



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MECANISMO DE GIRO PARA
GRABADO LÁSER DE CAJAS.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Alejandra Kildary Castillo Sandoval
Galo Alejandro Garzón Delgado
TUTOR: Ing. Tomás Santiago Gaviláñez Gamboa, MSc.

Guayaquil - Ecuador
2024 - 2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Alejandra Kildary Castillo Sandoval** con documento de identificación N° 0951805845 y **Galo Alejandro Garzón Delgado** con documento de identificación N° 0952252385; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Alejandra Kildary Castillo Sandoval
0951805845



Galo Alejandro Garzón Delgado
0952252385

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, **Alejandra Kildary Castillo Sandoval** con documento de identificación N° **0951805845** y **Galo Alejandro Garzón Delgado** con documento de identificación N° **0952252385**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: IMPLEMENTACIÓN DE UN MECANISMO DE GIRO PARA GRABADO LÁSER**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Alejandra Kildary Castillo Sandoval
0951805845



Galo Alejandro Garzón Delgado
0952252385

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Tomás Santiago Gavilánez Gamboa**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UN MECANISMO DE GIRO PARA GRABADO LÁSER**, realizado por **Alejandra Kildary Castillo Sandoval** con documento de identificación N° 0951805845 y por **Galo Alejandro Garzón Delgado** con documento de identificación N° 0952252385, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Ing. Tomás Santiago Gavilánez Gamboa, MSc.
1802792646

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padre, Jorge Enrique Castillo Armijos, quien con sus palabras siempre me recordó que “la educación no es un gasto, es una inversión”. Gracias, papá, por tu esfuerzo incansable, por creer en mí y por brindarme las oportunidades necesarias para alcanzar este sueño. Tu ejemplo de perseverancia ha sido una guía constante en mi vida.

A mi madre, Lourdes de las Mercedes Sandoval Cortez, por ser mi mayor apoyo emocional y por darme fuerzas en los momentos más difíciles. Mamá, tus palabras llenas de aliento y tu confianza inquebrantable en mis capacidades me impulsaron a superar cada obstáculo y a aspirar siempre a más.

A mi tío Changhua Lam, por tus sabios consejos y por estar siempre dispuesto a ayudarme. Tu apoyo ha sido invaluable, no solo durante este proceso, sino también como guía en mi desarrollo personal y académico.

A mi tía Blanca Sandoval, por tu cariño incondicional y tu constante presencia. Tus palabras de ánimo y tu apoyo siempre me recordaron que no estaba sola en este camino, y eso ha sido una fuente de fortaleza para mí.

A cada uno de ustedes, que con su amor, dedicación y apoyo han sido esenciales en este logro, dedico esta tesis con gratitud, admiración y profundo cariño.

Alejandra Kildary Castillo Sandoval

A mis padres, Galo Garzón y Mabel Delgado, por su amor incondicional y por estar siempre al pendiente de que nada me falte, guiándome con su ejemplo y sus consejos para que siga por el mejor camino. Su esfuerzo y sacrificio han sido mi mayor inspiración. A mis hermanas, Génesis y Daniela, por estar ahí en los momentos difíciles, sacándome una sonrisa cuando más lo necesitaba, incluso sin saberlo. Sus ocurrencias y compañía han sido un refugio en los días más complicados. A cada uno de mis familiares, quienes con sus palabras de aliento y muestras de cariño me han hecho sentir que soy un orgullo para ellos. Su apoyo ha sido un motor fundamental en esta etapa de mi vida. A mi pareja, Esther, por acompañarme en esta aventura, por creer en mí incluso cuando yo dudaba y por no dejar que me rinda. Su apoyo incondicional y paciencia han sido una luz en los momentos de mayor desafío. Y a mí mismo, por cada esfuerzo, por cada noche de desvelo, por no rendirme a pesar de los obstáculos y por seguir adelante con determinación hasta llegar a esta meta.

Galo Alejandro Garzón Delgado

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para alcanzar esta meta.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio, que han sido fundamentales en cada etapa de mi formación académica y personal.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

Al Ing. Tomás Gavilanez Gamboa, por su valiosa guía y orientación a lo largo de este proyecto, brindándome su apoyo en cada etapa del proceso.

Al Ing. Alberto Ramírez Farfán, por sus acertadas recomendaciones y la confianza depositada en mí para llevar a cabo este trabajo.

Finalmente, a mis compañeros, por su apoyo, colaboración y compañía durante este proceso, contribuyendo al aprendizaje mutuo y al crecimiento profesional.

Alejandra Kildary Castillo Sandoval

Agradezco a la Universidad por haber sido el espacio donde adquirí los conocimientos y experiencias que han moldeado mi formación profesional. Ha sido un lugar de crecimiento, retos y logros que marcarán mi vida.

A mis compañeros de universidad, quienes han estado presentes en cada semestre, compartiendo esfuerzos, risas y momentos de aprendizaje. Su apoyo moral, compañerismo y compromiso en cada trabajo en equipo han hecho que este camino sea más llevadero y enriquecedor.

A Dios, por haber guiado cada uno de mis pasos, dándome fuerzas en los momentos difíciles y permitiéndome alcanzar esta meta con esfuerzo y dedicación.

Al Ing. David Cortéz, por su valiosa ayuda al resolver mis dudas personales sobre la materia que impartió, brindándome claridad y una mejor comprensión de los temas. Su disposición y conocimientos han sido de gran utilidad en mi formación.

Al Ing. Tomás Gavilanez, por su seguimiento continuo, asegurándose de que nuestro trabajo alcance un alto nivel de excelencia. Su exigencia y compromiso han sido clave para nuestro crecimiento profesional.

Al Ing. Alberto Ramírez, por, de alguna manera, llenarme de conocimientos y por dedicar tiempo para recomendarme ciertas cosas que, justo en el momento indicado, fueron clave para encontrar respuestas a problemas que no lograba resolver. Sus aportes marcaron una gran diferencia en mi aprendizaje.

A todos los profesores de mi último semestre, quienes han demostrado grandes conocimientos en mi carrera y han sabido transmitirlos con dedicación y pasión. Su enseñanza ha dejado una huella en mi formación. A cada persona que, de una u otra manera, ha aportado a este logro, mi más sincero agradecimiento.

Galo Alejandro Garzón Delgado

I. RESUMEN

Este estudio se centra en el desarrollo e implementación de un mecanismo de giro para la orientación de cajas en múltiples caras, con el objetivo de optimizar la alineación del material dentro del proceso de producción. En la industria del grabado, la precisión y la repetibilidad son factores clave para garantizar la calidad del producto. Sin embargo, los métodos manuales de rotación generan inconsistencias, incrementan los tiempos de producción y elevan los costos operativos. Para abordar este problema, se propone un sistema automatizado capaz de girar las cajas de manera controlada y alinearlas con el proceso de grabado, mejorando la eficiencia y reduciendo la intervención humana.

El mecanismo desarrollado se basa en un sistema embebido que integra actuadores, sensores y controladores electrónicos para garantizar un funcionamiento preciso y sincronizado con la línea de producción. Se emplea un Arduino Mega como unidad de control principal, junto con cilindros neumáticos, electroválvulas y un servomotor, permitiendo sujetar, elevar y girar las cajas en ángulos predeterminados. Además, el sistema incorpora sensores que verifican la posición y alineación del material, asegurando un funcionamiento confiable. La integración con una banda transportadora permite una transición fluida entre el proceso de grabado y la orientación, optimizando el flujo de trabajo.

Para evaluar el desempeño del mecanismo, se realizaron pruebas experimentales bajo condiciones controladas, midiendo parámetros como el tiempo de ciclo, la precisión de giro y la estabilidad en la sujeción de las cajas. Los resultados demostraron que la automatización del proceso de orientación mejora significativamente la eficiencia operativa al reducir los tiempos de ajuste y eliminar errores causados por el manejo manual. Además, el sistema garantiza la repetibilidad del proceso sin comprometer la calidad del grabado, cumpliendo con los requisitos de producción establecidos.

En conclusión, la implementación del mecanismo de giro representa una solución efectiva para optimizar el grabado en múltiples caras, proporcionando mejoras en precisión, velocidad y reducción de costos. Este desarrollo sienta las bases para futuras optimizaciones en la automatización de procesos industriales similares, donde la orientación precisa del material es un factor crucial para garantizar la calidad y eficiencia en la producción. Además, la modularidad del sistema permite su adaptación a diferentes tipos de cajas y configuraciones de líneas de producción, ampliando su aplicabilidad en el sector manufacturero.

Palabras clave: Mecanismo de rotación, Orientación, Neumática, Corte laser.

II. ABSTRACT

This study focuses on the development and implementation of a rotation mechanism for multi-face box orientation, aiming to optimize material alignment within the production process. In the engraving industry, precision and repeatability are key factors in ensuring product quality. However, manual rotation methods generate inconsistencies, increase production times, and raise operational costs. To address this issue, an automated system is proposed, capable of rotating boxes in a controlled manner and aligning them with the engraving process, improving efficiency and reducing human intervention.

The developed mechanism is based on an embedded system that integrates actuators, sensors, and electronic controllers to ensure precise operation synchronized with the production line. An Arduino Mega is used as the main control unit, along with pneumatic cylinders, solenoid valves, and a servomotor, enabling the gripping, lifting, and rotation of boxes at predetermined angles. Additionally, the system includes sensors that verify the material's position and alignment, ensuring reliable operation. Integration with a conveyor belt allows for a smooth transition between the engraving and orientation processes, optimizing workflow.

To evaluate the mechanism's performance, experimental tests were conducted under controlled conditions, measuring parameters such as cycle time, rotation accuracy, and stability in box gripping. The results demonstrated that automating the orientation process significantly improves operational efficiency by reducing adjustment times and eliminating errors caused by manual handling. Furthermore, the system ensures process repeatability without compromising engraving quality, meeting the established production requirements.

In conclusion, the implementation of the rotation mechanism represents an effective solution for optimizing multi-face engraving, providing improvements in precision, speed, and cost reduction. This development lays the foundation for future optimizations in the automation of similar industrial processes, where precise material orientation is a crucial factor in ensuring production quality and efficiency. Additionally, the system's modularity allows it to be adapted to different types of boxes and production line configurations, expanding its applicability in the manufacturing sector.

Keywords: Rotation mechanism, Orientation, Pneumatics, Laser cutting.

ÍNDICE

I.	RESUMEN	7
II.	ABSTRACT	8
III.	INTRODUCCIÓN	1
IV.	PROBLEMA	2
V.	JUSTIFICACIÓN	3
VI.	OBJETIVOS	4
VI-A.	Objetivo general	4
VI-B.	Objetivos específicos	4
VII.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
VII-A.	Orientación de objetos en la producción.	6
VII-A1.	Manipulación de productos delicados en líneas de producción.	7
VII-A2.	Manipulación de cajas mayor tamaño.	8
VII-A3.	Máquina para reciclaje de vidrio en vasos.	9
VII-A4.	Volteador para el premontaje de la suspensión de un autobastidor.	11
VII-A5.	Elevador-volteador de contenedores en la industria cárnica.	11
VII-B.	Soluciones existentes en el mercado.	12
VII-B1.	Volteador electromanual EBT300.	12
VII-B2.	Maquina volteador de palets.	14
VII-B3.	Elevador volteador de bidones de 200lts.	15
VII-B4.	Volteador 1000 kg Logitrans ELFRA/SELFRA.	16
VII-B5.	FZS1200 Volteadora de pilas de papel.	17
VII-C.	Componentes.	18
VII-D.	Grabado laser.	19
VII-D1.	Principios del grabado láser.	19
VII-D2.	Aplicaciones grabado láser en la industria.	20
VII-D3.	Parámetros clave en el grabado láser.	21
VIII.	MARCO METODOLÓGICO	23
VIII-A.	Análisis.	24
VIII-B.	Diseño y simulación.	25
VIII-B1.	Diseño mecánico.	25
VIII-B2.	Diseño neumático.	30
VIII-C.	Sistema de control.	31
VIII-C1.	Diseño Electrónico.	31
VIII-C2.	Secuencia de operación del sistema automatizado	33
VIII-D.	Implementación.	35
IX.	RESULTADOS	38
X.	CRONOGRAMA	41
XI.	PRESUPUESTO	42
XII.	CONCLUSIÓN	43

XIII. RECOMENDACIONES	44
XIV. ANEXOS	47
XIV-A. Planos acotados con especificaciones de material y norma ISO.	47
XIV-B. Proceso de armado para el Mecanismo de giro.	59
XIV-C. Funcionamiento del circuito neumático.	65
XIV-D. Diseño 3D Renderizado	69

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Volteadores. [16]	5
2.	Sistemas para empaques delicados. [20]	8
3.	Transportador-volteador de cajas. [21]	9
4.	Sistema para corte botellas [22].	10
5.	Banco de trabajo para premontaje de suspensión. [23]	11
6.	Elevador-volteador de contenedores[24]	12
7.	Volteador electromanual EBT300. [25]	13
8.	Maquina volteador de palets [26]	15
9.	Elevador volteador de bidones de 200lts [27]	16
10.	Elevador volteador de bidones de 200lts [28]	17
11.	Volteador de pilas[29]	18
12.	Esquema de los componentes. Fuente: Autores [29]	19
13.	Grabado láser comercial. [30]	20
14.	Diseño mecánico grabadora Láser. [31]	21
15.	Corte láser de las cajas para grabado. [30]	22
16.	Etapas. Fuente: Autores	23
17.	Diagrama del mecanismo. Fuente: Autores	25
18.	Ensamble renderizado. Fuente: Autores	27
19.	Vista Explosionada del Mecanismo. Fuente: Autores	27
20.	Mallado de la Estructura. Fuente: Autores	28
21.	Análisis Von Mises. Fuente: Autores	29
22.	Circuito neumático del sistema. Fuente: Autores	30
23.	Diagrama de estados. Fuente: Autores	31
24.	Diagrama de Flujo de Funcionamiento. Fuente: Autores	32
25.	Control de Encendido General. Fuente: Autores	33
26.	Encendido de Banda. Fuente: Autores	33
27.	Inicio de Grabado. Fuente: Autores	34
28.	Señal de Giro. Fuente: Autores	34
29.	HMI del sistema. Fuente: Autores	35
30.	Lijado de Estructura. Fuente: Autores	35
31.	Pintando de Estructura. Fuente: Autores	36
32.	Ensamblaje de Estructura. Fuente: Autores	36
33.	Instalando el Mecanismo en Banda Transportadora. Fuente: Autores	37
34.	Implementación del mecanismo. Fuente: Autores	38
35.	Cronograma. Elaborado por autores	41
36.	Unión de la Prensa. Fuente: Autores.	59
37.	Proceso de Lijado de Piezas. Fuente: Autores.	59
38.	Pintado de Piezas para Estructura. Fuente: Autores.	60
39.	Caja Cortada con Láser para Volteo. Fuente: Autores.	60
40.	Pruebas de Sujeción del Cilindro Neumático. Fuente: Autores.	61
41.	Impresión 3D de Disco para Sujetar. Fuente: Autores.	61
42.	Armado del Mecanismo. Fuente: Autores.	62
43.	Pruebas de Ajuste a la Banda. Fuente: Autores.	62
44.	Instalación en la Banda. Fuente: Autores.	63
45.	Unidad de Distribución Electroneumática. Fuente: Autores.	63
46.	Estructura Implementada. Fuente: Autores.	64
47.	Circuito Neumático sin accionar. Fuente: Autores.	65
48.	Accionamiento de Cilindro S1. Fuente: Autores.	66
49.	Accionamiento de Cilindros LIFT S2. Fuente: Autores.	67

50. Diagrama del sistema Eléctrico, funcionamiento. Fuente: Autores. 68

51. Ensamble Final Renderizado. Fuente: Autores. 69

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Parámetros del grabado láser.	22
II.	Tabla comparativa de los volteadores existentes	24
III.	Comparación de tiempos entre persona y mecanismo	39
IV.	Presupuesto	42

III. INTRODUCCIÓN

En los procesos industriales que requieren la manipulación y orientación de objetos, la automatización juega un papel fundamental en la mejora de la eficiencia y precisión. La orientación adecuada de los materiales es un factor clave en líneas de producción donde se requiere posicionar las piezas de manera uniforme para su posterior procesamiento. Sin embargo, en muchos casos, este procedimiento sigue dependiendo de la intervención manual, lo que puede generar variabilidad en la calidad del producto final y afectar los tiempos de producción.

El desarrollo de un mecanismo de giro automatizado representa una solución para optimizar la orientación de objetos en entornos industriales. Mediante la integración de sensores, actuadores y un sistema de control embebido, es posible garantizar una rotación precisa y controlada, reduciendo la necesidad de ajustes manuales y asegurando una mayor consistencia en el proceso. Este tipo de mecanismos no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también minimizan el desgaste mecánico al distribuir mejor las cargas y movimientos.

Para el diseño de este mecanismo, es esencial considerar factores como la estabilidad estructural, la precisión del giro y la sincronización con otros elementos del sistema. La selección adecuada de materiales y componentes permitirá obtener un funcionamiento óptimo, reduciendo vibraciones y garantizando un control preciso del movimiento. Además, es fundamental desarrollar estrategias de control que permitan ajustar la velocidad y el ángulo de giro de manera adaptable a diferentes condiciones de operación.

En este estudio se abordará el diseño, implementación y evaluación de un mecanismo de giro automatizado, analizando su desempeño en términos de precisión, estabilidad y eficiencia. Se presentarán las bases teóricas que sustentan su desarrollo, así como las pruebas experimentales realizadas para validar su funcionamiento. Finalmente, se expondrán las conclusiones y recomendaciones que permitirán futuras mejoras en su aplicación industrial.

IV. PROBLEMA

En el contexto de la creciente competitividad y la globalización de los mercados, las empresas se ven obligadas a mejorar continuamente sus procesos productivos para mantener su posición y expandirse en un entorno dinámico y exigente [1]. La automatización surge aquí como una estrategia esencial, pues no solo incrementa la eficiencia y la productividad, sino que también reduce los costos y permite adaptar los procesos de manera flexible y precisa. Un claro ejemplo de esta automatización se observa en las líneas de producción, donde las bandas transportadoras, combinadas con diversos mecanismos y máquinas especializadas, permiten convertir materias primas en productos terminados [2]. Dentro de este proceso, resulta fundamental contar con dispositivos capaces de orientar adecuadamente los productos antes de su entrada en las máquinas que realizarán tareas específicas, como etiquetado o grabado, en las que es necesario un posicionamiento preciso para lograr uniformidad y calidad en el acabado final [3].

La falta de un sistema automático que permita orientar la materia prima con precisión en múltiples posiciones representa una de las principales limitaciones para alcanzar una producción eficiente en las líneas automatizadas [4]. Actualmente, los métodos manuales y algunos mecanismos de volteo parcial, aunque funcionales, suelen ralentizar considerablemente las operaciones al requerir intervenciones constantes de los operarios o ajustes en los procesos [5]. Esto genera cuellos de botella que afectan directamente la velocidad de producción y el flujo continuo de trabajo, especialmente en tareas que demandan alta precisión, como el grabado láser en múltiples caras [6].

La orientación manual de la materia prima representa una carga operativa importante, dado que no solo demanda personal adicional, sino que introduce variabilidad en los procesos de producción. Esta intervención humana puede afectar la precisión y consistencia de la orientación de cada pieza, generando desviaciones en la calidad final del producto [7]. En grandes empresas, la intervención manual se evita siempre que es posible debido a riesgos potenciales para el personal y la necesidad de aumentar la velocidad y eficiencia en la línea de producción [8]. La implementación de un sistema automatizado capaz de orientar las cajas de manera precisa y repetitiva reduciría la dependencia de la intervención humana, minimizando los riesgos de accidentes y optimizando la confiabilidad del proceso.

La necesidad de sistemas de volteo en espacios reducidos representa un desafío para la optimización de líneas de producción en industrias con limitaciones de espacio [9]. Los módulos de volteo tradicionales, que suelen girar las cajas horizontalmente, requieren un área significativa para su operación, lo que dificulta su implementación en plantas donde el espacio es limitado [10]. Además, estos sistemas comunes no siempre permiten posicionar la caja con la precisión necesaria para procesos posteriores que dependen de una orientación específica. La falta de una alternativa de volteo vertical en espacios compactos limita la capacidad de mejorar la eficiencia y la disposición del equipo en la línea de producción, incrementando los costos operativos y dificultando la automatización en áreas de espacio restringido [11].

V. JUSTIFICACIÓN

La automatización ha transformado diversos sectores industriales al incrementar la productividad, reducir costos operativos y mejorar la calidad de los productos [12]. Industrias como la automotriz, alimentaria y de bienes de consumo han adoptado soluciones automatizadas que optimizan procesos específicos, como ensamblaje, etiquetado, y embalaje, donde la reorientación de la materia prima desempeña un papel crítico para garantizar precisión y consistencia [1]. Este tipo de reorientación es clave en procesos como el etiquetado de botellas, el montaje de componentes electrónicos y, especialmente, en tareas de alta precisión como el grabado láser, donde la orientación adecuada de la materia prima impacta directamente la calidad del resultado final [3].

En el caso del grabado láser, la falta de un sistema eficiente de orientación afecta la fluidez de la línea de producción y genera inconsistencias en la calidad del grabado. Los métodos manuales o sistemas tradicionales de volteo horizontal requieren mayores espacios y tienden a ralentizar el flujo de trabajo, además de incrementar los costos operativos debido a la necesidad de intervención humana constante [4]. Esto genera cuellos de botella en la línea de producción y dificulta la capacidad de competir en mercados globales que demandan productos personalizados, de alta calidad y entregados en menor tiempo.

Implementar un mecanismo automatizado que integre sensores, actuadores y un sistema embebido para reorientar cajas ofrece múltiples ventajas. Por un lado, mejora la eficiencia al reducir los tiempos de producción y los costos asociados a la intervención manual. Por otro, garantiza una calidad uniforme en el grabado láser, lo que eleva la satisfacción del cliente al recibir productos consistentes y de alta calidad [13].

Desde un enfoque espacial y operativo, el sistema propuesto optimiza el uso de espacio en la planta, superando las limitaciones de los módulos de volteo tradicionales que dependen de la gravedad y requieren amplias áreas para su operación [9]. Este nuevo mecanismo, al realizar el giro en el mismo lugar, utiliza un diseño compacto que resulta especialmente beneficioso en plantas con restricciones de espacio, manteniendo la precisión necesaria para procesos posteriores.

Además, la implementación de un mecanismo de orientación automatizado posiciona a las empresas en la vanguardia tecnológica, fortaleciendo su capacidad para cumplir con estándares internacionales y competir en mercados globales. La automatización de este tipo de procesos no solo reduce costos y mejora la calidad, sino que también promueve la sostenibilidad al minimizar desperdicios y optimizar recursos [14]. Esto permite a las empresas redistribuir recursos hacia otras áreas críticas de la producción, incrementando su competitividad en un entorno industrial dinámico y exigente.

Por lo tanto, el mecanismo de giro propuesto no solo representa una solución técnica para el grabado láser en múltiples caras, sino que también se alinea con las necesidades más amplias de la industria, promoviendo eficiencia, innovación y sostenibilidad en el contexto de una producción moderna y globalizada.

VI. OBJETIVOS

VI-A. *Objetivo general*

Implementar de un mecanismo de giro para grabado láser de cajas controlado por un sistema embebido.

VI-B. *Objetivos específicos*

1. Diseñar un mecanismo de giro para cajas utilizando software CAD, considerando dimensión de 7cm por lado.
2. Implementar un sistema de control integrando sensores y actuadores a un sistema embebido para el mecanismo de giro.
3. Validar el funcionamiento del sistema considerando el tiempo del proceso de grabado laser.

VII. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En sus inicios, la orientación de objetos no fue un tema ampliamente abordado en los sistemas automatizados debido a las limitaciones tecnológicas y al enfoque centrado principalmente en la velocidad de producción. Las industrias priorizaban la fabricación en masa sin dar mucha importancia a la disposición precisa de los materiales como se muestra en la Figura 1. Sin embargo, con el crecimiento de la demanda por productos personalizados y de alta calidad, las empresas comenzaron a reconocer la importancia de optimizar la disposición y orientación de los materiales para mejorar la eficiencia de los procesos productivos. El desarrollo de mecanismos automatizados permitió una mayor precisión y rapidez en la manipulación de objetos, lo que sentó las bases de lo que hoy conocemos como orientación de objetos en líneas de producción automatizadas. Esta evolución estuvo estrechamente ligada a los avances en la automatización industrial, como el diseño de robots manipuladores, sensores avanzados y controladores programables, que permitieron integrar soluciones cada vez más complejas y adaptables a diferentes industrias [15].



Figura 1. Volteadores. [16]

Los sistemas tradicionales de orientación enfrentan múltiples desafíos que dificultan su aplicación eficiente en entornos industriales modernos. Uno de los problemas más críticos es la falta de precisión en la disposición de los objetos, lo que puede llevar a errores acumulativos en las etapas posteriores de producción [9]. Además, muchos de estos sistemas requieren una intervención humana constante para corregir fallos, lo que incrementa los costos operativos y reduce la productividad. Otro problema significativo es el alto consumo de espacio, especialmente en sistemas de volteo horizontal, que no son viables en instalaciones donde el espacio es limitado. Por último, los sistemas manuales de orientación no solo aumentan los riesgos de accidentes laborales, sino que también generan una alta variabilidad en la calidad de los productos, afectando la repetibilidad y consistencia en los procesos.

VII-A. *Orientación de objetos en la producción.*

La orientación de objetos en procesos productivos es una etapa clave dentro de las líneas de producción automatizadas, porque asegura que los productos se posicionen correctamente para operaciones posteriores como etiquetado, inspección, ensamblaje o embalaje. La adecuada orientación no solo garantiza la calidad del producto final, sino que también mejora la eficiencia operativa al reducir tiempos de manipulación y minimizar errores. En un entorno industrial donde la diversidad de productos, tamaños y formas es cada vez mayor, los sistemas de orientación han evolucionado para adaptarse a estas demandas. Desde mecanismos simples para reposicionar piezas individuales hasta sistemas complejos capaces de manejar múltiples tipos de productos simultáneamente, la orientación automatizada juega un rol fundamental en la flexibilidad y la adaptabilidad de las líneas de producción modernas. Los sistemas robóticos, por su parte, representan la solución más avanzada y versátil, al permitir una orientación precisa y rápida de materiales en diferentes configuraciones, aunque con un costo inicial significativamente más alto [17].

La colocación precisa de objetos en una línea de producción tiene un impacto directo y significativo en la eficiencia general del proceso de producción. El efecto se manifiesta en una reducción del tiempo de inactividad, una mejor calidad del producto, una optimización de los recursos y una reducción de los costos operativos. La automatización de estos procesos mejora la consistencia y la velocidad, que son elementos clave para aumentar la productividad en industrias de alta demanda. Al implementar un sistema automatizado de determinación de rutas, el tiempo de inactividad se redujo significativamente. Los sistemas de control manual dependen de la intervención humana para alinear y mover objetos, lo cual es lento y propenso a errores [18]. Con la automatización, los objetos se pueden mover rápidamente sin tener que detener la producción, lo que reduce el tiempo perdido y garantiza un flujo de trabajo continuo. Además, los sistemas automatizados pueden adaptarse instantáneamente a las condiciones cambiantes de la línea de producción, proporcionando mayor flexibilidad y eficiencia. La precisión direccional también mejora la calidad del producto final. En muchos procesos, como el grabado láser o el ensamblaje de piezas, una mala alineación puede provocar defectos. El sistema automatizado garantiza que cada objeto esté correctamente alineado antes de que continúe el proceso, lo que reduce los errores y mejora la consistencia del producto. Esto no sólo mejora la calidad, sino que también reduce el tiempo de posprocesamiento y el desperdicio, que son esenciales para una producción eficiente.

La orientación precisa de los objetos también juega un papel crucial en la optimización de los recursos utilizados en la línea de producción. Cuando los objetos están correctamente alineados, se minimizan los ajustes necesarios en etapas posteriores del proceso, lo que a su vez reduce el desgaste de las herramientas y equipos [10]. Esto se traduce en un menor mantenimiento y una mayor vida útil de los componentes, disminuyendo los costos asociados al reemplazo y reparación. Además, un flujo continuo sin interrupciones permite utilizar al máximo la capacidad instalada, evitando cuellos de botella que puedan ralentizar la producción. Otro aspecto fundamental es la capacidad de los sistemas automatizados para manejar una mayor variedad de objetos en un mismo entorno de producción. En industrias donde la personalización y la variabilidad de los productos son esenciales, como la fabricación de bienes de consumo o la industria alimenticia, los sistemas de orientación automatizados pueden ajustarse rápidamente para adaptarse a diferentes tamaños, formas y materiales. Esto no sólo mejora la flexibilidad operativa, sino que también permite a las empresas responder más rápidamente a las demandas del mercado sin comprometer la eficiencia [19].

La implementación de volteadores automatizados en las líneas de producción ha revolucionado la forma en que las empresas manejan y procesan los objetos. Estos mecanismos no solo ofrecen precisión en la orientación, sino que también aseguran que el flujo de materiales sea continuo y sin interrupciones, lo que resulta fundamental en industrias con altos volúmenes de producción. Por ejemplo, en el sector del grabado láser, la orientación precisa de las cajas permite un grabado uniforme en múltiples caras, mejorando la estética y funcionalidad del producto final. Este tipo de automatización es esencial en entornos donde la repetibilidad y la calidad son factores críticos para mantener la competitividad. Además de los beneficios operativos, los sistemas de orientación automatizados contribuyen a la sostenibilidad de los procesos industriales. Al reducir el desperdicio de materiales causado por

errores de alineación, se optimiza el uso de recursos y se disminuye el impacto ambiental. Este enfoque no solo favorece el cumplimiento de normativas ambientales cada vez más estrictas, sino que también refuerza el compromiso de las empresas con prácticas responsables y sostenibles [16].

Los volteadores son mecanismos esenciales en diversas industrias para orientar objetos de manera eficiente en procesos automatizados. Cada tipo de volteador tiene características específicas que se adaptan a distintas aplicaciones, cargas y tamaños de productos. A continuación, se describen cinco aplicaciones concretas de volteadores, cada una con un diseño y función particular que responde a necesidades específicas: desde la orientación de productos pequeños en líneas de alta velocidad, hasta el manejo de objetos grandes y pesados en entornos industriales. Estos sistemas no solo optimizan la operación, sino que también aportan flexibilidad al permitir la manipulación de una mayor variedad de objetos en un mismo entorno de producción. En sectores donde la personalización y la variabilidad de los productos son esenciales, como la industria alimenticia y la fabricación de bienes de consumo, los volteadores automatizados se ajustan rápidamente a diferentes tamaños, formas y materiales. Esto mejora significativamente la eficiencia operativa y permite responder de manera ágil a las demandas del mercado sin comprometer la calidad del producto.

VII-A1. Manipulación de productos delicados en líneas de producción.: En las líneas de producción de productos delicados, como las toallitas húmedas, es fundamental garantizar su integridad durante cada etapa del proceso. Esto incluye operaciones clave como el rotado y el descenso controlado de los productos, las cuales deben realizarse sin causar daños. Para ello, se requiere un sistema diseñado específicamente para manejar este tipo de materiales con precisión y cuidado, asegurando que cumplan con los estándares de calidad exigidos. El sistema diseñado integra un mecanismo de elevación que ajusta la altura del producto, acompañado de una plataforma giratoria que permite rotarlo con precisión según las necesidades del proceso. Este diseño asegura que los productos mantengan su integridad durante el cambio de orientación, incluso bajo condiciones de alta velocidad, minimizando el riesgo de daños y defectos.

La selección de los componentes mecánicos del sistema se basa en una evaluación rigurosa de parámetros como costo, movilidad y peso. Cada elemento ha sido diseñado para soportar las cargas asociadas al transporte y manipulación de productos, lo que garantiza un flujo continuo y controlado. Este enfoque asegura un balance óptimo entre funcionalidad y durabilidad, reduciendo los costos operativos sin comprometer el rendimiento. El sistema incluye mecanismos de transferencia lateral y combinadores que mejoran la precisión del manejo. Los empujadores desplazan los productos de manera exacta entre líneas paralelas o perpendiculares, asegurando una alineación perfecta para procesos posteriores como el etiquetado o el embalaje. Asimismo, los combinadores consolidan múltiples líneas en una sola fila, maximizando la eficiencia operativa y garantizando un flujo continuo en entornos de alta velocidad.

Además, la integración de desviadores y carriles telescópicos permite adaptar el flujo de los productos según las características del material y los requerimientos del proceso. Esto otorga al sistema una gran flexibilidad, haciendo posible el manejo de diferentes productos con un solo equipo y reduciendo los tiempos de configuración. El sistema incorpora un diseño de control eléctrico avanzado que garantiza el funcionamiento sincronizado de todas las etapas se pueden evidenciar en la Figura 2. Acompañado de medidas de seguridad como paros de emergencia y protecciones específicas. Esto asegura tanto la integridad del equipo como la seguridad de los operarios durante su operación. Este sistema de manipulación está diseñado para abordar los retos asociados al manejo de productos delicados. Su capacidad para realizar rotaciones y descensos precisos sin dañar los productos, junto con su diseño modular y eficiente, lo convierte en una solución integral para optimizar la calidad y eficiencia en líneas de producción automatizadas [20].



Figura 2. Sistemas para empaques delicados. [20]

VII-A2. Manipulación de cajas mayor tamaño.: El diseño de un transportador-volteador adaptado para cajas grandes es una solución innovadora que aborda las necesidades específicas de orientación precisa en líneas de producción. Este sistema utiliza una parrilla robusta que, mediante un movimiento de elevación y rotación, permite voltear las cajas de forma controlada y sin causar interferencias en su radio de acción tal y como se ilustra en la Figura 3. La integración de este mecanismo está orientada a manejar productos de mayor tamaño y peso, garantizando un cambio de orientación suave y eficiente. El sistema se basa en un movimiento vertical de la parrilla, accionado por cilindros neumáticos. Este enfoque elimina elementos no lineales que puedan generar pérdidas de rendimiento en transformaciones innecesarias. Los cilindros neumáticos permiten un empuje controlado en el ascenso y un descenso seguro, gestionado mediante válvulas estranguladoras de caudal que ajustan la velocidad según las necesidades del proceso. Esto asegura una sincronización perfecta entre los cilindros, logrando una elevación uniforme en todos los extremos de la parrilla.

Aunque los accionamientos hidráulicos podrían ofrecer una mayor capacidad de carga, se descartaron debido al incremento de costos asociados con la instalación de una central hidráulica, algo no disponible en muchas empresas del sector. La elección de dos cilindros neumáticos cuidadosamente calculados proporciona la fuerza necesaria para el movimiento de la parrilla, reduciendo el costo total de la solución sin comprometer su funcionalidad. Un aspecto destacado del diseño es su capacidad modular, que facilita tanto la instalación como el mantenimiento. La parrilla y los cilindros se integran de manera que pueden adaptarse fácilmente a diferentes tamaños de cajas, ofreciendo una flexibilidad única en comparación con sistemas más complejos, como los basados en ventosas. Esto permite manejar una amplia variedad de productos sin necesidad de realizar ajustes significativos, convirtiéndolo en una solución ideal para líneas de producción que manejan volúmenes y tamaños variables. La configuración simplificada del transportador-volteador también reduce significativamente los tiempos de montaje. Al emplear un número limitado de componentes estándar, se agiliza la instalación y se minimizan los periodos de inactividad en las líneas de producción.

Sin embargo, debido a las dimensiones y la robustez necesarias para manejar cajas de gran tamaño y peso, la estructura del transportador-volteador resulta considerablemente grande. Este factor aumenta los costos iniciales de fabricación y montaje, así como el espacio requerido en la planta de producción. Además, la necesidad de reforzar los materiales y los puntos de apoyo para soportar las cargas dinámicas durante el volteo incrementa el peso total del sistema, lo que podría complicar su reubicación o integración en espacios reducidos. La complejidad mecánica también se traduce en un mayor número de puntos de inspección y mantenimiento. Aunque el uso de componentes

neumáticos estándar simplifica el suministro de repuestos, la escala del sistema puede dificultar las reparaciones en caso de fallos en zonas críticas, como los cilindros o los mecanismos de articulación. Esto subraya la importancia de implementar un programa de mantenimiento preventivo que asegure el funcionamiento continuo del sistema y evite tiempos de inactividad no planificados.

En mi opinión, el diseño de este transportador-volteador, aunque ambicioso y funcional, requiere un análisis cuidadoso de su costo-beneficio en comparación con otras soluciones más compactas. Si bien su capacidad para manejar cajas de gran tamaño y peso lo convierte en una herramienta valiosa para ciertas aplicaciones, su implementación debe estar justificada por las necesidades específicas de la línea de producción. Esto asegura que el retorno de la inversión sea viable y que los recursos destinados al proyecto se aprovechen de manera óptima [21].

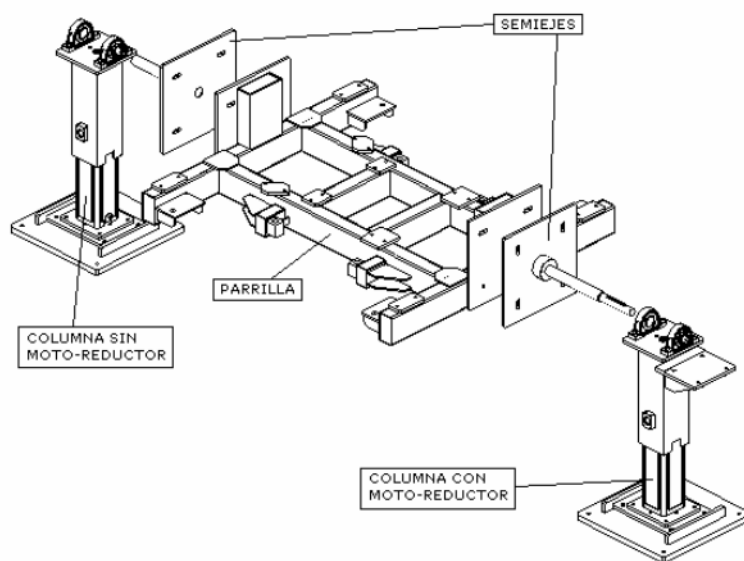


Figura 3. Transportador-volteador de cajas. [21]

VII-A3. Máquina para reciclaje de vidrio en vasos.: El reciclaje de botellas de vidrio para producir vasos personalizados requiere un sistema que asegure una manipulación delicada y precisa del material. En este caso, la máquina cuenta con una garra diseñada específicamente para sujetar firmemente las botellas sin dañarlas, considerando la fragilidad inherente del vidrio. Esta garra, fabricada con materiales resistentes y recubiertos de superficies suaves, garantiza que las botellas permanezcan estables durante todo el proceso de volteo, evitando cualquier posibilidad de ruptura o deslizamiento. El mecanismo de volteo con garra permite rotar las botellas con gran precisión como se muestra en la Figura 4, logrando una orientación adecuada que facilita las etapas posteriores del proceso, como el corte, el pulido y la decoración. Gracias a su diseño eficiente, el sistema acelera la operación al eliminar tiempos muertos causados por ajustes manuales o errores en la orientación. Esto no solo mejora la productividad, sino que también contribuye a mantener la calidad uniforme en los vasos reciclados.

La implementación de este tipo de garra asegura un manejo seguro del vidrio mientras se optimizan los recursos. La capacidad de sostener las botellas sin ejercer una presión excesiva permite reducir el riesgo de desperdicio por roturas, maximizando así el aprovechamiento del material reciclado. Además, el movimiento ágil y sincronizado de la garra minimiza los tiempos de ciclo en la línea de producción, lo que la convierte en una solución ideal para procesos industriales que requieren alta eficiencia y precisión. En resumen, el uso de una garra especializada para manipular botellas de vidrio redefine la eficiencia del reciclaje en la producción de vasos personalizados. Este enfoque no solo mejora la calidad del producto final, sino que también fomenta prácticas sostenibles al aprovechar

al máximo los materiales reciclables sin generar residuos adicionales por roturas o pérdidas [22].

Otro aspecto destacado de esta garra especializada es su capacidad para adaptarse a diferentes tamaños y formas de botellas, lo que amplía la versatilidad del sistema. Gracias a un diseño ajustable, la garra puede sujetar con firmeza botellas de diversas dimensiones sin necesidad de cambios complejos en la máquina. Esto es especialmente útil en procesos de reciclaje donde la materia prima puede variar considerablemente. Al garantizar una sujeción eficiente y segura en cada operación, se logra mantener la continuidad del flujo de trabajo, reduciendo interrupciones y maximizando la productividad en líneas de producción que manejan altos volúmenes de material reciclado.

Este proceso está diseñado exclusivamente para botellas de vidrio, ya que la garra especializada ha sido concebida para manejar este tipo de material de manera óptima. Su diseño específico garantiza una sujeción firme y segura, adaptándose a la forma cilíndrica y delicada de las botellas. Aunque no es adecuado para otros tipos de objetos o materiales, esta especialización asegura que cada botella sea manipulada con precisión y sin riesgos de daño. Este enfoque exclusivo permite optimizar el rendimiento de la máquina, enfocándose en un único tipo de material y proceso, lo que incrementa la calidad del producto final [22].

A pesar de su capacidad limitada a botellas, el sistema destaca por su diseño compacto, que no ocupa un espacio excesivo en la línea de producción. Este tamaño reducido permite que el proceso de reciclaje se integre fácilmente en entornos industriales donde el espacio es un recurso valioso. Además, al centrarse en botellas pequeñas y medianas, el mecanismo logra un equilibrio entre funcionalidad y eficiencia, acelerando el flujo de trabajo y permitiendo una operación ágil y consistente. Esta característica lo convierte en una solución ideal para procesos que requieren manejar grandes volúmenes de botellas sin comprometer la organización del espacio disponible.

En mi opinión, este tipo de sistema representa un avance significativo en los procesos de reciclaje, no solo por su enfoque en la eficiencia y precisión, sino también por su capacidad de adaptarse a entornos industriales con limitaciones de espacio. Aunque está diseñado específicamente para botellas de vidrio, su especialización permite optimizar cada etapa del reciclaje, maximizando el aprovechamiento del material y minimizando los desperdicios. Es un claro ejemplo de cómo la ingeniería puede ofrecer soluciones sostenibles y altamente funcionales para problemas específicos.

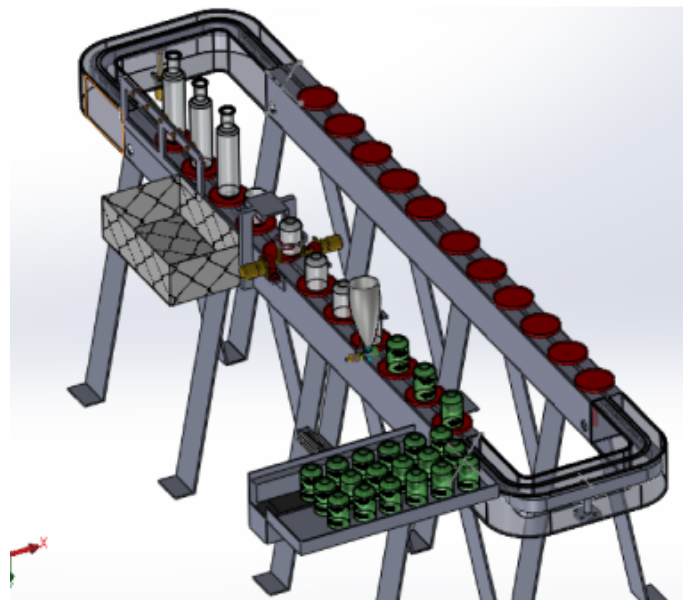


Figura 4. Sistema para corte botellas [22].

VII-A4. Volteador para el premontaje de la suspensión de un autobastidor.: El diseño de un banco de trabajo volteador para el premontaje de suspensiones en autobastidores representa un avance significativo en la orientación de objetos dentro de procesos industriales. Este sistema permite rotar el conjunto hasta 180° para facilitar el montaje de componentes críticos, como abarcones y bigotes, con un par de apriete controlado. La máquina se compone de dos subsistemas principales: uno de elevación y otro de volteo. El sistema de elevación utiliza cilindros neumáticos que aseguran un movimiento vertical constante y sincronizado, optimizando la ergonomía y reduciendo el esfuerzo físico de los operarios. Este diseño permite ajustar la altura de trabajo según las necesidades del proceso, garantizando accesibilidad y seguridad [23].

El sistema de volteo incluye una parrilla giratoria donde se fijan los componentes de la suspensión tal y como se muestra en la Figura 5. Este mecanismo, accionado por un motoreductor, asegura un giro preciso y estable, incluso bajo cargas de trabajo intensas. La parrilla está diseñada para soportar los esfuerzos mecánicos asociados con el volteo, asegurando la durabilidad y confiabilidad del equipo. Uno de los desafíos del diseño fue balancear la altura necesaria para el giro de la parrilla con las limitaciones ergonómicas. Para resolverlo, se incorporó el sistema de elevación, que permite un ajuste continuo de la altura de trabajo sin comprometer la comodidad de los operarios ni la eficiencia del proceso [23].

Además de cumplir con los requisitos técnicos, el diseño considera factores económicos y medioambientales. Se seleccionaron componentes normalizados y de bajo costo, lo que reduce el impacto económico y simplifica el mantenimiento. Asimismo, la utilización de cilindros neumáticos minimiza las emisiones y el consumo de energía. En síntesis, este banco de trabajo no solo mejora la orientación de objetos durante el premontaje de suspensiones, sino que también establece un estándar más seguro, ergonómico y eficiente para procesos similares en la industria automotriz.



Figura 5. Banco de trabajo para premontaje de suspensión. [23]

VII-A5. Elevador-volteador de contenedores en la industria cárnica.: La industria cárnica enfrenta desafíos únicos en la orientación de contenedores de materia prima, especialmente debido al peso significativo de los carros contenedores, que pueden alcanzar hasta 250 kg. Un elevador-volteador especialmente diseñado resuelve estos problemas al combinar mecanismos de elevación y volteo en un solo sistema eficiente como se evidencia en la Figura 6. El diseño utiliza brazos de agarre fabricados en AISI-304, un material resistente a la corrosión que asegura la durabilidad en entornos exigentes. Estos brazos están conectados a un sistema pivotante que permite girar los contenedores con precisión, minimizando el esfuerzo físico de los operarios y reduciendo el riesgo de lesiones. El sistema de elevación utiliza cilindros hidráulicos o neumáticos que proporcionan un movimiento uniforme y estable. La elección entre estos dos tipos de accionamiento depende de las necesidades específicas del cliente, como

velocidad, carga y costo. Sin embargo, el diseño prioriza componentes neumáticos para garantizar un mantenimiento más sencillo y un menor impacto ambiental [24].

El mecanismo de volteo está optimizado para manejar diferentes tipos de contenedores sin necesidad de ajustes significativos. Esto lo convierte en una solución versátil y adaptable a las necesidades cambiantes de la industria. Además, la estructura compacta del sistema permite su integración en áreas de trabajo con espacio limitado, mejorando la eficiencia operativa. Otro aspecto importante del diseño es la ergonomía. Al eliminar la necesidad de manipulación manual durante el proceso de volteo, se reduce significativamente el esfuerzo físico requerido por los operarios. Esto no solo mejora las condiciones laborales, sino que también incrementa la productividad al reducir el tiempo de ciclo por operación. En resumen, este elevador-volteador representa un avance importante en la orientación de objetos pesados en la industria cárnica. Su diseño innovador combina eficiencia, seguridad y sostenibilidad, mejorando significativamente los procesos de producción [24].

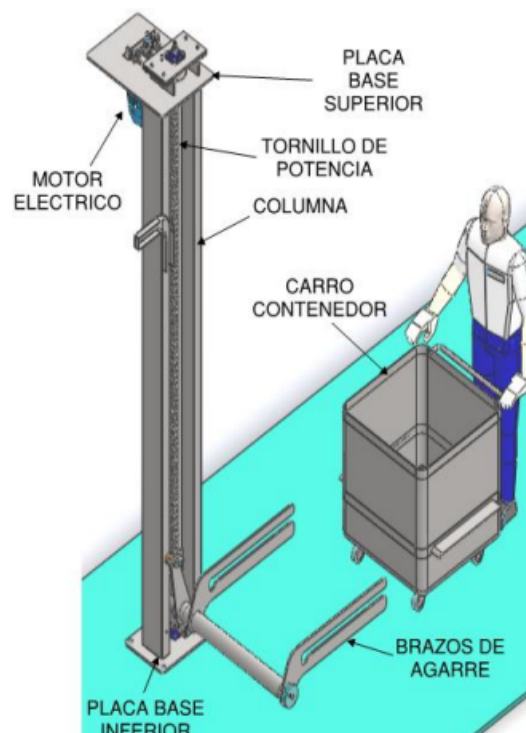


Figura 6. Elevador-volteador de contenedores[24]

VII-B. Soluciones existentes en el mercado.

VII-B1. Volteador electromanual EBT300.: Es un sistema diseñado para facilitar la manipulación de objetos pesados, como cajas o pallets, en entornos industriales. Este equipo combina el accionamiento eléctrico con una operación manual asistida, lo que permite un mayor control sobre el proceso de volteo como se ilustra en la Figura 7. Es ideal para aplicaciones donde se requiere girar objetos a ángulos específicos sin dañar su contenido. Además, su diseño compacto y su capacidad de ajuste lo convierten en una opción versátil para diversas industrias, especialmente aquellas donde la manipulación frecuente de materiales es crítica para el flujo de trabajo.

A la hora de implementar este tipo de volteador, es esencial centrarse en las partes funcionales clave que realizan el transporte y volteo de las cajas, dejando en segundo plano elementos como la estructura o las protecciones externas. Estas partes complementarias, aunque importantes, pueden ser diseñadas y ajustadas posteriormente según los requerimientos específicos del entorno de trabajo. Por ejemplo, la incorporación de protecciones dependerá del

nivel de exposición del volteador a condiciones externas como polvo, humedad o posibles impactos, pero no afecta directamente la funcionalidad del sistema principal.

Una de las principales características del EBT300 es su capacidad para girar cajas mientras se desplazan por un transportador, lo que garantiza la continuidad del proceso sin necesidad de interrupciones. Este subsistema incluye componentes específicos que se encargan de realizar el volteo a 90 grados, permitiendo que las cajas se orienten correctamente para los procesos posteriores, como grabado, etiquetado o inspección. Este diseño resulta particularmente útil en líneas de producción automatizadas donde se prioriza la velocidad y la precisión, ya que evita tiempos muertos y minimiza errores en la manipulación.

En la industria alimenticia, por ejemplo, este tipo de volteador es especialmente útil en procesos de empaque donde las cajas necesitan ser orientadas para facilitar el cierre automático, la aplicación de etiquetas o el sellado. De manera similar, en la industria farmacéutica, el EBT300 puede ser empleado para voltear cajas de medicamentos, asegurando que estén en la posición adecuada para pasar por sistemas de inspección de calidad, como lectores de códigos de barras o cámaras de visión artificial. En el sector logístico, su aplicación se extiende al manejo de cajas en centros de distribución, donde las cajas a menudo necesitan ser reorientadas para optimizar el espacio en los camiones o en los sistemas de almacenamiento. Además, su capacidad de ajuste lo hace ideal para manejar diferentes tamaños de cajas sin necesidad de realizar cambios importantes en el equipo, lo que reduce los tiempos de configuración y aumenta la eficiencia general.

El diseño compacto del EBT300 también lo hace adecuado para instalaciones con espacio limitado, donde no es viable emplear volteadores de gran tamaño. Sin embargo, si se maneja una cantidad significativa de cajas grandes o pesadas, esta característica puede ser una desventaja, ya que podría limitar su capacidad de carga. Por ello, es importante evaluar cuidadosamente las necesidades específicas del entorno de trabajo antes de optar por este tipo de volteador, considerando tanto sus ventajas como sus limitaciones [25].



Figura 7. Volteador electromanual EBT300. [25]

VII-B2. Máquina volteador de palets.: La máquina volteadora es un equipo especializado diseñado para manejar eficientemente cargas en entornos industriales y logísticos. Este sistema permite girar unidades completas para redistribuir mercancías, inspeccionar productos o sustituir plataformas dañadas sin necesidad de desmontar su contenido como se muestra en la Figura 8. Su funcionamiento se basa generalmente en sistemas hidráulicos, los cuales garantizan movimientos precisos, controlados y seguros durante el proceso. Gracias a su diseño robusto, estas máquinas son capaces de soportar pesos significativos y están preparadas para operar de manera continua en aplicaciones exigentes. Este tipo de volteador es especialmente útil en almacenes y centros de distribución donde el manejo de grandes volúmenes es una actividad diaria. Por ejemplo, en la industria alimenticia, se utiliza para reorganizar cargas de productos perecederos, permitiendo inspeccionar posibles daños en el embalaje o cumplir con normas específicas de almacenamiento. Asimismo, en sectores como el farmacéutico, este equipo asegura que los productos sean manipulados con cuidado durante inspecciones de calidad, minimizando riesgos de contaminación o daños.

Entre las principales ventajas de estas máquinas se encuentra su capacidad para mejorar significativamente la eficiencia operativa. Automatizar el proceso de volteo elimina tareas manuales que pueden ser lentas y peligrosas para los trabajadores. Esto no solo acelera el flujo de trabajo, sino que también reduce el riesgo de lesiones relacionadas con el manejo de objetos pesados. Además, los sistemas hidráulicos ofrecen movimientos suaves y uniformes, lo que minimiza la posibilidad de desplazamientos o daños en las mercancías durante el volteo. A pesar de sus beneficios, estas máquinas presentan ciertas limitaciones. Su tamaño y peso las hacen más adecuadas para instalaciones con suficiente espacio, lo que puede representar un desafío en almacenes pequeños o congestionados. Asimismo, el costo inicial de adquisición y mantenimiento puede ser elevado en comparación con opciones más simples, como los volteadores por gravedad. Por ello, es esencial evaluar si las necesidades específicas de la operación justifican la inversión en este tipo de tecnología [26].

Una de las posibles desventajas radica en la capacidad de adaptación del equipo a diferentes tipos y tamaños de plataformas. Aunque muchos modelos están diseñados para trabajar con estándares establecidos, el manejo de unidades con dimensiones personalizadas o configuraciones no convencionales puede requerir ajustes adicionales. Esto podría incluir la adquisición de accesorios específicos, como soportes ajustables o plataformas modulares, lo que incrementa los costos operativos y de implementación. El proceso de ajuste también podría generar interrupciones temporales en las operaciones, especialmente si el equipo necesita ser modificado o configurado con frecuencia para manejar distintos tipos de carga. Este desafío se acentúa en entornos donde la variabilidad de las mercancías es alta, ya que la falta de flexibilidad del volteador puede dificultar el mantenimiento de un flujo de trabajo continuo. Por esta razón, al seleccionar este tipo de equipo, es crucial realizar un análisis detallado de las características de las cargas a manipular, considerando factores como el peso, la distribución y la fragilidad de los materiales. Evaluar cuidadosamente estas consideraciones permitirá asegurar que la máquina no solo cumpla con las demandas actuales, sino que también pueda adaptarse a las necesidades futuras del negocio, maximizando así su utilidad y rentabilidad a largo plazo [26].



Figura 8. Maquina volteador de palets [26]

VII-B3. Elevador volteador de bidones de 200lts.: Es una solución diseñada específicamente para la manipulación de barriles dentro de procesos industriales que requieren transportar, apilar o vaciar contenido de este tipo de contenedores. Este sistema se enfoca exclusivamente en bidones de diámetro entre 400 mm y 600 mm, ya sean metálicos o de plástico, garantizando su correcta fijación y manejo como se ilustra en la Figura 9. La funcionalidad principal de este equipo está orientada a facilitar operaciones con bidones de gran peso y volumen, como los utilizados en industrias químicas, alimenticias o de almacenamiento de líquidos. Su diseño permite recoger los bidones en posición vertical, girarlos de forma controlada y posicionarlos en horizontal para su almacenamiento en estanterías, maximizando la eficiencia del proceso [27].

Es importante destacar que este sistema no es adaptable a otros tipos de contenedores ni a diferentes aplicaciones, ya que su diseño y capacidades técnicas están optimizados exclusivamente para el manejo de bidones de hasta 300 kg. La inclusión de un mecanismo de giro accionado manualmente, combinado con un sistema de fijación por presión, asegura una operación segura y precisa en este tipo de procesos específicos. Adicionalmente, el sistema de elevación, que puede ser manual o eléctrico, está pensado únicamente para este contexto industrial. La incorporación de bombas hidráulicas y válvulas de seguridad refuerzan su idoneidad para manipular bidones, pero lo limitan en aplicaciones fuera de este ámbito. Este elevador volteador es una herramienta especializada que responde a las necesidades concretas de manipular bidones en entornos industriales, demostrando su utilidad en estos procesos, pero sin capacidad para ser utilizado con otros contenedores o en diferentes contextos [27].



Figura 9. Elevador volteador de bidones de 200lts [27]

VII-B4. Volteador 1000 kg Logitrans ELFRA/SELFRA.: El volteador de contenedores Logitrans ELFRA/SELFRA, con una capacidad de carga de 1000 kg, es un equipo diseñado para optimizar la manipulación de cajas y contenedores en entornos industriales como se muestra en la Figura 10. Gracias a su diseño ajustable, permite trabajar con anchuras de contenedores que van desde 800 mm hasta 1200 mm, lo que lo convierte en una solución versátil para diversas aplicaciones industriales. Este equipo es especialmente útil en procesos que requieren girar o voltear contenedores pesados para facilitar el acceso a su contenido o su vaciado. En la logística y almacenes, este volteador es ideal para operaciones de carga y descarga, mejorando la eficiencia en el acceso al contenido de los contenedores. Es una herramienta clave para actividades de picking, clasificación y distribución, al reducir el esfuerzo físico de los trabajadores y agilizar las tareas.

En la industria alimentaria, resulta esencial para el manejo de productos a granel, como frutas, vegetales o materiales procesados. Facilita la transferencia de estos productos a cintas transportadoras, tolvas o líneas de procesamiento, minimizando el desperdicio y optimizando el flujo de trabajo. En los sectores de producción y manufactura, el volteador permite manejar piezas o materiales almacenados en contenedores grandes, girándolos para un acceso más fácil. Esto mejora la alimentación de líneas de ensamblaje y acelera los procesos de fabricación. Por su parte, en reciclaje y gestión de residuos, el equipo es útil para vaciar contenedores con materiales reciclables como papel, plástico o metal, asegurando un manejo rápido y eficiente.

En la industria farmacéutica y química, el volteador destaca por su capacidad de manejar productos químicos, ingredientes farmacéuticos o materiales granulados de manera segura y precisa. Asimismo, en la construcción y minería, su robustez permite voltear grandes recipientes con materiales pesados, como arena, grava o mezclas, facilitando su traslado y dosificación. El modelo ELFRA/SELFRA ofrece múltiples ventajas, como su capacidad

para manipular cargas pesadas, su compatibilidad con diferentes dimensiones de contenedores y la reducción del esfuerzo físico para los trabajadores. Esto no solo mejora la productividad, sino que también fomenta la seguridad y ergonomía en las operaciones industriales.



Figura 10. Elevador volteador de bidones de 200lts [28]

VII-B5. FZS1200 Volteadora de pilas de papel.: Las volteadoras de pilas son máquinas esenciales para el manejo eficiente de grandes volúmenes de papel o materiales similares organizados en pilas. Estas máquinas realizan múltiples funciones, como el volteo, la eliminación de polvo, la alineación y la separación de las hojas, optimizando así procesos industriales como la impresión, el embalaje y el acabado. Su diseño permite que el papel se encuentre en condiciones óptimas para cada etapa de producción, mejorando tanto la calidad del producto como la eficiencia operativa como se muestra en la Figura 11. Una de las funciones principales de estas máquinas es la eliminación de polvo y restos de fibras en las hojas antes de la impresión. Este proceso no solo mejora la calidad de impresión, sino que también reduce la tasa de rechazo y prolonga la vida útil de las máquinas de impresión. Después de imprimir, las volteadoras eliminan el polvo de tinta, separan las hojas y aceleran el secado, evitando manchas y facilitando la manipulación posterior. Además, estas máquinas pueden reducir la carga electrostática mediante aire ionizado, una función especialmente útil para materiales como papel revestido o láminas plásticas.

El volteo de pilas es otra función crucial en estas máquinas, especialmente en procesos de impresión de doble cara. Este mecanismo permite girar las pilas de papel de manera precisa y rápida, mejorando la eficiencia y reduciendo la intensidad del trabajo manual. La alineación de las hojas mediante plataformas vibratorias y sopladores de alta presión asegura que las pilas estén perfectamente ordenadas para su uso inmediato, evitando atascos en las etapas posteriores de producción. Todo esto se realiza en un tiempo promedio de 4 a 5 minutos, lo que demuestra la alta eficiencia de estas máquinas. Las volteadoras de pilas están dirigidas a una amplia gama de industrias. En el sector gráfico, son fundamentales para imprentas y editoriales que manejan grandes volúmenes de papel para libros, revistas y catálogos. En la industria del embalaje, estas máquinas son indispensables para empresas que trabajan con cartón o papel para fabricar empaques personalizados. También son altamente relevantes para fabricantes de envases alimenticios, donde la neutralización de olores y la limpieza son cruciales para cumplir con los estándares de calidad. Además, son útiles en plantas que procesan plásticos, ya que permiten manejar láminas plásticas de

forma eficiente y segura.



Figura 11. Volteador de pilas[29]

VII-C. Componentes.

En el desarrollo de sistemas mecatrónicos, los componentes principales se organizan en categorías según su función dentro del sistema. Estas categorías permiten establecer una estructura clara que facilite el diseño, la implementación y el análisis de los diferentes elementos que interactúan para cumplir con los objetivos del sistema. En este proyecto, los componentes se han clasificado en cuatro grupos principales: actuadores, mecánica, sensores y control, cada uno con un papel específico en el funcionamiento del mecanismo como se ilustra en la Figura 12. Esta clasificación no solo ayuda a entender las interacciones internas del sistema, sino también a identificar y resolver posibles limitaciones o problemas durante las etapas de diseño y operación.

El esquema presentado ilustra cómo estos componentes se interrelacionan y contribuyen al sistema en su conjunto. Los actuadores transforman las señales de control en acciones mecánicas, como movimientos o cambios de estado, siendo fundamentales para ejecutar las órdenes del sistema. Los sensores, por otro lado, son responsables de proporcionar información en tiempo real sobre variables clave como posición, velocidad o fuerza, lo que permite una supervisión y ajuste constante del sistema. Los componentes mecánicos representan la infraestructura física y las partes móviles, proporcionando la estructura necesaria para soportar y transferir las fuerzas generadas. Finalmente, los elementos de control, como el PLC, los relés y la fuente de alimentación, aseguran la coordinación precisa y la gestión energética que permiten el funcionamiento armónico del sistema. Este enfoque modular asegura que cada componente sea seleccionado y configurado de manera óptima, maximizando la funcionalidad, la eficiencia y la flexibilidad del sistema. Además, permite que el diseño se adapte fácilmente a diferentes aplicaciones y escenarios, asegurando que el sistema sea robusto frente a variaciones o demandas específicas del entorno de operación. La representación gráfica de estos componentes en el esquema facilita la comprensión de su distribución y funcionalidad dentro del proyecto.

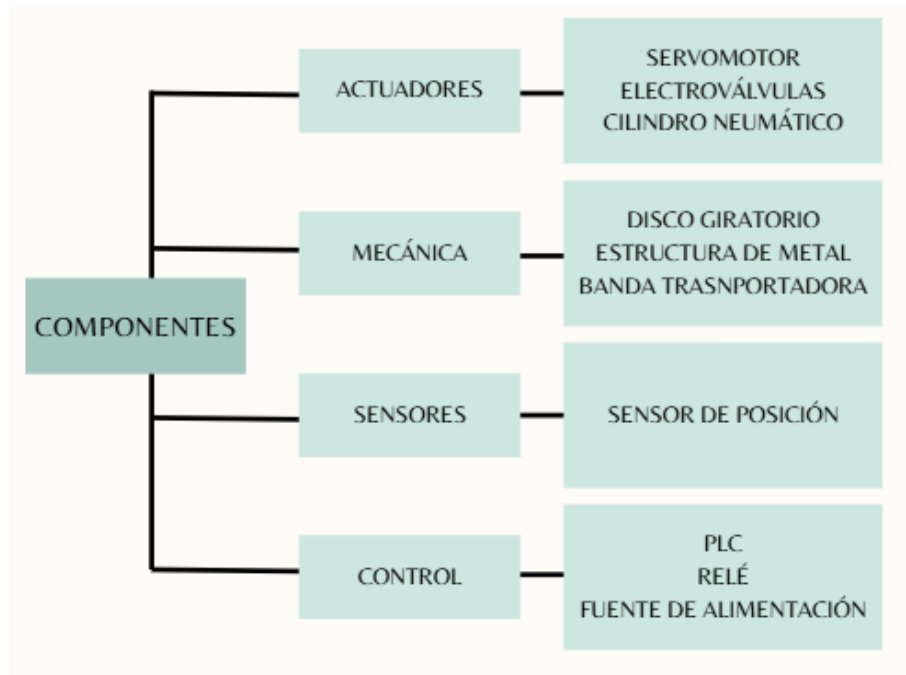


Figura 12. Esquema de los componentes. Fuente: Autores [29]

VII-D. Grabado laser.

El grabado láser es una tecnología avanzada que utiliza un haz de luz láser altamente concentrado para marcar, grabar o decorar superficies con precisión. Este método es ampliamente utilizado en diversos sectores industriales debido a su capacidad para realizar grabados permanentes, limpios y detallados en una amplia gama de materiales como madera, metal, plástico, cartón y vidrio. En el caso específico del grabado en cajas, esta tecnología permite personalizar productos para fines comerciales, promocionales o de identificación, añadiendo valor al producto final. El funcionamiento del grabado láser se basa en la interacción del haz de luz con la superficie del material. Dependiendo de la intensidad del láser y del tipo de material, se pueden realizar diferentes tipos de grabado: desde marcas superficiales hasta cortes profundos. Este proceso es controlado por un sistema digital que define los patrones, diseños o textos que se desean grabar, lo que garantiza precisión y repetibilidad. Además, el grabado láser no requiere contacto físico con el material, lo que minimiza el desgaste de las herramientas y reduce los costos de mantenimiento.

En el contexto de esta tesis, el grabado láser es esencial, ya que la implementación del mecanismo de giro está orientada a optimizar el proceso de grabado en múltiples caras de las cajas. Este sistema automatizado supera las limitaciones del método manual, mejorando la eficiencia, calidad y uniformidad del grabado, además de reducir tiempos de operación y satisfacer las demandas de producción personalizada en grandes volúmenes. En la industria del grabado láser, la orientación precisa del material es crucial para obtener resultados uniformes. Empresas que han automatizado estos procesos han logrado incrementar la productividad, como ocurre en la industria automotriz, donde se utilizan mecanismos automatizados para orientar componentes antes del ensamblaje [6]. Las aplicaciones comunes del grabado láser incluyen personalización de productos, grabado de logotipos, códigos QR y placas identificativas, empleando tecnologías como cámaras, sensores y mecanismos de giro para asegurar una orientación precisa.

VII-D1. Principios del grabado láser: El grabado láser es una técnica avanzada de manufactura que utiliza un rayo láser altamente concentrado para modificar o eliminar material de una superficie, creando patrones, textos o diseños precisos. Este proceso se basa en la generación de un rayo láser mediante una fuente de energía que excita

un medio activo, como gas, cristal o fibra, para emitir luz coherente. La luz generada es luego enfocada a través de lentes hacia el material objetivo, logrando un nivel de precisión que permite detalles complejos y acabados de alta calidad. La interacción entre el rayo láser y el material es fundamental para el éxito del grabado. Dependiendo de las propiedades del material, como su composición química, reflectividad y conductividad térmica, el láser puede provocar procesos de ablación, fusión o vaporización. Este control preciso de la energía aplicada permite trabajar con una amplia variedad de materiales, incluidos metales, plásticos, madera, vidrio y cerámica [30]

La modernización del proceso de grabado láser se ha logrado mediante la integración de sistemas automatizados que combinan microcontroladores y PLCs (Controladores Lógicos Programables). Estas tecnologías permiten una coordinación precisa entre el movimiento del láser y el desplazamiento de los materiales en bandas transportadoras, optimizando tanto la velocidad como la calidad del grabado. La implementación de sistemas de control de lazo cerrado ha sido fundamental para garantizar una mayor exactitud, ya que proporciona retroalimentación en tiempo real que corrige desviaciones y asegura resultados consistentes en entornos de producción exigentes. A pesar de su potencial, el grabado láser enfrenta desafíos en su integración con líneas de producción masiva, ya que muchos sistemas comerciales actuales son de naturaleza cerrada tal y como se muestra en la Figura 13, limitando la flexibilidad requerida para adaptarse a otros procesos automatizados, por esta razón, es esencial desarrollar soluciones que superen estas limitaciones, permitiendo un control más eficiente y adaptaciones dinámicas, lo cual no solo reduce los tiempos de producción, sino que también aumenta la competitividad en la manufactura moderna.



Figura 13. Grabado láser comercial. [30]

VII-D2. Aplicaciones grabado láser en la industria.: El grabado láser ha revolucionado múltiples sectores industriales debido a su precisión, versatilidad y capacidad de personalización. Uno de los ejemplos más relevantes es su implementación en la manufactura de pequeñas y medianas empresas (PYMES), especialmente en procesos que requieren alta precisión, como el corte y grabado de materiales compuestos, plásticos y maderas. La tecnología de grabado láser ha revolucionado diversos procesos en la industria al ofrecer soluciones de alta precisión, repetibilidad y personalización. Su versatilidad la ha convertido en una herramienta clave en sectores como el diseño industrial, la carpintería, la producción de productos promocionales y la fabricación de componentes electrónicos, gracias a su capacidad para trabajar con una amplia gama de materiales como madera, plásticos y metales.

Un ejemplo representativo de su implementación es el desarrollo de prototipos que automatizan procesos de manufactura, como el grabado y corte de materiales compuestos como se muestra en la Figura 14. En estudios recientes, se han diseñado máquinas láser que integran componentes mecánicos y electrónicos, controladas por ordenador, para garantizar una operación autónoma y eficiente. Estas soluciones destacan por su capacidad de manejar parámetros ajustables, como el enfoque, la velocidad de desplazamiento y la potencia del láser, con el fin

de optimizar tanto la calidad como los tiempos de trabajo. Este tipo de aplicaciones subraya la importancia del grabado láser en la mejora de los procesos productivos, especialmente para PYMES, que buscan ofrecer productos personalizados con acabados de alta calidad. Además, la flexibilidad de esta tecnología permite adaptarse a las demandas del mercado, proporcionando soluciones innovadoras para satisfacer las expectativas de los clientes y mejorar la competitividad empresarial [31]

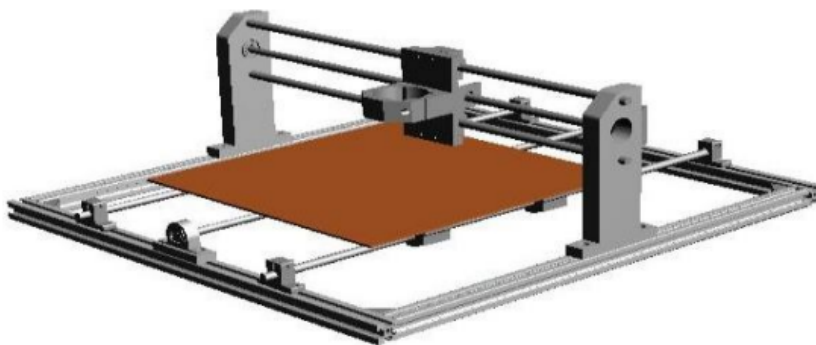


Figura 14. Diseño mecánico grabadora Láser. [31]

VII-D3. Parámetros clave en el grabado láser.: El grabado láser es un proceso altamente configurable, en el que los parámetros ajustados correctamente garantizan un grabado preciso y de alta calidad. Entre los parámetros más importantes se encuentran la potencia del láser, que determina la intensidad del rayo aplicado al material. Una mayor potencia permite cortar o grabar materiales más gruesos o densos, mientras que una potencia más baja es ideal para materiales delicados como papel o plásticos delgados, reduciendo el riesgo de quemaduras o daños. Otro parámetro esencial es la velocidad de grabado, que controla el desplazamiento del rayo láser sobre la superficie. Velocidades más altas resultan en grabados más rápidos pero menos profundos, mientras que velocidades más lentas permiten un mayor detalle y profundidad. Este parámetro debe equilibrarse con la potencia para evitar resultados imprecisos o el sobrecalentamiento del material, que podría deformarlo o quemarlo.

El enfoque del rayo láser también es crucial para lograr grabados nítidos como se ilustra en la Figura 15. Un enfoque adecuado asegura que el rayo se concentre en un punto preciso, optimizando la transferencia de energía al material. La distancia focal debe ajustarse según el grosor y la naturaleza del material, ya que una desviación puede resultar en líneas borrosas o inconsistentes. La frecuencia del láser, medida en pulsos por segundo, afecta la suavidad y el acabado del grabado. Frecuencias más altas son ideales para materiales metálicos, proporcionando un acabado liso y detallado, mientras que frecuencias más bajas suelen usarse para materiales no metálicos, ya que minimizan el daño térmico. Ajustar correctamente estos parámetros no solo garantiza la calidad del grabado, sino que también prolonga la vida útil del equipo y reduce desperdicios en la producción [32].

El tipo de material es un factor esencial en el éxito del grabado láser. Cada material responde de manera diferente al calor y la energía del láser, lo que hace crucial comprender sus propiedades térmicas y físicas. Por ejemplo, materiales como la madera tienden a carbonizarse si se aplica demasiada potencia, mientras que los metales requieren intensidades más altas para obtener un grabado efectivo. Además, los plásticos pueden liberar gases tóxicos al ser grabados, lo que exige contar con sistemas de extracción adecuados. Ajustar los parámetros según las características del material garantiza no solo un acabado óptimo, sino también la seguridad y la sostenibilidad del proceso.

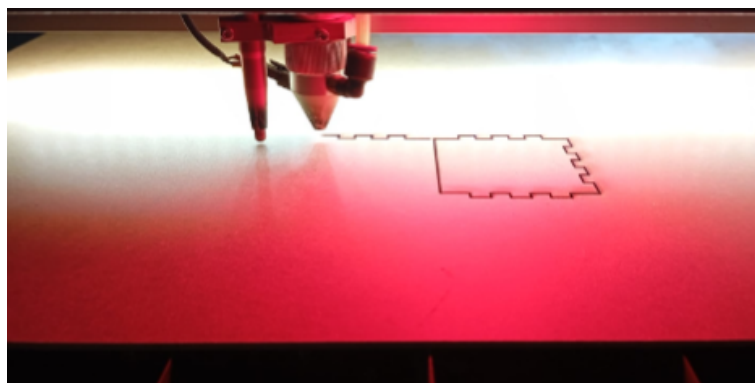


Figura 15. Corte láser de las cajas para grabado. [30]

Para lograr una validación precisa del sistema de grabado láser, es necesario considerar una serie de parámetros que influyen tanto el tiempo como la calidad del proceso. Cada uno de estos parámetros debe ser ajustado de manera adecuada para garantizar que el sistema funcione de manera eficiente y reproducible, sin comprometer la calidad del grabado. A continuación, se presenta una tabla con los principales parámetros que afectan el grabado láser, destacando su impacto en el tiempo del proceso y en el resultado final.

Tabla I
PARÁMETROS DEL GRABADO LÁSER.

Parámetros principales del grabado láser			
Parámetro	Descripción	Rangos	Efecto en el Grabado
Potencia del Láser	Intensidad de energía aplicada.	0 % a 100 % (0 a 255)	Alta potencia: grabado profundo; baja: superficial
Velocidad del Grabado	Velocidad del láser sobre el material.	50 (lento) a 500 (rápido).	Baja: mayor detalle; alta: rápido, menos detalle.
Exposición	Tiempo del láser en un punto.	50 (rápido) a 500 (lento).	Largo: grabado profundo; corto: menos detalle.
Enfoque	Ajusta el punto focal del láser.	Ajustar cabezal para punto preciso.	Precisión: líneas nítidas; mal enfoque: borroso.
Frecuencia	Pulsos por segundo del láser.	Baja: no metálicos; alta: metales.	Alta: acabado liso; baja: menos daño térmico.
Modo	Estrategia de grabado.	Línea, contorno o punto.	Contorno: rápido; punto: preciso pero lento.
Material	Tipo de material a grabar.	Según sensibilidad del material.	Ajustar parámetros según densidad.

La configuración adecuada de los parámetros es fundamental para validar el funcionamiento del sistema, ya que impacta directamente en la relación entre el tiempo de grabado y la calidad del resultado. La tabla anterior proporciona una visión clara de cómo cada parámetro influye en el proceso, lo que permite ajustar y optimizar el sistema durante las pruebas. Este enfoque garantizará un grabado preciso y eficiente, facilitando la evaluación del tiempo necesario para obtener los resultados deseados, aspecto esencial para la validación del sistema. Cada parámetro afecta de manera diferente el proceso de grabado, y su ajuste adecuado es clave para controlar el tiempo total del proceso. Por ejemplo, la potencia del láser y la exposición no solo definen la profundidad del grabado, sino también el tiempo requerido para alcanzarla, mientras que la velocidad y el modo de grabado impactan en la rapidez y la precisión. Además, la elección del material y su densidad son factores determinantes en la duración del proceso, ya que cada material responde de manera diferente. La combinación adecuada de estos parámetros permitirá validar el sistema, maximizando la eficiencia del tiempo sin sacrificar la calidad del grabado.

VIII. MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo se desarrolla mediante una metodología estructurada en tres etapas clave: análisis, diseño y simulación, e implementación. Como se muestra en la Figura 16, estas tres etapas permiten abordar de manera integral el desarrollo del mecanismo de giro para grabado láser en múltiples caras, asegurando un proceso eficiente y organizado en cada fase. En la primera etapa, correspondiente al análisis, se identifican las necesidades del proyecto y se establecen los requisitos técnicos y operativos. Para ello, se elaboran tablas comparativas que permiten evaluar diferentes opciones tecnológicas, analizar alternativas viables y estudiar las condiciones actuales del sistema. Este estudio preliminar es crucial para seleccionar los enfoques más adecuados para el desarrollo del mecanismo, garantizando que las decisiones tomadas se basen en datos objetivos y en una evaluación rigurosa de las mejores soluciones disponibles.

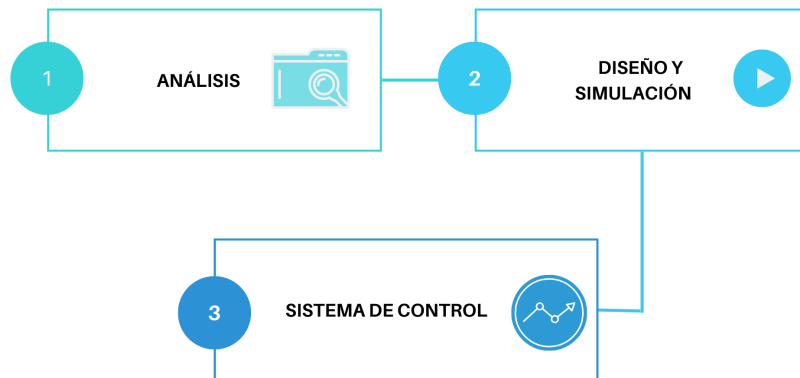


Figura 16. Etapas. Fuente: Autores

La segunda etapa, diseño y simulación, comprende tres áreas fundamentales que permiten desarrollar el mecanismo de manera eficiente y minimizar errores antes de su implementación. En primer lugar, el diseño mecánico abarca el desarrollo de los planos estructurales, la selección de materiales y la definición de los componentes que conformarán el sistema, asegurando su resistencia y funcionalidad. Luego, el diseño neumático se centra en la selección y especificación de los elementos necesarios para el control de los cilindros, optimizando su integración con el resto del sistema. Finalmente, el diseño de control aborda la arquitectura del sistema de automatización, integrando Arduino, sensores y actuadores para garantizar un funcionamiento preciso y coordinado del mecanismo. Cada una de estas áreas se desarrolla de manera detallada, asegurando que la solución final cumpla con los requisitos establecidos y permita un desempeño óptimo del sistema en la etapa de implementación.

Por último, la etapa de implementación se enfoca en el ensamblaje y montaje del mecanismo, detallando el proceso de construcción, adicional el ajuste de los distintos componentes. La etapa comienza con la fabricación de las piezas según los planos. Luego, se ensambla la estructura e integran los elementos neumáticos y de control. Durante este proceso, se ajustan los componentes mecánicos para asegurar el funcionamiento adecuado del mecanismo de giro, mientras se colocan los sensores y actuadores en sus ubicaciones correspondientes. Posteriormente, se procede con la configuración y prueba del sistema de control, verificando la respuesta de los actuadores y realizando las calibraciones necesarias para optimizar el desempeño del mecanismo. A lo largo de este proceso, se documentan los ajustes realizados y se implementan mejoras con base en los resultados obtenidos, asegurando que el mecanismo opere de manera adecuada dentro del sistema de grabado láser. De esta manera, la metodología adoptada permite desarrollar un mecanismo funcional y eficiente, cumpliendo con los objetivos del proyecto y garantizando una solución efectiva para la automatización del proceso.

VIII-A. Análisis.

En esta etapa se analizan las características más relevantes de los volteadores disponibles en el mercado, con el objetivo de establecer la mejor alternativa mediante un análisis comparativo. En la tabla se observan capacidades de carga que varían desde los 250 kg hasta los 2500 kg, fabricados principalmente en acero inoxidable o acero, lo que asegura durabilidad y resistencia. Este análisis es esencial para entender las limitaciones y ventajas de cada modelo, como la adaptabilidad y ergonomía, características clave para seleccionar un volteador acorde a las necesidades específicas del proyecto.

El análisis comparativo evidencia que estos sistemas están diseñados para aplicaciones específicas y operaciones de gran escala. Por ejemplo, el volteador de bidones, aunque eficiente para su propósito, presenta baja versatilidad y un rango de diámetro restringido. Por otro lado, el modelo FZS1200 destaca por su alta capacidad de carga y adaptabilidad, pero demanda un mayor espacio y recursos operativos. Estas limitaciones abren la oportunidad de desarrollar un mecanismo que optimice estas deficiencias en términos de espacio, costo y funcionalidad.

El sistema propuesto en este proyecto busca una solución optimizada para aplicaciones de menor escala y alta precisión, como el grabado láser en múltiples caras. A diferencia de los sistemas comerciales, este mecanismo se caracteriza por integrar tecnologías neumáticas y electrónicas, logrando una mayor versatilidad y precisión sin comprometer el uso eficiente del espacio. Asimismo, su diseño modular y adaptable permite integrarse fácilmente en líneas de producción automatizadas, haciendo que sea una alternativa accesible y rentable frente a los equipos convencionales.

Tabla II
TABLA COMPARATIVA DE LOS VOLTEADORES EXISTENTES

Criterios	Volteadores				
	EBT300	Volteador de Palets	Volteador de bidones	Logitrans	FZS1200 de pilas de papel
Capacidad Carga	250 Kg	1500 Kg	300 Kg	1000 Kg	2500 Kg
Versatilidad	Media	Alta	Baja	Alta	Alta
Adaptabilidad	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
Ergonomía	Alta	Media	Media	Alta	Alta
Material	Acero inoxidable	Acero	Acero	Acero	Acero
Diámetro permitido	No indica	1200mm	400mm - 600mm	800mm - 1200mm	1600 - 1900mm

Como se puede apreciar en la tabla comparativa, la elección del volteador adecuado depende en gran medida de las necesidades de producción específicas. La carga que cada modelo puede soportar, junto con factores como la versatilidad, adaptabilidad y ergonomía, son elementos clave a la hora de seleccionar el sistema más adecuado para cada aplicación industrial. Es fundamental que se considere la capacidad de carga de cada volteador, ya que esto determinará su idoneidad para soportar los requerimientos de peso y volumen de los productos que se van a manipular. Además, la versatilidad de cada modelo en cuanto a la capacidad de ajustarse a diferentes tamaños de material o componentes es otro factor crucial para optimizar el proceso y garantizar un rendimiento eficiente.

La adaptabilidad del sistema también juega un papel fundamental. Un volteador con alta capacidad de ajuste podrá integrarse con más facilidad a diferentes líneas de producción o procesos de manufactura, lo cual es especialmente importante en entornos industriales donde la flexibilidad y la capacidad de cambio son esenciales para mantener la competitividad. Además, contar con un sistema adaptable permite realizar ajustes según las variaciones en el tipo de material, tamaño o peso de los productos a manipular, lo que facilita su implementación en distintos escenarios productivos sin requerir modificaciones significativas en la infraestructura existente. Esta cualidad no solo optimiza el rendimiento del equipo, sino que también contribuye a reducir costos operativos y tiempos de inactividad, elementos clave para mejorar la eficiencia global del proceso.

VIII-B. Diseño y simulación.

El mecanismo en su totalidad se complementa con un esquema que ilustra la integración de los diferentes componentes del sistema, como se muestra en la Figura 17. En este esquema se representan de forma clara las relaciones entre los subsistemas principales: la mecánica, los actuadores, los sensores, la fuente de alimentación y el sistema de control. Cada uno de estos elementos trabaja de manera coordinada para garantizar el correcto funcionamiento del mecanismo de volteo y elevación. Este diagrama proporciona una visión general de la estructura y organización del sistema, permitiendo identificar cómo interactúan entre sí los componentes tanto mecánicos como electrónicos. A continuación, se abordará el diseño mecánico y su función dentro del sistema.

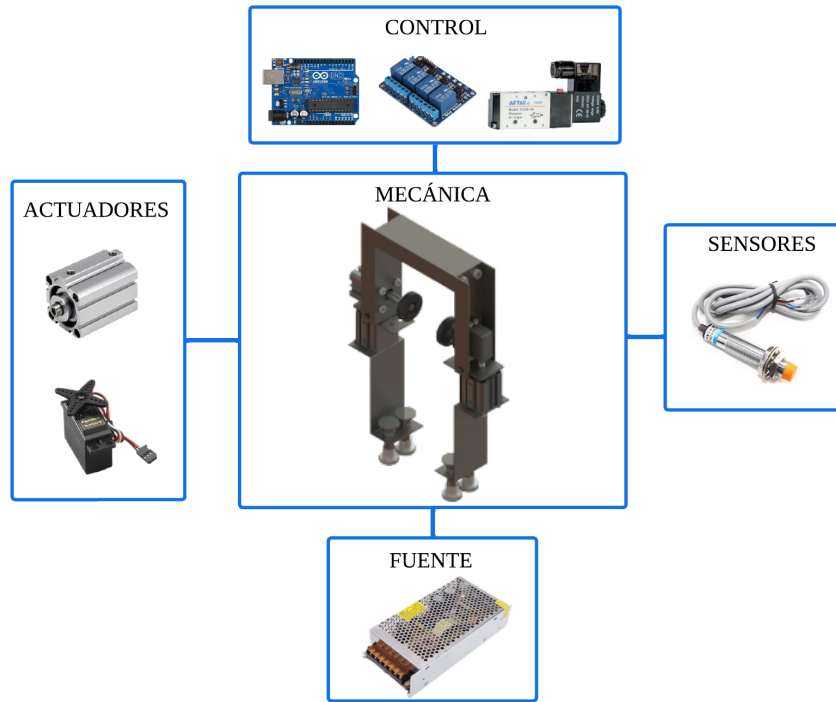


Figura 17. Diagrama del mecanismo. Fuente: Autores

VIII-B1. Diseño mecánico.: El diseño mecánico del mecanismo de giro requiere considerar los esfuerzos y cargas que actúan sobre sus componentes, asegurando que la estructura sea resistente y funcional. Un aspecto clave en este diseño es la selección y dimensionamiento del sistema neumático, dado que los cilindros neumáticos operan con una presión específica que determina la fuerza generada para ejecutar el movimiento. Con esta información, se realiza el cálculo correspondiente para determinar si los actuadores seleccionados cumplen con los requerimientos del sistema.

El diseño del sistema neumático requiere evaluar la fuerza que los cilindros pueden ejercer en función de sus características geométricas y de la presión suministrada. Para ello, se utilizó la fórmula básica de presión y área para determinar la fuerza generada por los actuadores. La fuerza ejercida por un cilindro neumático depende directamente del área transversal del émbolo. Dado que el cilindro tiene un diámetro de 25 mm, su radio es:

$$d = 25, \text{ mm}, \quad (1)$$

su radio se calcula como:

$$r = \frac{d}{2} = \frac{25}{2} = 12,5, \text{ mm} = 0,0125, \text{ m.} \quad (2)$$

El área transversal del émbolo se determina con la ecuación del área de un círculo:

$$A = \pi r^2. \quad (3)$$

Sustituyendo los valores:

$$A = \pi(0,0125)^2. \quad (4)$$

Resolviendo:

$$A = 4,9 \times 10^{-4} \text{ m}^2. \quad (5)$$

La relación entre presión, fuerza y área está dada por la ecuación:

$$F = P \cdot A. \quad (6)$$

Para este diseño, se considera una presión de trabajo de:

$$P = 8, \text{ bar} = 0,8, \text{ MPa} = 0,8, \text{ MN/m}^2. \quad (7)$$

Sustituyendo los valores en la ecuación de fuerza:

$$F = 0,8, \text{ MN/m}^2 \cdot 4,9 \times 10^{-4}, \text{ m}^2. \quad (8)$$

Obteniendo como resultado:

$$F = 392,07, \text{ N.} \quad (9)$$

El diseño mecánico se centra en la creación de un chasis estructural que alberga y soporta los dos sistemas principales: el mecanismo de elevación y el sistema de volteo. La estructura permite la integración de ambos subsistemas y ha sido diseñada considerando las fuerzas generadas durante la operación. Se han seleccionado materiales adecuados para soportar estas cargas, y se ha calculado que los cilindros neumáticos pueden generar una fuerza aproximada de 392.07 N, lo cual se ha tenido en cuenta para dimensionar los componentes estructurales y garantizar su resistencia y durabilidad durante el funcionamiento. Este chasis proporciona el soporte necesario para los actuadores cilíndricos encargados de la elevación y para el servomotor que opera el sistema de volteo, integrando ambos subsistemas de manera eficiente.

El sistema de elevación se implementa mediante actuadores neumáticos que permiten un control preciso del movimiento vertical de las cajas. Estos actuadores están posicionados en el chasis para garantizar un levantamiento uniforme y estable, reduciendo las vibraciones o movimientos indeseados que puedan afectar el proceso de grabado láser. Por otro lado, el sistema de volteo, compuesto por un servomotor y un actuador, permite que la caja rote hacia las distintas caras que serán grabadas. A continuación, se presenta una representación visual del mecanismo de giro diseñado. En la Figura 18, se muestra un renderizado detallado del sistema, donde se puede apreciar la disposición y la interacción de los componentes principales. Esta imagen ofrece una visión clara de la estructura general del mecanismo y cómo se integran las partes clave, proporcionando una mejor comprensión del funcionamiento del sistema propuesto.

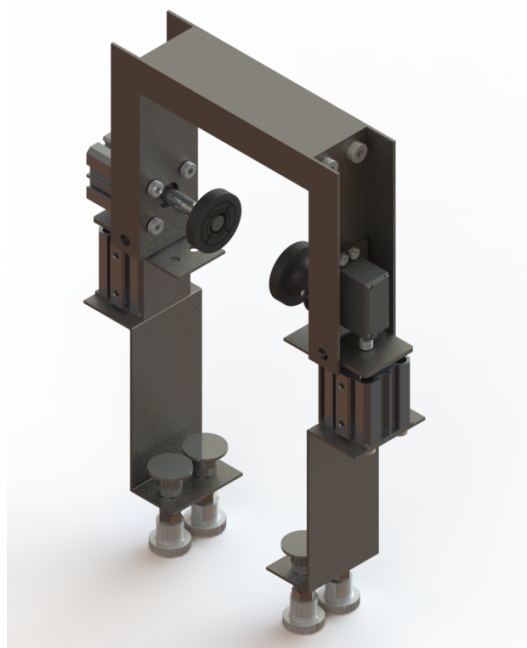


Figura 18. Ensamble renderizado. Fuente: Autores

Para una mejor comprensión de los elementos internos del mecanismo, se incluye una Figura 19 que muestra la vista explosionada del sistema. En esta imagen, los componentes se despliegan para ilustrar cómo se ensamblan y organizan dentro del conjunto. A la par, se presenta una tabla de componentes que identifica cada pieza por su nombre, sin detallar sus especificaciones. Esta vista explosionada facilita la visualización del proceso de ensamblaje y la relación entre las distintas partes del sistema. Cada componente está numerado, lo que permite su fácil identificación y correspondencia con la tabla de componentes, proporcionando una referencia clara sobre su ubicación dentro del mecanismo y su papel en la estructura.

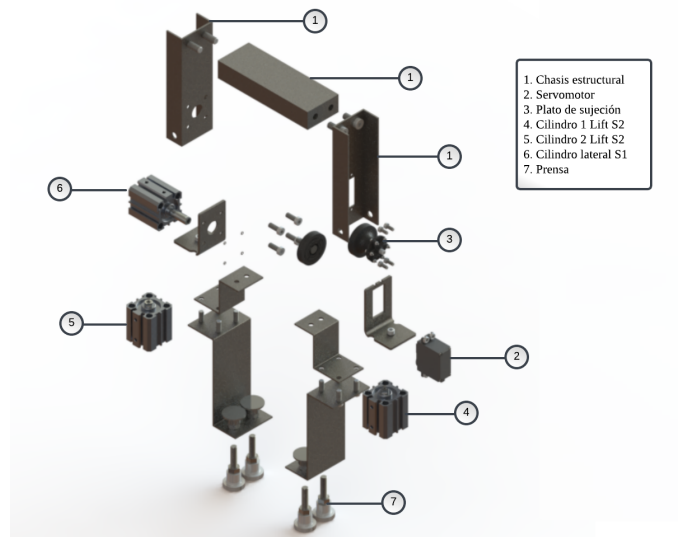


Figura 19. Vista Explosionada del Mecanismo. Fuente: Autores

Previamente al análisis de fuerza, es fundamental definir adecuadamente las condiciones de fijación y la aplicación de la carga. En la siguiente Figura 20, se puede observar que, antes de proceder con el estudio de esfuerzos, se deben establecer las partes fijas de la estructura para simular con precisión su comportamiento bajo carga. Una vez determinadas estas restricciones, se asigna la fuerza en la dirección correspondiente, garantizando que la condición de trabajo del mecanismo se represente de manera realista.

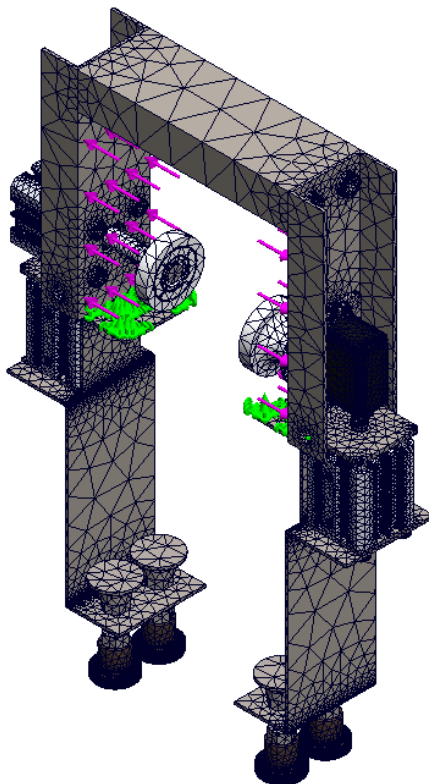


Figura 20. Mallado de la Estructura. Fuente: Autores

Asimismo, se realiza el proceso de mallado, el cual es esencial para obtener resultados detallados y representativos. Este procedimiento permite descomponer la estructura en elementos más pequeños, facilitando el análisis de la distribución de tensiones y deformaciones. La fuerza de 392.07 N se integra desde el interior hacia el exterior de la pieza, lo que posibilita una evaluación rigurosa de la respuesta estructural y de la resistencia del sistema ante la carga aplicada, como se ilustra en la Figura 21.

En este análisis, se evaluó la distribución de la fuerza hacia los lados de la estructura, con el objetivo de verificar si sería capaz de soportar la carga calculada previamente de 392.07 N. Se aplicó el cálculo de fuerza en los puntos críticos de la estructura, simulando el comportamiento de la misma bajo la carga. Para este análisis, se realizó un mallado adecuado que permitió obtener una representación precisa de la distribución de tensiones y deformaciones en la estructura. El mallado se llevó a cabo en las zonas de mayor interés para obtener resultados representativos y garantizar una evaluación precisa.

Una vez realizado el mallado, se procedió con los cálculos de las tensiones y las fuerzas internas a lo largo de la

estructura. Este proceso permitió determinar si la estructura fue capaz de soportar la carga aplicada sin sufrir fallos o deformaciones excesivas. Los resultados del análisis proporcionaron información clave sobre la resistencia de la estructura y su capacidad para manejar la fuerza calculada. Con base en estos resultados, se tomó una decisión informada sobre la viabilidad del diseño y se realizaron ajustes si fue necesario.

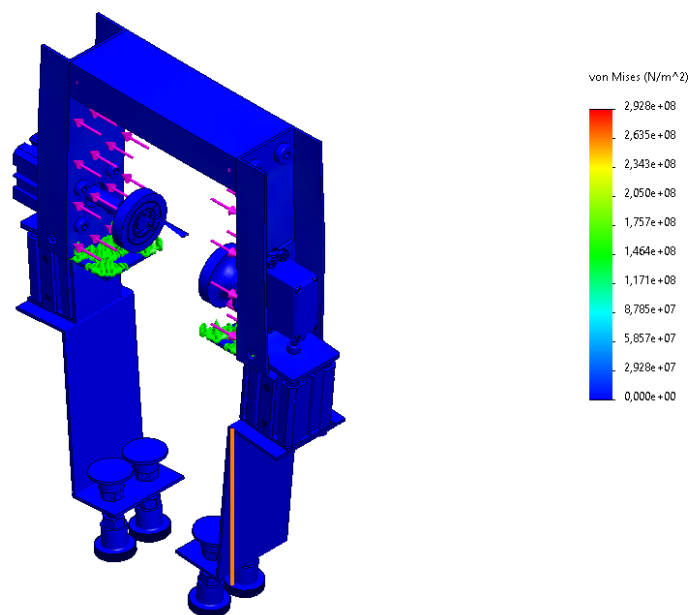


Figura 21. Análisis Von Mises. Fuente: Autores

Con base en el análisis realizado y los cálculos obtenidos, se concluyó que la estructura diseñada fue capaz de soportar la carga de 392.07 N sin comprometer su integridad, asegurando así un funcionamiento seguro y eficiente dentro del sistema. El mallado y los cálculos de tensiones revelaron que la distribución de fuerzas dentro de la estructura fue adecuada, minimizando puntos de concentración de esfuerzos que podrían generar fallas prematuras. Para validar la resistencia estructural, se empleó el criterio de falla de Von Mises, verificando que el esfuerzo máximo no supere el límite elástico del material seleccionado. Esto confirmó que el diseño propuesto es estructuralmente viable, con materiales y dimensiones correctamente seleccionados para resistir las exigencias del sistema.

La resistencia de la estructura ante la carga aplicada demuestra que los parámetros de diseño fueron acertados, asegurando que los componentes principales no presenten deformaciones críticas durante la operación. No obstante, se observó que en la parte inferior de la estructura se presentó una deformación. Sin embargo, esta zona va sujeta a la banda transportadora, por lo que dicha deformación no se produciría en la realidad. En el análisis, esta deformación se generó debido a que no se detallaron todos los elementos fijos del ensamble para optimizar el tiempo de simulación, evitando una mayor demanda computacional y reduciendo el tiempo de procesamiento sin afectar la validez general del análisis.

La validación del modelo a través de simulaciones permitió observar que el diseño cumple con los requerimientos mecánicos establecidos, garantizando la estabilidad y la seguridad del mecanismo durante su funcionamiento. El análisis de tensiones y deformaciones evidenció que la estructura no presenta zonas críticas de fallo bajo las condiciones de carga establecidas, lo que confirma la eficacia del diseño estructural propuesto. Sin embargo, para futuras optimizaciones, se recomienda realizar estudios complementarios sobre la fatiga de los materiales y los efectos de cargas dinámicas durante la operación prolongada. Esto permitirá prever posibles mejoras en la durabilidad

y desempeño del sistema, asegurando que la estructura mantenga su resistencia a largo plazo. En conclusión, el análisis de fuerza realizado respalda la viabilidad del diseño estructural y proporciona una base sólida para su implementación, con la posibilidad de futuras mejoras para optimizar aún más su rendimiento y fiabilidad.

VIII-B2. Diseño neumático.: El circuito neumático de la Figura 22, se basa en la secuencia de funcionamiento controlada por pulsadores y temporizadores. Este diseño inicia cuando una señal es recibida, activando el cilindro lateral (S1), encargado de sujetar la caja en su lugar. Este primer paso garantiza que la caja esté firmemente sujeta para los movimientos posteriores. Posteriormente, tras un intervalo de 1 segundo, los cilindros lift (S2) se activan simultáneamente para levantar la estructura. Los cilindros lift (S2) permanecen activos durante el tiempo necesario para completar la tarea de elevación. Una vez finalizada la elevación, los cilindros lift (S2) se desactivan, permitiendo que la estructura descienda de manera controlada. Finalmente, el cilindro lateral (S1) se desactiva, liberando la caja para su posterior manejo.

Este diseño aprovecha el control secuencial para maximizar la seguridad y evitar fallas mecánicas. Además, el sistema neumático utiliza un temporizador de 3 segundos, asegurando que cada acción tenga el tiempo necesario para completarse con precisión. La ventaja de este diseño radica en su simplicidad y en la capacidad de automatizar las etapas mediante los temporizadores integrados.

La ventaja de este diseño reside en su simplicidad y en la capacidad de automatizar las etapas mediante temporizadores integrados. Además, el control neumático es adecuado para aplicaciones industriales donde se requiere precisión y repetibilidad. Gracias a los pulsadores, el operador puede activar el ciclo fácilmente y el sistema se encarga de realizar las acciones secuenciales sin intervención manual adicional. Este esquema neumático no solo cumple con los requerimientos funcionales, sino que también permite realizar ajustes en los tiempos y posiciones de los cilindros para adaptarse a diferentes tamaños o tipos de cajas. Esto lo convierte en una solución versátil y escalable para diversas aplicaciones industriales.

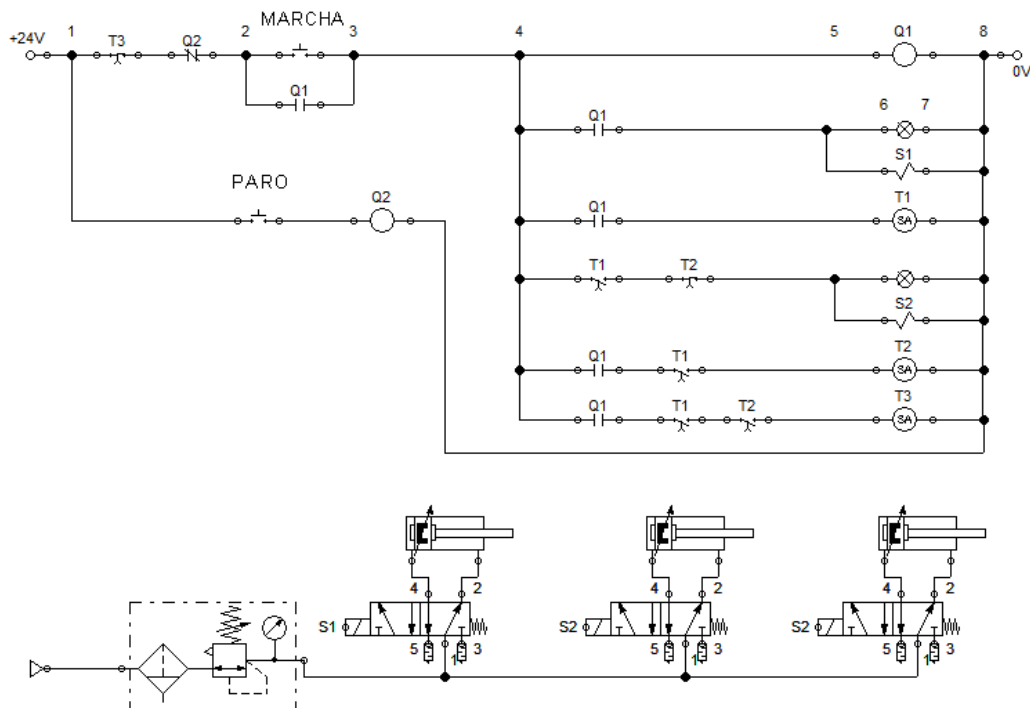


Figura 22. Circuito neumático del sistema. Fuente: Autores

El diagrama de estado generado permite visualizar con claridad la secuencia de operaciones del sistema, destacando las posiciones de conmutación de los cilindros a lo largo del tiempo, como se muestra en la Figura 23. Inicialmente, el cilindro lateral (S1) se activa al presionar el pulsador, asegurando que la caja quede firmemente sujeta durante todo el proceso. Posteriormente, tras un intervalo de 1 segundo, los cilindros lift (S2) entran en acción simultáneamente para levantar la estructura, permaneciendo activos durante el tiempo necesario para completar esta tarea. Una vez finalizada la elevación, los cilindros S2 se desactivan, lo que permite que la estructura descienda de manera controlada. Finalmente, el cilindro lateral (S1) se desactiva, liberando la caja para su posterior manejo.

El diagrama de estado, además de proporcionar una visión clara de las secuencias, facilita la identificación de posibles ajustes en los tiempos de conmutación, asegurando así la sincronización precisa y la eficiencia del sistema neumático. Este análisis detallado refuerza la utilidad de la herramienta para optimizar procesos industriales y garantizar el correcto funcionamiento de cada etapa del ciclo.

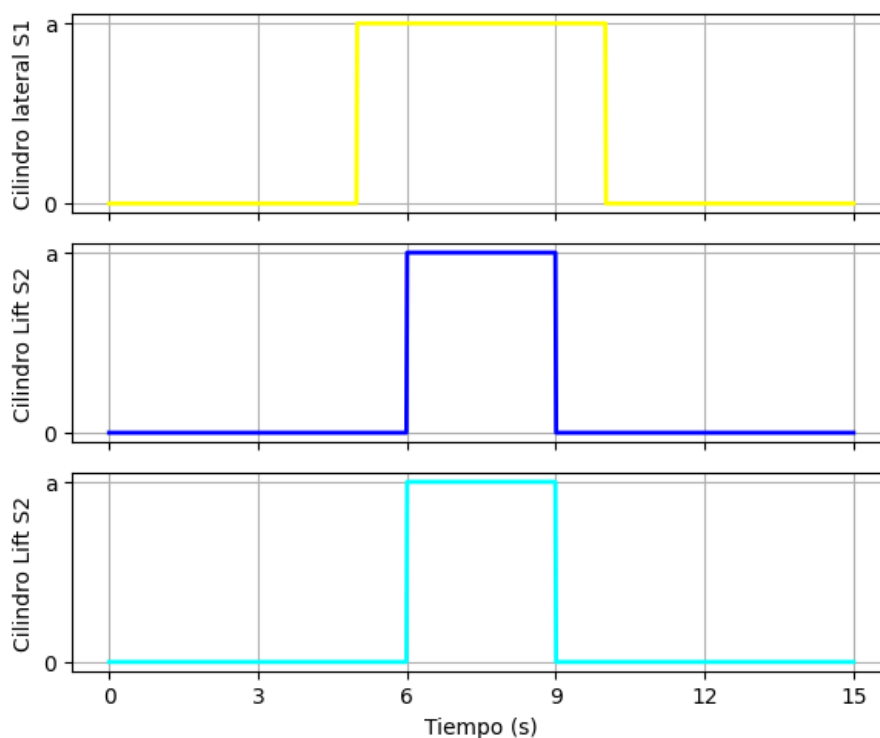


Figura 23. Diagrama de estados. Fuente: Autores

VIII-C. Sistema de control.

VIII-C1. Diseño Electrónico. El diseño electrónico y la programación desempeñan un papel crucial en la automatización de procesos industriales. En este caso, el control del mecanismo de volteo de cajas se implementa utilizando Arduino, una plataforma versátil y ampliamente adoptada en proyectos de ingeniería mecatrónica. La lógica programada en el microcontrolador permite gestionar de manera precisa y sincronizada las señales necesarias para el funcionamiento de actuadores, cilindros y servomotores. El diseño del sistema debe garantizar que cada componente actúe en el momento adecuado, asegurando tanto la eficiencia operativa como la protección de los elementos mecánicos. Antes de implementar el código, es fundamental establecer un esquema claro que detalle los pasos a seguir en cada etapa del proceso, lo cual se representa mediante un diagrama de flujo.

El flujo lógico comienza con la detección de la caja, que activa el proceso de volteo. El sensor instalado en la línea transportadora verifica la presencia de una caja, generando una señal que inicia el ciclo programado. En caso de que no se detecte una caja, el sistema permanece en un estado de espera, lo que optimiza los recursos al

no realizar acciones innecesarias. Esta funcionalidad no solo reduce el desgaste de los actuadores y componentes eléctricos, sino que también minimiza el consumo energético. Una vez detectada la caja, el sistema comienza a ejecutar una secuencia predefinida de acciones que incluye el accionamiento de actuadores laterales y cilindros hidráulicos, así como el movimiento rotacional del servomotor. La Figura 24 muestra el diagrama de flujo del proceso.

La sincronización de cada acción es fundamental para garantizar que el volteo de la caja se realice de manera segura y precisa. Por ejemplo, el sistema activa primero los actuadores laterales para asegurar la caja en su posición antes de que los cilindros levanten la estructura. Posteriormente, el servomotor realiza un giro de 90 grados en el sentido horario, volteando la caja a la posición deseada. Durante cada etapa, se introducen pausas programadas para permitir que los actuadores completen sus movimientos y se asegure la estabilidad del sistema. Estas pausas son esenciales para evitar posibles errores de sincronización que podrían comprometer el proceso.

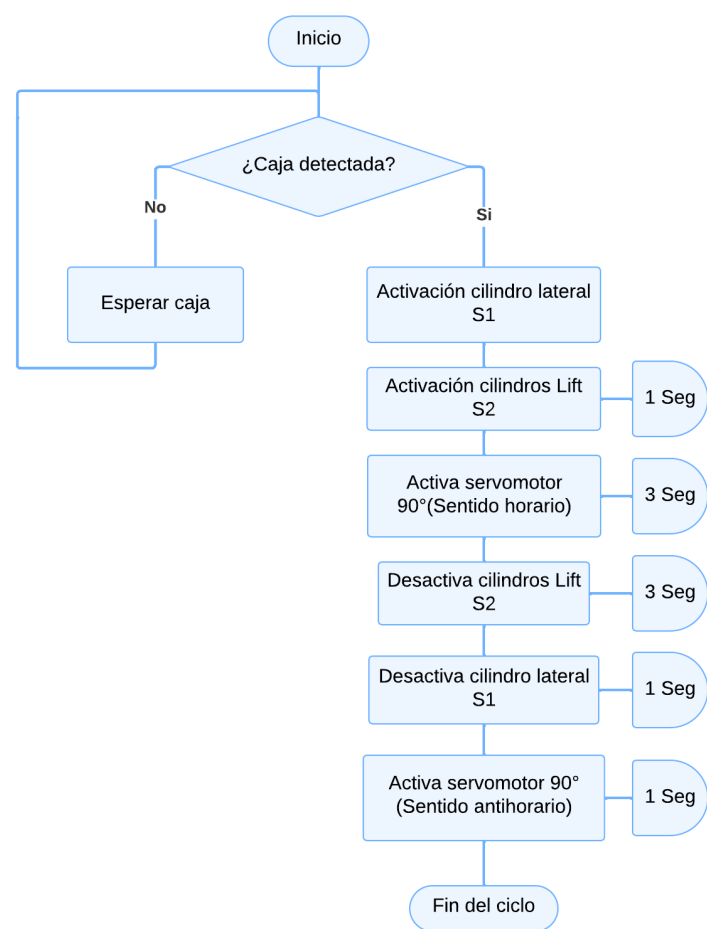


Figura 24. Diagrama de Flujo de Funcionamiento. Fuente: Autores

El retorno a la posición inicial constituye la fase final del ciclo. Después de que la caja ha sido volteada, los cilindros descenden la estructura y los actuadores laterales liberan la caja, permitiendo que continúe su trayecto por la línea transportadora. Simultáneamente, el servomotor regresa a su posición original mediante un giro de 90 grados en sentido antihorario, completando así el ciclo. Este diseño asegura que el sistema esté preparado para el siguiente ciclo sin intervención manual. El uso del diagrama de flujo, que detalla cada paso del proceso, facilita tanto la programación en Arduino como la comprensión de la lógica por parte de los operadores y técnicos, sirviendo

como una herramienta clave para la implementación y el mantenimiento del sistema.

VIII-C2. Secuencia de operación del sistema automatizado: El sistema descrito previamente es una parte clave de un proceso automatizado que coordina las operaciones del mecanismo de volteo y grabado láser. Para ello, cuenta con un Control de Encendido General que permite gestionar el funcionamiento del sistema como se ilustra en la Figura 25. En este caso, el control de las diferentes etapas del proceso se realiza a través de un PLC, que gestiona el flujo de trabajo y las señales necesarias para los componentes del sistema. La programación es esencial para activar la banda transportadora, detectar la presencia de la caja y activar los actuadores en el momento adecuado.

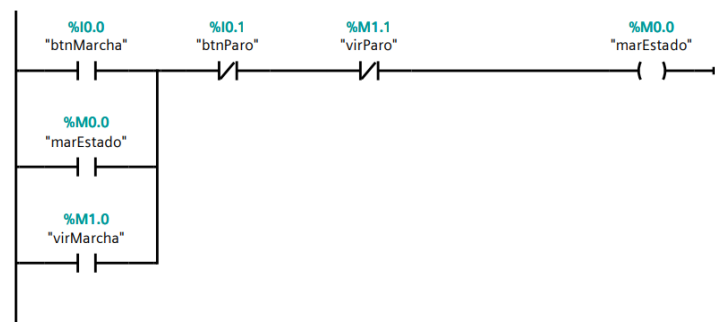


Figura 25. Control de Encendido General. Fuente: Autores

El proceso comienza con la activación de la banda transportadora, permitiendo que las cajas se desplacen a lo largo del sistema, como se muestra en la Figura 26. Un sensor en la línea detecta la presencia de una caja y, una vez confirmada, se envía la señal para iniciar el proceso de grabado como se muestra en la Figura 27.

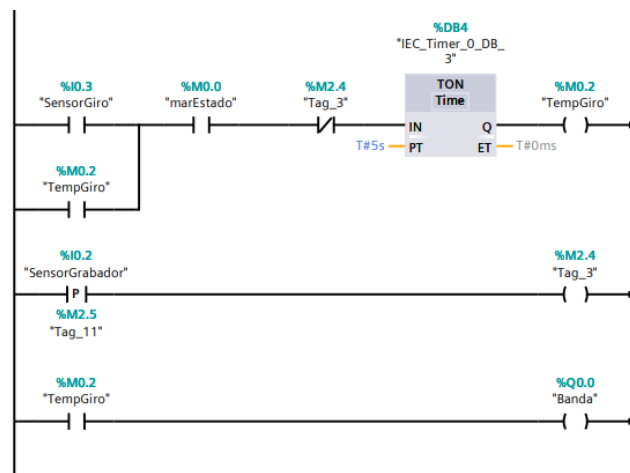


Figura 26. Encendido de Banda. Fuente: Autores

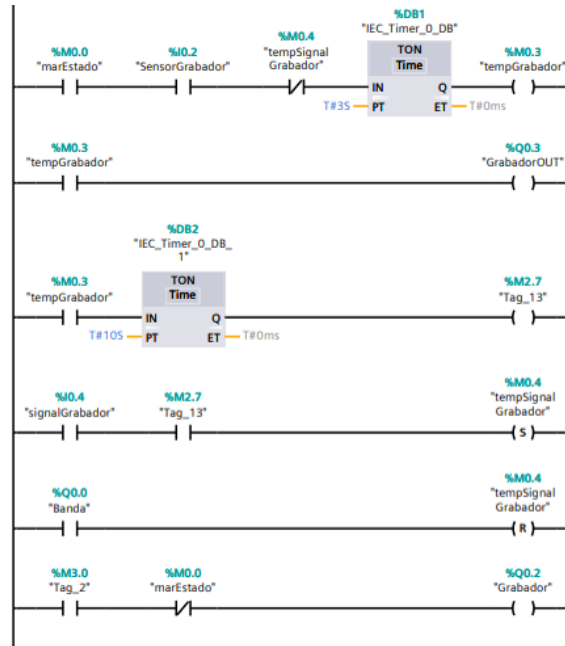


Figura 27. Inicio de Grabado. Fuente: Autores

Tras completar el grabado, otro sensor identifica la posición de la caja antes de ingresar al sistema de volteo. En este punto, la banda se detiene y el mecanismo de volteo gira la caja a la orientación adecuada mediante el servomotor, como se ilustra en la Figura 28. Finalmente, la banda transportadora se reanuda, permitiendo que la caja continúe su trayecto hacia la siguiente etapa del proceso.

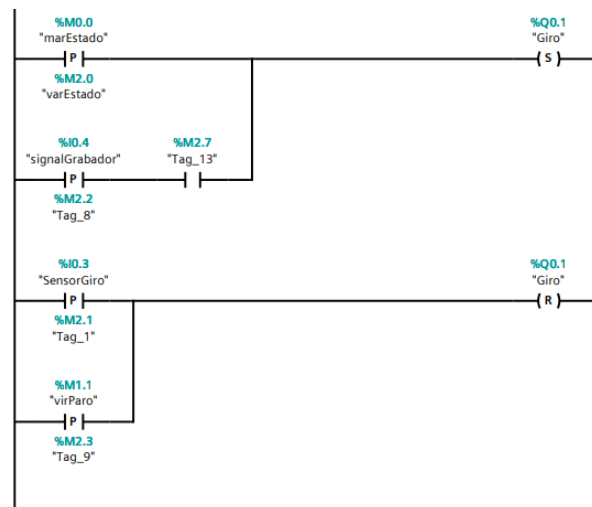


Figura 28. Señal de Giro. Fuente: Autores

Cuando el sistema de volteo ha girado la caja y el proceso de grabado ha sido completado, se coordina la detención de las acciones y el sistema se prepara para el siguiente ciclo. La programación del PLC asegura que las secuencias de operaciones estén sincronizadas correctamente, garantizando que el sistema funcione de manera precisa y sin errores. Este enfoque asegura una producción continua y eficiente, optimizando los recursos y mejorando la consistencia en cada etapa del proceso, como se muestra en la Figura 29, donde se ilustra la pantalla del HMI, que incluye indicadores para el grabado, la banda transportadora y el mecanismo de giro, facilitando la supervisión y control del sistema.



Figura 29. HMI del sistema. Fuente: Autores

VIII-D. Implementación.

La implementación del sistema de volteo de cajas comienza con el ensamblaje de los diferentes componentes del mecanismo, los cuales están cuidadosamente diseñados para integrarse en la línea de producción. A continuación, se describen los pasos realizados en la construcción del sistema, desde la fabricación de las piezas hasta su instalación en la banda transportadora. En la Figura 30 se muestra el proceso de lijado de las piezas metálicas del mecanismo, una tarea fundamental para preparar las superficies antes de su pintado. En la Figura 31 se muestra el proceso de pintado, que asegura la durabilidad y protección contra la corrosión de las piezas. Estas tareas son fundamentales para garantizar un correcto funcionamiento y una mayor vida útil del sistema.



Figura 30. Lijado de Estructura. Fuente: Autores



Figura 31. Pintando de Estructura. Fuente: Autores

Posteriormente, en la Figura 32, se observa el proceso de ensamblaje de los componentes principales, como el servomotor, los actuadores laterales y los cilindros hidráulicos. Estos elementos permiten el volteo preciso de las cajas durante el proceso automatizado.



Figura 32. Ensamblaje de Estructura. Fuente: Autores

Finalmente, en la Figura 33, se muestra la instalación del mecanismo sobre la banda transportadora, donde queda listo para operar. La integración del sistema con la línea de producción permite realizar la orientación de las cajas de manera eficiente, asegurando que cada etapa del proceso se lleve a cabo sin interrupciones.

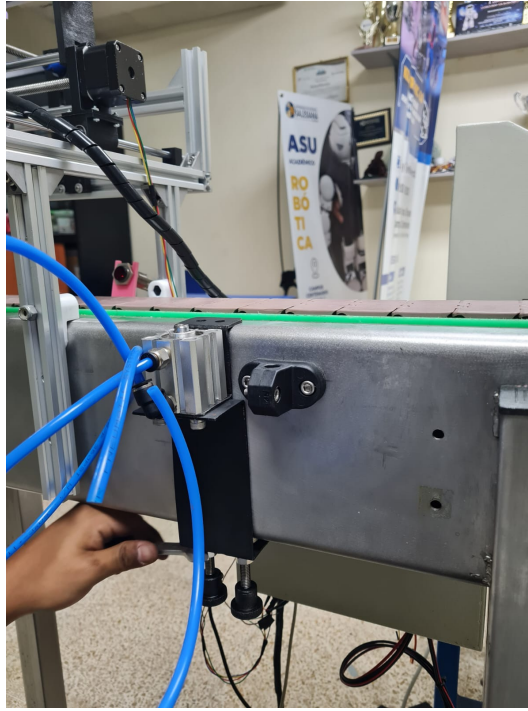


Figura 33. Instalando el Mecanismo en Banda Transportadora. Fuente: Autores

IX. RESULTADOS

Como se ilustra en la Figura 34, se presenta el sistema implementado en la banda transportadora. Esta representación muestra los componentes y el diseño del mecanismo que permite el movimiento y la orientación de las cajas dentro del proceso automatizado.

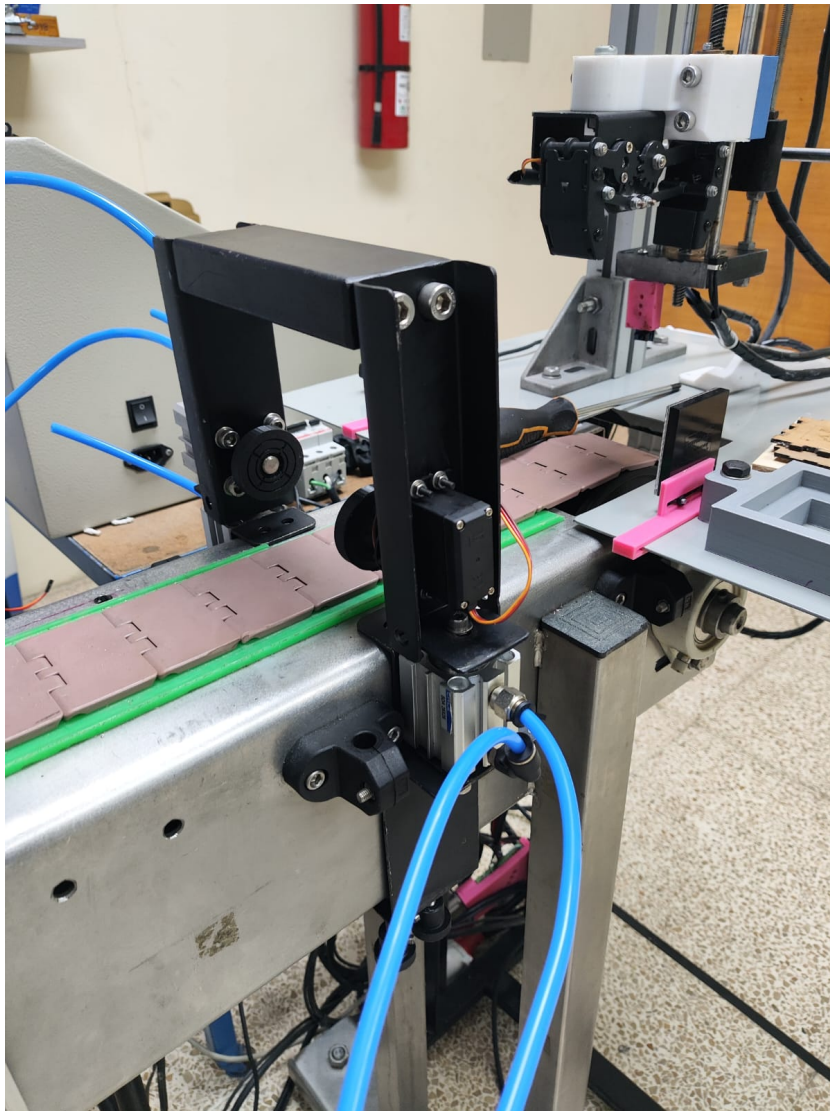


Figura 34. Implementación del mecanismo. Fuente: Autores

El sistema implementado funciona de manera adecuada, logrando voltear las cajas en un tiempo de 10 segundos. Este intervalo ha sido ajustado para asegurar que el mecanismo pueda realizar el giro de forma precisa y sin inconvenientes. Este tiempo también ofrece un margen adecuado para asegurar que el proceso se lleve a cabo sin interferencias, manteniendo la calidad y precisión en la operación.

Además, el tiempo de 10 segundos es completamente configurable, lo que permite adaptarlo a las necesidades específicas del proceso. Sin embargo, se ha observado que este intervalo es óptimo para la operación del sistema, ya que garantiza un giro sin problemas y no afecta el flujo de trabajo general, manteniendo la eficiencia del sistema.

Se comparó el tiempo de volteo entre un mecanismo y una persona. En 35 mediciones, la persona tardó entre 1 y 2.19 segundos, mientras que el mecanismo mantuvo un tiempo constante de 10 segundos. Aunque la persona inicia más rápido, su rendimiento varía y depende de la fatiga. Al analizar los datos, se observó que, a medida que transcurre el tiempo, la persona comienza a experimentar una disminución en su velocidad debido al cansancio, lo que provoca un aumento progresivo en los tiempos de volteo. Este efecto es especialmente relevante en tareas repetitivas dentro de entornos industriales, donde la fatiga humana puede generar ineficiencias, variaciones en la producción y posibles errores. En cambio, el mecanismo no se ve afectado por la fatiga y mantiene un desempeño estable, lo que lo convierte en una alternativa más confiable para la automatización del proceso.

En conclusión, el mecanismo de giro automatizado presenta una ventaja significativa sobre el trabajo manual en términos de estabilidad y consistencia del tiempo de operación. Aunque una persona puede realizar el volteo de manera más rápida en los primeros intentos, su rendimiento disminuye con el tiempo, lo que impacta la eficiencia general del proceso. La implementación del mecanismo permite garantizar uniformidad en el volteo de las cajas y reducir la influencia de la fatiga en la producción, optimizando así el flujo de trabajo y mejorando la productividad en un entorno industrial, como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla III
COMPARACIÓN DE TIEMPOS ENTRE PERSONA Y MECANISMO

Intento	Tiempo Persona (s)	Tiempo Mecanismo (s)
1	1.55	10.05
2	1.20	10.20
3	2.19	10.15
4	2.04	10.10
5	1.45	11.00
6	1.52	10.10
7	1.52	11.00
8	1.13	10.10
9	1.26	10.20
10	1.99	10.05
11	1.06	10.80
12	1.46	11.00
13	1.14	10.05
14	1.45	11.00
15	1.50	10.10
16	1.00	12.00
17	1.34	10.05
18	1.22	10.10
19	1.70	10.20
20	1.56	10.15
21	1.68	10.05
22	1.19	10.10
23	1.42	11.00
24	1.71	10.05
25	1.43	10.10
26	1.23	10.20
27	1.43	11.00
28	1.34	10.10
29	1.24	10.20
30	1.17	10.05
31	1.57	10.10
32	1.82	10.20
33	1.80	10.05
34	1.25	10.10
35	1.69	10.20

Después de analizar los tiempos de volteo y la comparación entre el mecanismo automatizado y la intervención manual, es importante evaluar la viabilidad económica de utilizar una persona para realizar este trabajo repetitivo frente a la implementación del mecanismo de giro. Si consideramos el costo de contratar a una persona con un salario básico para que realice el volteo de cajas durante todo un turno de trabajo, los costos laborales se acumulan rápidamente. La necesidad de pagar un salario mensual fijo y las implicaciones de la fatiga humana (que impactan el rendimiento) suman una carga adicional en cuanto a eficiencia y calidad.

Por otro lado, el mecanismo automatizado, aunque requiere una inversión inicial considerable para su adquisición e instalación, tiene un costo operativo mucho más bajo a largo plazo. Una vez instalado y operando, el mecanismo no incurre en gastos recurrentes significativos, más allá del mantenimiento preventivo y correctivo. Esto se traduce en un costo unitario por caja volteada que es mucho más bajo en comparación con el trabajo manual, especialmente si se considera la alta capacidad de operación del mecanismo sin verse afectado por la fatiga o los descansos.

En conclusión, la implementación del mecanismo automatizado resulta ser más conveniente desde una perspectiva económica a largo plazo. