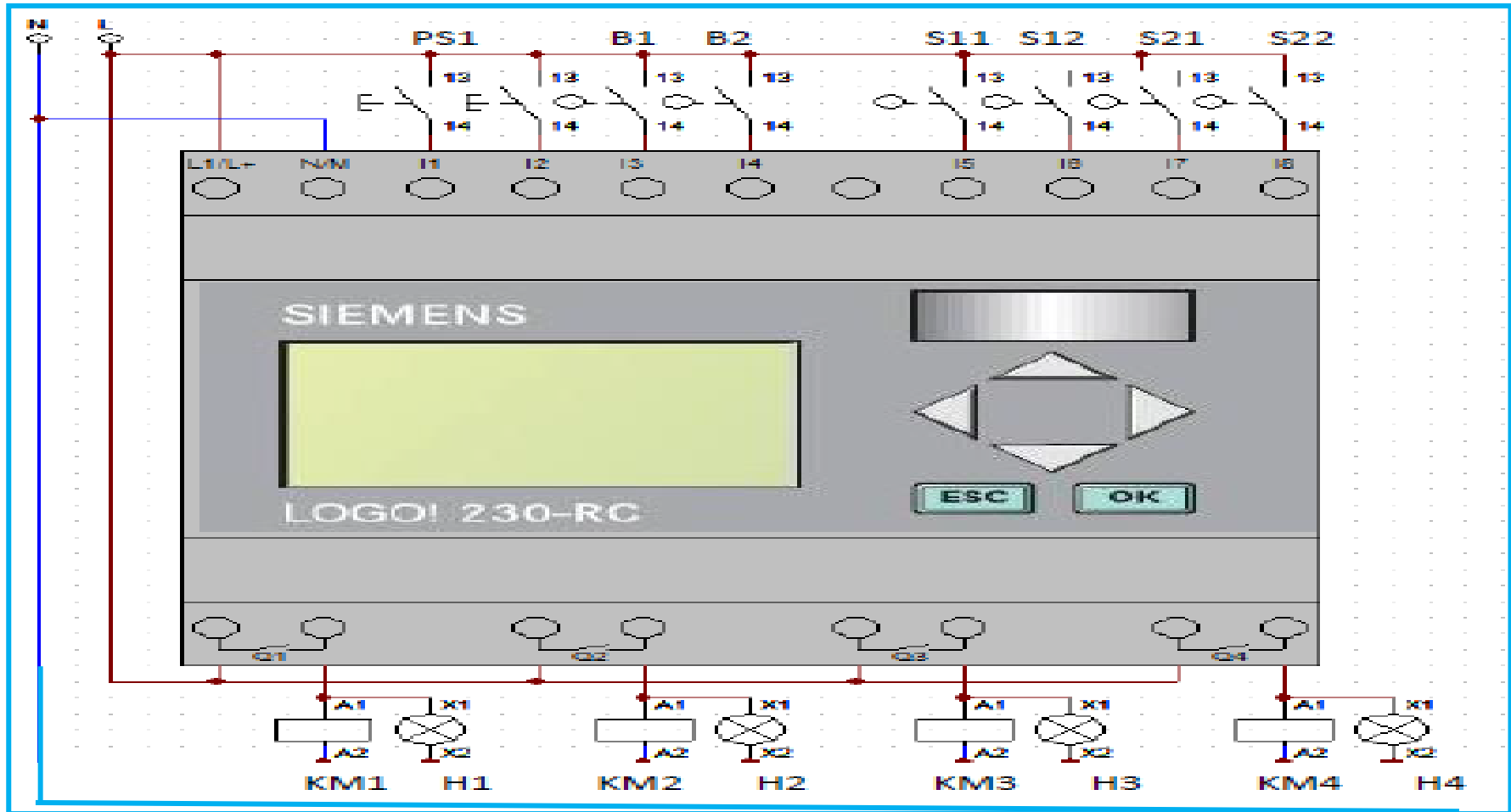


FIGURA N° 12: CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES AL PLC

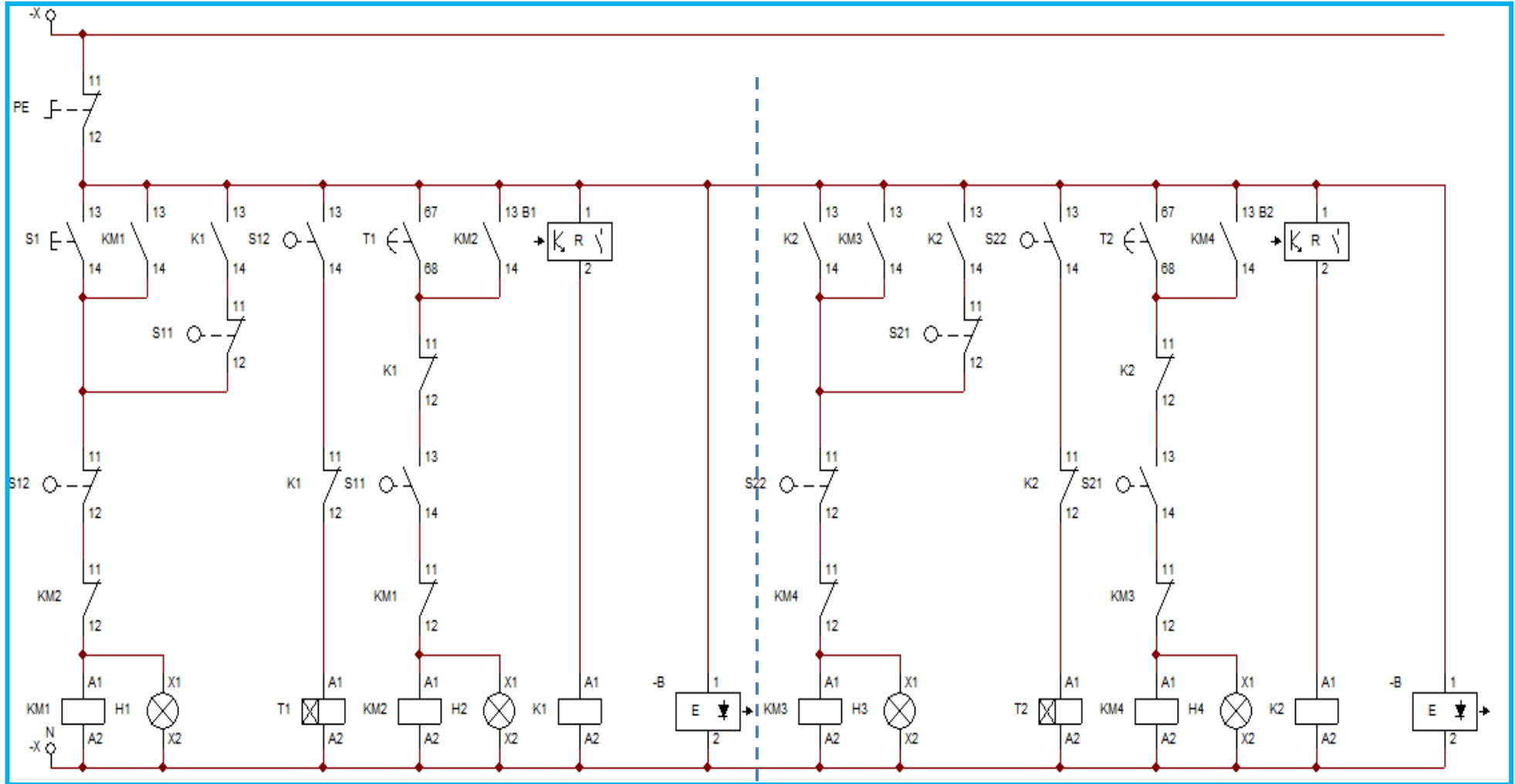


FIGURA N° 13: CIRCUITO DE CONTROL PARA LA ESCLUSA DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS

En el circuito de mando PS1 es el que da inicio al sistema, KM1 y KM2 son contactores que determinan hacia donde girara el motor M1, S11 y S12 son limitadores de carrera y B1 es el sensor de barrera, que consta de un emisor y receptor. De igual manera el bloque adjunto para