
Fabricación y puesta en marcha de una máquina limpiadora de botellas a escala para el Laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala

Yefry Elías Sajquiy Vargas



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería




**Fabricación y puesta en marcha de una máquina limpiadora
de botellas a escala para el Laboratorio de Automatización
Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala**

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por Yefry Elías
Sajquiy Vargas para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Mecatrónica


Guatemala,

2025


Vo.Bo.:

(f) 
M. Sc. Carlos Esquit

Tribunal Examinador:

(f) 
M.Sc. Carlos Esquit

(f) 
M. Sc. Miguel Enrique Zea Arenales

(f) 
Ing. Kurt Emmanuel Kellner

Fecha de aprobación: Guatemala, 13 de febrero de 2025.

El presente trabajo representa el esfuerzo y dedicación invertidos en la fabricación y puesta en marcha de una máquina limpiadora de botellas a escala para el laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala. Este proyecto tiene como objetivo no solo optimizar las capacidades técnicas y educativas de la institución, sino también fomentar la integración de tecnologías modernas en el ámbito académico. A través del desarrollo de esta máquina, se busca proporcionar a los estudiantes una herramienta que simule una línea de producción real, reforzando su formación práctica y teórica en ingeniería mecatrónica. Agradezco profundamente a mis mentores, familiares y compañeros, cuyo apoyo fue invaluable para la culminación de este proyecto.

Prefacio	III
Lista de figuras	VII
Lista de cuadros	VIII
Resumen	IX
Abstract	X
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
2.1. Máquina de limpieza de botellas	2
2.2. Estaciones MPS	5
2.2.1. Módulo de medición pro	5
2.2.2. Módulo de clasificación en línea	6
2.2.3. Módulo del sistema de distribución pro	7
2.3. Sistema didáctico modular de ensamblaje flexible FMS-200	8
3. Justificación	10
4. Objetivos	11
4.1. Objetivo general	11
4.2. Objetivos específicos	11
5. Alcance	12
6. Marco teórico	13
6.1. Automatización industrial	13
6.2. Neumática industrial	13
6.3. ¿Qué es una válvula?	14
6.3.1. ¿Qué es una válvula neumática?	14
6.3.2. Tipos de válvulas neumáticas	14

6.4. Cilindro neumático	15
6.5. ¿Qué es una red de aire comprimido?	16
6.6. PLC	16
6.7. Lenguaje de programación Ladder	17
6.8. Perfil de aluminio T-slot	18
6.9. Perfil de aluminio V-slot	18
6.10. Diagrama de flujo	18
6.11. Sensor industrial digital	19
7. Re diseño y fabricación de la maquina limpiadora de botellas	20
7.1. Obtención de los componentes	20
7.2. Re diseño de la máquina	20
7.2.1. Prototipo 1	21
7.2.2. Prototipo 2	25
7.2.3. Prototipo 3	29
7.2.4. Diseño Final	33
7.3. Herramientas de fabricación	35
8. Programación y conexiones eléctricas del PLC	37
8.1. Programación del PLC	37
8.2. Conexiones eléctricas del PLC	38
8.3. Sensor capacitivo	40
9. Sistema neumático	41
9.1. Electroválvula JMFH-5-1/4	41
9.2. Válvula antirretorno HGL-M5-QS-4	42
9.3. Cilindro DSNU-S-20-200-P-A	43
9.4. Compresor de aire Makita	44
9.5. Diagrama neumático	45
10. Conclusiones	46
11. Recomendaciones	47
12. Referencias	48
13. Anexos	49
13.1. Diagrama de bloques	49
13.2. Planos principales	52

Lista de figuras

Figura 1. Máquina limpiadora de botellas.	2
Figura 2. Cilindro neumático.	3
Figura 3. Plataforma de soplado.	4
Figura 4. Estructura superior.	4
Figura 5. Sistema neumático de limpieza.	5
Figura 6. Estación de medición pro.	6
Figura 7. Estación de clasificación en línea.	7
Figura 8. Estación de distribución pro.	8
Figura 9. Estación modular FMS-200.	9
Figura 10. Válvula neumática 5/2.	15
Figura 11. Cilindro neumático.	16
Figura 12. Red de aire comprimido.	16
Figura 13. Ejemplo PLC, S7-300 marca Siemens.	17
Figura 14. Perfil de aluminio T-slot 30x30 mm.	21
Figura 15. Mesa diseñada.	22
Figura 16. Mesa armada.	22
Figura 17. Diseño de L.	23
Figura 18. L impresa en 3D.	23
Figura 19. Perfil de aluminio V-slot de 20x40 mm.	24
Figura 20. Prototipo 1.	24
Figura 21. Prototipo físico 1.	25
Figura 22. Unión de perfil 1.	26
Figura 23. Unión perfil 2.	26
Figura 24. Unión de perfil.	27
Figura 25. Estructura de soporte superior.	27
Figura 26. Refuerzo de estructura de soporte superior.	28
Figura 27. Ensamble de refuerzo del soporte superior.	28
Figura 28. Ensamble prototipo 2.	29
Figura 29. Soporte de aluminio ("L").	30
Figura 30. Soporte de cilindro.	31
Figura 31. Re diseño plataforma de soplado.	32

Figura 32. Ensamble prototipo 3.	32
Figura 33. Montaje de válvulas.	33
Figura 34. Banda transportadora.	34
Figura 35. Placa deslizante de 20x20 mm.	34
Figura 36. Ensamble completo de máquina.	35
Figura 37. Fresadora.	36
Figura 38. Diagrama de flujo.	38
Figura 39. Esquema eléctrico PLC Simaic S7-300.	39
Figura 40. Conexiones eléctricas de PLC.	39
Figura 41. Sensor omrom E2K-X8MF1.	40
Figura 42. Electroválvula JMFH-5-1/4.	42
Figura 43. Válvula antiretorno HGL-M5-QS-4.	43
Figura 44. Cilindro DSNU-S-20-200-P-A.	44
Figura 45. Compresor makita.	45
Figura 46. Diagrama de movimiento.	45
Figura 47. Segmento 1 y 2.	49
Figura 48. Segmento 3 y 4.	50
Figura 49. Segmento 5 y 6.	50
Figura 50. Segmento 7 y 8.	51
Figura 51. Lista de símbolos.	51
Figura 52. Plano general.	52
Figura 53. Plano de base o mesa.	52

Lista de cuadros

Cuadro 1. Valores de presión de prueba	21
Cuadro 2. Medidas y cantidades del perfil T-slot 20x20 mm	31

La automatización industrial se ha vuelto fundamental para optimizar los procesos de fabricación, mejorando la eficiencia, la calidad y la seguridad en diversos sectores industriales. En un entorno cada vez más competitivo y dinámico, la implementación de sistemas automatizados se presenta como una estrategia clave para mantener la competitividad y satisfacer las demandas del mercado.

El objetivo principal de este proyecto es fabricar una máquina de limpieza de botellas con fines educativos, recreando una línea de producción a escala. Surge como respuesta a la necesidad de mejorar el Laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala. El diseño de la máquina se basa en un proyecto de tesis previo, el cual será modificado para adaptarse a los componentes industriales actuales, considerando que algunos elementos han sido descontinuados debido a su antigüedad.

La máquina consta de dos partes: eléctrica y neumática. La parte eléctrica se encargará de la lectura de los sensores y de todo el control de programación a través del PLC. La parte neumática se ocupará de la limpieza de las botellas y del control de los cilindros y válvulas neumáticas.

Industrial automation has become essential to optimize manufacturing processes, improving efficiency, quality and safety in various industrial sectors. In an increasingly competitive and dynamic environment, the implementation of automated systems is presented as a key strategy to maintain competitiveness and satisfy market demands.

The main objective of this project is the manufacture of a bottle cleaning machine for educational purposes, recreating a scale production line. It arises in response to the need to improve the Industrial Automation laboratory of the Universidad del Valle de Guatemala. The design of the machine is based on a previous thesis project, which will be modified to adapt to current industrial components, considering that some elements have been discontinued due to their age.

The machine will consist of two parts: electric and pneumatic. The electrical part will be in charge of reading the sensors and all programming control through the PLC. The pneumatic part will be responsible for cleaning the bottles and controlling the cylinders and pneumatic valves.

CAPÍTULO 1

Introducción

En el ámbito de la automatización industrial, la implementación de sistemas automatizados se ha consolidado como una estrategia fundamental para optimizar la eficiencia, garantizar la calidad y aumentar la seguridad en los procesos de producción. Estos sistemas no solo transforman las dinámicas industriales, sino que también permiten recrear ambientes controlados y simulaciones a escala, los cuales son herramientas educativas esenciales. Estas simulaciones facilitan la formación de futuros profesionales en ingeniería al proporcionarles oportunidades para aplicar conocimientos teóricos en escenarios prácticos y realistas.

Este proyecto de graduación presenta el desarrollo de una máquina limpiadora de botellas a escala, diseñada para el laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala. Con este equipo, se busca fortalecer las capacidades educativas del laboratorio, brindando a los estudiantes la oportunidad de interactuar con una línea de producción simulada, mediante la cual podrán conocer y operar tecnología de automatización en un entorno seguro.

El diseño de esta máquina se basa en proyectos previos que han sentado las bases para su construcción. Sin embargo, en esta ocasión, el diseño ha sido adaptado para incluir componentes industriales actuales, tales como un PLC y un sistema neumático mejorado, respondiendo a las necesidades de modernización y disponibilidad de los elementos. De esta forma, el proyecto también busca que los estudiantes adquieran habilidades en programación y manejo de componentes eléctricos y neumáticos avanzados, simulando el funcionamiento de una línea de producción en el contexto industrial.

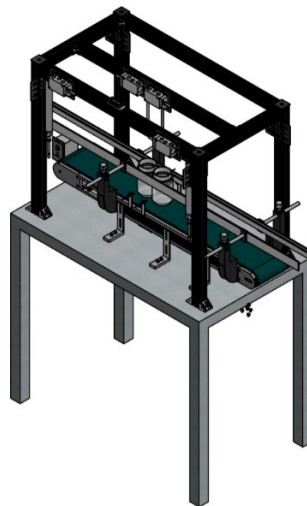
Este trabajo, además de construir una herramienta educativa avanzada, tiene como propósito impulsar el aprendizaje y motivar la investigación en áreas de automatización industrial en el país.

2.1. Máquina de limpieza de botellas

La máquina que se fabricara fue diseñada por la Ingeniera Nancy Alejandra Mazariegos Ortiz [1]. Esta máquina fue diseñada con el propósito de recrear una línea de producción a escala, Figura [1]. Esta compuesta por siete piezas importantes: banda transportadora, mesa de trabajo, estructura superior, sistema neumático, cilindros neumáticos y plataforma de soplado. El funcionamiento es sencillo: cuando se activa la banda transportadora, mueve las botellas llegando a un punto medio donde se activa un sensor de presencia que detiene la banda transportadora y comience el proceso de limpieza.

Figura 1.

Máquina limpiadora de botellas.



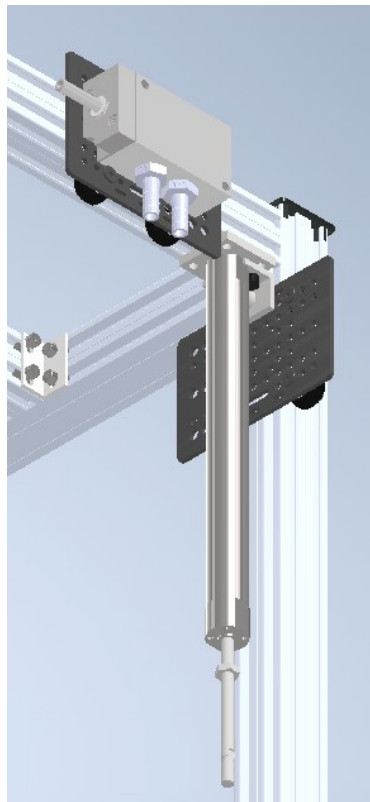
Nota. Adaptado de [1].

