

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño del sistema de automatización en toda la línea de producción de jabones en barra para la empresa Unilever Andina S.A.

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización

Presentado por:

Anthony Leonardo Delgado Espinel

Jean Abel Coronado Rivas

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a la memoria de mi padre, Derlis Delgado, cuyo legado de sabiduría y apoyo sigue siendo una guía en mi día a día. De igual manera a mi madre, Bettsy Espinel, por su sacrificio y dedicación durante mi formación académica.

- Anthony Delgado Espinel

El presente proyecto lo dedico a Dios y a mi familia, por tener ese apoyo incondicional de mejorar día a día y este es uno de los tantos pasos y metas trazadas que tengo en mi vida y con la ayuda de Dios se logrará.

- Jean Abel Coronado Rivas

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento cumbre de mi carrera; a mis padres Derlis Delgado y Betsy Espinel, mis hermanas Gissell y Jennifer, y a mis demás familiares y amigos por estar presentes en los momentos difíciles de mi vida. A mis compañeros y profesores de la universidad por ayudarme a crecer profesionalmente y brindarme su apoyo en todo este proceso.

- Anthony Delgado Espinel

En primer lugar, agradezco a Dios por permitir que esté pasando por este momento, ya que, sin la ayuda de Él, no lo hubiera logrado y en segundo lugar a mis padres: Gen Coronado y Yanina Rivas, así mismo a mis hermanos: Tonny Coronado y Elena Coronado, por siempre contar con ellos en todo momento de mi vida.

- Jean Abel Coronado Rivas

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Anthony Leonardo Delgado Espinel y Jean Abel Coronado Rivas y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Anthony Leonardo
Delgado Espinel



Jean Abel Coronado
Rivas

Evaluadores

Ing. Dennys Cortez Alvarez, MSc

Profesor de Materia

Ing. Víctor Arce Domínguez, MSc

Tutor de Proyecto

Ing. Wilton Agila Gálvez, PhD

Cotutor de Proyecto

Resumen

La planta Unilever Andina S.A., ubicada en el Km 25 vía Daule, cuenta con diferentes máquinas y bandas transportadoras para la fabricación, traslado y empaquetado de varios productos como los jabones en barra; sin embargo, no posee un sistema completamente automatizado, debido a que uno de los obreros se encarga de separar los jabones que estén pegados unos con otros para evitar que se coloquen en una posición incorrecta en la máquina envolvente. Se propone el diseño de una máquina separadora con sistema de automatización neumático que intercepte el producto proveniente de las bandas transportadoras y separe de forma individual y correcta los jabones.

Para el diseño mecánico de la máquina separadora, se usó el software AutoCAD para la creación de cada una de las piezas, considerando acoples, soportes, guardas y guías en la estructura. Se seleccionó el Micro 850 para el control del sistema neumático y se realizó una programación en CCW tanto en modo manual y automático, con su respectiva interfaz en el HMI. Este diseño consistió en la secuencia automática de un cilindro de doble efecto mediante sensores de proximidad y de magnetismo.

Finalmente, el presente proyecto asegura reducir los costos en un periodo de 8 meses y medio, luego de recuperar la inversión, además de procesar 4500 unidades de jabones en barra por hora.

Palabras Clave: Micro 850, Jabones, HMI, AutoCAD

Abstract

The Unilever Andina S.A. plant located at Km 25 on the Daule road is equipped with various machines and conveyor belts for the manufacturing, transfer, and packaging of various products such as bar soaps. However, it does not have a fully automated system because one of the workers is responsible for separating soaps that are stuck together to prevent them from being placed in the wrong position in the wrapping machine.

The proposal involves the design of a separating machine with a pneumatic automation system that intercepts the product coming from the conveyor belts and separates the soaps individually and correctly.

For the mechanical design of the separating machine, AutoCAD software was used to create each of the parts, considering couplings, supports, guards, and guides in the structure.

The Micro 850 was selected for controlling the pneumatic system, and programming was carried out in CCW, both in manual and automatic modes, with its respective interface on the HMI. This design involved the automatic sequence of a double-acting cylinder through proximity and magnetism sensors.

Finally, this project ensures a reduction in costs within a period of 8 and a half months, after recovering the investment, and is capable of processing 4500 units of bar soaps per hour.

Keywords: Micro 850, Soaps, HMI, AutoCAD.

Índice general

Evaluadores	5
Resumen	6
Abstract	7
Índice general	8
Abreviaturas	11
Simbología	12
Índice de figuras	13
Índice de tablas	15
ÍNDICE DE PLANOS	16
Capítulo 1	17
1 introducción.....	18
1.2 Descripción del problema	20
1.3 Justificación del problema	22
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivos específicos	23
1.5 Marco teórico.....	24
1.5.1 Automatización neumática en línea de producción de jabones en barra.....	24
1.5.2 Sincronismo de velocidad	24
1.5.3 Fuente de alimentación.....	24
1.5.4 Controlador lógico programable (PLC)	25
1.5.5 Sensor capacitivo	26
1.5.6 Sensor de proximidad.....	27
1.5.7 Pulsadores.....	27
1.5.8 Indicadores	28

1.5.9 Cilindro Neumático.....	29
1.5.10 Electroválvula	29
1.5.11 Contactor	30
1.5.12 Interruptor termomagnético.....	31
1.6 Soluciones similares en la industria	32
1.6.1 Planta de producción de jabón de tocador en España	32
1.6.2 Implementación de área de secado del producto	34
Capítulo 2	37
2 metodología.....	38
2.1 Visitas técnicas.....	40
2.2 Determinación de componentes, equipos y dispositivos	43
2.2.1 Determinación de material mecánicos para la separadora	43
2.2.2 Determinación de material eléctricos para la separadora.....	43
2.2.2.1 Datos técnicos de los equipos.....	44
2.2.3 Determinación de material neumático para la separadora	50
2.2.3.1 Datos técnicos de los equipos.....	51
2.3 Arquitectura de control y Programación	54
2.3.1 Programación y lógica de la separadora.....	55
2.3.2 Tabla de variables	57
Capítulo 3	58
3 RESULTADOS Y ANALISIS	59
3.1 Determinación de materiales para el movimiento de la máquina empaquetadora y la envolvedora.....	59
3.2 Determinación de materiales eléctricos, neumáticos y mecánicos para la implementación de la separadora.	60
3.2.1 Determinación de materiales eléctricos	60
3.2.2 Determinación de materiales neumáticos	61
3.2.3 Determinación de materiales mecánicos	62

3.3 Programación en CCW.....	64
3.3.1 Marcha, Paro y Modos de Funcionamiento	64
3.3.2 Secuencia Automática del Cilindro	64
3.3.3 Activación de la Válvula inicial y final del cilindro	65
3.4 Interfaz Hombre Máquina.....	66
3.4.1 Menú.....	66
3.4.2 Modo Automático.....	67
3.4.3 Modo Manual.....	67
3.5 Escena en Factory IO	68
3.6 Diseño del mecanismo de la separadora	69
3.6.1 Estructura de la maqueta.....	69
3.6.2 Cubierta de la estructura	70
3.6.3 Guarda de seguridad.....	71
3.6.4 Soporte del cilindro neumático	72
3.6.5 Guía para los jabones en barra.....	73
3.6.6 Diseño final de la separadora	73
3.7 Tablero eléctrico y cableado de los componentes	75
3.8 Beneficios por la implementación de la separadora	78
Capítulo 4	79
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
4.1 Conclusiones.....	80
4.2 Recomendaciones	81
Referencias.....	¡Error! Marcador no definido.
[1] J. Jones. (1991, Mayo 10). Networks (2nd ed.) [Online]. Disponible en: http://www.atm.com	¡Error! Marcador no definido.
Apéndices.....	¡Error! Marcador no definido.

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SA	Sociedad Anónima
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Hombre Máquina
DC	Corriente Continua
AC	Corriente Alterna
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
PC	Computadora Personal

Simbología

V	Voltaje
A	Corriente
m	Metros
Hz	Hertz
°C	Grados Celsius
W	Vatio
Bar	Bares
Pa	Pascal
s	Segundos

Índice de figuras

Figura 1.1 Fuente de alimentación	25
Figura 1.2 Controlador Lógico Programable	26
Figura 1.3 Sensor Capacitivo	26
Figura 1.4 Sensor de Proximidad	27
Figura 1.5 Pulsadores de Marcha y Paro.....	28
Figura 1.6 Luces piloto.....	28
Figura 1.7 Cilindro Neumático.....	29
Figura 1.8 Electroválvulas.....	30
Figura 1.9 Contactor.....	30
Figura 1.10 Interruptor Termomagnético.....	31
Figura 1.11 Boquilla Extrusora	32
Figura 1.12 Troqueladora.....	33
Figura 1.13 Envolvedora.....	34
Figura 1.14 Máquina de secado.....	35
Figura 1.15 Túnel de secado	35
Figura 2.1 Acumulación de productos	40
Figura 2.2 Posición incorrecta en los piñones.....	41
Figura 2.4 Micro 850.....	44
Figura 2.5 Panelview Plus 600.....	45
Figura 2.6 SITOP PSU8200 24 V/10 A	46
Figura 2.7 STRATIX 2000 5-Port Unmanaged	47

Figura 2.8 XUX0ARCTT16 Telemecanique Sensors.....	49
Figura 2.9 Sensor Magnético Festo.....	50
Figura 2.10 Unidad de Mantenimiento combinada.....	52
Figura 2.11 Cilindro Neumático Doble Efecto	53
Figura 2.12 Electroválvula 5/2 vías.....	54
Figura 2.13 Diagrama de conexión de los equipos	54
Figura 2.14 Diagrama de flujo de la programación	56
Figura 3.1 Marcha, Paro y Modos de Funcionamiento	64
Figura 3.2 Secuencia Automática del Cilindro	65
Figura 3.3 Activación de la válvula inicial y final del cilindro.....	65
Figura 3.4 Página principal o Menú del HMI	66
Figura 3.5 Modo Automático del HMI	67
Figura 3.6 Modo Manual del HMI.....	68
Figura 3.7 Escena para la simulación en Factory IO.....	69
Figura 3.8 Armado estructural de la separadora	70
Figura 3.9 Cubierta de la estructura	71
Figura 3.10 Guarda de seguridad	72
Figura 3.11 Soporte de cilindro neumático	73
Figura 3.12 Guía de jabones en barra.....	73
Figura 3.13 Diseño mecánico de la separadora.....	74

Índice de tablas

Tabla 2.1 Datos técnicos del Micro 850.....	44
Tabla 2.2 Datos técnicos del Panelview Plus 600.....	45
Tabla 2.3 Datos técnicos del Sitop Psu8200 24 V/10 A	45
Tabla 2.4 Datos técnicos del Stratix 2000 5-Port Unmanaged	47
Tabla 2.5 Datos técnicos del sensor fotoeléctrico - XUX.....	48
Tabla 2.6 Datos técnicos del sensor magnético Festo.....	49
Tabla 2.7 Datos técnicos de la Unidad de Mantenimiento.....	51
Tabla 2.8 Datos técnicos del Cilindro Neumático.....	52
Tabla 2.9 Datos técnicos de la Electroválvula 5/2 vías.....	53
Tabla 2.10 Variables del sistema.....	57
Tabla 3.1 Implementación del proyecto	78
Tabla 3.2 Beneficio del proyecto	78

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Parte interna del Tablero Eléctrico.....	75
Plano 2 Parte externa del Tablero Eléctrico	76

Capítulo 1

1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es el estudio realizado en una planta de producción de jabones en barra. El estudio fue desarrollado con el objetivo de presentar una propuesta que mejore el proceso de elaboración y envasadora que actualmente utiliza el cliente, para lograr esta mejora tanto de calidad como de eficiencia en la línea de producción. La propuesta se basa en el diseño de la automatización mediante la programación de controladores, actuadores y sensores.

El estudio comprende en una evaluación de la situación actual en la Planta de Jabonería Nacional, donde se produce jabón sintético para el lavado de platos, ropa, higiene personal, limpieza doméstica. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del proceso de producción actual, con una atención particular centrada en la etapa manual de colocación de jabones que se superponen en la máquina. Este enfoque resalta la importancia de evaluar y optimizar esta tarea específica dentro del proceso. La revisión detallada de esta fase permite identificar posibles áreas de mejora en términos de eficiencia, precisión y calidad del producto. Esto, a su vez, puede contribuir a una producción más efectiva y a la reducción de errores en el montaje de los jabones en la máquina, lo que beneficia tanto a la productividad como a la calidad del producto final, a su vez implica una significativa inversión de tiempo y recursos humanos. Además, se examinaron las operaciones, los tiempos y los costos asociados con este proceso, con el propósito de obtener información acerca del nivel de producción, la capacidad actual de la planta, la eficiencia actual y la calidad del empaque del producto terminado.

Se planteó la sugerencia de automatizar este proceso, evaluando tanto sus aspectos técnicos como financieros. Simultáneamente, se determinaron los niveles de producción que podrían alcanzarse con la implementación de este nuevo procedimiento, considerando cómo afectaría la capacidad de la planta, la distribución de la fuerza laboral y el material propuesto para el nuevo proceso de la separadora. Se analizaron los costos adicionales que surgirían al

poner en práctica esta propuesta, se reevaluó la disposición física de la planta y se proyectó un nivel de eficiencia renovado.

Todas estas evaluaciones se llevaron a cabo utilizando herramientas propias de la ingeniería industrial, incluyendo diagramas de proceso, distribución en planta y estudios de tiempos.

Un aspecto de suma importancia que demandaba una evaluación detenida era la calidad de la envolvedora existente, la cual, lamentablemente, había sido descuidada por parte de los operarios debido a la alta velocidad de producción y las restricciones inherentes al material de empaque empleado. Se emprendió un análisis minucioso para explorar vías de mejora en la calidad del empaque, considerando la implementación de un proceso automatizado y la utilización de alternativas en los materiales de empaque. Esta iniciativa es fundamental, ya que no solo puede elevar la calidad percibida del producto final, sino que también puede reducir posibles problemas derivados de la envolvedora defectuosos, mejorando la satisfacción del cliente y la eficiencia en la cadena de producción.

1.2 Descripción del problema

Las industrias dedicadas a la fabricación de jabones en barra y detergentes en Ecuador es un mercado vasto y altamente demandado. Las empresas dentro de este sector están continuamente enfocadas en mejorar y eficientizar sus procesos de producción. En esta línea de producción contamos con diferentes máquinas y bandas transportadoras, comenzando con la llegada del producto ya procesado en niveles superiores a una tolva, seguida de una banda transportadora que los lleva a la máquina compresora, para que después salga el producto terminado en una boquilla que cuentan con la marca de la fábrica, inmediatamente sigue una máquina cortadora que se puede calibrar para hacer los cortes más rápidos o más lentos, saliendo de la máquina cortadora ya contamos con jabones en barra a pesos deseados, a continuación los jabones son trasladados en bandas transportadoras, la primera banda es una banda acumuladora, que cumple con la función de almacenar los jabones en la siguiente banda, que sería la banda bacloock, por último los jabones van a la banda decodificadora, que es la intersección con la máquina envolvente y terminamos con la máquina empaquetadora. UNILEVER ANDINA S.A. se ha propuesto abordar un desafío crítico relacionado con, la automatización de la máquina envolvente.

Este problema, que involucra la superposición, mala colocación de productos en la cadena de piñones de la máquina envolvente, hace que un operador esté todo el tiempo en la línea de fabricación de jabones, para colocar de forma correcta los jabones o sacar los mismos cuando se superponen uno encima de otra y también colocar jabones cuando ninguno de los piñones de la máquina envolvente no llega a coger ningún jabón dando como resultado que quede un espacio libre. Esto se debe por 2 razones muy importantes, una de ellas es por la velocidad con la que se están trasladando los jabones en las bandas transportadoras, y al llegar a la máquina envolvente, hace que un jabón empuje al otro ocasionando que tengan una

velocidad mayor a la velocidad que tienen la máquina envolvente, por ende, la cadena junto a los piñones de la máquina envolvente no cogería de forma correcta a los jabones. La otra razón es cuando los jabones al instante de ser cortados, la sección de corte queda de una forma pastosa y pegajosa ya que están a una temperatura mayor a los 40 grados celsius y al llegar a la banda bacloock, se pegan uno en otro y al momento de arribar a la banda decodificadora, no los puede separar de una forma correcta y al acceder a la máquina envolvente, ocasiona que se coloquen de forma incorrecta los jabones en la cadena de la máquina envolvente.

1.3 Justificación del problema

Utilizando los conocimientos adquiridos durante la carrera se realizará un estudio de todas las variables mecánicas, neumáticas, eléctricas y electrónicas que intervienen en la línea de producción para la elaboración de los jabones en barra.

Diseñar una intersección en la última banda transportadora que es la decodificadora y el inicio de la máquina envolvente, esta intersección se llamará separadora, así mismo está diseñada como mesa guía, con su respectiva guarda y los acoples necesarios para el funcionamiento correcto.

Elaborar un sistema de automatización neumático, en la separadora, que consiste en un sensor de proximidad que estará al ingresar a la separadora para indicar si hay o no producto, al momento de confirmar de que hay producto se enviar la señal a un controlador lógico programable (PLC), este mismo mandara la señal de accionamiento a una electroválvula 5/2 vías para que accione un cilindro neumático para el desplazamiento de los jabones en barra, y llegue finalmente a la máquina envolvente de una forma individual y correcta.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Plantear un proceso en la línea de fabricación de jabones, mediante el diseño y simulaciones de un sistema de automatización neumático para optimizar y organizar los jabones en barra en toda la línea de producción.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar la separadora, con todos sus acoples, guardas y guías para el funcionamiento correcto.
- Automatizar un controlador lógico programable (PLC) junto a la señal que tendrá del sensor, para el accionamiento del cilindro.
- Dimensionar los materiales eléctricos, mecánicos y neumáticos necesarios para la implementación de la separadora.
- Realizar una comparación de beneficios al ser la línea de producción completamente automatizada.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Automatización neumática en línea de producción de jabones en barra

Al realizar una toma de datos de velocidad, con la que se mueve la cadena junto a los piñones de la máquina envolvente para la recepción de los jabones en barra dentro de un determinado tiempo, se calcula la velocidad de accionamiento que debe tener el cilindro, para lograr una sincronización que debe tener tanto la máquina envolvente como la separadora.

Para lograr esta sincronización, vamos a contar con un sensor de proximidad, para indicar que se encuentra producto dentro de la separadora, para luego enviar la señal a un controlador lógico programable (PLC), y a continuación mandamos la señal de accionamiento a la válvula 5/2 vías para finalizar con el accionamiento del cilindro neumático y lograr esa sincronización que va a obtener la separadora con la máquina envolvente.

1.5.2 Sincronismo de velocidad

- EL “Sincronización de velocidad” es el acto de hacer que dos o más dispositivos, máquinas o sistemas funcionen a la misma velocidad o sincronizados. Esto es particularmente importante en aplicaciones donde es fundamental que múltiples componentes o procesos trabajen juntos de manera coordinada para una operación eficiente y precisa.

1.5.3 Fuente de alimentación

- En las industrias, es muy normal encontrar que la alimentación de todos los componentes de control sea de bajo voltaje y a su vez sea de corriente directa (DC) tanto para cuidar a los componentes eléctricos como al personal que este laborando, ya que, al ser de baja intensidad, no hay mucho riesgo eléctrico, por eso contamos con fuentes de alimentación AC a DC. (SIEMENS, 2020)



Figura 1.1 Fuente de alimentación

1.5.4 Controlador lógico programable (PLC)

- El controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico utilizado en automatización industrial y diversas aplicaciones de control de procesos. Los PLC desempeñan un papel importante en el control y seguimiento de maquinaria, equipos y sistemas de automatización. Como parte del sistema de Arquitectura Integrada, los controladores CompactLogix 5370 L3 utilizan el mismo software de programación, protocolo de red y capacidades de información que todos los controladores Logix, proporcionando un entorno homogéneo de desarrollo para todas las disciplinas de control. (Rockwell Automation, 2013)



Figura 1.2 Controlador Lógico Programable

1.5.5 Sensor capacitivo

- Un sensor capacitivo es un sensor que se utiliza para detectar la presencia o proximidad de un objeto, líquido o material basándose en la capacidad del sensor para medir cambios en la capacitancia. La capacitancia es la capacidad de un objeto para almacenar carga eléctrica y está relacionada con la distancia entre las placas del capacitor, el área de superficie de las placas y la constante dieléctrica del material entre las placas. (RECHNER, 2019)



Figura 1.3 Sensor Capacitivo

1.5.6 Sensor de proximidad

- Un sensor de proximidad es un dispositivo que detecta la presencia, la distancia o la proximidad de un objeto sin necesidad de contacto físico. Estos sensores son ampliamente utilizados en una variedad de aplicaciones, desde dispositivos electrónicos de consumo hasta aplicaciones industriales. Hay varios tipos de sensores de proximidad, cada uno con su principio de funcionamiento único. (GEYA, 2023)



Figura 1.4 Sensor de Proximidad

1.5.7 Pulsadores

- Existen dos categorías de estos dispositivos: NO (normalmente abierto) y NC (normalmente cerrado), que comúnmente se encuentran en posición abierta o cerrada, respectivamente. Su función principal es facilitar la apertura o cierre de un circuito, es decir, controlar el flujo de corriente. El interruptor de tipo normalmente abierto, al inicio, mantiene el circuito abierto, impidiendo el paso de corriente; al presionarlo, se cierra el circuito, permitiendo así el flujo de corriente. Por otro lado, el interruptor normalmente cerrado, en su posición inicial, establece un cortocircuito, permitiendo el paso de corriente; al ser pulsado, interrumpe este flujo. (SIEMENS, 2024)



Figura 1.5 Pulsadores de Marcha y Paro

1.5.8 Indicadores

- Se trata de dispositivos señalizadores cuya función es activar una luz para notificar un aviso, y suelen emplear colores específicos para transmitir información. Podemos establecer una analogía con los semáforos urbanos: el color verde denota la marcha, el amarillo advierte precaución, y el rojo indica detención. En el contexto de los indicadores, el color verde generalmente señala que el actuador o dispositivo ha iniciado su funcionamiento, o que algún proceso está en curso. El amarillo, de manera similar, podría indicar precaución o la presencia de algún problema no muy grave. Por último, el rojo señala la existencia de algún problema crítico, indicando que el sistema debe detenerse; a menudo se utiliza para indicar que un sistema o actuador no ha arrancado o ha sido detenido.



Figura 1.6 Luces piloto

1.5.9 Cilindro Neumático

- Los cilindros o actuadores neumáticos son mecanismos cuyo funcionamiento está vinculado a la presión de un gas, como se muestra en la **Figura 1.8**. siendo comúnmente aire comprimido. Su función principal radica en desplazar o mover componentes dentro de una máquina mediante la fuerza generada por el aire o gas que actúa sobre el émbolo del cilindro. Estos dispositivos tienen la capacidad de convertir la energía potencial del aire comprimido en energía de movimiento o cinética. (FESTO, 2022)

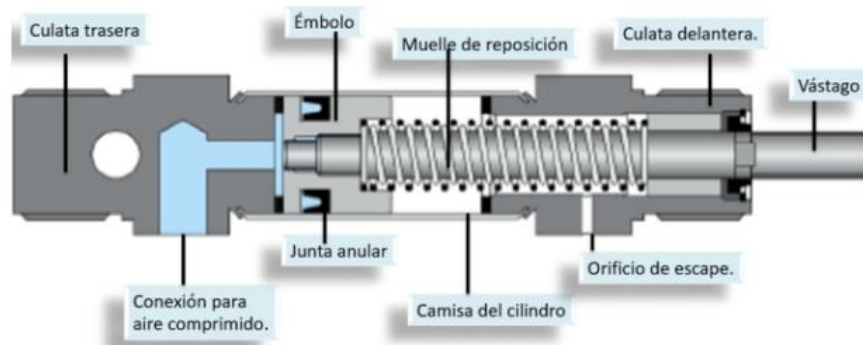


Figura 1.7 Cilindro Neumático

1.5.10 Electroválvula

- Las electroválvulas son dispositivos que responden a impulsos eléctricos. El flujo de corriente a través del solenoide posibilita la apertura o cierre de la válvula, otorgando así el control sobre los fluidos, como el aire o el gas, como se muestra en la **Figura 1.9**. La circulación de corriente en el solenoide genera un campo magnético que ejerce una fuerza de atracción sobre el núcleo móvil, permitiendo el flujo del fluido. Una vez completado este efecto magnético, el núcleo regresa a su posición original gracias a la acción de un resorte. (FESTO, 2021)

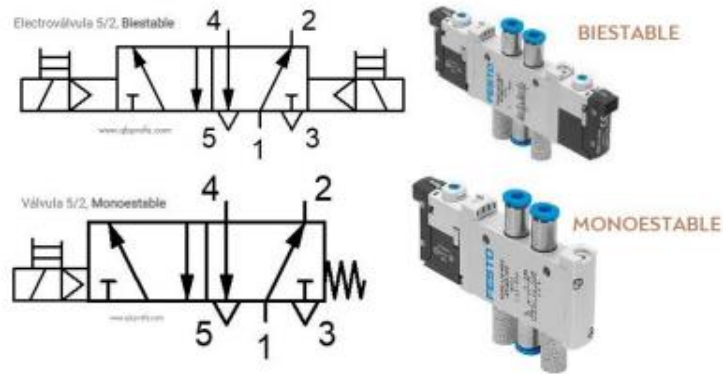


Figura 1.8 Electroválvulas

1.5.11 Contactor

- El contactor es un dispositivo de control eléctrico a distancia, capaz de abrir o cerrar circuitos, ya sea en condiciones de carga o en vacío, como se muestra en la **Figura 1.10**. Su función principal es llevar a cabo operaciones de apertura y cierre en circuitos eléctricos, especialmente en relación con instalaciones de motores. Está compuesto por una bobina y unos contactos o polos que pueden adoptar dos posiciones, abiertos o cerrados. La bobina actúa como un electroimán que desplaza los contactos; al recibir corriente, abre los contactos cerrados y también puede cerrar los contactos que estaban abiertos, según las necesidades específicas.