el motor 2 con la única diferencia que esta parte es activado por el sensor de barrera B2.

3.2 DESARROLLO DEL AUTOMATISMO MEDIANTE LA PROGRAMACIÓN DEL PLC A TRAVES DE DIAGRAMA DE CONTACTOS

Considerando los elementos de entrada y salida del proceso así como el direccionamiento del PLC, a continuación se procede a mostrar la programación del Controlador Lógico Programable LOGO, a través de Diagrama de Contactos.

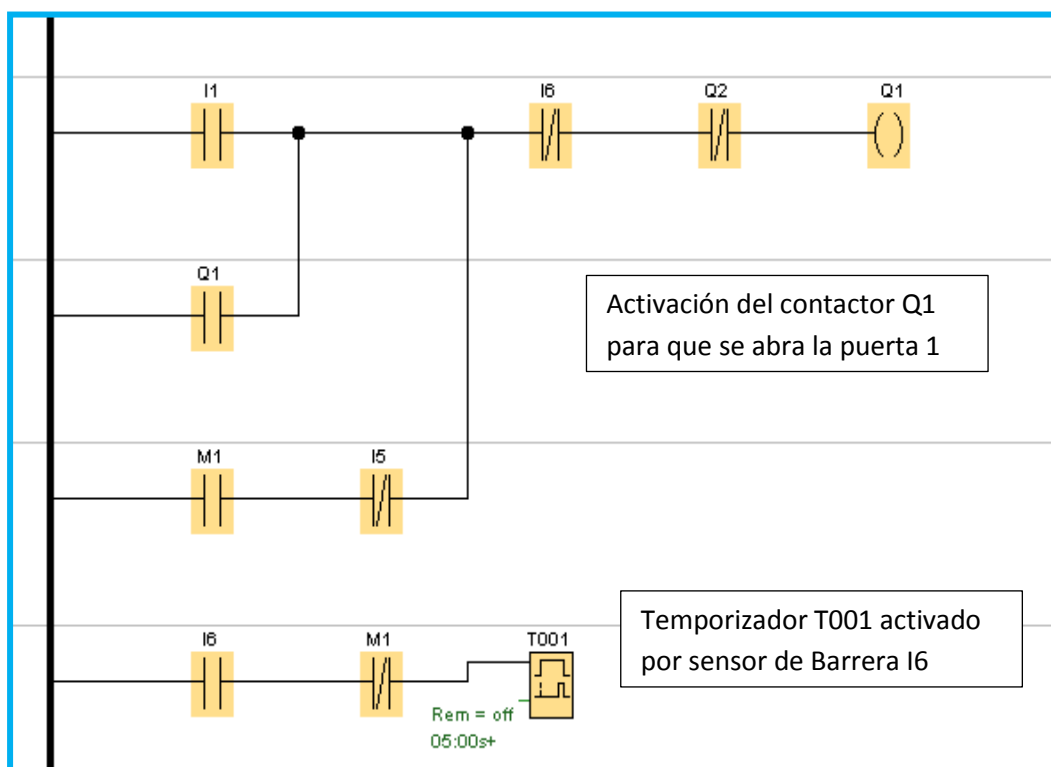


FIGURA N° 14: PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMA DE CONTACTOS – a