En el proceso de limpieza se activan los cilindros neumáticos (Figura 2) para que baje la plataforma de soplado (Figura 3). Cuando la plataforma se encuentre en la altura adecuada se activa el sistema neumático de limpieza, el cual está compuesto por dos válvulas neumáticas. Después de un tiempo estimado de limpieza la plataforma de soplado regresa a su lugar y la banda transportadora se activa nuevamente para sacar las botellas limpias.

La mesa de trabajo se utiliza para ensamblar la banda transportadora, la estructura superior y los componentes complementarios. Esta estructura superior está fabricada con un perfil de aluminio, el cual tiene la función de soportar el peso del sistema neumático de limpieza, los cilindros neumáticos y la plataforma de soplado.

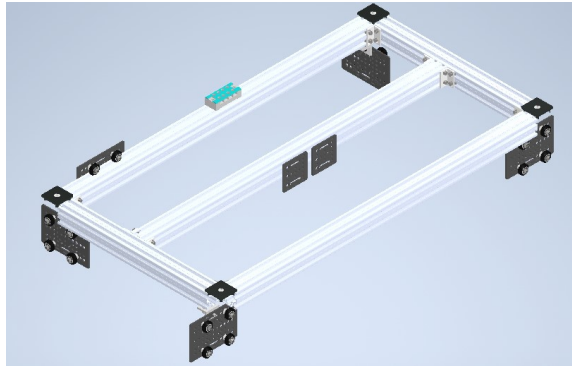
Figura 2.

Cilindro neumático.



Nota. Adaptado de [1].

Figura 3.
Plataforma de soplado.



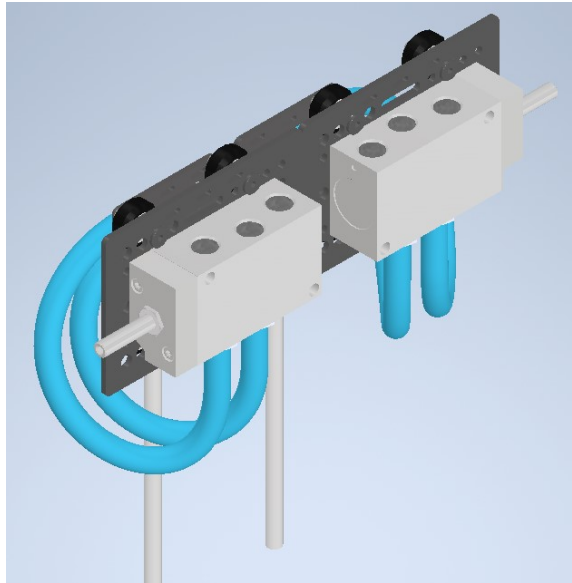
Nota. Adaptado de [1].

Figura 4.
Estructura superior.



Nota. Adaptado de [1].

Figura 5.
Sistema neumático de limpieza.



Nota. Adaptado de [1].

La máquina está diseñada para ser controlada a través de los PLC del laboratorio de automatización industrial, por lo que no se prevé la instalación de un PLC en la mesa de trabajo, ni de ningún otro componente eléctrico que no esté incluido en el diseño. Todo el funcionamiento de la máquina se basa en un sistema de aire comprimido para el movimiento de los cilindros neumáticos y el sistema de limpieza neumática.

2.2. Estaciones MPS

El proyect Festo Didactic MPS 400 ofrece una gran variedad de sistemas de aprendizaje, que permiten el desarrollo de habilidades y crecimiento de conocimiento en la automatización industrial [2]. De los cuales los modelos más actuales son: estación de medición pro, estación de clasificación en línea y estación de distribución pro.

2.2.1. Módulo de medición pro

El módulo de medición pro aborda, entre otros aspectos, el aseguramiento de calidad de las piezas en el proceso en la producción automatizada. El sistema de aprendizaje ofrece un entorno de aprendizaje versátil centrado tanto en la técnica de medición como en las secuencias de proceso complejas y los patrones de control, este módulo se representa en la Figura 6. Este módulo permite alcanzar los siguientes objetivos de aprendizaje:

- Aseguramiento de calidad de las piezas con ayuda de la técnica de medición industrial.

- Registro de datos de origen para el control estadístico de procesos (SPC).
- Mediciones táctiles de altura y nivel de llenado.
- Técnica de pesaje con DMS y amplificadores de medida.
- Cableado electro neumático y control de diversos actuadores neumáticos.

Figura 6.
Estación de medición pro.



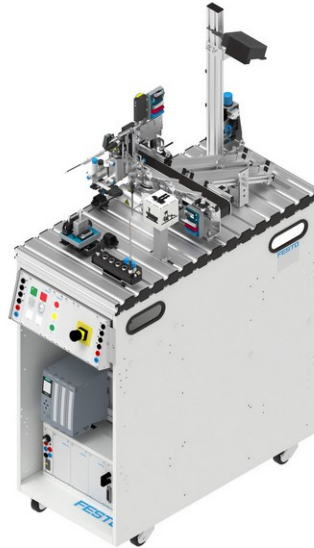
Fuente: Festo, estación MPS

2.2.2. Módulo de clasificación en línea

El módulo de clasificación en línea aborda, la diferenciación de distintas piezas mediante la combinación de distintos tipos de sensores. El uso de algoritmos del aprendizaje automático en un ordenador pequeño con cámara permite a los estudiantes iniciarse de manera sencilla en la aplicación práctica de la inteligencia artificial en la producción. Al mismo tiempo, los estudiantes adquieren una buena comprensión de los beneficios y los desafíos de la re adaptación de IIoT (*Industrial Internet of Things, Internet industrial de las cosas*) en los sistemas existentes y el desarrollo potencial asociado de nuevos modelos de negocio, este módulo se representa en la figura 7. Este módulo permite alcanzar los siguientes objetivos de aprendizaje:

- Detección de diferentes piezas mediante el análisis combinatorio de diversos tipos de sensores..
- Aplicación práctica de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) en la producción.
- Explotación de nuevos modelos de negocio gracias a la reconversión IIoT.

Figura 7.
Estación de clasificación en línea.



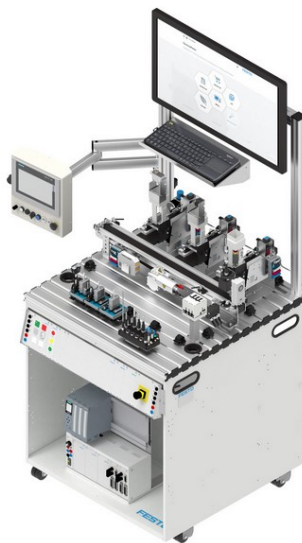
Fuente: Festo, estación MPS

2.2.3. Módulo del sistema de distribución pro

Además de los fundamentos de la mecatrónica, el módulo del sistema de distribución pro aborda, entre otros aspectos, la programación de paneles de control industriales (HMI), así como la integración y parametrización de sensores inteligentes a través de IO-Link. La sencilla estructura de la estación, con tres cargadores verticales integrados y una cinta transportadora, ofrece la oportunidad de aprender los fundamentos del control de la cinta y el transporte de material asociado. Un ordenador con pantalla táctil y un MES (Manufacturing Execution System) didáctico proporcionan los fundamentos y la infraestructura de software necesarios para integrar otros módulos del sistema MPS 400 para formar una fábrica de aprendizaje, este modulo se representa en la figura 8. Este módulo permite alcanzar los siguientes objetivos de aprendizaje:

- Familiarización y puesta en funcionamiento de un sistema mecatrónico con diversos módulos (en este caso: módulo almacén apilador y módulo transportador) y RFID.
- Introducción al MES (*Manufacturing Execution System, Sistema de ejecución de fabricación*) y a la tienda web.
- Adquisición de y profundización en conocimientos de programación de PLC.
- Programación e integración del panel de control industrial (HMI).
- Integración, parametrización y funcionamiento de sensores inteligentes basados en IO-Link.

Figura 8.
Estación de distribución pro.



Fuente: Festo, estación MPS

2.3. Sistema didáctico modular de ensamblaje flexible FMS-200

La estación modular FMS-200 es un sistema de automatización flexible utilizado en entornos de formación y producción industrial. Esta estación modular permite la configuración de diferentes puestos de trabajo que se adaptan a las necesidades específicas de los centros de formación o empresas.

La FMS-200 se caracteriza por su capacidad de introducir variantes en los puestos de trabajo, desde configuraciones simples con una sola estación hasta configuraciones más complejas con múltiples estaciones de trabajo. Este sistema modular permite una inversión escalonada, lo que significa que se puede comenzar con una configuración básica e ir ampliándola fácilmente añadiendo nuevos puestos de trabajo según sea necesario.

Incluye componentes industriales reales que permiten a los usuarios trabajar con elementos auténticos, lo que hace que el proceso de aprendizaje sea más significativo. Además, ofrece una variedad de operaciones como alimentación, manipulación, verificación, carga, entre otras, realizadas con diferentes tecnologías como neumática, hidráulica, sensorial y robótica. El sistema también cuenta con un sistema de simulación de averías que ayuda a los usuarios a diagnosticar problemas.

En resumen, la estación modular FMS-200 es un sistema versátil y adaptable que facilita la formación y la producción en entornos industriales al permitir la configuración de diferentes estaciones de trabajo según las necesidades específicas de cada usuario.[3]

Figura 9.
Estación modular FMS-200.



Fuente: SMC, FMS-200

A nivel mundial, la automatización industrial ha sido un motor clave para el avance tecnológico, la optimización de procesos de fabricación, el aumento de la eficiencia laboral, la mejora de la competitividad en los mercados y la elevación de la calidad de vida a través de la generación de empleo. En Guatemala, la adopción de la automatización ha tenido un impacto significativo en diversos sectores, incluyendo la construcción, la industria alimentaria y el sector energético, impulsando el crecimiento y la modernización de estas áreas.

A pesar de los beneficios observados en Guatemala, es importante destacar que el nivel de Automatización Industrial en el país aún no alcanza los estándares de naciones como China e India, lo que señala una clara oportunidad de crecimiento y desarrollo en el ámbito de la automatización. Esta brecha ofrece a Guatemala la posibilidad de invertir en tecnologías avanzadas, capacitación especializada y estrategias innovadoras para fortalecer su posición en el mercado global y mejorar la eficiencia de sus procesos industriales, lo que a su vez podría impulsar la competitividad y el progreso económico a nivel nacional.

En la Universidad del Valle de Guatemala se presenta una valiosa oportunidad para potenciar el laboratorio de Automatización Industrial. La implementación de una máquina automatizada no solo permitirá crear un entorno práctico y seguro, sino que también brindará a estudiantes, técnicos y profesionales la posibilidad de adquirir habilidades especializadas en el manejo de tecnologías industriales de vanguardia.

La fabricación de una máquina didáctica de Automatización Industrial no solo implica la mejora de las instalaciones, sino que también impulsa la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos en el ámbito de la automatización. Este enfoque innovador fortalecerá la educación técnica al proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica y relevante, al tiempo que estimulará su interés en carreras vinculadas a la ingeniería y la tecnología. Como resultado, se contribuirá significativamente al desarrollo de una fuerza laboral altamente capacitada y especializada en el campo de la automatización, preparada para enfrentar los desafíos del mercado laboral actual y futuro.

4.1. Objetivo general

Fabricación y puesta en marcha de una máquina limpiadora de botellas a escala didáctica para el laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Del Valle de Guatemala.