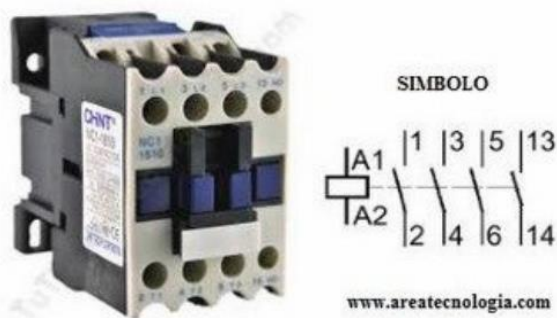


Figura 1.9 Contactor

1.5.12 Interruptor termomagnético

- Un dispositivo que cumple la tarea de interrumpir o cortar el flujo de corriente es el interruptor termomagnético. Este dispositivo realiza dicha acción al detectar que la corriente excede el límite predefinido para el dispositivo, lo que resulta en la protección del circuito eléctrico contra sobre corrientes, sobrecargas y cortocircuitos. (TRANSELEC, 2001)

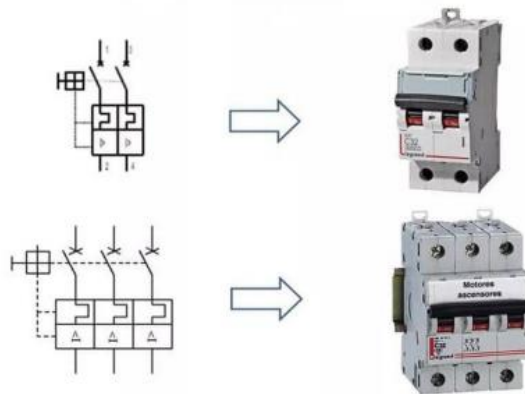


Figura 1.10 Interruptor Termomagnético

1.6 Soluciones similares en la industria

1.6.1 Planta de producción de jabón de tocador en España

En el proceso de fabricación, una cinta transportadora guía el producto hacia la planta de acabado, donde el jabón experimenta compresión para consolidarse en una barra plástica compacta. La cinta alimenta un tanque mezclador encargado de homogeneizar el jabón con aditivos seleccionados. Posteriormente, la masa de jabón, junto con el colorante y el perfume elegidos, se suministra de manera continua a la primera máquina amasadora-extrusora. Esta máquina, equipada con una boquilla giratoria, le da al jabón una forma de cápsula al ser extruido. Las virutas resultantes caen en una tolva, la cual cuenta con un husillo en su fondo que alimenta una segunda amasadora-extrusora. Esta segunda máquina, también con una boquilla de salida de cápsulas, a su vez, abastece a una tercera amasadora-extrusora que presenta una matriz tronco-cónica. A través de esta matriz, se genera a una presión elevada una barra continua de jabón con dimensiones de 30 mm de alto por 60 mm de ancho, manteniendo una temperatura de 30°C.



Figura 1.11 Boquilla Extrusora

Después de salir de la zona de compresión, la barra resultante se somete a un sistema de troquelado que realiza cortes cada 8 centímetros. Como resultado, se obtiene un producto final con dimensiones de 30 por 60 por 80 milímetros y un peso aproximado de 250 gramos. Tanto el

proceso de mezclado y extrusión como el de troquelado se llevan a cabo a presión atmosférica. La temperatura de la masa, influenciada por la fricción con la maquinaria mezcladora y el proceso de extrusión, se mantiene en un rango de 35 a 30 grados Celsius. (Rodríguez, 2016)

La máquina cortadora trabaja con una frecuencia de corte máxima de 260 cortes por minuto con unas dimensiones de corte de hasta 100x100 mm.

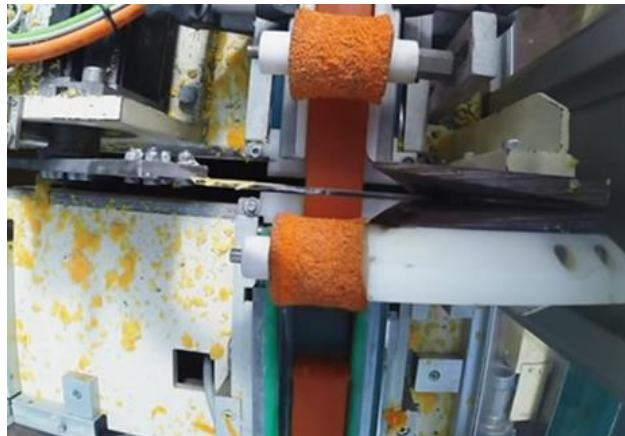


Figura 1.12 Troqueladora

Las pastillas de jabón previamente cortadas son transportadas hacia la máquina de empaquetado a través de una cinta transportadora. Similar al proceso de la línea 1 de producción, este procedimiento se lleva a cabo a presión atmosférica. La temperatura del jabón se mantiene alrededor de los 30 grados Celsius, aunque no se requiere un control meticuloso de la misma. En la fase final, las pastillas de jabón son dirigidas mediante otra cinta transportadora hacia la estación de embalado. En este punto, se utiliza una máquina del modelo PACKSAVON/120 de SASOAP, que tiene la capacidad de empaquetar los jabones a una velocidad de hasta 120 unidades por minuto.



Figura 1.13 Envolvedora

Después de completar todas las etapas del proceso en cualquiera de las líneas, se realiza una revisión manual del jabón. Este proceso implica la verificación de calidad, la asignación de fechas, el registro de información relevante, el empaquetado por lotes y, finalmente, el almacenamiento para facilitar su posterior distribución. (Rodríguez, 2016)

1.6.2 Implementación de área de secado del producto

La implementación de un área de secado y enfriamiento en el proceso de fabricación de jabones proporciona una solución integral para evitar problemas como el pegado y la acumulación de los productos. La consideración de un secado forzado mediante una cámara de expansión revela la búsqueda de métodos eficientes para asegurar la calidad del jabón, aunque, como mencionas, se descarta debido a su costo y viabilidad.

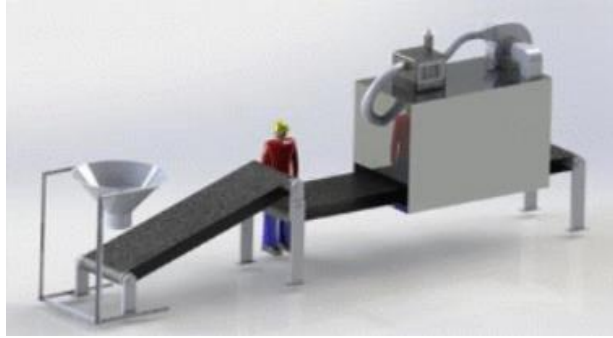


Figura 1.14 Máquina de secado

La cámara de expansión puede diseñarse como una estructura que permite una distribución uniforme del jabón y garantiza un secado por pulverización. Este método implica la dispersión de pequeñas gotas de agua sobre la superficie del jabón caliente, acelerando así el proceso de enfriamiento y secado. La simultaneidad de estas dos acciones es esencial para evitar problemas como la formación de grumos o la adherencia no deseada.



Figura 1.15 Túnel de secado

Aunque el secado por pulverización puede ofrecer resultados óptimos en términos de calidad del producto, la decisión de descartar esta opción indica una evaluación cuidadosa de factores económicos y logísticos. Los costos asociados con la implementación y el

mantenimiento de equipos especializados, así como la complejidad operativa, podrían superar los beneficios que se obtendrían en términos de calidad del producto.

Capítulo 2

2 METODOLOGÍA.

Para la metodología de nuestro proyecto consistió en el diseño automatizado y neumático en una línea de producción de jabones en barra, comenzando con el proceso en que se fabrican los jabones en barra.

El proceso de elaboración de jabones tiene dos clases respecto al peso, 350 gramos y 250 gramos. En esta misma línea de producción se elaboraban variedad tipos de jabones en olores como limón, fresa, frambuesa para múltiples usos como lavar ropa, lavar las manos, limpiar el cuerpo, entre otras. Esta línea de producción conlleva diferentes máquinas, pero el proceso químico se desconoce, ya que es un dato privado de la empresa Unilever y no se puede dar a conocer las composiciones químicas. El producto procesado viene desde los pisos superiores de la planta, para llegar a planta baja el producto procesado en trozos de 10 a 30 gramos aproximadamente, se deposita en una tolva y seguido con una banda transportadora inclinada que lleva el producto de forma ascendente para llegar a otra tolva llamada cámara de vacío que está dentro de la máquina compresora preliminar, donde el funcionamiento de esa máquina es triturar el producto con la ayuda de un tornillo sin fin, para dejarlos en trozos más pequeños de 1 a 5 gramos aproximadamente, después de este proceso el producto llega a otra sesión de la máquina que es la compresora final, donde consta con el calentamiento del producto para después hacer una presión lo suficientemente necesaria para compactar y salga todo el producto a través de un molde que tomara la forma de los jabones en barra, seguido de la máquina cortadora, esta máquina se puede calibrar para cortar la barra larga que salga de la compresora final de acuerdo a las necesidades del cliente, en este caso se maneja 2 pesos, uno de 350 gramos y otro de 250 gramos. Después de este proceso al tener el corte final del jabón se movilizan los jabones cortados por medio de una banda transportadora acumuladora, esta banda lleva una velocidad dos veces más rápida que la velocidad de donde van saliendo de las barras de jabón de las máquinas compresoras final, esta banda tiene como función ayudar a que las barras de jabón se acumulen para después que lleguen a una banda transportadora llamada bacloock que ayuda a

controlar la velocidad y vaya más despacio para después llegar a una banda transportadora llamada dosificadora, esta banda cuenta con una bomba de vacío para la absorción de partículas o impurezas que se encuentran en el ambiente cerca de los jabones en barra. Después de salir de la banda transportadora dosificadora llega una máquina envolvedora que con la ayuda de unas bandas gemelas incorporadas en la máquina, hace que el producto tome la velocidad de la máquina envolvedora, y con la ayuda de los piñones los recoge para envolver los jabones en barra en su debida envoltura, la máquina logra envolver de 70 a 75 unidades por minuto, después de esto pasan por una máquina empaquetadora que con la ayuda de varios cilindros neumáticos logra colocar los jabones en barra en cajas, cada una de estas contienen 30 unidades de jabones en barra ya sean los jabones de 250 gramos o los jabones de 350 gramos, después de pasar el proceso de empaquetado en las cajas de cartón, se ubican en una banda transportadora de rodillos que los movilizan a la acumulación del producto terminado en bodega para su respectiva venta.

Con las visitas técnicas al cliente se pudo visualizar a fondo el problema que se le presentaba, para plantear diferentes soluciones que se podrían realizar en dicho problema, viendo cual de todas esas soluciones le genere menos costo para la realización de la solución, dando a escoger el diseño de automatización neumático, para luego proceder con el dimensionamiento de equipos eléctricos, neumáticos, mecánicos y metal mecánicos.

2.1 Visitas técnicas

Se comenzó con una reunión en la oficina de mantenimiento de planta, indicando el problema que ocurría siempre al momento de producir jabones en barra, luego nos dirigimos a planta para ver cómo se realizaba la producción y a su vez fijarnos de por qué los jabones en barra se superponían uno en otro o no quedaban correctamente en su posición horizontal y también dejando espacios en los piñones de la máquina envolvente de jabones.