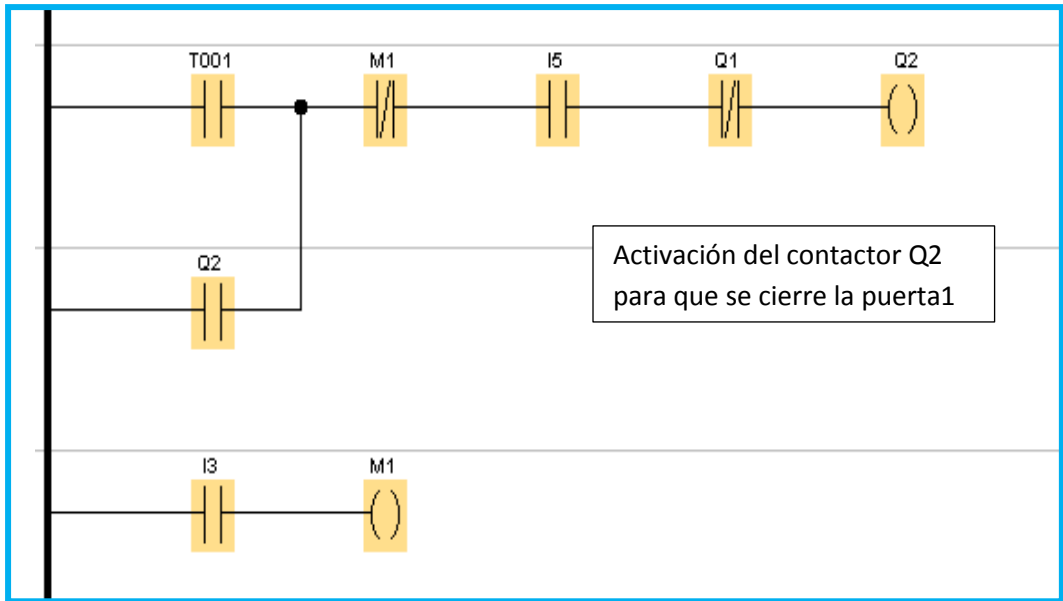


FIGURA N° 15: PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMA DE CONTACTOS - b

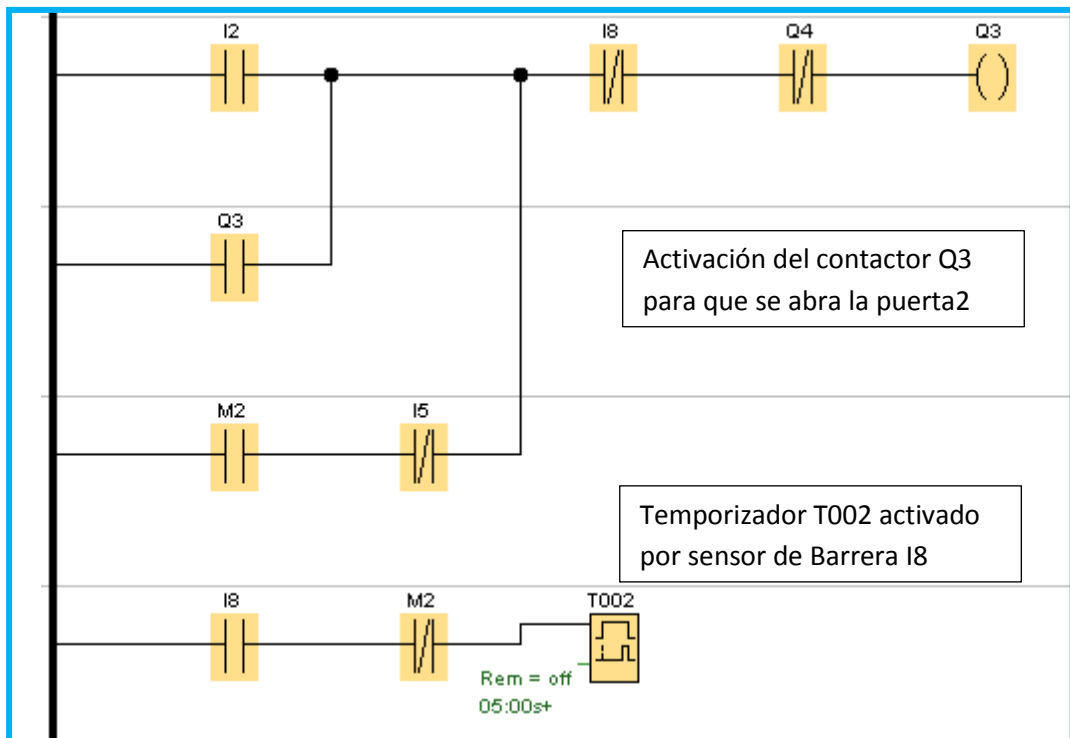


FIGURA N° 16: PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMA DE CONTACTOS - c

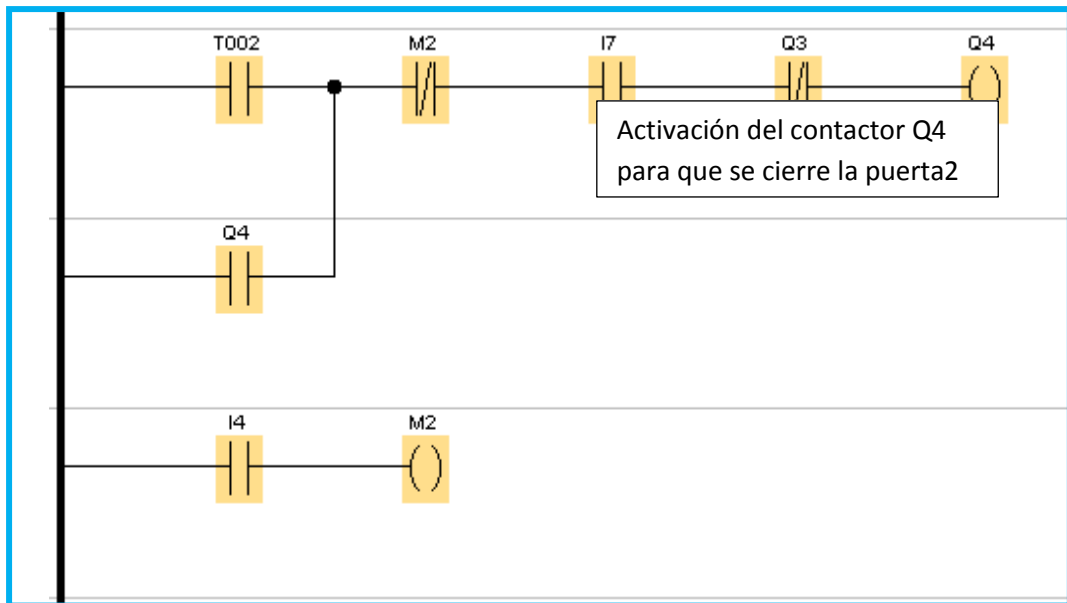


FIGURA N° 17: PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMA DE CONTACTOS – d

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

A continuación procedo a realizar la simulación de la Programación del PLC LOGO a fin de establecer el control de los sensores y actuadores de la esclusa de fabricación de productos farmacéuticos:

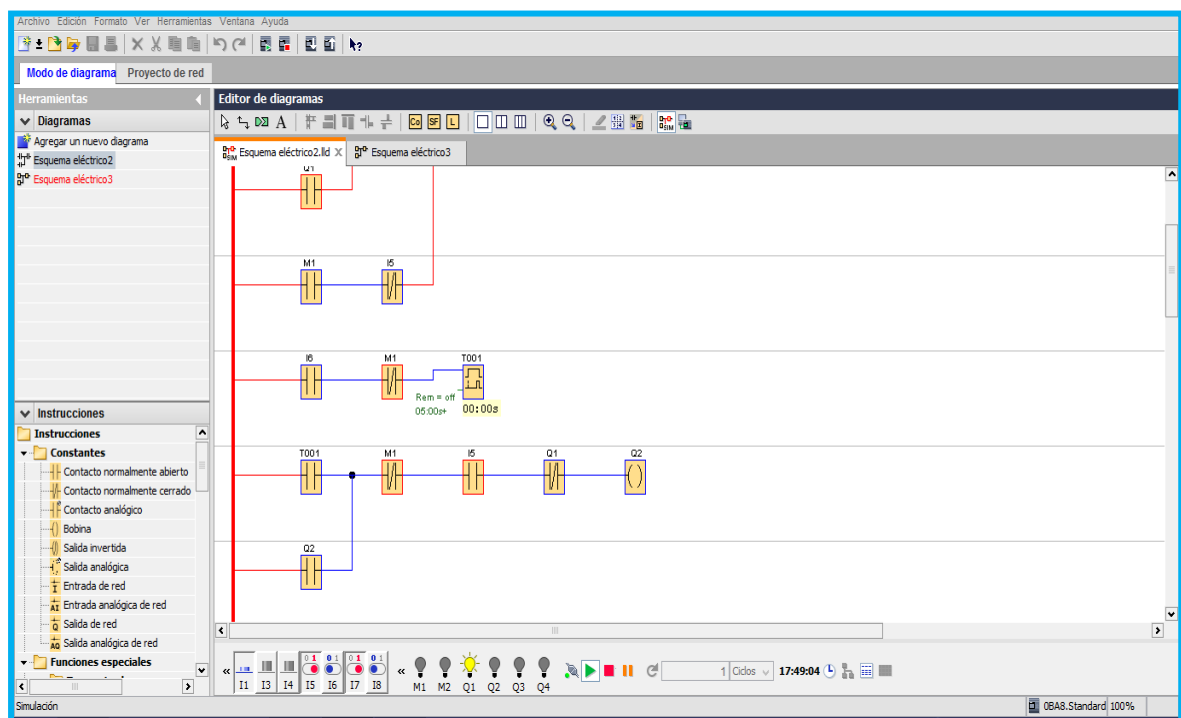


FIGURA N° 18: EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC - a

En referencia a la figura anterior, se observa que para que el personal pueda pasar por la esclusa presionará el pulsador I1, a continuación se abrirá la puerta 1, accionado por el contactor (Q1), el cual hará girar al motor 1.

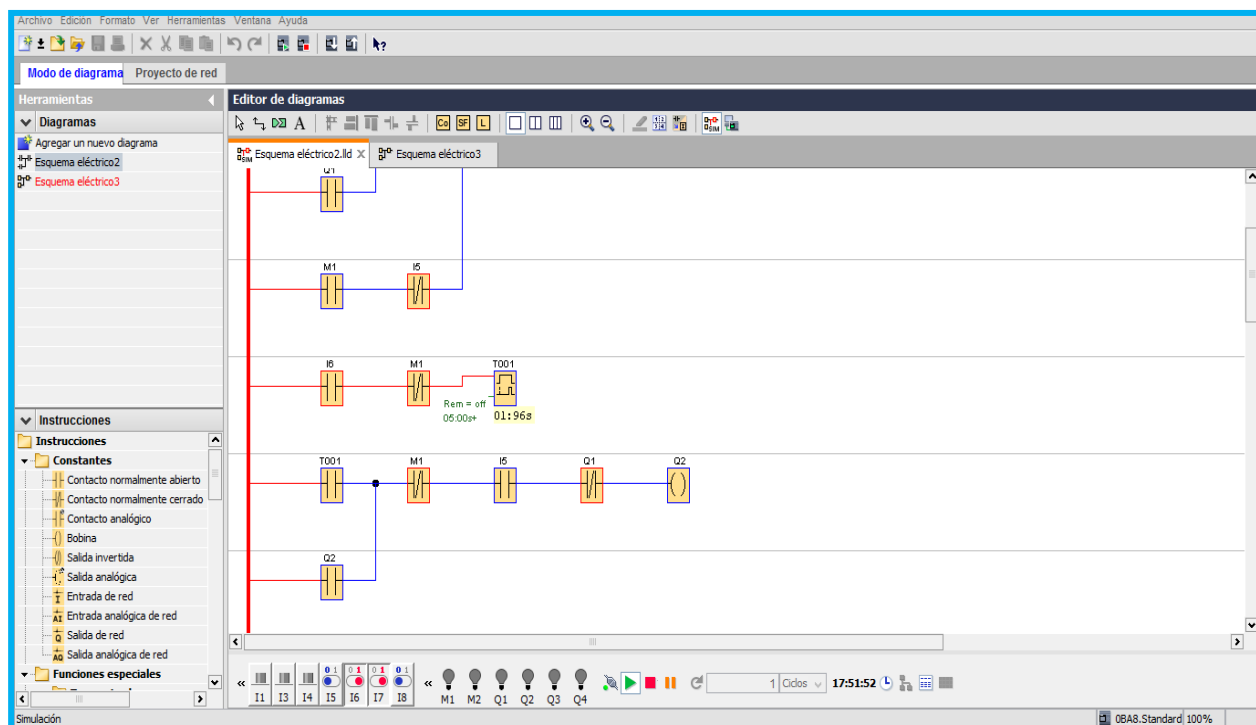


FIGURA N° 19: EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC - b

Una vez abierta la puerta 1, el sensor de barrera I3 se interrumpe por presencia del personal el cual hace que se active el temporizador T001 el cual envía un impulso después de 5s, tal como se observa en la figura anterior.

Pasado los 5s envía un impulso y se cierra la puerta 1 activando el Contactor (Q2), tal como se observa en la siguiente figura.

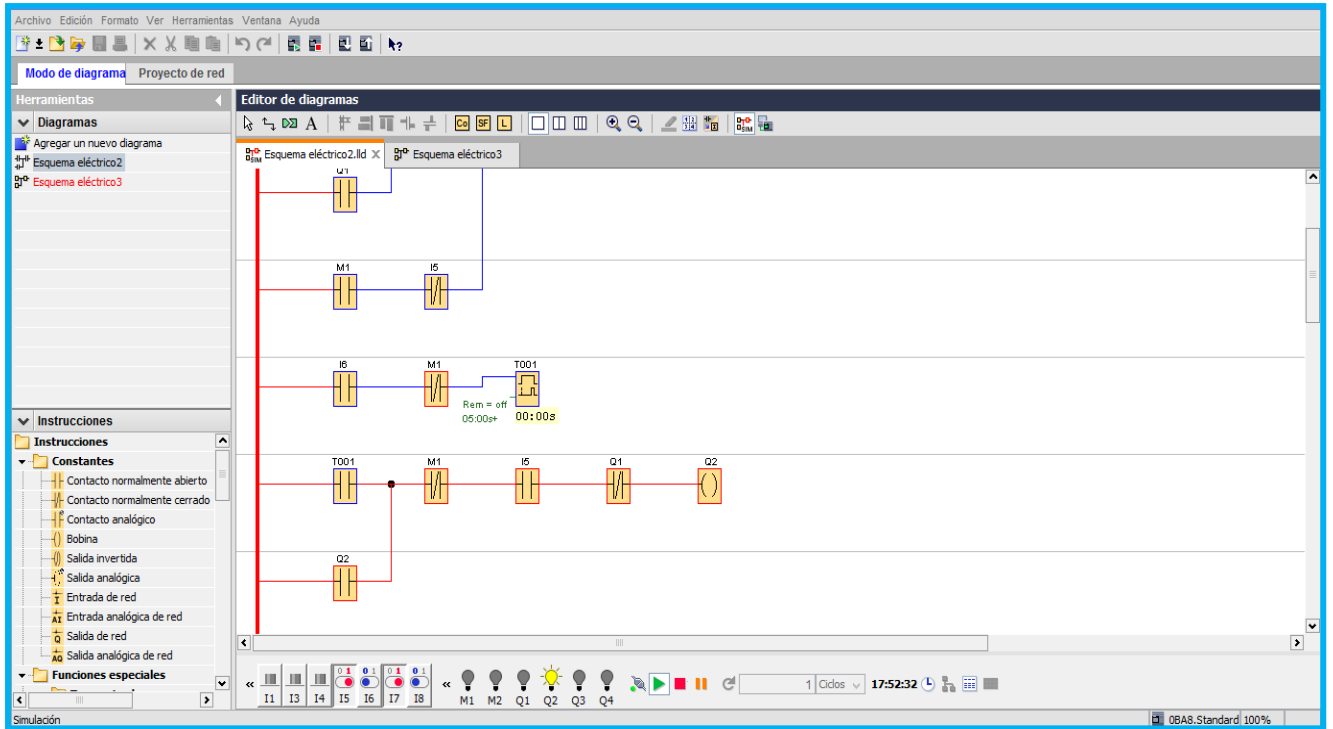


FIGURA N° 20: EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC – c

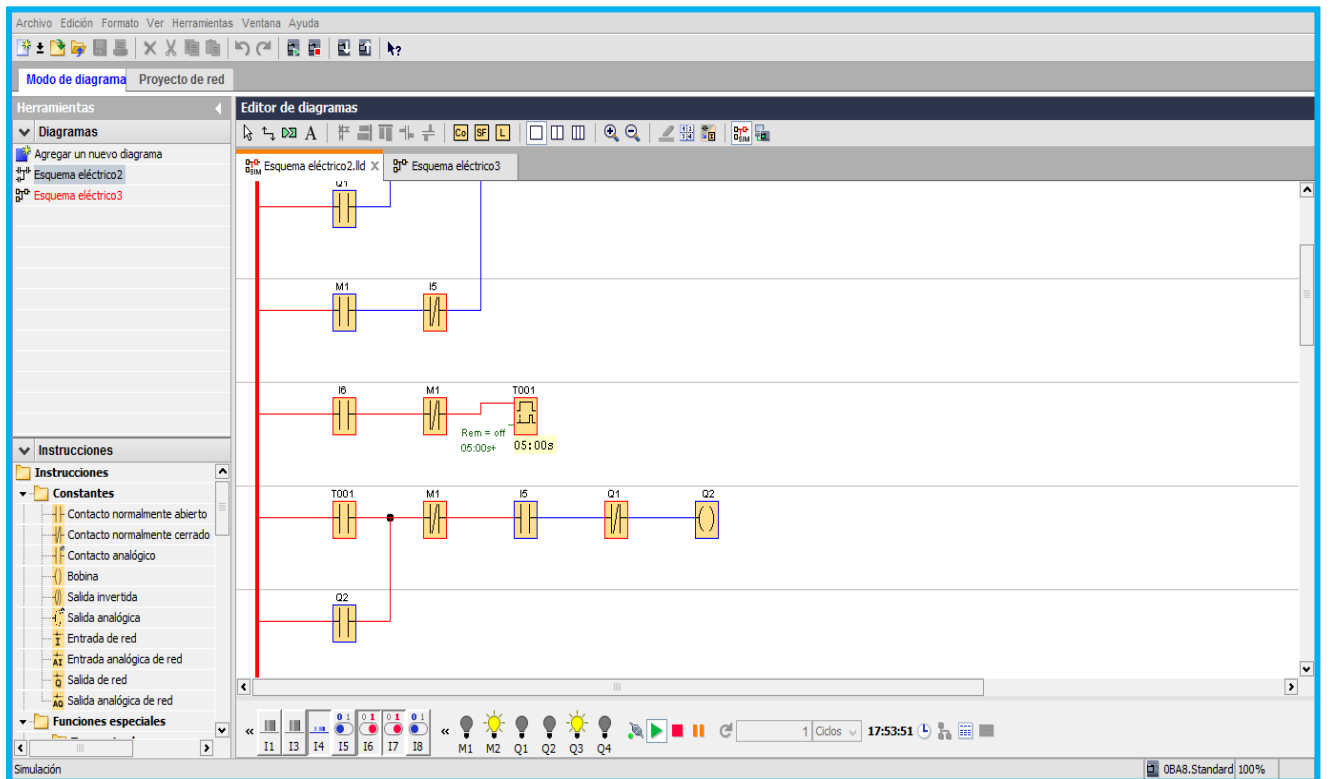


FIGURA N° 21: EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC – d

En la figura anterior, el sensor de barrera I4 se interrumpe por presencia del personal y se abre la puerta 2, accionado por el contactor (Q3), el cual hace girar al motor 2.

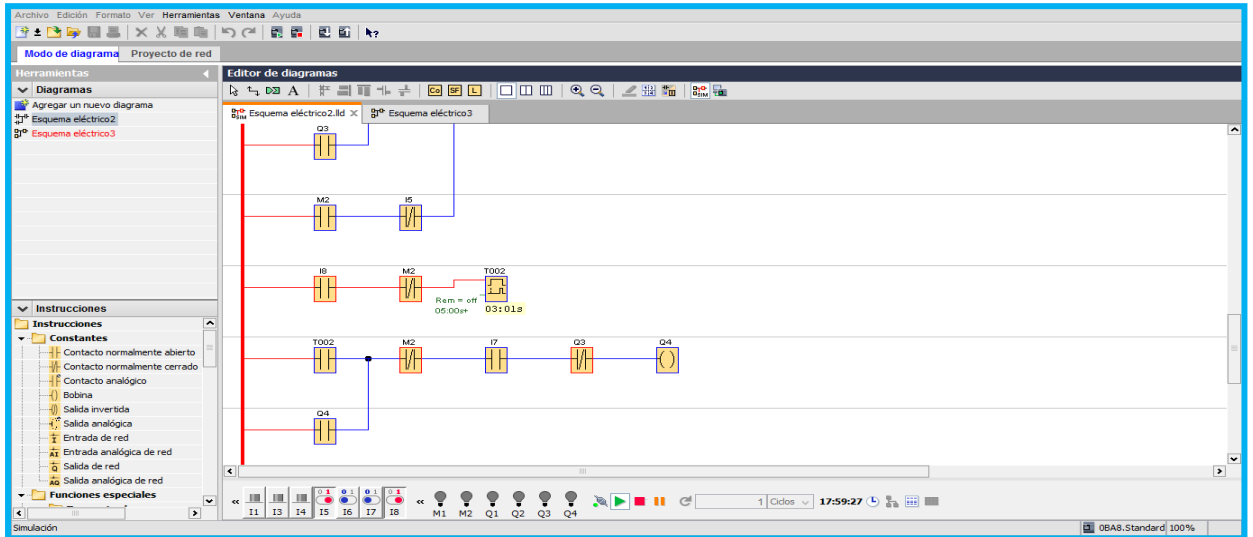


FIGURA N° 22: EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC - e

Después abierta la puerta 2 se activa el temporizador T002 el cual envía un impulso después de 5seg, tal como se indica en la figura anterior. Pasado los 5s se activa el contactor (Q4) el cual hace que se cierre la puerta 2, tal como se observa en la siguiente figura.

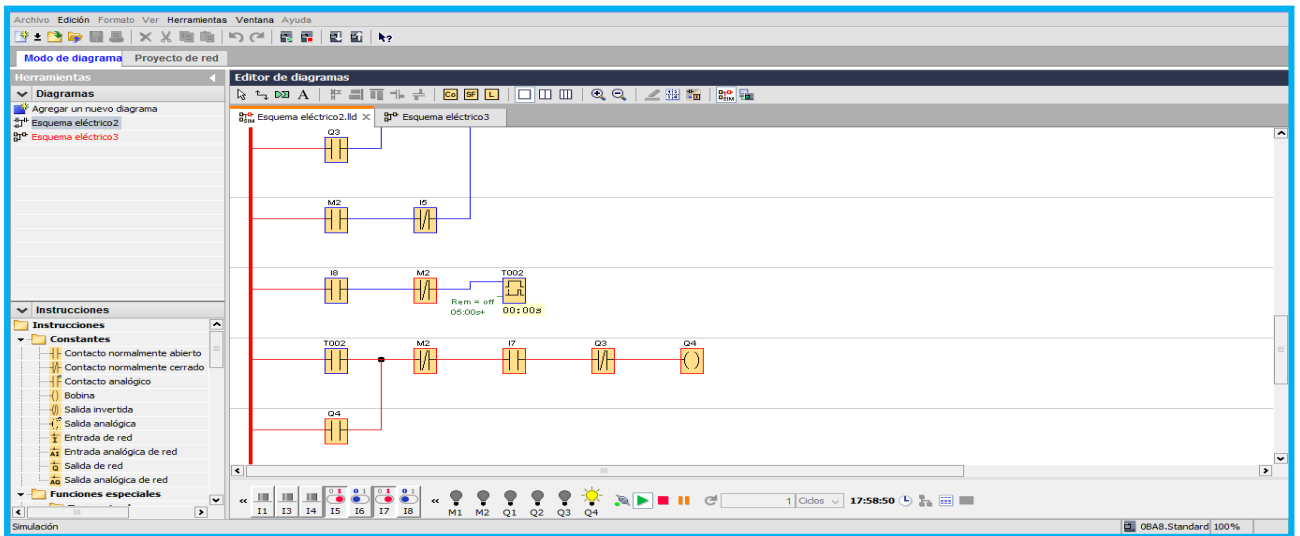


FIGURA N° 23: EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC – f

Antes de realizar el automatismo de una esclusa en un área de fabricación farmacéutica, los productos o insumos podían verse contaminados en un cierto porcentaje tal y como lo muestra la siguiente figura.

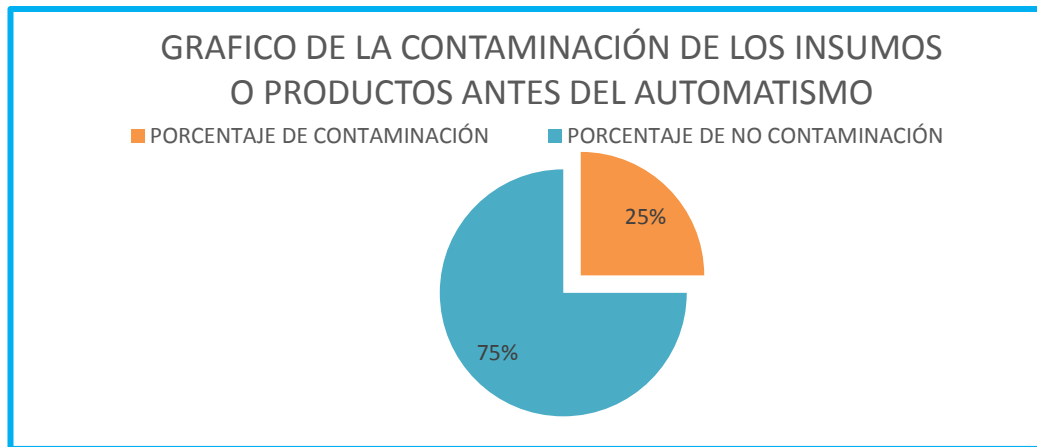


FIGURA N° 24: GRAFICO PORCENTUAL DE LA CONTAMINACION DE LOS PRODUCTO ANTES DE LA AUTOMATIZACION

Con la implementación del automatismo se reducirán los riesgos de contaminación de los productos o insumos utilizados en la producción.

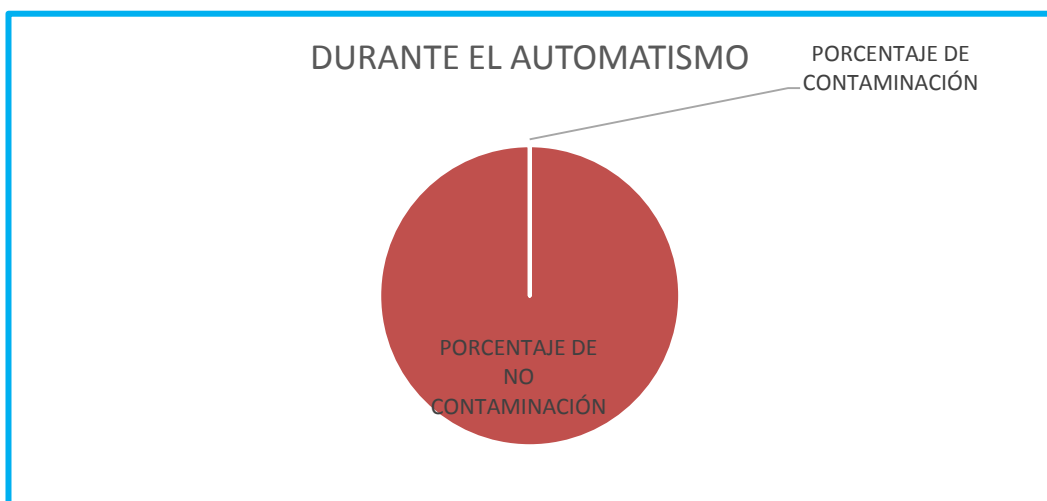


FIGURA N° 25: GRAFICO PORCENTUAL DE LA CONTAMINACION DE LOS PRODUCTOS DURANTE LA AUTOMATIZACION

El porcentaje de contaminación antes de implementar el automatismo era de un 25% y ahora el porcentaje después de implementar el automatismo será de un 0.05%, teniendo como resultados un alto estándar de calidad de un 99.8%.

A continuación en la siguiente figura se observa el cuadro comparativo, reflejándose la disminución de contaminación después de implementar el automatismo de una esclusa en un área de fabricación farmacéutica.

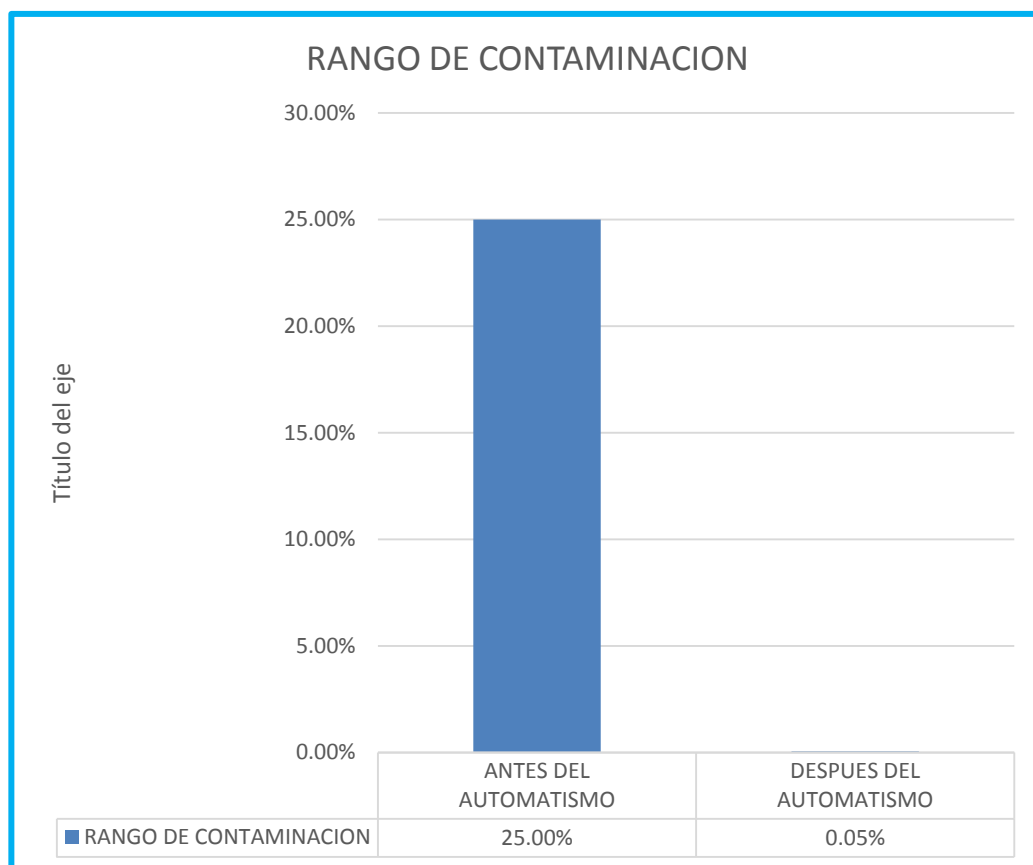


FIGURA N° 26: CUADRO COMPARATIVO DE LA DISMINUCION DE LA CONTAMINACION DE PRODUCTOS O INSUMOS FARMACEUTICOS DURANTE LA AUTOMATIZACION

CONCLUSIONES

- ✚ Se concluye que si es posible establecer una relación entre el PLC Siemens LOGO, los sensores y actuadores de la Esclusa de Fabricación Farmacéutica de la Empresa Pharma Dubonp SAC, esto a través de la interconexión y la programación en esquema de contactos.
- ✚ Se concluye si es posible establecer el control de apertura y cierre de la esclusa, tal como se visualiza en la simulación de la programación mediante diagrama de contactos del PLC Siemens LOGO.
- ✚ Finalmente se concluye implementado el control automático de una esclusa mediante la programación de un PLC Siemens LOGO a través de diagrama de contactos minimizará los riesgos por contaminación en la Empresa de fabricación farmacéutica Pharma Dubonp SAC.

RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda implementar el control automático de una esclusa mediante el Controlador Lógico Programable Siemens LOGO con la finalidad de minimizar los riesgos por contaminación en la Empresa de fabricación farmacéutica Pharma Dubonp SAC.
- ✚ Se recomienda extender este mecanismo de control de apertura y cierre de una esclusa a otras áreas críticas de la Empresa de fabricación farmacéutica Pharma Dubonp SAC.
- ✚ Se recomienda tomar como base este proyecto a fin de determinar las ventajas y desventajas de implementar el automatismo bajo el esquema de la lógica cableada.
- ✚ Se recomienda adiestrar al personal de forma secuencial en el manejo del control automático de la esclusa con la finalidad de que se pueda utilizar de manera óptima y garantizando tener todos los beneficios que implica el automatismo de la esclusa.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ **BAUTISTA R.** (2012). Tesis: Incrementación de envasado de Agua y propuesta de Automatización de Planta Purificadora. México. Universidad Tecnológica de Querétaro.
- ✚ **ROMERO G.** (2010). Tesis: “Control Avanzado en Procesos Industriales de microfiltración u ultrafiltración Tangencial”. Universidad Politécnica de Valencia.
- ✚ **VALLEJO, M.B.** (2006). Aspectos generales de la Automatización en el sector químico. Editorial Mc Graw Hill.
- ✚ **GARCIA. N.**(2000).Autómata Programable”. Departamento de Ingeniería Sistemas y Automática. Universidad de Elche.
- ✚ **MEDINA, G.** (2010). La Automatización en la Industria Química. Editorial: UPC. España.
- ✚ **MONTELLANO, F.** (2003). Sistemas Servo controlados: Elección y Cálculo de accionamientos, Automática e Instrumentación. Editorial Marcombo.
- ✚ **Ros, R.** (2003). Monitorización de una red industrial, Rev. Automática e Instrumentación.
- ✚ **Erickson K.T.** (1996). Programmable Logic Controller Potentials, IEEE, Volume 15.
- ✚ **JUDDS G.,** (2007). Principles and applications off membrane Bioreactors in water and wastewater treadment”. USA. Elsevier Oxford.
- ✚ **YUMISAKA. H.** (2014). Diseño y construcción de un modelo de ascensor a escala controlado por un PLC. (Tesis de Pre Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

- ✚ **CONTRERAS. A.** (2010). Diseño de un sistema de Automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial. (Tesis de Pre Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- ✚ **ESPINOSA. J.** (2005). Diseño de un sistema electrónico automatizado para el control de puertas y sensores en áreas de alta seguridad. (Tesis de Pre Grado). Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
- ✚ **GARCIA. A.** (2005). El control automático en la industria. Cuenca, España: EDICIONES DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA – LA MANCHA.
- ✚ **OGATA.** (2003). Ingeniería de Control Moderna. Madrid, España: PEARSON.
- ✚ **BALCELLS. J.** (2010). Autómatas Programables. Barcelona, España: MARCOMBO.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- ✚ normas de buenas prácticas de manufactura.
<http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s18835es/s18835es.pdf>
- ✚ validación del proceso de limpieza y sanitización de un área de envase de producción de vacunas biológicas.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11775/gutierrez>
- ✚ arquitectura y características del plc.
<https://davidrojasticsplc.files.wordpress.com/2009/01/plc1s2.pdf>
- ✚ aspectos generales de la automatización industrial del sector farmacéutico.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v35n1/v35n1a03.pdf>
- ✚ guía de normas de correcta fabricación de medicamento.
https://www.aemps.gob.es/industria/inspeccionncf/guiancf/docs/reqbasico_smed/04_capitulo-1b.pdf

ANEXOS

INVERSION PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA ESCLUSA

COSTO INVERSION			
COMPONENTES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Siemens LOGO 230RC	1	S/.578	S/.578
Motor	2	S/.520	S/.1 040
Sensor de barrera	4	S/.98.5	S/.394
TOTAL			S/.2 012