4.2. Objetivos específicos

- Obtener todos los materiales, partes y herramientas necesarias para la fabricación de la máquina.
- Adaptar el diseño de la máquina limpiadora de botellas con base en los materiales y componentes adquiridos.
- Ensamblar la máquina.
- Programación y puesta en marcha de la máquina.

El presente proyecto tiene como objetivo la fabricación de una máquina limpiadora de botellas con fines educativos, destinada al laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala. El alcance de este proyecto incluye el diseño y construcción de la máquina utilizando perfiles de aluminio tipo T-slot, lo que permite un montaje modular y flexible. La máquina integrará un sistema neumático encargado de la limpieza interna y externa de las botellas, con componentes como cilindros y válvulas neumáticas, controladas por un PLC que gestionará todo el proceso automatizado.

El desarrollo del programa para el PLC abarcará la ejecución automática del ciclo de limpieza, coordinando la secuencia de los actuadores neumáticos y la lectura de los sensores para detectar la presencia de botellas y controlar el tiempo de operación de los cilindros y válvulas. Además, se incluirá una interfaz de usuario que permitirá el monitoreo y ajuste de parámetros operativos, tales como el tiempo de limpieza y la cantidad de botellas procesadas por ciclo.

El proyecto busca proporcionar una herramienta educativa que permita a los estudiantes interactuar con tecnología moderna en automatización y control industrial. La máquina recreará una línea de producción a pequeña escala, permitiendo que los estudiantes experimenten con todas las etapas del proceso automatizado, desde la detección hasta la limpieza de las botellas. Se elaborará una guía técnica que documente el proceso de programación y el mantenimiento de los componentes.

El proyecto contempla pruebas de funcionamiento para asegurar que la máquina cumpla con los objetivos de limpieza establecidos y se evaluará la viabilidad técnica y económica de la misma. Sin embargo, el diseño de la máquina estará limitado a botellas de tamaños específicos y dependerá de las capacidades de presión y flujo de aire disponibles en el laboratorio.

6.1. Automatización industrial

La automatización industrial utiliza un conjunto de tecnologías diseñadas para optimizar y controlar procesos productivos de forma autónoma. Estas herramientas son esenciales para garantizar operaciones industriales más eficientes, contribuyendo a la reducción de costos, el incremento en la calidad de los productos y una mayor productividad. De forma general, la automatización industrial se define como el uso de tecnologías y dispositivos de control automático que permiten la operación y gestión de procesos industriales sin intervención humana significativa, logrando un desempeño superior al de los métodos manuales.[4]

Hoy día, es posible abrir más industrias y ofrecer trabajo a un mayor número de personas gracias a la automatización industrial. Esta realidad, contrasta con la opinión de los que afirman que la automatización de la industria ha acabado con los empleos. Ciertamente, la mecanización implica prescindir del ser humano. Sin embargo, contrario a lo que se piensa, la toma de decisiones, la programación de robots y la interpretación de los resultados no pueden ser sustituidas.[5]

La automatización industrial se da gracias al uso unificado de la tecnología neumática, hidráulica, electromecánica, sensórica y las comunicaciones industriales. Estas le garantizan al proceso automatizado el correcto funcionamiento y la capacidad necesaria para ejecutar las labores.[5]

6.2. Neumática industrial

La neumática se define como la disciplina que estudia el movimiento y aprovechamiento del aire comprimido. Su aplicación industrial comenzó a destacarse en 1868, cuando George Westinghouse introdujo un freno de aire que transformó la seguridad ferroviaria. A partir de 1950, la integración de sensores avanzados permitió un progreso significativo en la industria,

consolidando la neumática como una herramienta clave para la automatización de procesos industriales.[6]

Los componentes básicos de un sistema neumático industrial incluyen:

- **Compresor de aire:** dispositivo que comprime el aire atmosférico para generar aire comprimido a alta presión.
- **Depósito de aire:** almacena el aire comprimido para su uso posterior y ayuda a mantener una presión constante en el sistema.
- **Válvulas:** controlan el flujo de aire en el sistema, permitiendo o bloqueando el paso del aire en función de las necesidades de control.
- **Actuadores neumáticos:** dispositivos que convierten la energía del aire comprimido en movimiento mecánico. Los actuadores más comunes son los cilindros neumáticos, que transforman la presión del aire en movimiento lineal.
- **Mangueras y conexiones:** permiten la distribución del aire comprimido desde el compresor hasta los actuadores y otros componentes del sistema.
- **Válvulas de control direccional:** dirigen el flujo de aire hacia los actuadores en la dirección deseada para controlar el movimiento de los equipos.
- **Manómetros y sensores:** se utilizan para medir la presión y otras variables del sistema neumático, permitiendo monitorear y controlar su funcionamiento.

6.3. ¿Qué es una válvula?

Una válvula es un dispositivo mecánico diseñado para regular, dirigir o controlar el flujo de un fluido, ya sea líquido, gas, polvo o sólidos granulados. Estas herramientas son esenciales en múltiples aplicaciones, que van desde sistemas domésticos de plomería hasta complejos procesos industriales.[6]

6.3.1. ¿Qué es una válvula neumática?

Una válvula neumática es un tipo de controlador que se utiliza en sistemas neumáticos para controlar el flujo de aire comprimido, ejemplo de válvula figura 10. Estas válvulas son accionadas por aire comprimido y se utilizan en una variedad de aplicaciones industriales para controlar el movimiento de cilindros neumáticos, actuadores y otros componentes neumáticos. Las válvulas neumáticas pueden ser de diferentes tipos, como válvulas de control direccional, válvulas de control de presión, válvulas de control de caudal, entre otras.[6]

6.3.2. Tipos de válvulas neumáticas

- **Válvulas de control direccional:** se utilizan para controlar la dirección del flujo de aire en un sistema neumático, permitiendo que el aire comprimido vaya a diferentes actuadores según sea necesario.

- **Válvulas de control de presión:** se utilizan para regular la presión del aire en un sistema neumático, asegurando que se mantenga dentro de los límites seguros para el funcionamiento de los componentes..
- **Válvulas de control de caudal:** se utilizan para controlar la velocidad del flujo de aire en un sistema neumático, permitiendo ajustar la velocidad de los actuadores neumáticos.
- **Válvulas de bloqueo:** se utilizan para bloquear el flujo de aire en un sistema neumático, evitando que el aire llegue a ciertos componentes cuando sea necesario.
- **Válvulas de escape rápido:** se utilizan para liberar rápidamente el aire comprimido de un sistema neumático, permitiendo un apagado rápido de los actuadores.

Figura 10.

Válvula neumática 5/2.



Fuente: Festo, estación MPS

6.4. Cilindro neumático

Los cilindros neumáticos son, por lo general, los elementos que realizan el trabajo. Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso [7]. Ejemplo de cilindro neumático Figura 11.

Existen varios tipos de cilindros neumáticos, algunos de ellos son:

- **Cilindro de simple efecto:** tienen un solo puerto de aire comprimido y utilizan un resorte u otro mecanismo para el retorno del pistón.
- **Cilindro de doble efecto:** tienen dos puertos de aire comprimido para permitir el movimiento del pistón en ambas direcciones.
- **Cilindros de efecto múltiple:** tienen más de dos puertos de aire comprimido para permitir movimientos más complejos y controlados.
- **Cilindros de vástago no magnético:** Utilizados en aplicaciones donde se necesita evitar la interferencia con campos magnéticos.

- **Cilindros de vástago guiado:** tienen guías integradas para un movimiento más preciso y sin desviaciones.

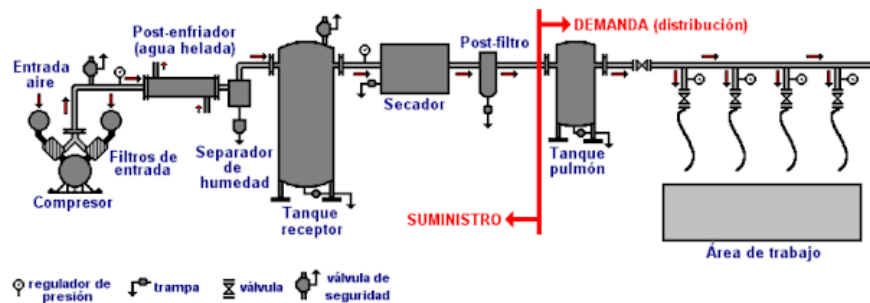
Figura 11.
Cilindro neumático.



6.5. ¿Qué es una red de aire comprimido?

La conducción del aire comprimido se realiza a través de la red de aire comprimido. Se entiende por red de aire comprimido el conjunto de todas las tuberías que parten del dispositivo, colocadas de modo que queden fijamente unidas entre sí, y que conducen el aire comprimido a los puntos de conexión para los consumidores individuales. Ejemplo red de aire comprimido, Figura 12.

Figura 12.
Red de aire comprimido.



6.6. PLC

Los Controladores Lógicos Programables (PLC, Figura 13) son dispositivos electrónicos diseñados para supervisar y controlar procesos industriales de manera automatizada. Funcionan como el cerebro de un sistema, ejecutando instrucciones programadas para gestionar tareas específicas dentro de un entorno industrial. A diferencia de los sistemas de control convencionales, los PLC ofrecen una flexibilidad extraordinaria, permitiendo a los ingenieros reprogramarlos según las necesidades cambiantes de la producción.

Su funcionamiento se basa en un ciclo de escaneo constante, donde el PLC verifica de manera continua las condiciones de entrada, ejecuta las instrucciones programadas y actualiza las salidas correspondientes. Los PLC están equipados con interfaces de programación intuitivas que facilitan la configuración y ajuste de parámetros, permitiendo a los ingenieros adaptar rápidamente el sistema a nuevas exigencias y optimizar la eficiencia de la automatización en tiempo real. Este nivel de versatilidad hace que los PLC sean esenciales en diversas aplicaciones industriales, desde la manufactura hasta el control de procesos químicos, destacando su papel como herramienta fundamental para impulsar la eficiencia y la productividad en la industria moderna. [8]

Figura 13.

Ejemplo PLC, S7-300 marca Siemens.



6.7. Lenguaje de programación Ladder

El lenguaje Ladder, también conocido como lenguaje de diagramas de escalera (*Ladder Diagram o LD*), es un lenguaje de programación visual utilizado principalmente en el ámbito de la automatización industrial y el control de procesos. Su origen se remonta a la necesidad de representar de manera gráfica los circuitos de control de relés electromecánicos en los sistemas de automatización, lo que lo hace especialmente adecuado para programar controladores lógicos programables (PLCs).[9]

El lenguaje Ladder se asemeja a un diagrama de escalera, donde los rieles verticales representan la energía eléctrica (normalmente de izquierda a derecha), y los peldaños horizontales simbolizan las conexiones lógicas entre distintos componentes de control, como relés, temporizadores, contadores, contactos y bobinas. Cada peldaño de la escalera representa una operación lógica específica que, en conjunto, define el comportamiento del sistema automatizado.[9]

6.8. Perfil de aluminio T-slot

Un perfil T-slot es un tipo de perfil de aluminio extruido que tiene ranuras en forma de “T” a lo largo de sus lados. Estas ranuras permiten la conexión y ajuste de una amplia gama de componentes y accesorios, lo que hace que estos perfiles sean extremadamente versátiles y fáciles de usar en diversas aplicaciones industriales y de ingeniería. [10]

Algunas de sus características son:

- **Versatilidad:** los perfiles T-slot se pueden utilizar para construir estructuras modulares, como marcos, soportes, y sistemas de montaje.
- **Facilidad de montaje:** gracias a las ranuras en forma de “T”, es sencillo añadir, mover o ajustar componentes sin necesidad de soldadura o mecanizado complejo.
- **Resistencia y durabilidad:** fabricados generalmente en aluminio, estos perfiles son ligeros pero robustos, y ofrecen una excelente resistencia a la corrosión.

6.9. Perfil de aluminio V-slot

Un perfil V-slot es un tipo de perfil de aluminio extruido similar al perfil T-slot, pero con una ranura en forma de “V” en lugar de una ranura en forma de “T”. Esta modificación permite que ruedas en forma de “V” se deslicen a lo largo de la ranura, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren movimiento lineal preciso. [11]

Algunas de sus características son:

- **Guía Lineal:** la ranura en “V” actúa como una guía lineal para ruedas en “V”, proporcionando un movimiento suave y preciso.
- **Modularidad:** al igual que los perfiles T-slot, los perfiles V-slot son modulares y permiten la construcción de estructuras personalizadas.
- **Facilidad de montaje:** permite la fácil adición y ajuste de componentes sin necesidad de soldadura o mecanizado complejo.

6.10. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación visual de un proceso o sistema que utiliza símbolos y flechas para mostrar el flujo de pasos o acciones. Es útil para desglosar procesos complejos en partes simples y comprensibles, mostrando cómo una tarea progresa desde el inicio hasta su finalización.

6.11. Sensor industrial digital

El sensor industrial es un dispositivo electrónico capaz de captar o medir una variable. Se le dice sensor digital cuando en la salida que genera solo tiene dos estados, puede estar activado o desactivado. Genera una salida eléctrica de voltaje, cuyo valor va depende de la fuente de alimentación, para el caso del PLC, se pueden manejar señales de 24V en estado activo o 0V en estado desactivado. También se pueden configurar para trabajar hasta con 220V. Las aplicaciones de los sensores en la fabricación son numerosas, y su papel es fundamental en términos de calidad, seguridad y conservación de la energía.[12]

En la automatización industrial, los sensores desempeñan un papel fundamental para que la producción sea inteligente y automatizada. Permiten supervisar, analizar y procesar diversos cambios que se producen en el lugar de fabricación industrial, como los cambios de temperatura, movimiento, presión, altitud, exteriores y de seguridad. [12]

Re diseño y fabricación de la maquina limpiadora de botellas

En este capitulo se presenta el proceso de fabricación y re diseño de la máquina limpiadora de botellas, como también los diferentes prototipos realizados, con el fin de obtener el mejor diseño.

Para el re-diseño se utilizo el programa Autodesk InventoR. En este Programa se realizaron los diseños 3D para los prototipos de componentes y fabricación de elementos necesarios para la máquina.

7.1. Obtención de los componentes

Como punto de partida para la fabricación y rediseño de la máquina limpiadora de botellas, se comenzó revisando el proyecto de graduación de la ingeniera Nancy Mazariegos [1], que sirvió como base para este trabajo. Se elaboró una lista de componentes necesarios y se procedió a realizar una cotización para su aprobación. Algunos de los componentes estaban disponibles en la universidad, por lo que se complementó con compras tanto nacionales como internacionales.

7.2. Re diseño de la máquina

Para garantizar la funcionalidad completa de la máquina, se diseñaron y desarrollaron varios prototipos utilizando materiales disponibles en la universidad. Este enfoque no solo permitió optimizar recursos, sino también asegurar que el proyecto fuese replicable y susceptible a mejoras.

7.2.1. Prototipo 1

Para este prototipo se tuvo que re-diseñar la parte inferior de la máquina 1, el cual era un tipo de mesa de un material no especificado. Para esto se utilizó un perfil de aluminio T-slot de 30x30 mm [14]. Se diseñó una mesa con los perfiles T-slot [15], capaz de soportar el peso de la banda transportadora y las diferentes partes de la máquina. La mesa armada físicamente se muestra en la figura [16].

Figura 14.

Perfil de aluminio T-slot 30x30 mm.



Para el ensamble de la parte inferior se utilizaron las siguientes medidas (mostrados en el cuadro 1) del perfil de aluminio T-slot 30x30 mm.

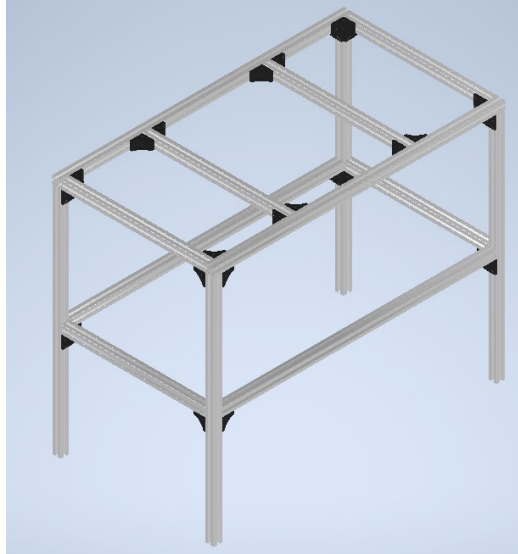
Cuadro 1.

Valores de presión de prueba.

Medida	Cantidad
495 mm	6
800 mm	4
940 mm	2
1000 mm	2

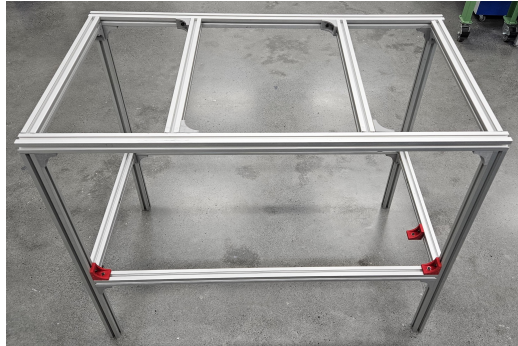
Fuente: Elaboración propia

Figura 15.
Mesa diseñada.



Fuente: Elaboración propia

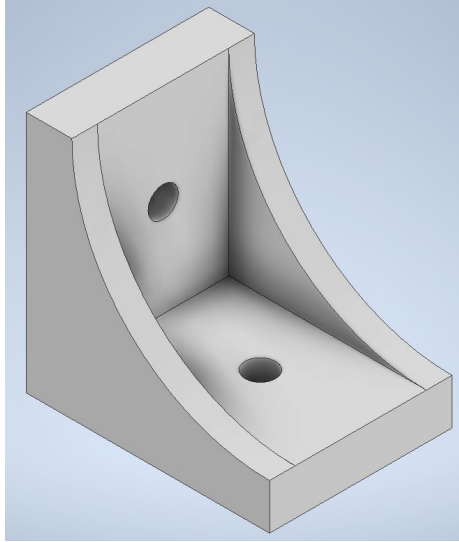
Figura 16.
Mesa armada.



Fuente: Elaboración propia

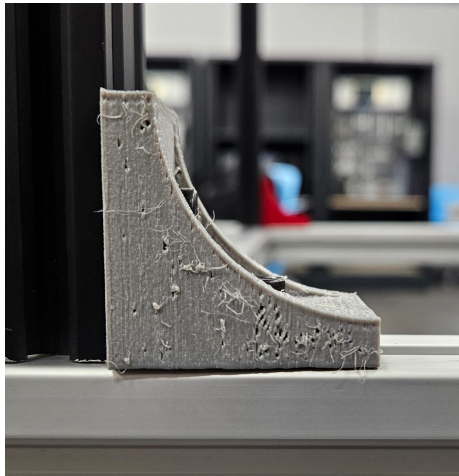
Para la unión de los perfiles T-slot se utilizaron uniones en L [17], impresas en 3D. Esto con el fin de tener un modelo previo a la obtención de L's hechas en aluminio para un mejor soporte de la estructura. Aunque las impresiones 3D son una alternativa para crear partes de una máquina, en este caso las L's impresas se quebraban cuando se le aplicaban mucho peso. La L impresa se muestra en la figura [18]. La medida de los tornillos utilizados para las uniones de perfiles fueron: M4x12 cabeza hexagonal, con su respectiva roldana y tuerca para perfil de aluminio de 30x30 mm.

Figura 17.
Diseño de L.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18.
L impresa en 3D.



Fuente: Elaboración propia

En el diseño original de la estructura superior [4], se utilizó un perfil de aluminio de 40x40 mm. Para su re-diseño se utilizaron 4 perfiles V-slot de 20x40mm y de 495mm de largo, ya que el primer perfil no está disponible en Guatemala. El diseño del primer prototipo se muestra en la Figura 20. Y su ensamble físico se muestra en la Figura 21.

Figura 19.
Perfil de aluminio V-slot de 20x40 mm.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20.
Prototipo 1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21.
Prototipo físico 1.

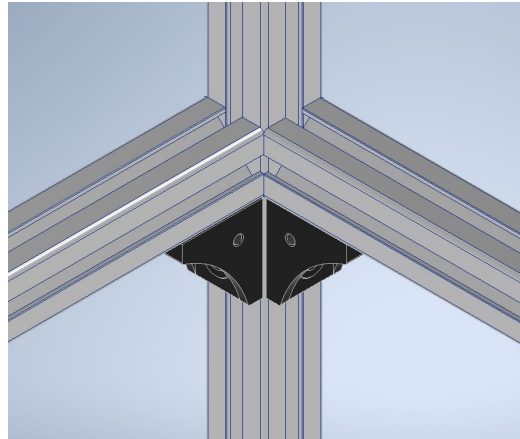


Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Prototipo 2

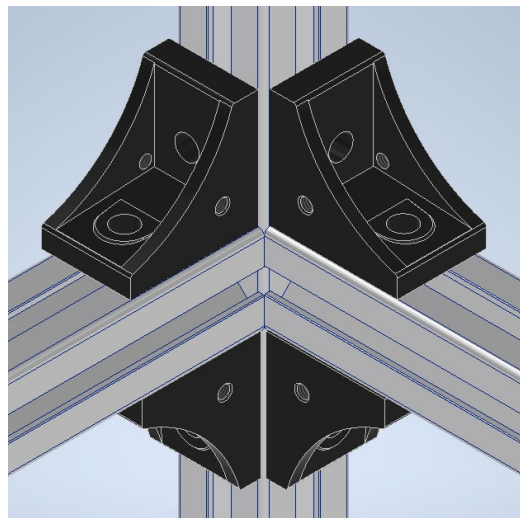
Durante las pruebas del primer prototipo, se identificó que la estructura de la mesa presentaba problemas de estabilidad debido a las uniones de los perfiles [22], las cuales permitían movimientos indeseados. Esta deficiencia representaba un riesgo significativo, ya que la estructura podía desarmarse bajo carga. Para corregir este problema, se reforzaron las uniones con piezas adicionales en forma de "L", mejorando significativamente la rigidez estructural. Como se muestra en la figura[23]. El ensamble de las uniones se muestra en la figura [24]

Figura 22.
Unión de perfil 1.



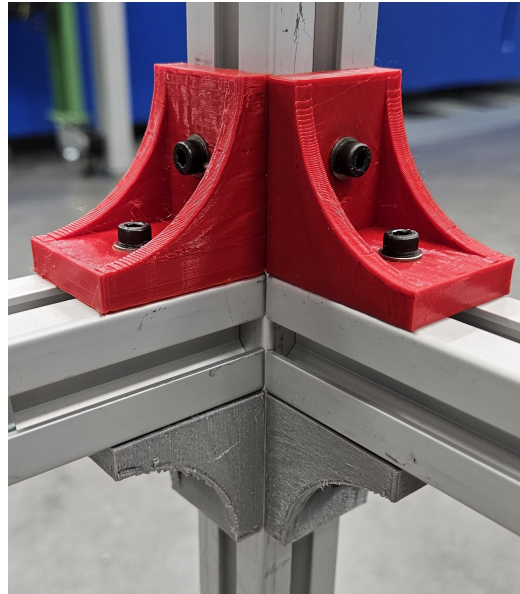
Fuente: Elaboración propia

Figura 23.
Unión perfil 2.



Fuente: Elaboración propia

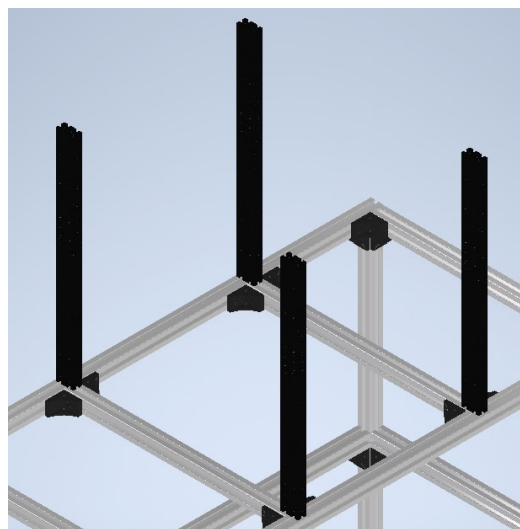
Figura 24.
Unión de perfil.



Fuente: Elaboración propia

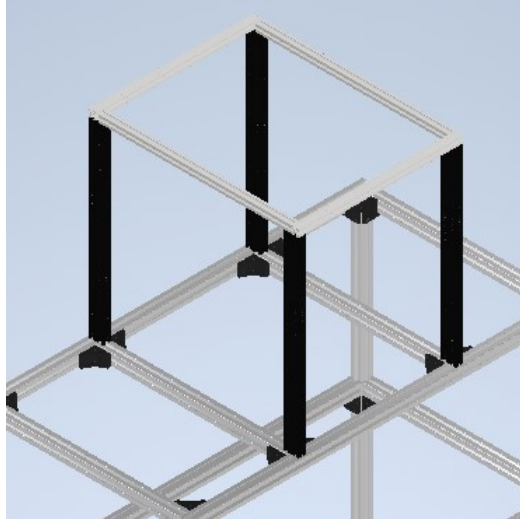
Se observó que la estructura de soporte superior [25], donde la plataforma de soplado [3] se desplaza hacia arriba y hacia abajo, no estaba completamente fija, lo que generaba movimientos que podrían afectar su correcto funcionamiento. Para solucionar este problema, se decidió reforzar la estructura utilizando perfiles de aluminio T-slot de 20x20 mm en la parte superior [26]. El ensamble se puede ver en la figura [27].

Figura 25.
Estructura de soporte superior.



Fuente: Elaboración propia

Figura 26.
Refuerzo de estructura de soporte superior.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27.
Ensamble de refuerzo del soporte superior.



Fuente: Elaboración propia

En ensamble del prototipo dos se muestra en la figura [28].

Figura 28.
Ensamble prototipo 2.



Fuente: Elaboración propia

7.2.3. Prototipo 3

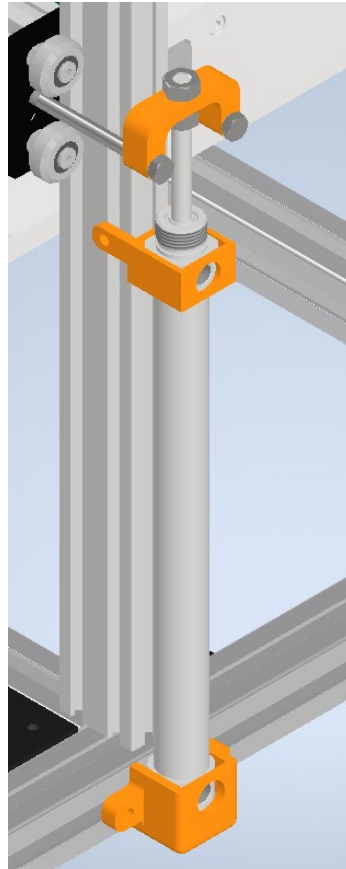
Para el prototipo final de la máquina, se realizaron cambios en la estructura, reforzando las uniones de los perfiles con soportes en L de aluminio [29], adecuados para los perfiles T-slot y V-slot. Estos refuerzos aseguraron que ña estructura fuese más estable. Las medidas utilizadas para las L de aluminio fueron: 20x20 mm y 30x30 mm.

Figura 29.
Soporte de aluminio ("L").



Se diseñaron soportes para poder acoplar los cilindros en los laterales de la estructura realizados en impresión 3D. Estos se ajustaron para poder soportar la plataforma de soplado 3. Estos se muestran acoplados en la siguiente figura 30. El ensamble del tercer prototipo se muestra en la figura 32.

Figura 30.
Soporte de cilindro.



Fuente: Elaboración propia

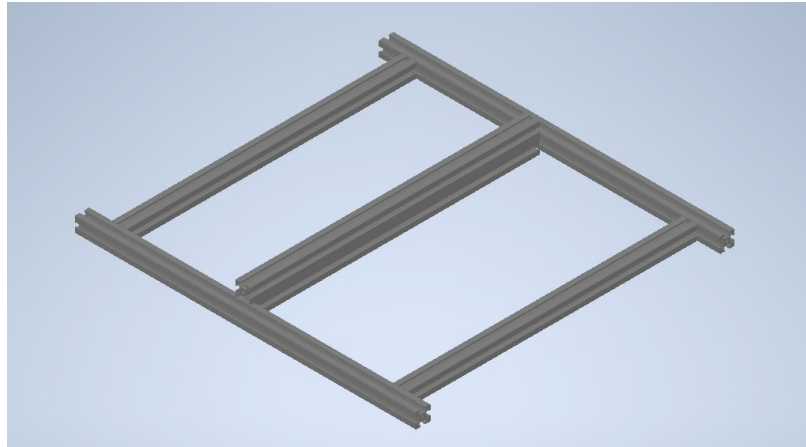
Se re-diseño la plataforma de soplado. En el diseño original esta hecho de perfiles T-slot de 30x30mm. Se reemplazo por el mismo tipo de perfiles pero de las siguientes medidas:

Cuadro 2.
Medidas y cantidades del perfil T-slot 20x20 mm

Medida	Cantidad
387 mm	3
456 mm	2

Fuente: Elaboración propia

Figura 31.
Re diseño plataforma de soplado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 32.
Ensamble prototipo 3.



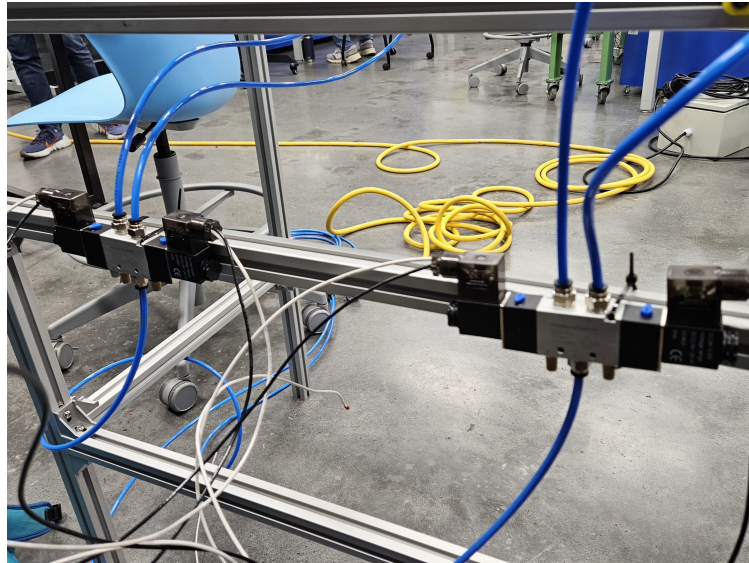
Fuente: Elaboración propia

7.2.4. Diseño Final

Para el diseño final de la máquina se montaron las válvulas y se realizaron las conexiones de las mangueras hacia las válvulas la cual esta conectada al compresor de aire. Como también las conexiones eléctricas de las mismas. Siguiendo las especificaciones la presión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema es de 1 bar.

Figura 33.

Montaje de válvulas.



Fuente: Elaboración propia

Parte del re-diseño de la máquina limpiadora de botellas, se tuvo que elegir una nueva banda transportadora, ya que la original presentado en el proyecto de la Ingeniera Nancy Mazariegos, actualmente esta descontinuada. Por lo que es imposible utilizar la misma. Se tuvieron muchas opciones a elección, pero por presupuesto y funcionalidad se eligió una banda transportadora de la marca Moonshan. Este cumple con las necesidades del diseño, las cuales son: versatilidad, ajuste de la distancia de soportes, medidas aproximadas al diseño, funcional y económica. La banda transportadora se muestra en la figura 34.

Figura 34.
Banda transportadora.



Fuente: Extraído de la pagina web de compra.

Para el desplazamiento de la plataforma se utilizaron placas deslizantes para perfiles V-slot. Estos ayudan a que el desplazamiento sea fácil. La placa deslizante utilizada es de 40x40 cm para perfiles V-slot [35].

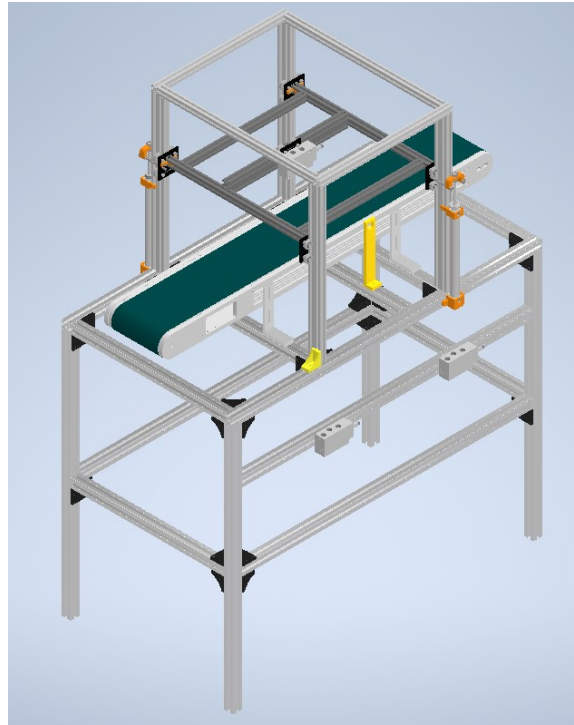
Figura 35.
Placa deslizante de 20x20 mm.



Fuente: Extraído de la pagina web de compra.

El ensamble completo de la máquina se muestra en la siguiente figura:

Figura 36.
Ensamble completo de máquina.

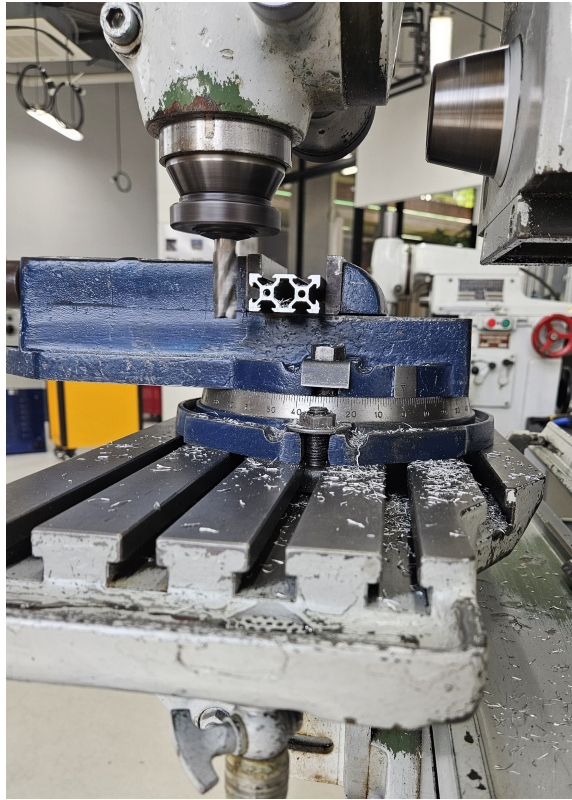


Fuente: Elaboración propia

7.3. Herramientas de fabricación

La construcción y fabricación de la máquina limpiadora requirió el uso de diversas herramientas especializadas, clasificadas en medición, corte, detallado y herramientas manuales. Para las mediciones se empleó un metro, herramienta básica pero esencial para obtener medidas precisas. El corte de los materiales se realizó con una sierra de arco para metal, mientras que los perfiles de aluminio se detallaron utilizando una fresadora [37], disponible en el laboratorio de máquinas y herramientas de la Universidad. Esta fresadora permitió lograr acabados precisos y uniformes en los perfiles utilizados para la estructura de la máquina. Finalmente, se utilizaron herramientas manuales como llaves Allen, destornilladores de cruz y planos, indispensables para el ensamblaje.

Figura 37.
Fresadora.



Fuente: Elaboración propia.

Programación y conexiones eléctricas del PLC

En este capítulo se presenta la metodología de programación del PLC, detallando el proceso y el correcto funcionamiento.

8.1. Programación del PLC

El PLC S7-300, desarrollado por Siemens, es un dispositivo de control ampliamente reconocido en la automatización industrial. Su principal función es supervisar y controlar diversos elementos de sistemas y máquinas, garantizando operaciones seguras y autónomas. Este controlador lógico programable destaca por su confiabilidad, flexibilidad y capacidad para adaptarse a una amplia gama de aplicaciones industriales, incluyendo la manufactura, la industria automotriz, el sector energético y la producción alimentaria.

Una de sus características más notables es su diseño modular, que permite la incorporación o remoción sencilla de componentes, como entradas y salidas digitales o analógicas, según las necesidades específicas de cada proyecto. Esta modularidad facilita el mantenimiento, la expansión y la personalización del sistema, haciéndolo ideal tanto para aplicaciones pequeñas como para sistemas más complejos. Además, su capacidad de procesar datos en tiempo real lo convierte en una herramienta esencial para aplicaciones que requieren respuestas rápidas, como el control de maquinaria o la gestión de líneas de producción.

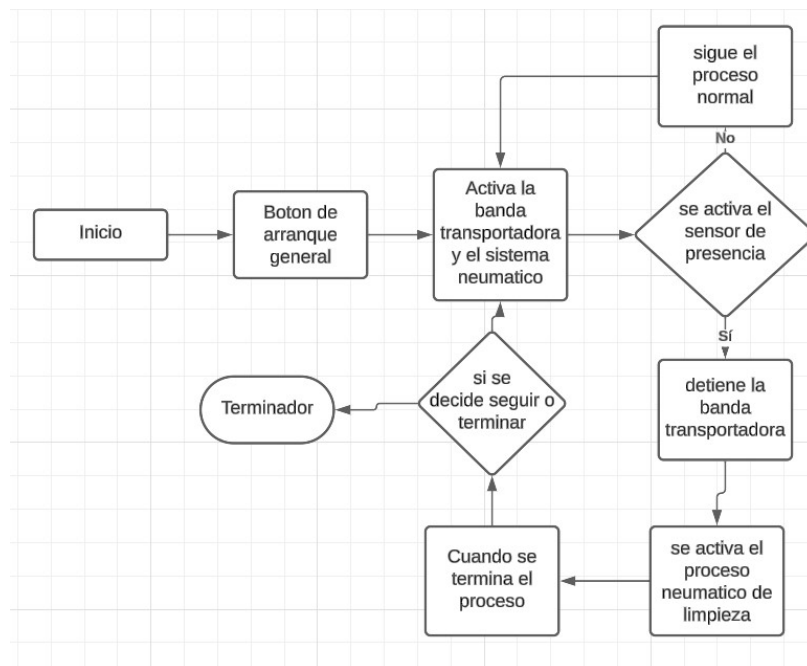
La programación del S7-300 se realiza mediante el software STEP 7, también de Siemens, que permite programarlo en varios lenguajes de programación específicos de PLC, como el lenguaje de contactos (Ladder) o el diagrama de bloques de función (FBD). Esto hace que el S7-300 sea accesible para diferentes tipos de usuarios, desde ingenieros hasta técnicos, sin requerir un conocimiento avanzado en programación. Además, este software proporciona herramientas para diagnosticar problemas y realizar pruebas, lo cual facilita la detección de

errores y la optimización de la operación del sistema.

La versatilidad y facilidad de uso del S7-300 han contribuido a su adopción en la industria por más de una década, siendo un estándar en el campo de la automatización industrial. Su robustez le permite operar en entornos industriales exigentes, con un mantenimiento mínimo, lo cual contribuye a reducir los tiempos de inactividad de los sistemas que controla.

Antes de iniciar la programación, se definieron claramente los pasos a seguir para minimizar errores y asegurar la eficiencia del programa. Para guiar el proceso, se empleó un diagrama de bloques [38], que detalla el funcionamiento y las decisiones en cada etapa del proceso, proporcionando una base sólida para el desarrollo del software.

Figura 38.
Diagrama de flujo.

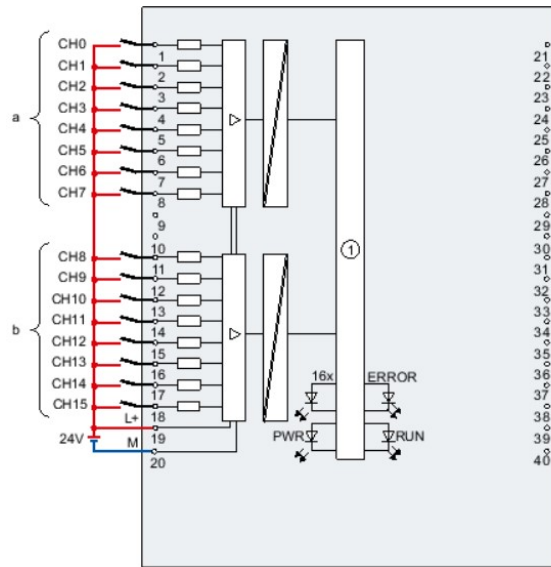


Fuente: Elaboración propia.

8.2. Conexiones eléctricas del PLC

La puesta en marcha de la máquina limpiadora de botellas se llevó a cabo utilizando el PLC S7-300 de la marca Siemens, proporcionado por la Universidad. Este dispositivo, ampliamente utilizado en aplicaciones profesionales, aportó un gran valor al proyecto al permitir el control preciso y eficiente de los sistemas eléctricos y neumáticos de la máquina. El SIMATIC S7-300 es un controlador lógico programable de alto rendimiento diseñado para tareas avanzadas de automatización. Su diseño modular y características innovadoras lo convierten en una herramienta clave para optimizar el rendimiento de máquinas y plantas de producción, asegurando una operación confiable y eficiente. La conexiones básicas de este PLC se muestran en la figura [39].

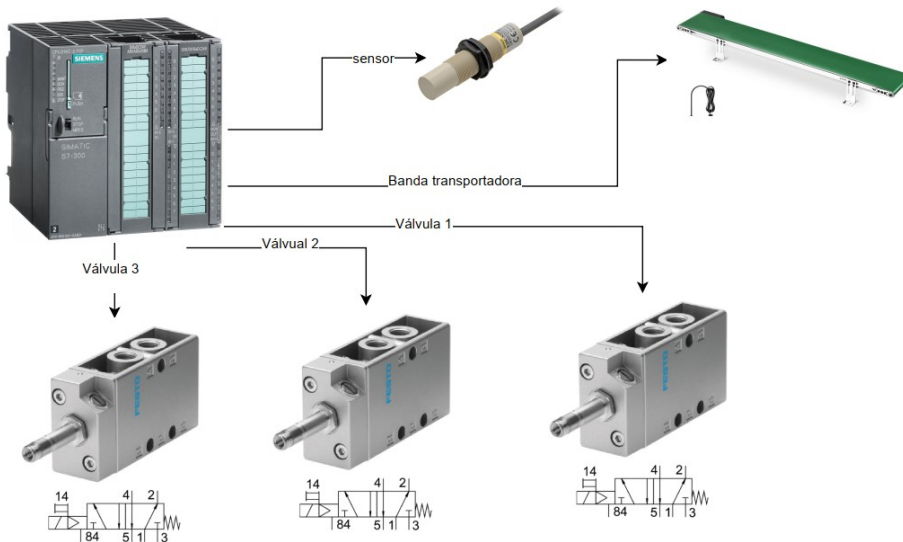
Figura 39.
Esquema eléctrico PLC Simatic S7-300.



Fuente: Extraído de la web.

El PLC controla los elementos importantes del sistema. Los que son: las electro válvulas, sensor y banda transportadora. A través de la programación de bloques se estableció el funcionamiento de cada elemento.

Figura 40.
Conexiones eléctricas de PLC.



Fuente: Elaboración propia.

8.3. Sensor capacitivo

La detección de las botellas en el sistema se realiza mediante el sensor capacitivo Omron E2K-X8MF1, diseñado para detectar objetos metálicos y no metálicos sin contacto físico. Este sensor cilíndrico roscado, clasificado como tipo M18, tiene una distancia de detección fija de 8 mm, lo que elimina la necesidad de ajustes de sensibilidad y asegura una operación confiable en condiciones variables.

Entre sus características principales se encuentran:

- **Tipo de salida:** PNP con configuración de contacto normalmente abierto (NO).
- **Alimentación:** funciona con una tensión de 10 a 30 V DC.
- **Frecuencia de respuesta:** hasta 100 Hz, adecuada para aplicaciones que requieren detección rápida.
- **Material de la carcasa:** fabricada en resina ABS resistente al calor, lo que le confiere durabilidad y resistencia en entornos industriales.
- **Grado de protección:** clasificación IP66, que garantiza protección contra el polvo y chorros de agua, permitiendo su uso en condiciones ambientales exigentes.

Se utilizó este sensor ya que tiene la capacidad para detectar una amplia variedad de materiales sin contacto físico, lo que minimiza el desgaste mecánico y reduce la necesidad de mantenimiento. Su diseño compacto y facilidad de instalación lo hacen adecuado para diversas aplicaciones industriales, especialmente en entornos donde se requiere una detección fiable y precisa de objetos. Además, su construcción robusta y resistencia a condiciones adversas aseguran un rendimiento consistente y una larga vida útil.

Figura 41.

Sensor omron E2K-X8MF1.



Fuente: Extraído de la web.

El sistema neumático del presente proyecto esta conformado de varias partes. Uno de ellos es el compresor, mangueras, válvulas electro neumáticas, válvula anti retorno, cilindro neumático, etc. En este capítulo se desarrolla el proceso de fabricación y montaje del sistema neumático, detallando los elementos utilizados.

9.1. Electroválvula JMFH-5-1/4

La electroválvula JMFH-5-1/4 [42], es un componente clave en el sistema neumático de la máquina limpiadora de botellas. Se trata de una válvula de accionamiento eléctrico utilizada para controlar el flujo de aire comprimido hacia los actuadores neumáticos, permitiendo la operación automática de los cilindros responsables de la limpieza de las botellas.

Esta electroválvula es de tipo 5/2 vías, lo que significa que tiene cinco puertos de conexión y dos posiciones de funcionamiento. Los cinco puertos incluyen una entrada de aire (P), dos salidas hacia los actuadores (A y B), y dos puertos de escape (R y S), mientras que las dos posiciones corresponden a las posibles direcciones que puede tomar el flujo de aire, dependiendo de la señal eléctrica que recibe la bobina de la válvula.

Entre las características técnicas más relevantes de la JMFH-5-1/4 se destacan las siguientes:

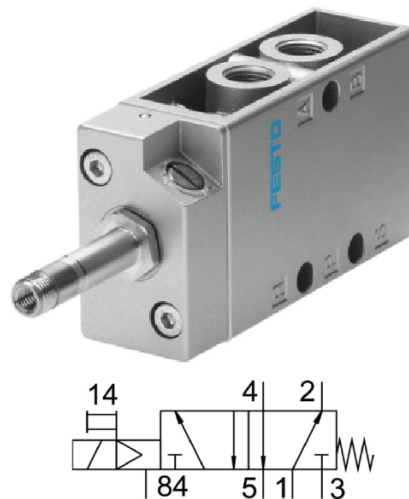
- **Tamaño de conexión:** 1/4 de pulgada, compatible con tuberías neumáticas de ese diámetro.
- **Presión de trabajo:** la válvula opera eficientemente en un rango de presión de aire de 1.5 a 8 bar, adecuado para las necesidades de la máquina limpiadora.

- **Tipo de control:** esta electroválvula cuenta con un accionamiento neumático-pilotado, que requiere una presión mínima de 1.5 bar para activar el piloto interno, lo que garantiza una conmutación suave y precisa.
- **Tiempo de conmutación:** el tiempo de respuesta es de aproximadamente 10 milisegundos, lo que la convierte en una válvula rápida y adecuada para procesos que requieren ciclos repetitivos de activación y desactivación, como es el caso del proceso de limpieza automatizada.

La JMFH-5-1/4 ha sido seleccionada para este proyecto debido a su durabilidad, rapidez en el cambio de posiciones y capacidad para manejar flujos de aire comprimido de alta presión, características esenciales para asegurar una operación eficiente y fiable de los cilindros neumáticos que forman parte del sistema de limpieza. Además, su compatibilidad con sistemas de control PLC facilita la integración con la parte eléctrica de la máquina.

Figura 42.

Electroválvula JMFH-5-1/4.



Fuente: Extraído de la web.

9.2. Válvula antirretorno HGL-M5-QS-4

La válvula antirretorno HGL-M5-QS-4 es un componente esencial en el sistema neumático de la máquina limpiadora de botellas, ya que su función es permitir el flujo de aire en una sola dirección, evitando posibles retornos de presión que podrían afectar el funcionamiento del sistema. Este tipo de válvula asegura que el flujo de aire comprimido se mantenga constante y dirigido hacia los actuadores en todo momento, mejorando la eficiencia y seguridad del sistema neumático.

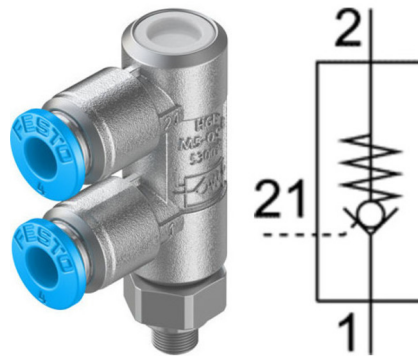
La válvula antirretorno se utiliza específicamente para garantizar que el flujo de aire hacia los cilindros neumáticos sea unidireccional. Esto previene la pérdida de presión en caso de

fluctuaciones o cambios en el suministro de aire comprimido, mejorando así la estabilidad del sistema. Esta válvula es crucial para evitar que el aire comprimido regrese a las líneas de suministro, lo cual podría causar desajustes en el ciclo de limpieza automatizado.

La selección de la HGL-M5-QS-4 para este proyecto se debe a su compatibilidad con los componentes del sistema neumático, su facilidad de instalación y su capacidad para operar bajo las condiciones de presión y temperatura requeridas en la máquina limpiadora de botellas. Además, su diseño compacto la convierte en una opción eficiente para el espacio limitado dentro de la estructura de la máquina.

Figura 43.

Válvula antiretorno HGL-M5-QS-4.



Fuente: Extraído de la web.

9.3. Cilindro DSNU-S-20-200-P-A

El cilindro DSNU-S-20-200-P-A es un componente crucial en el sistema neumático de la máquina limpiadora de botellas, diseñado para proporcionar el movimiento lineal. Este cilindro pertenece a la serie DSNU de la marca Festo, reconocida por su confiabilidad y eficacia en aplicaciones industriales.

El cilindro tiene un diámetro de vástago de 20 mm, lo que permite una fuerza de empuje y tracción adecuada para las tareas de limpieza en la máquina. Con un recorrido de 200 mm, el cilindro es capaz de cubrir la distancia necesaria para ejecutar los movimientos precisos requeridos durante el proceso.

Este modelo es un cilindro de doble efecto, lo que significa que proporciona fuerza en ambas direcciones del movimiento, extendido y retraído. Esta característica es esencial para realizar los movimientos alternos necesarios en el sistema de limpieza, garantizando una operación continua y eficiente. Fabricado en aluminio anodizado, el cilindro ofrece alta resistencia a la corrosión y durabilidad en entornos industriales, mientras que los sellos y el vástago están diseñados para soportar las condiciones operativas y extender la vida útil del componente.

Tiene un ajuste de fin de carrera con un mecanismo de regulación de la velocidad, permi-

tiendo la calibración precisa del movimiento según las necesidades del proceso de limpieza. Su montaje se realiza mediante bridas, facilitando la instalación y garantizando un alineamiento exacto con los otros componentes del sistema neumático.

La selección del cilindro DSNU-S-20-200-P-A para este proyecto se debe a su robustez, precisión y capacidad para realizar movimientos lineales repetitivos, esenciales para el funcionamiento eficaz del sistema de limpieza de botellas. Su diseño modular y su compatibilidad con otros componentes neumáticos aseguran una integración eficiente en el sistema de control, contribuyendo a un rendimiento fiable y continuo de la máquina.

Figura 44.

Cilindro DSNU-S-20-200-P-A.



Fuente: Extraído de la web.

9.4. Compresor de aire Makita

Para el suministro de aire se utilizó un compresor de la marca Makita. El compresor de aire Makita Quiet Series MAC210Q. Es una herramienta diseñada para ofrecer un rendimiento eficiente con niveles de ruido reducidos, ideal para trabajos en interiores donde el silencio es esencial. Este modelo cuenta con un motor de 1 caballo de fuerza (HP) y un tanque de 2 galones, proporcionando una presión máxima de 135 PSI. Su diseño de la Serie Silenciosa permite una operación a solo 60 decibelios (dB), lo que lo hace adecuado para tareas como instalación de molduras, carpintería de acabado y fabricación de muebles.

Una característica destacada del MAC210Q es su bomba de doble pistón sin aceite, que elimina la necesidad de mantenimiento regular y garantiza una mayor durabilidad. Además, opera a una velocidad de 1,750 revoluciones por minuto (RPM), lo que contribuye a una vida útil más prolongada del motor y la bomba. Su construcción con jaula antivuelco proporciona protección adicional durante el transporte y el almacenamiento, asegurando la integridad del equipo en diversos entornos de trabajo.

Con un peso de aproximadamente 20 kilogramos, este compresor es relativamente ligero, facilitando su portabilidad en el sitio de trabajo. Su bajo consumo de amperios reduce la posibilidad de disparos de interruptores al encenderse, mejorando la eficiencia energética. Además, incluye características como un medidor de presión de fácil lectura y una palanca para drenar el tanque, simplificando su uso y mantenimiento.

Figura 45.
Compresor makita.

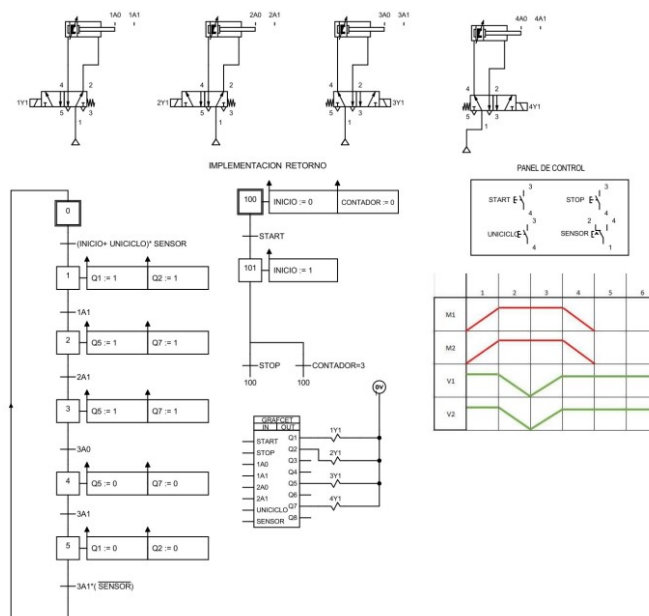


Fuente: Extraído de la web.

9.5. Diagrama neumático

Para validar el funcionamiento del sistema neumático, se realizó una simulación que permitió probar la lógica secuencial del diseño. Este enfoque facilitó el análisis del comportamiento del sistema y sirvió como guía para llevar a cabo las pruebas prácticas, asegurando una implementación eficiente y libre de errores.

Figura 46.
Diagrama de movimiento.



Fuente: Elaboración propia.

- La máquina limpiadora de botellas diseñada y fabricada demuestra cómo la integración de sistemas eléctricos y neumáticos puede recrear procesos industriales a pequeña escala, contribuyendo al aprendizaje práctico en automatización industrial.
- Las modificaciones realizadas al diseño original mejoraron la estabilidad y funcionalidad de la máquina, permitiendo un rendimiento confiable y adecuado para el laboratorio.
- El equipo desarrollado no solo facilita la comprensión teórica de conceptos de automatización, sino que también permite a los estudiantes interactuar con tecnologías actuales como el PLC Siemens S7-300.
- Este proyecto fortalece la capacidad de los futuros ingenieros para enfrentar desafíos técnicos mediante la resolución de problemas reales en un entorno controlado.
- El diseño modular de la máquina permite futuras mejoras y adaptaciones, asegurando su utilidad a largo plazo y su posible replica en otras instituciones educativas.

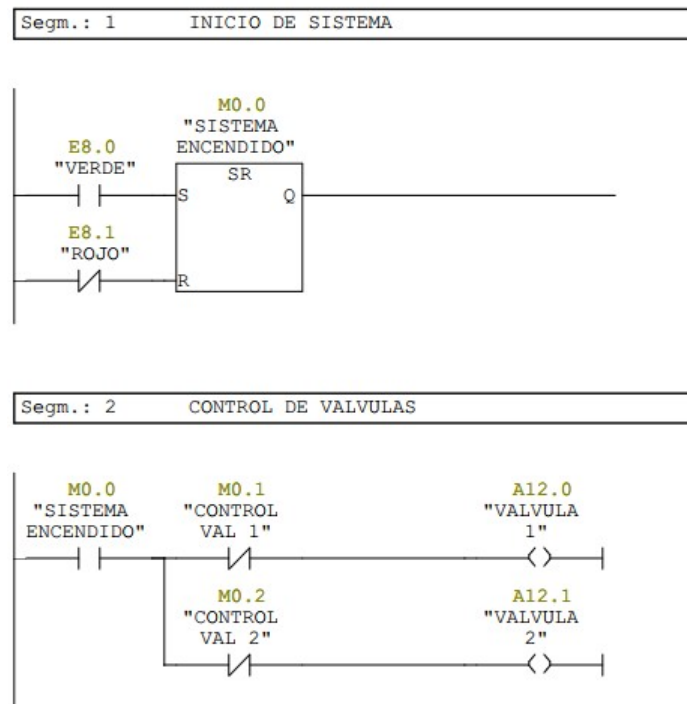
- Se recomienda considerar la incorporación de sensores con una mayor distancia de detección para optimizar la lectura de datos y la activación de procesos. Esto se debe a que el sensor capacitivo utilizado presenta una sensibilidad limitada, lo que generó dificultades en su correcto funcionamiento durante las pruebas.
- Implementar un plan de mantenimiento periódico para garantizar la longevidad y el óptimo funcionamiento de los componentes neumáticos y eléctricos.
- Se recomienda incorporar un PLC exclusivo para el funcionamiento de la máquina, ya que durante las pruebas surgieron dificultades al utilizar los PLC del laboratorio de automatización industrial.
- La estructura de la máquina presenta un diseño funcional, pero aún ofrece un amplio margen para futuras mejoras y optimizaciones.
- Incorporar mecanismos ajustables para guías de la banda transportadora y en la plataforma de soplado para acomodar botellas de diferentes tamaños y formas.

- [1] Nancy Alejandra Mazariegos Ortiz. “Diseño de máquina de limpieza de botellas para el laboratorio de autimatización industrial de la Universidad del Valle de Guatemala”. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala, 2021.
- [2] FESTO. *Estaciones MPS*. 2021. URL: https://www.festo.com/es/es/c/formacion-tecnica/sistemas-didacticos/automatizacion-de-fabricas-e-industria-4-0/modulo-de-fabrica-de-aprendizaje/flujo-de-una-sola-pieza/estaciones-mps-400-id_FDID_01_02_04_01_01/?page=0.
- [3] SMC. *FMS-200 - Sistema didáctico modular de ensamblaje flexible*. 2024. URL: <https://www.who.int/documento>.
- [4] SICMA21. *Automatización Industrial: qué es y por qué es tan importante*. 2021. URL: <https://www.sicma21.com/automatizacion-industrial-importancia-y-beneficios/>.
- [5] AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL 360. *¿Qué es la automatización industrial?* 2020. URL: <https://automatizacion%20industrial%20360.com/que-es/>.
- [6] Antonio Creus Solé. “Neumática e hidarulica”. Marcombo, 2012.
- [7] Antonio Guillén Salvador. “Introducción a la neumática”. Marcombo, 1993.
- [8] STRUCTURALIA. *Qué es un plc: una gran ventaja competitiva para la industria*. 2024. URL: <https://blog.structuralia.com/que-es-un-plc>.
- [9] OPIRON. *Lenguaje Ladder y conceptos fundamentales*. 2021. URL: <https://www.opiron.com/lenguaje-ladder-y-conceptos-fundamentales/>.
- [10] PETREL. *Perfiles de Aluminio con Ranura en T*. 2024. URL: <https://petrelaluminio.es/producto/perfiles-de-aluminio-con-ranura-en-t/>.
- [11] PETREL. *Perfiles de Aluminio con Ranura en v*. 2024. URL: <https://petrelaluminio.es/producto/perfiles-de-alumin%20io-con-ranura-en-t/>.
- [12] SICMA21. *¿Qué son los sensores industriales y que características tienen?* 2022. URL: <https://www.sicma21.com/automatizacion-industrial-importancia-y-beneficios/>.

13.1. Diagrama de bloques

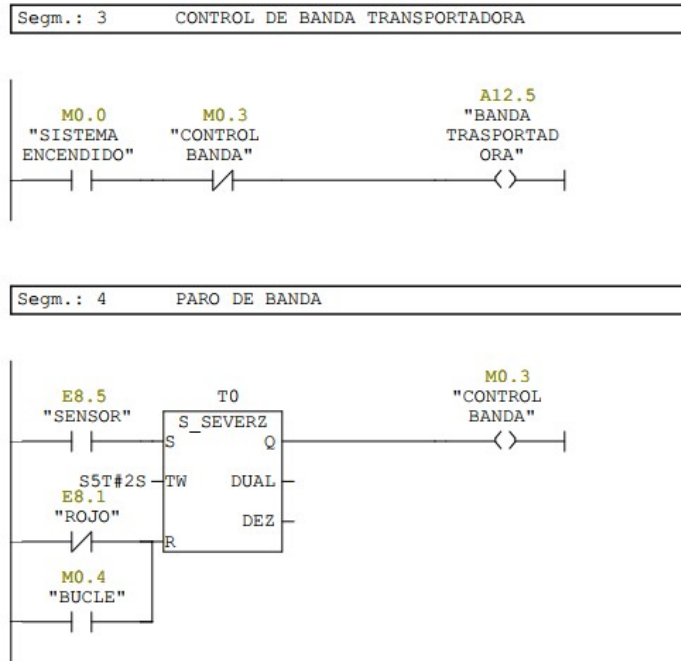
En los siguientes anexos se muestra la programación en diagramas de bloque para el funcionamiento de la máquina limpiadora de botellas.

Anexo 47.
Segmento 1 y 2.



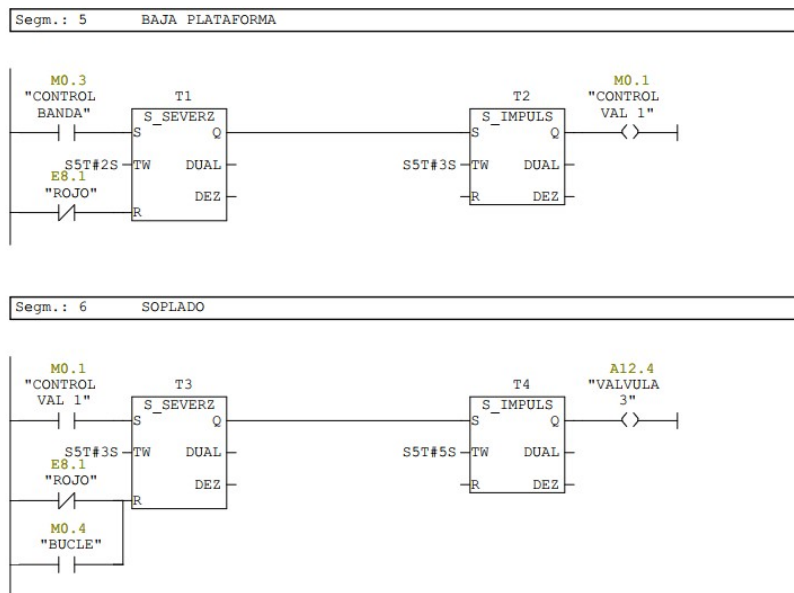
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 48.
 Segmento 3 y 4.



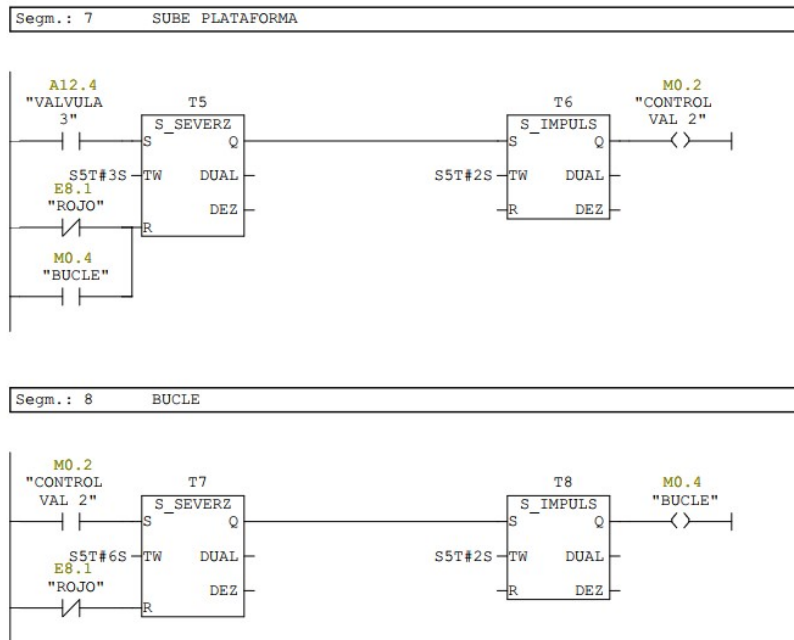
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 49.
 Segmento 5 y 6.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 50.
Segmento 7 y 8.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 51.
Lista de símbolos.

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de datos
	BANDA TRASPORTADORA	A 12.5	BOOL
	BUCLE	M 0.4	BOOL
	CONTROL BANDA	M 0.3	BOOL
	CONTROL VAL 1	M 0.1	BOOL
	CONTROL VAL 2	M 0.2	BOOL
	ROJO	E 8.1	BOOL
	SENSOR	E 8.5	BOOL
	SISTEMA ENCENDIDO	M 0.0	BOOL
	VALVULA 1	A 12.0	BOOL
	VALVULA 2	A 12.1	BOOL
	VALVULA 3	A 12.4	BOOL
	VERDE	E 8.0	BOOL

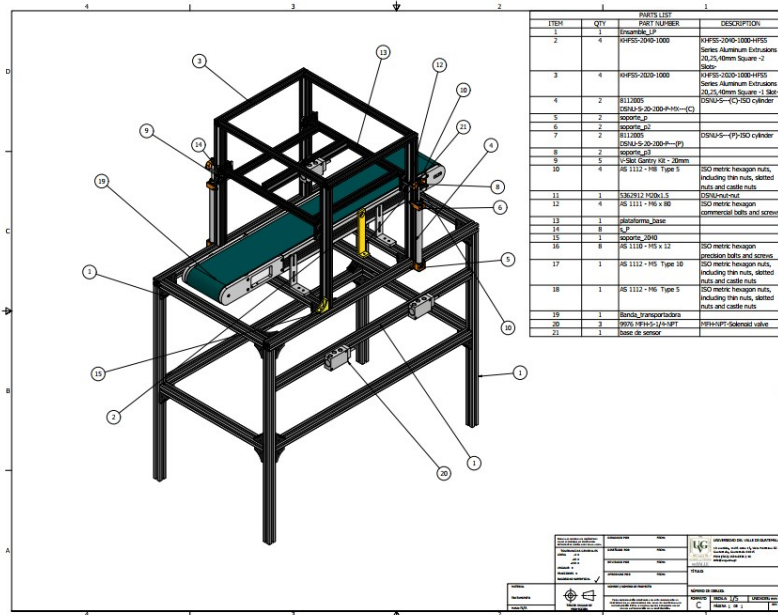
Fuente: Elaboración propia. Tabla de símbolos utilizados como etiquetas en el diagrama de bloques.

13.2. Planos principales

Planos de diseño para la construcción de la máquina limpiadora de botellas.

Anexo 52.

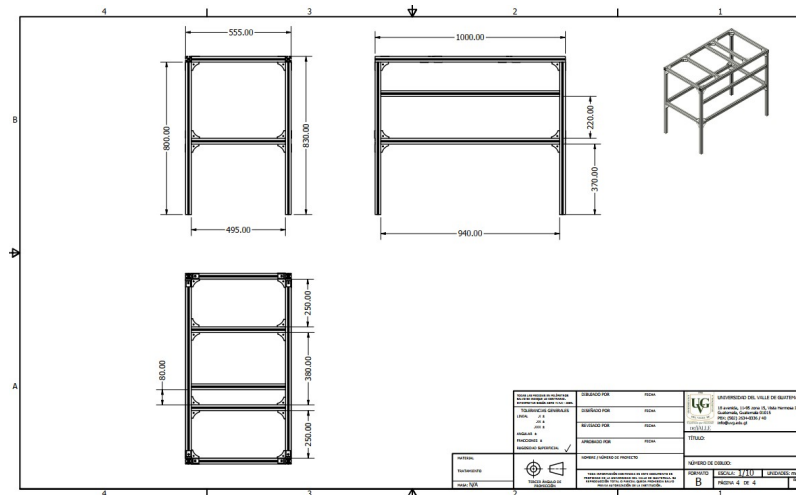
Plano general.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 53.

Plano de base o mesa.



Fuente: Elaboración propia.