Figura 2.1 Acumulación de productos

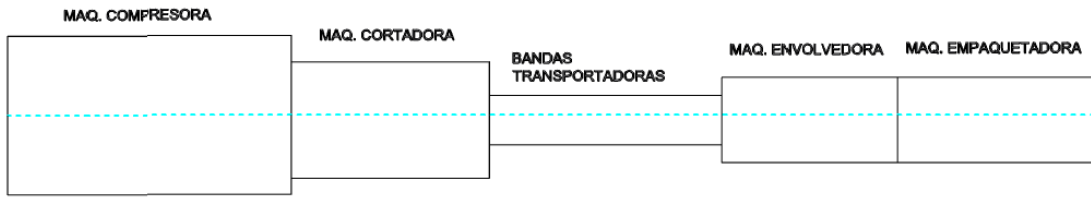
En la **Figura 2.1** se aprecia como se acumulaba producto en la máquina envolvente y es por la superposición uno en otro de los jabones en barra, así mismo en la **Figura 2.2** vemos como los jabones estaban en una posición incorrecta, ya que deben quedar totalmente de forma horizontal y no inclinados como se aprecia y por último deben ser llevados por los piñones de la máquina envolvente en la parte trasera de los jabones.



Figura 2.2 Posición incorrecta en los piñones

La fabricación de jabones en barra consta con una producción de 907 cajas de jabones en barra, sabiendo que cada caja consta con 30 unidades de jabones. Dado que la fabricación de los jabones está dentro de 5 horas de producción. La máquina envolvente por minuto envuelve 90 a 95 unidades, dando por unidad un tiempo de 0.67 segundos. Sabiendo el tiempo que toma envolver cada producto, se realizó un diseño automatizado y neumático que está antes de la máquina envolvente que se lo llamará separadora, a su vez se determinó los componentes neumáticos, mecánicos y eléctricos para lograr la producción diaria, sin la necesidad de contar con un personal fijo en la máquina envolvente que realizaba la función de sacar o colocar correctamente los jabones al momento de ingresar en la máquina como se puede ver en la **Figura 2.2**, finalmente podemos ver en la **Figura 2.3** el antes y después de cómo sería el flujo de la producción de jabones en barra.

ANTES



DESPUES

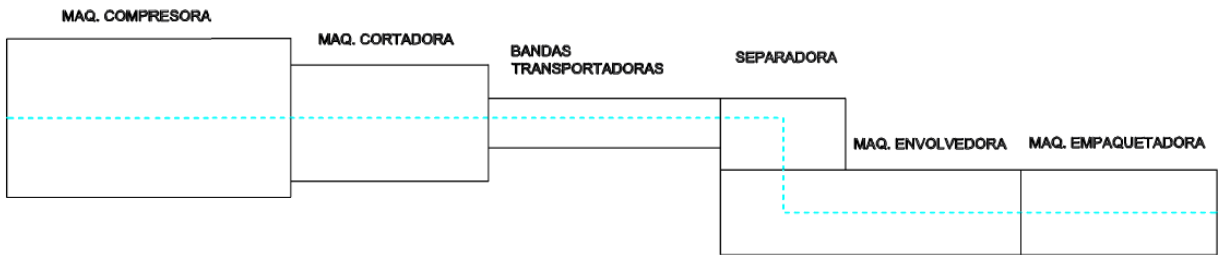


Figura 2.3 Vista general del flujo de la línea de producción de jabones

2.2 Determinación de componentes, equipos y dispositivos

Para la determinación de los materiales mecánicos, eléctricos y neumáticos se realizó la visita técnica para ver todo el alcance del trabajo, que llevara para la construcción de la separadora.

2.2.1 Determinación de material mecánicos para la separadora

Para la construcción de la separadora se utilizará los siguientes materiales:

Descripción de los materiales
Tubo cuadrado de 2" x 1.5mm en acero inoxidable Gr304
Plancha en acero inoxidable Gr 304 de 2mm
Platina de teflón de 5" x 4mm de espesor

2.2.2 Determinación de material eléctricos para la separadora

En la determinación de los materiales eléctricos los equipos más relevantes son:

Descripción de los materiales
Micro 850-24-Point
Panelview Plus 600
Fuente de alimentación 24VDC 10Amp
Switch
Sensor de proximidad
Sensor magnético

2.2.2.1 Datos técnicos de los equipos

2.2.2.1.1 Controlador

Para el controlador estamos utilizando un Micro850-24-Point Programmable Controllers

Figura 2.4, el cual se encargará del control de todo el proceso.

Tabla 2.1 Datos técnicos del Micro 850

Datos técnicos	
Tensión de alimentación	24VDC
Número de entradas y salidas	14 entradas – 10 salidas
Entrada	24 VDC/VAC, 8.8 mA
Salida de relé	24VCC
Consumo de energía	28W
Tipo de interfaz	Profinet
Grado de protección	IP20
Frecuencia de contaje	100 KHz



Figura 2.4 Micro 850

2.2.2.1.2 HMI

Para la Interfaz Hombre-Máquina (HMI), se consideró un panelview plus 600 **Figura 2.5**, el cual se encargará de la interfaz hombre máquina.

Tabla 2.2 Datos técnicos del Panelview Plus 600

Datos técnicos	
Tipo de terminal	PV600
Fuente de voltaje	18 a 32VCC, (24VCC nominal)
Consumo de energía	24.0 W
Consumo de amperaje	1.0 A

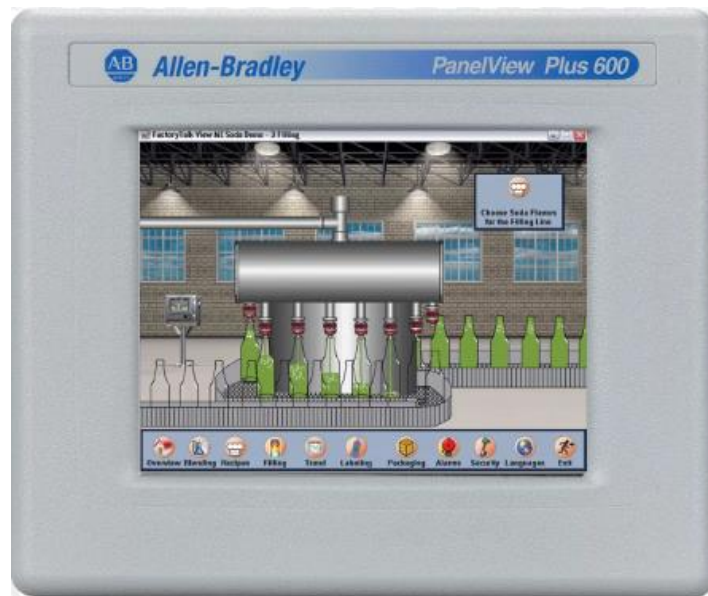


Figura 2.5 Panelview Plus 600

2.2.2.1.3 Fuente de alimentación

Para la alimentación, se consideró un SITOP PSU8200 24 V/10 A fuente de alimentación estabilizada entrada: 120/230 V AC, salida: 24 V DC/10 A **Figura 2.6**, el cual nos ayudó con la alimentación de todo el proceso automatizado.

Tabla 2.3 Datos técnicos del Sitop Psu8200 24 V/10 A

Datos técnicos	
Tensión de salida	24 VDC
Tensión	120 – 230VAC
Número DI FASI	1
Potencia de salida	240 W
Corriente de salida	10 A



Figura 2.6 SITOP PSU8200 24 V/10 A

2.2.2.1.4 Switch

Para la comunicación, se consideró un switch Allen-Bradley 1783-US5T Stratix 2000 5-Port Unmanaged, **Figura 2.7**, el cual nos ayudará a realizar la comunicación del HMI junto al PLC.

Tabla 2.4 Datos técnicos del Stratix 2000 5-Port Unmanaged

Datos técnicos	
Temperatura de funcionamiento	0 - 60 °C
Número de puertos	5
Grado de protección	IP 20
Montaje	Riel Din



Figura 2.7 STRATIX 2000 5-Port Unmanaged

2.2.2.1.5 Sensor de proximidad

Para la señal de activación del cilindro neumático, se utilizó un sensor fotoeléctrico – XUX, **Figura 2.8**, el cual nos dará la señal de que se encuentra producto y a su vez dará la señal de cuando pase el piñón de la cadena de la máquina envolvente.

Tabla 2.5 Datos técnicos del sensor fotoeléctrico - XUX

Datos técnicos	
Tipo de circuito de alimentación	AC / DC
Técnica de cableado de detector	5 hilos
Función de salida digital	1 a o 1 NF programable
Distancia de detección nominal	2 m difuso 1.3 m difuso con supresión de fondo
Sistema de detección	Multimodo
Principio de medición	Infrarrojos difusos Infrarrojos difusos con supresión de fondo
Tipo de salida	Relé



Figura 2.8 XUX0ARCTT16 Telemecanique Sensors

2.2.2.1.6 Sensor magnético

Para la señal de posición del vástago del cilindro neumático, se utilizó un sensor magnético, **Figura 2.9**, el cual nos ayudara a dar la señal de posicionamiento que tienen el vástago del cilindro neumático para todo el proceso de automatización.

Tabla 2.6 Datos técnicos del sensor magnético Festo

Datos técnicos	
Tipo de circuito de alimentación	DC
Técnica de cableado de detector	3 hilos
Magnitud medida	Posición
Tensión de alimentación	24 V
Temperatura de soporte	-40°C / 80°C
Principio de medición	Magnetorresistivo
Sentido de salida de la conexión	Longitudinal



Figura 2.9 Sensor Magnético Festo

2.2.3 Determinación de material neumático para la separadora

Para la implementación de la parte neumática los equipos más relevantes son:

Descripción de materiales
Unidad de mantenimiento combinada tamaño MSB4 G1/4 0.3 a 7 BAR, 40UMcon purga manual
Cilindro doble efecto D25 C160
Electroválvula 5/2 doble solenoide

2.2.3.1 Datos técnicos de los equipos

2.2.3.1.1 Regulación y lubricación

Para la regulación y lubricación del cilindro neumático, se utilizó la unidad de mantenimiento combinada tamaño MSB4 G1/4 0.3 a 7 BAR, 40UMcon purga manual, **Figura 2.9**, que nos ayudó para que el funcionamiento del cilindro sea del 100% en la producción de jabones en barra.

Tabla 2.7 Datos técnicos de la Unidad de Mantenimiento

Datos técnicos	
Grado de filtración	40 µm
Indicador de presión	Manómetro
Presión de funcionamiento	1.5 - 14 bares
Margen de regulación de presión	0.3 - 7 bares
Caudal nominal normal	1400 l/min
Temperatura de almacenamiento	10 - 60 °C
Temperatura del medio	10 - 60 °C
Temperatura ambiente	10 - 60 °C



Figura 2.10 Unidad de Mantenimiento combinada

2.2.3.1.2 Cilindro neumático

Para el empuje de los jabones, se utilizó un cilindro doble efecto D25 C160, **Figura 2.10**, este cilindro neumático nos ayudó para el desplazamiento de los jabones que llegan a separadora para enviarlos a la máquina envolvente.

Tabla 2.8 Datos técnicos del Cilindro Neumático

Datos técnicos	
Carrera	160 mm
Diámetro del émbolo	25 mm
Rosca del vástago	M 10 x 1,25
Presión de funcionamiento	1 - 10 bares
Detección de posición	Para sensor de proximidad
Temperatura ambiente	-20 - 80 °C
Longitud de amortiguación	17 mm
Fuerza teórica con 6 bares, retorno	247.4 N

Fuerza teórica con 6 bares, avance	294.5 N
Conexión neumática	G 1/8
Material del vástago	Acero inoxidable de alta aleación
Material de la camisa del cilindro	Acero inoxidable de alta aleación



Figura 2.11 Cilindro Neumático Doble Efecto

2.2.3.1.3 Electroválvula 5/2 vías

Para el control de accionamiento que tendrá el cilindro neumático, se consideró una válvula de doble efecto. En la **Figura 2.12**, podemos ver que es biestable con accionamiento electroneumático, para el perfecto funcionamiento del proyecto.

Tabla 2.9 Datos técnicos de la Electroválvula 5/2 vías

Datos técnicos	
Accionamiento	Solenoide
Retorno	Solenoide
Presión	0,15 / 0,8 Mpa
Presión máxima	1,2 MPa
Corriente eléctrica	200 mA
Temperatura ambiente	5°C – 50°C
Alimentación de batería	24V DC
Grado de protección	IP 65

Tiempo de respuesta	0,05s
Frecuencia	5 ciclos / s



Figura 2.12 Electroválvula 5/2 vías

2.3 Arquitectura de control y Programación

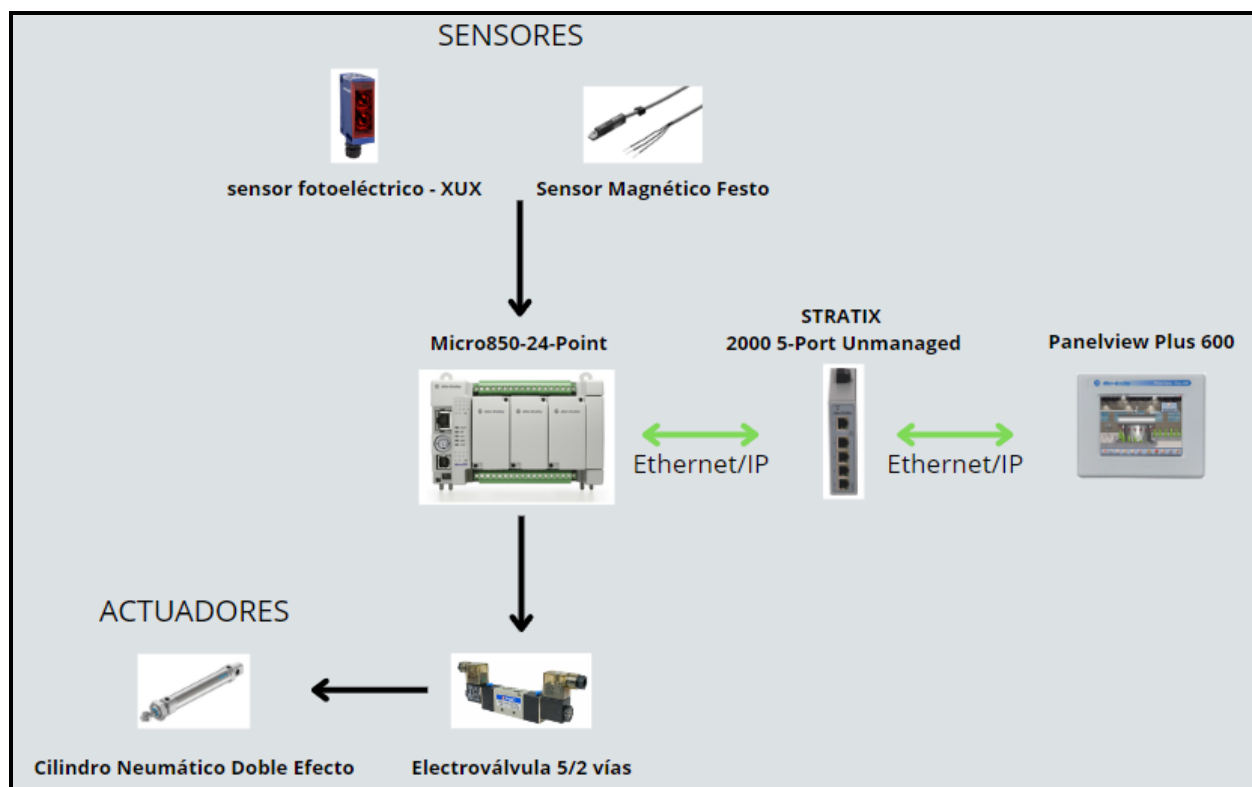


Figura 2.13 Diagrama de conexión de los equipos

En la **Figura 2.13** se muestra el diagrama de conexión de los equipos que están involucrados en el diseño de control de la máquina separadora. Los sensores y actuadores se conectaron directamente al PLC, mientras que para la comunicación del PLC junto con la PC y el HMI se usó el protocolo Ethernet/IP.

2.3.1 Programación y lógica de la separadora

Para la automatización del proceso de la separadora se utilizó un PLC micro 850 como controlador de todo el sistema, donde se desarrolló un programa en lenguaje Ladder en conjunto con el HMI para la respectiva interacción del operador con la máquina.

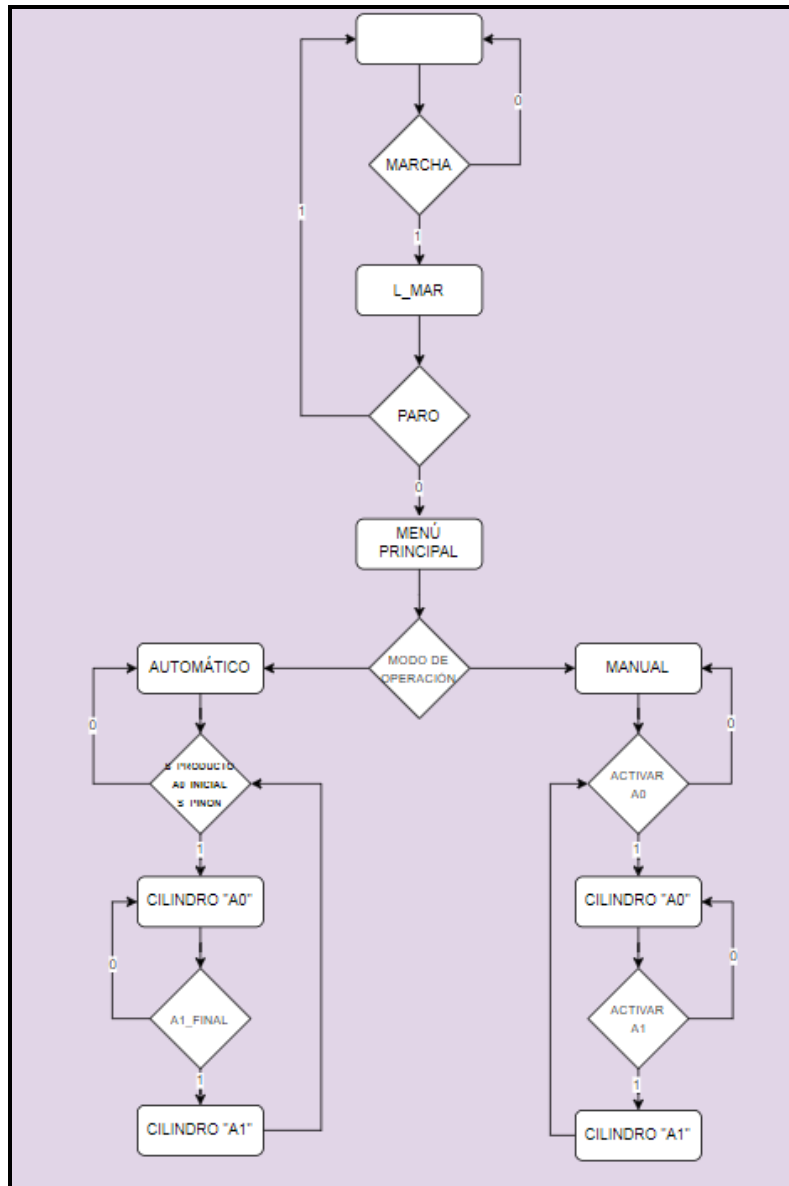


Figura 2.14 Diagrama de flujo de la programación

En la **Figura 2.14** se detalla el funcionamiento de la programación en un diagrama de flujo. El sistema empieza el arranque del proceso cuando la variable “MARCHA” tenga un estado lógico de 1; luego mientras la variable “Paro” no tenga un estado lógico de 1, el sistema actuará ya sea en modo Automático o Manual.

2.3.2 Tabla de variables

A continuación, se detallan las variables que se mostraron en el diagrama de flujo con su respectiva descripción:

Tabla 2.10 Variables del sistema

Variable	Descripción
MARCHA	Puesta en Marcha del proceso
L_MAR	Led indicador de puesta en marcha
PARO	Inhabilitación o parada del proceso
MENÚ PRINCIPAL	Interfaz Principal
MODO DE OPERACIÓN	Condición para establecer el modo de operación
MANUAL	Activación del modo manual
ACTIVAR_A0	Condición para activar la válvula inicial
ACTIVAR_A1	Condición para activar la válvula final
AUTOMÁTICO	Activación del modo automático
S_PRODUCTO	Sensor que detecta la presencia de un producto o barra de jabón.
A0_INICIAL	Sensor que detecta la posición inicial del cilindro
S_PIÑON	Sensor que detecta la presencia de un piñón de la máquina envolvente.
A1_FINAL	Sensor que detecta la posición final del cilindro
CILINDRO "A0"	Activación de la válvula inicial.
CILINDRO "A1"	Activación de la válvula final.

Capítulo 3

3 RESULTADOS Y ANALISIS

Como resultado se logró plantear un proceso en la línea de fabricación de jabones, mediante el diseño y simulaciones de un sistema de automatización neumático para optimizar y organizar los jabones en barra en toda la línea de producción.

Para toda la implementación de este proyecto, se realizaron varios análisis de precios unitarios para cada actividad, sea para el movimiento de las maquinarias, como la implementación de la separadora, de las cuales vamos a detallar el análisis de precios unitarios a continuación cada una de ellas.

3.1 Determinación de materiales para el movimiento de la máquina empaquetadora y la envolvedora.

Para la implementación de la separadora se realizó el movimiento de 10 centímetros de las maquinas envolvedora y empaquetadora, dando como resultado la determinación de los siguientes materiales eléctricos, mecánicos y civiles

Descripción de materiales	Cantidad	Unidad	Precio
Funda sellada de ¾"	1	Metros	\$1.80
Conector de funda sellada de ¾"	2	Unidades	\$2.30
Pernos de expansión de ½" x 1"	20	Unidades	\$3.50
Discos de corte para acero de 4 ½" x 1/16"	10	Unidades	\$12.20
Disco zirconio para acero de 4 ½" x 1/16"	3	Unidades	\$15.60
Pintura epóxica para piso	1	Galón	\$60.30

Pintura anticorrosiva	1	Litro	\$15.30
Diluyente epóxico	1	Galón	\$20.60
Wype	3	Libras	\$2.90
Brocha de 3"	2	Unidades	\$1.80
Cinta de papel	2	Unidades	\$1.20
Brocas cobalto para concreto de ½"	5	Unidades	\$5.90

3.2 Determinación de materiales eléctricos, neumáticos y mecánicos para la implementación de la separadora.

3.2.1 Determinación de materiales eléctricos

En la determinación de los materiales eléctricos para la ejecución del proyecto se utilizará:

Descripción de los materiales	Cantidad	Unidad	Precio
Micro 850-24-Point	1	Unidad	\$980.60
Panel View Plus 600	1	Unidad	\$680.80
Sensor de proximidad	2	Unidad	\$60.60
Sensor magnético	2	Unidad	\$50.50
Tablero eléctrico 50x50x21	1	Unidad	\$50.30
Fuente de alimentación 24 V/10 A	1	Unidad	\$290.50
Interruptor termomagnético	1	Unidad	\$25.30
Pulsador	1	Unidad	\$2.30
Paro de emergencia	1	Unidad	\$3.50
Cable concéntrico para fuerza 3x12 THHN	7	Metros	\$9.80
Cable flexible para control #16 THHN	20	Metros	\$14.60

Terminales de cables	80	Unidades	\$4.30
Cinta aislante	1	Unidad	\$4.30
Cinta autofundente	1	Unidad	\$6.50
Tubo eléctrico rígido ½"	2	Unidades	\$1.90
Funda sellada ½"	2	Metros	\$3.60
Conectores para funda sellada ½"	4	Unidades	\$3.60
Amarras plásticas de 20cm	20	Unidades	\$0.90
Riel Chanel	1	Unidad	\$3.40
Grapa para riel de ½"	12	Unidades	\$3.60
Riel din	1	Unidad	\$8.60

3.2.2 Determinación de materiales neumáticos

Para la implementación de la parte neumática se utilizará los siguientes materiales:

Descripción de materiales	Cantidad	Unidad	Precio
Unidad de mantenimiento combinada tamaño MSB4 G1/4 0.3 a 7 BAR, 40UMcon purga manual	1	Unidad	\$180.90
Cilindro doble efecto D25 C160	1	Unidad	\$125.60
Electroválvula 5/2 doble solenoide	1	Unidad	\$120.60
Racor rápido roscado orientable ½" a 6mm	1	Unidad	\$1.30
Tubo de poliuretano azul translucido diámetro 6mm	4	Metros	\$4.80
Silenciador de bronce 1/8"	2	Unidades	\$1.35
Regulador de caudal 1/8"	2	Unidades	\$1.45

Tubo galvanizado de ½"	1	Unidad	\$1.30
Codos galvanizados de ½"	2	Unidades	\$4.30
Válvula acero inoxidable de ½"	1	Unidad	\$4.60
Soportes pie de amigo de hierro negro pintados	1	Unidad	\$5.30
Abrazadera para tubos de ½"	1	Unidad	\$0.60
Universal galvanizado de ½"	1	Unidad	\$2.30
Unión T galvanizada de ½"	1	Unidad	\$1.80

3.2.3 Determinación de materiales mecánicos

Para la construcción de la separadora se utilizará los siguientes materiales:

Descripción de los materiales	Cantidad	Unidad	Precio
Tubo cuadrado de 2" x 1.5mm en acero inoxidable Gr304	1	Unidad	\$23.60
Plancha en acero inoxidable Gr 304 de 2mm	1	Unidad	\$90.50
Platina de teflón de 5" x 4mm de espesor	30	Centímetros	\$4.50
Pernos hexagonales con tuerca y anillo en acero inoxidable Gr 304	20	Unidades	\$1.20

Los consumibles para la construcción de la pre embaladora:

Descripción de los materiales	Cantidad	Unidad	Precio
Disco de corte para acero de 4½" x	10	Unidades	\$11.50

1/16"			
Disco zirconio para acero de 4½" x 1/16"	3	Unidades	\$15.30
Varilla aporte inoxidable de 1/16" Gr 302	2	Kilos	\$20.60
Gel decapante H-500	1	Litro	\$6.80
Argón para máquina soldar TIG	6	Metros cúbicos	\$80.50
Wype	3	Libras	\$3.80
Diluyente	1	Litro	\$2.20
Broca cobalto para metal	2	Unidades	\$2.60
Boquilla cerámica para maquina TIG	2	Unidades	\$3.16
Tungsteno 1/16"	1	Unidades	\$1.65
Electrodo para antorcha TIG	2	Unidades	\$3.20
Porta electrodos para antorcha TIG	2	Unidades	\$1.60

3.3 Programación en CCW

3.3.1 Marcha, Paro y Modos de Funcionamiento

La Marcha y Paro del sistema se creó con un típico enclavamiento tradicional en el lenguaje Ladder, del cual su activación dependerá de variables de entrada físicas del PLC. Para el modo de funcionamiento manual o Automático se crearon variables globales, de tal manera, que su selección afecte a todo el sistema. Ver **Figura 3.1**.



Figura 3.1 Marcha, Paro y Modos de Funcionamiento

3.3.2 Secuencia Automática del Cilindro

En el modo automático, si se detectan las variables de entrada físicas “S_PRODUCTO” y “A0_Inicial” se obtuvo la activación de la variable “A_A0”; así mismo, cuando se detectó la variable física “A1_Final” se obtendrá la activación de “A_A1”. Al detectar la señal del sensor “S_PIÑON” se enciende la bobina “A_PIÑON”. La activación de estas bobinas corresponde a la detección tanto del producto como de la posición inicial y final del cilindro. Ver **Figura 3.2**.



Figura 3.2 Secuencia Automática del Cilindro

3.3.3 Activación de la Válvula inicial y final del cilindro

Para el despliegue del cilindro de manera manual sólo se agregó la variable “M_A0”, de esta manera, se colocó en paralelo junto a las variables “A_A0” y “A_PIÑON” para la respectiva activación de la válvula inicial. Para la contracción del cilindro de manera manual, también se agregó la variable “M_A1” en paralelo junto a la variable “A_A1”, para la respectiva activación de la válvula final del cilindro. Ver **Figura 3.3**



Figura 3.3 Activación de la válvula inicial y final del cilindro

3.4 Interfaz Hombre Máquina

3.4.1 Menú

Para la interfaz que se realizó en el proyecto de hombre máquina, se realizó una pantalla principal o de menú, como podemos ver en la **Figura 3.4**, donde el operador puede dar el funcionamiento de la separado en modo automático o colocarlo en modo manual para ver el funcionamiento que tendría y ver que los sensores y cilindro están funcionando perfectamente.

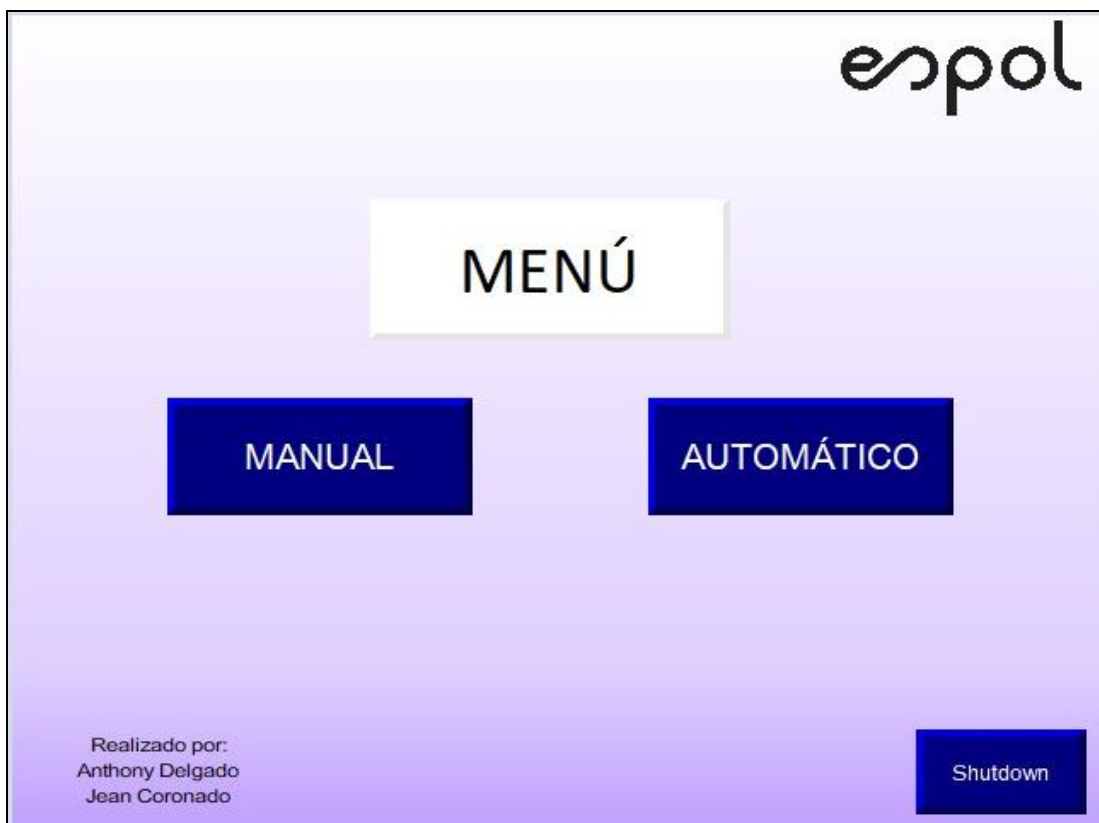


Figura 3.4 Página principal o Menú del HMI

3.4.2 Modo Automático

En la pantalla del Modo automático el sistema contó con dos botoneras de “START” y “STOP” para la marcha y paro del sistema, junto con los indicadores tanto de los finales de carrera del cilindro, así como, la de los sensores. Ver **Figura 3.5**.



Figura 3.5 Modo Automático del HMI

3.4.3 Modo Manual

En la pantalla del Modo Manual el sistema también contó con dos botoneras de “START” y “STOP” para la marcha y paro del sistema, además de dos botoneras adicionales para la activación del cilindro juntos a dos indicadores para la observación de la posición del actuador. Ver **Figura 3.6**.

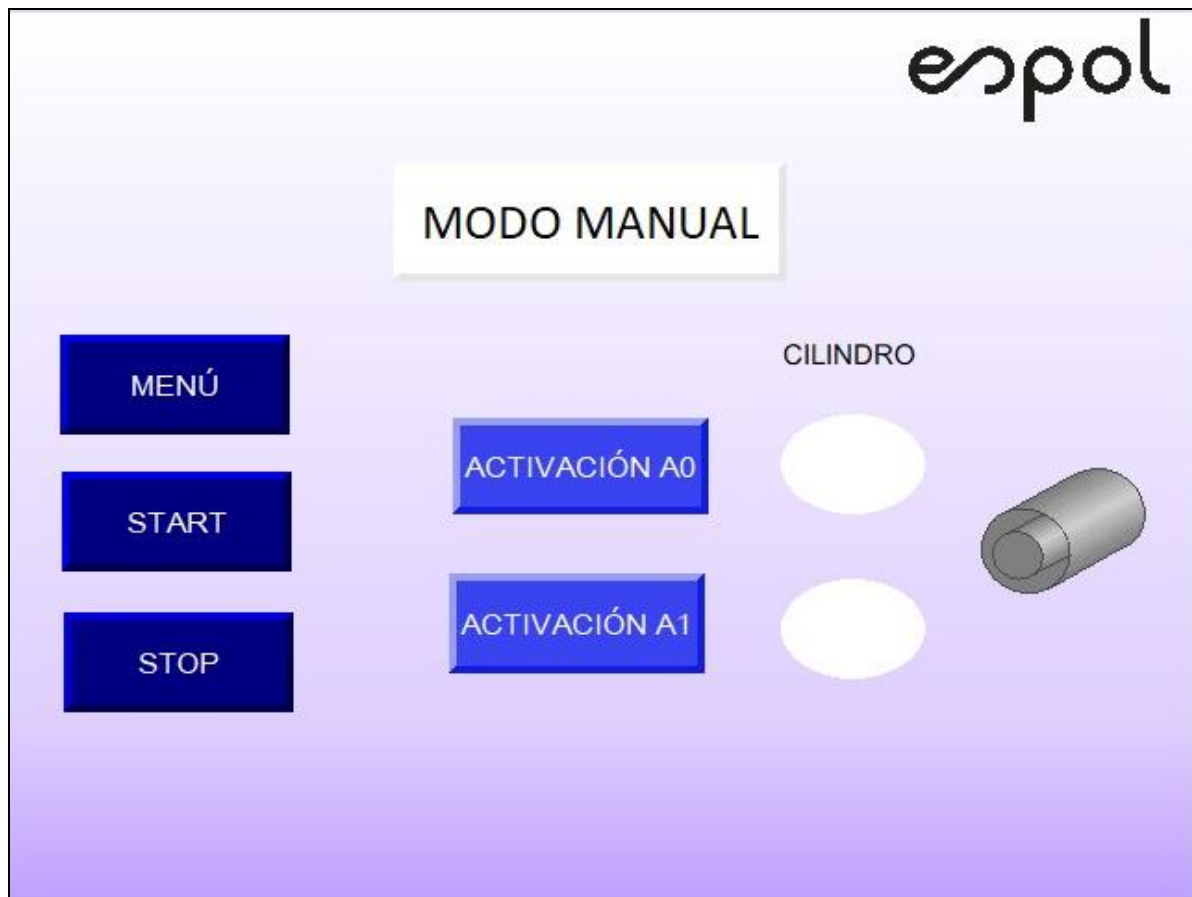


Figura 3.6 Modo Manual del HMI

3.5 Escena en Factory IO

Para la visualización en un entorno 3D del proceso automatizado se diseñó una escena que simule la línea de producción en donde el producto ha llegado al área de la separadora y por medio de un cilindro de doble efecto, un sensor de entrada y salida se simulará las correcciones de superposición de los jabones. Ver **Figura 3.7**.

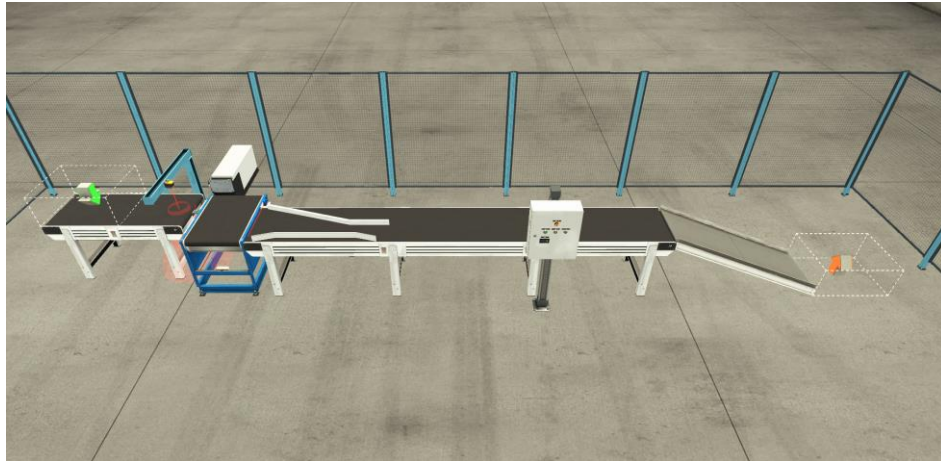


Figura 3.7 Escena para la simulación en Factory IO

3.6 Diseño del mecanismo de la separadora

3.6.1 Estructura de la maqueta

Para el armado de la separadora se consideró, tubos cuadrado-inoxidables grado 304, para evitar corrosión ya que pasará producto terminado y puede ocasionar una contaminación cruzada, así mismo, todas las soldaduras son con proceso de soldadura TIG, con sus respectivos pulidos y acabados sanitarios. En la **Figura 3.8**, podemos apreciar como quedaría la parte estructural de la maqueta, considerando una altura de 90 cm, en lo ancho 30 cm y de largo 40 cm, estas medidas son necesarias para el funcionamiento correcto de la separadora.

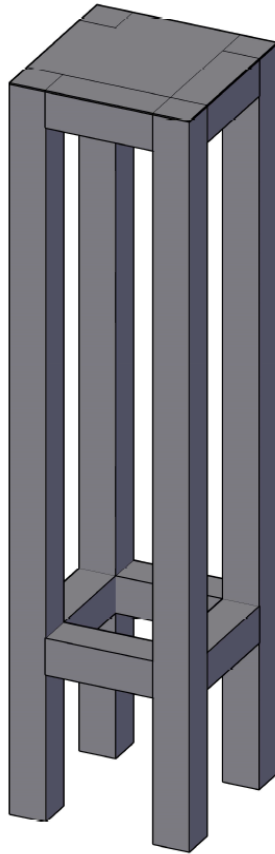


Figura 3.8 Armado estructural de la separadora

3.6.2 Cubierta de la estructura

Para la cubierta de la estructura, se utilizó planchas en acero inoxidable grado 304, para evitar contaminación cruzada con el producto terminado que se traslada de las bandas transportadoras a la separadora. En la **Figura 3.9**, podemos apreciar que el armado de la estructura ya este cubierto completamente.

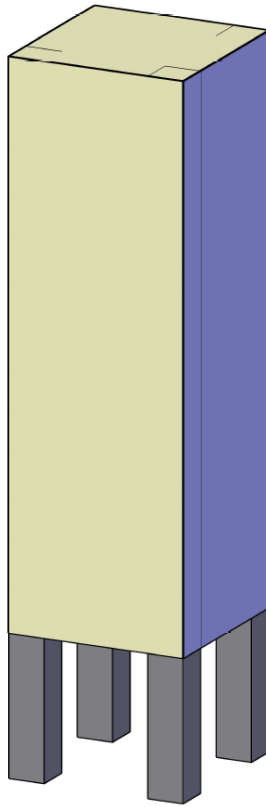


Figura 3.9 Cubierta de la estructura

3.6.3 Guarda de seguridad

Por temas de seguridad, la separadora debe contar con una guarda, esta misma está construida con planchas, bisagras y tornillos todo en acero inoxidable grado 304, para evitar la contaminación cruzada y el ingreso de alguna parte del miembro humano que pueda ser afectado por el golpe del cilindro neumático, y a su vez para que no haya problemas en la línea de producción de jabones en barra. En la **Figura 3.10**, podemos apreciar el diseño que fue realizada para que no haya problemas al momento de la recepción y traslado de jabones.

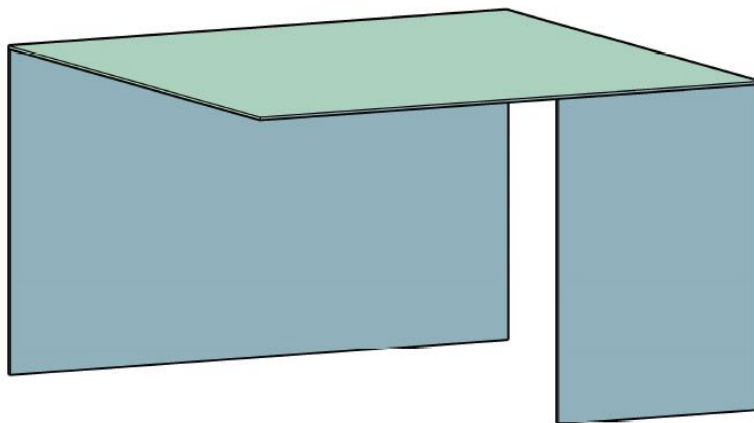


Figura 3.10 Guarda de seguridad

3.6.4 Soporte del cilindro neumático

Para la construcción del soporte del cilindro, se utilizó los retazos de los tubos cuadrados inoxidables como de la plancha inoxidable de donde estará sentado el cilindro, así mismo será fijado el cilindro con ayuda de tornillos y tuercas en acero inoxidable grado 304. En la **Figura 3.11**, podemos ver como quedaría el soporte y el cilindro neumático montado.

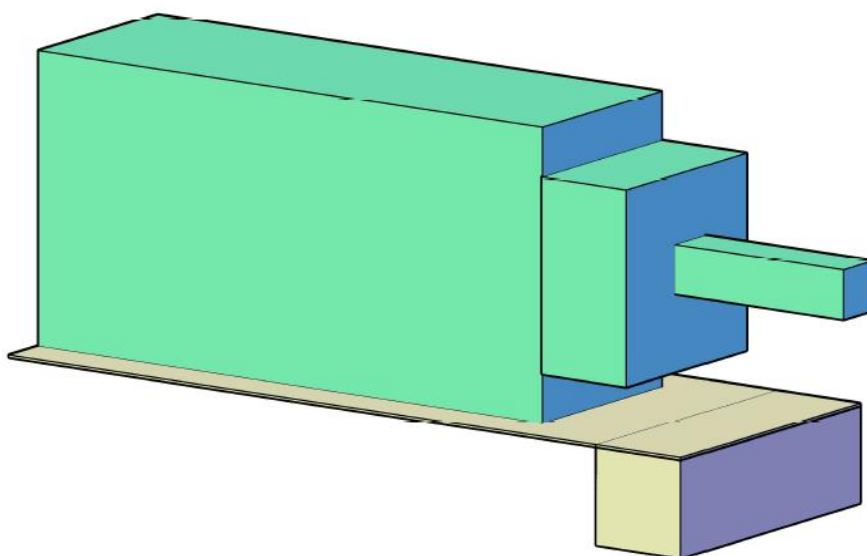


Figura 3.11 Soporte de cilindro neumático

3.6.5 Guía para los jabones en barra

Para la construcción de esta guía, se consideró platinas de teflón, que serán fijadas en la cubierta de la estructura con tornillos y tuercas de acero inoxidable grado 304. En la **Figura 3.12**, podemos apreciar cómo está diseñado la guía para la recepción y traslado de jabones en barra.

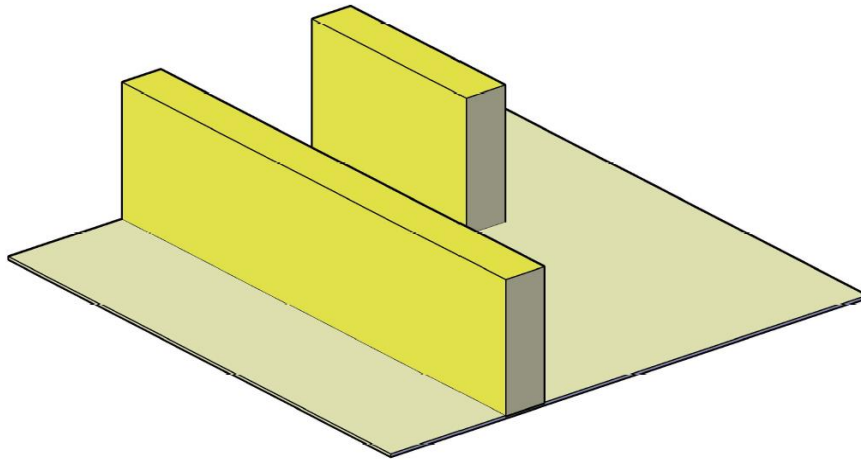


Figura 3.12 Guía de jabones en barra

3.6.6 Diseño final de la separadora

Para el diseño final, juntamos todas las partes que se habló anteriormente. En la **Figura 3.13**, podemos ver como quedó el diseño mecánico de la separadora para la línea de producción de jabone sen barra y se logró solucionar el problema que se encontraba en la superposición de jabones.

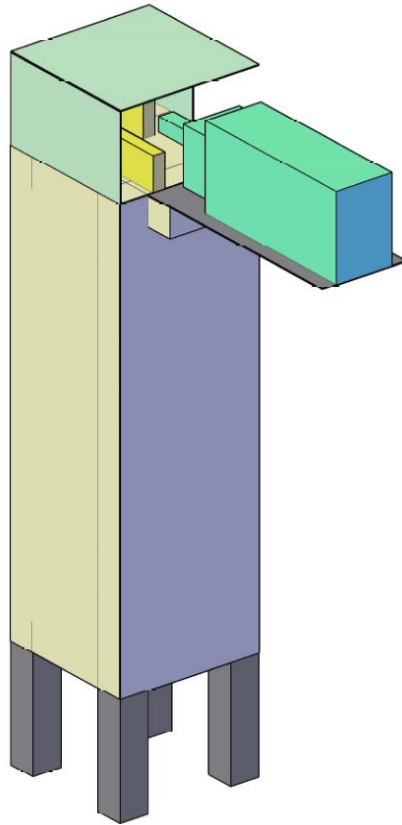
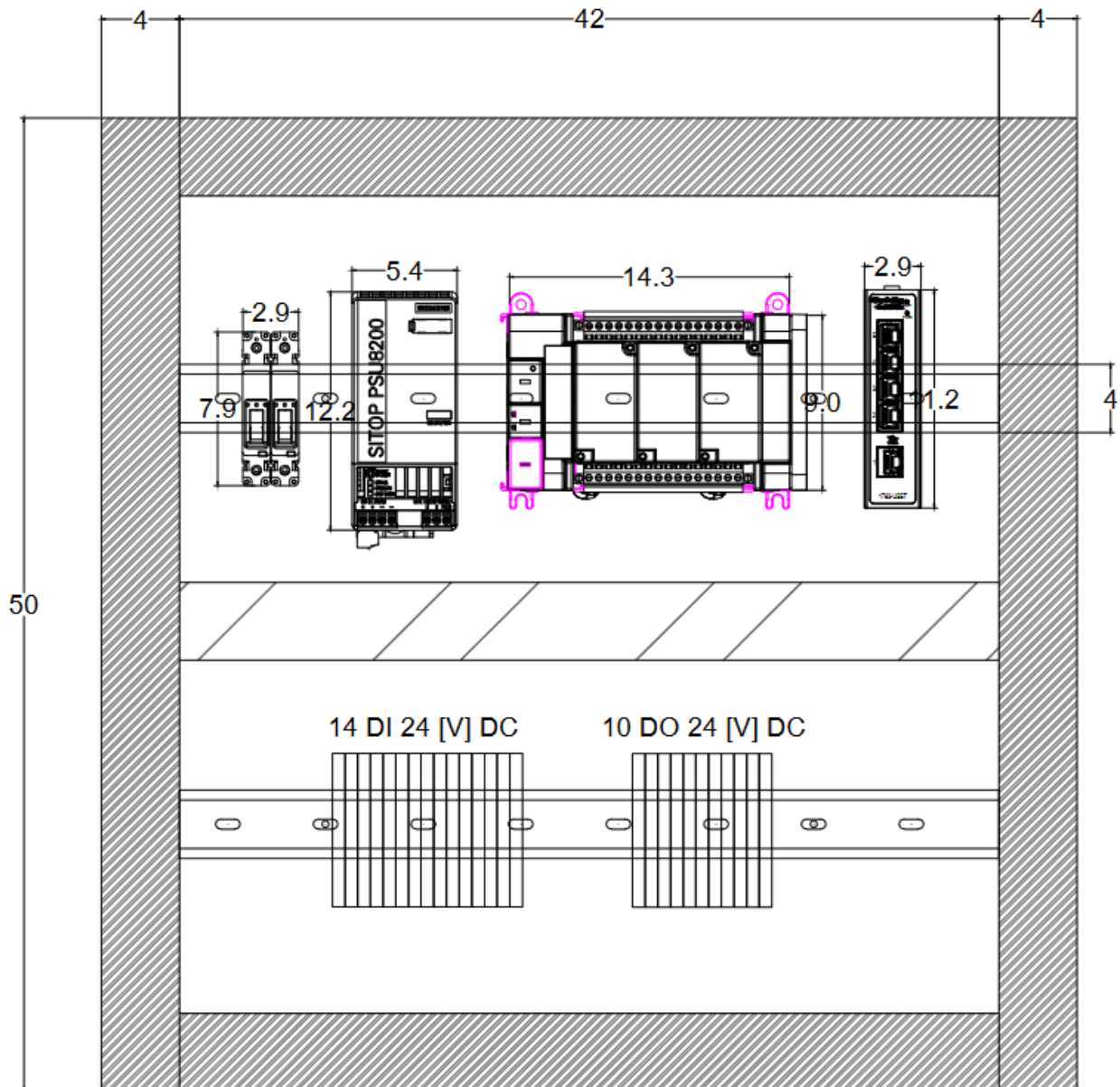


Figura 3.13 Diseño mecánico de la separadora

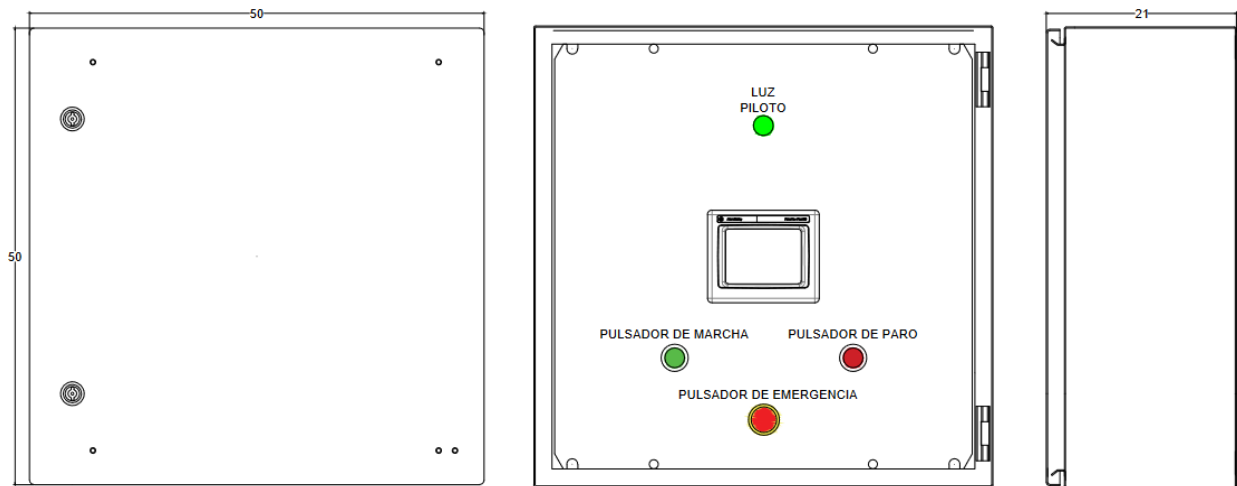
3.7 Tablero eléctrico y cableado de los componentes

Para el tablero de control se seleccionó un TABLERO COMPACTO DE ACERO INOXIDABLE 50X50X21 CM CM—RITTAL, del cual, en la parte interior, se colocó el interruptor termomagnético, fuente de alimentación, Switch, PLC, y respectivas borneras para la conexión y en el exterior se ubicará el HMI, luz piloto, botoneras de marcha, paro y botón de emergencia.

Ver **Plano 1** y **Plano 2**.



Plano 1 Parte interna del Tablero Eléctrico



Plano 2 Parte externa del Tablero Eléctrico

En la **Figura 3.13**, vemos cómo será la conexión de los pulsadores, sensores, actuadores, luces piloto, paro de emergencia, tanto en las entradas como en las salidas del Micro 850.

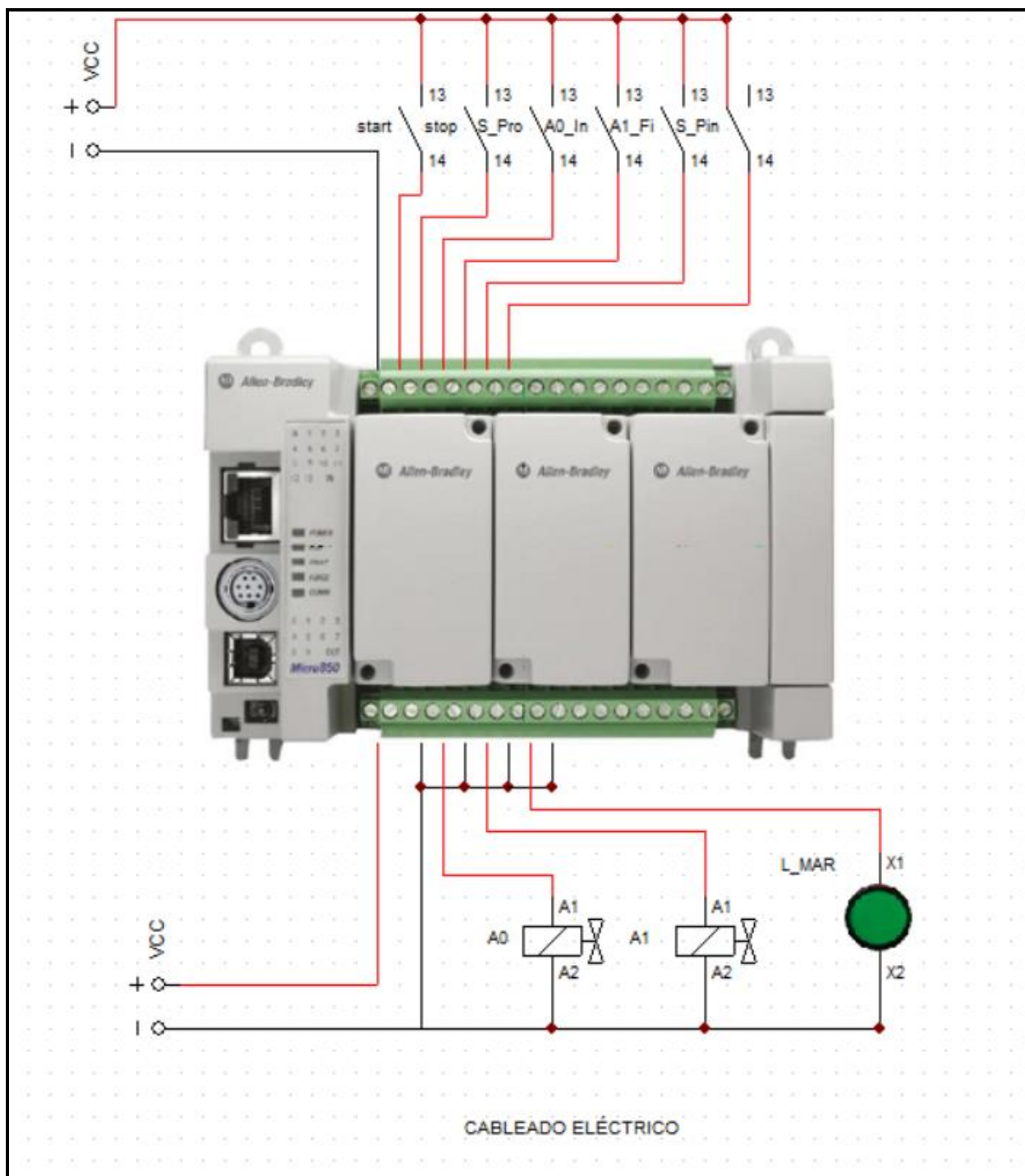


Figura 3.14 Cableado y conexiones eléctrica de los equipos

3.8 Beneficios por la implementación de la separadora

Se realizó una tabla de comparación, para saber los beneficios que obtuvo la implementación de la separadora, en la **Tabla 3.1** podemos observar el costo de mano de obra y el costo final de materiales eléctricos, mecánicos y neumáticos.

Tabla 3.1 Implementación del proyecto

Ítem	Descripción	Costo
1	Materiales eléctricos	\$ 2211.30
2	Materiales neumáticos	\$ 456.20
3	Materiales mecánicos	\$ 414.31
4	Mano de obra	\$ 850.00
COSTO FINAL		\$ 3931.81

Ya que siempre se contaba con un personal fijo en la máquina envolvente para la separación o colocación de jabones en barra, se realizó la comparación y beneficio que tendrá a futuro la línea de producción al no tener a una persona fija en ese lugar, en la **Tabla 3.2** vemos que dentro de 8 meses y medio se recuperó lo invertido por la implementación de la separadora, dando un beneficio de ahorro de \$460.00 mensual aproximado, más las aportaciones al IESS, décimo tercero, décimo cuarto y utilidades.

Tabla 3.2 Beneficio del proyecto

Descripción	Costo mensual aproximado	Décimo tercero	Décimo cuarto	Utilidades	Vacaciones
Obrero	\$ 460.00	\$ 460.00	\$ 460.00	10% del total	\$230

Capítulo 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante el uso del software AutoCAD, se logró realizar el diseño mecánico de la estructura, soportes y guardas para el correcto funcionamiento de la separadora, así como el diseño eléctrico para ver como quedaría el tablero tanto exterior como interior, juntos a todos los componentes que lleva la implementación del proyecto, con la ayuda del software AutoCAD Electrical, y al tener los diseños se logró determinar el dimensionamiento de materiales necesarios como: eléctrico, mecánico y neumático, para la implementación de la separadora.
 - Se ejecutó la programación para el proyecto con la ayuda del software Connected Components Workbench (CCW) y para las conexiones eléctricas del controlador lógico programable (PLC) se optó realizarlo con el software Cade Simu.
 - Teniendo en cuenta el valor de un sueldo aproximado de \$460 que correspondería a un obrero, dentro de 8 meses y medio se lograría recuperar lo invertido por la implementación de la separadora, así como los beneficios de no contar con un gasto tanto en décimo tercero, décimo cuarto, vacaciones y utilidades.
 - Se logró cumplir con el requerimiento del cliente, ya que se solicitó la automatización de toda la línea de producción y al tener ese problema de mala colocación de jabones, hacia que un obrero este todo el tiempo ahí para colocar de forma correcta los jabones y al implementar la separadora el funcionamiento es automatizado al 100% en toda la línea de producción, así mismo la separadora está diseñada para procesar 4500 unidades de jabones en barra por hora.
 - Debido a que la empresa, no consiguió los equipos y dispositivos del proyecto, no se logró implementar, por ende, quedó en simulaciones junto a todos los planos y programación del proyecto.

4.2 Recomendaciones

- Para todas las conexiones eléctricas al tablero, cuenten con terminales eléctricos, para una mejor apreciación del tablero así mismo para facilitar los mantenimientos preventivos, programados debidamente a toda la línea de producción de jabones en barra.
- Se sabe que toda la programación que se realizó en el software CCW queda simulado, pese a que se acerque mucho a la realidad, no podríamos saber los problemas que podría presentar al momento de la implementación de la separadora, en cuento al montaje y las conexiones de esta, sin embargo, las fichas técnicas de los equipos y las simulaciones muestran que la separadora puede procesar 4500 unidades de jabones en 1 hora.
- Sugerimos que, al implementar la máquina separadora, puedan contar con unos repuestos neumáticos, así como al aceite de la unidad de mantenimiento, para que el vástago del cilindro funciona perfectamente.
- Al realizar la implementación seguido del arranque de la separadora, hacerlo en modo manual, para ver que todas las señales estén llegando de manera correcta y esté funcionando correctamente.
- Recomendamos la implementación de la máquina separadora, ya que se logra recuperar lo invertido de una manera rápida y da buenos resultados para la empresa y lograr la mejora continua de la misma.

Referencias

- FESTO. (22 de 9 de 2021). *FESTO*. Obtenido de FESTO:
https://www.festo.com/mx/es/e/festo-solenoid-valves-id_412576/
- FESTO. (27 de 01 de 2022). *FESTO*. Obtenido de FESTO:
https://www.festo.com/co/es/c/productos/automatizacion-industrial/actuadores/cilindros-neumaticos-id_pim135/
- GEYA. (06 de 03 de 2023). *GEYA*. Obtenido de GEYA:
<https://www.geya.net/es/different-types-of-proximity-sensors/>
- Pesántez, A. A. (2012). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE FRECUENCIA PARA EL CONTROL DE UN SISTEMA DE BOMBEO Y DETERMINACIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO*. Chimborazo: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- RECHNER. (03 de 04 de 2019). *RECHNER*. Obtenido de RECHNER:
<https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-capacitivo>
- Rockwell Automation. (2013). *Controladores CompactLogix 1768*. Pennsylvania: Allen-Bradley.
- Rodríguez, M. F. (2016). *Ingeniería Básica de una Planta de Producción de Jabón Sólido*. Sevilla: Universidad de Sevilla .
- SIEMENS. (11 de 02 de 2020). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS:
<https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/fuente-de-alimentacion-sitop.html>
- SIEMENS. (01 de 01 de 2024). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10216935>
- TRANSELEC. (23 de 03 de 2001). *TRANSELEC*. Obtenido de TRANSELEC:
<https://www.transelec.com.ar/soporte/18632/funcionamiento-de-un-interruptor-termomagnetico/>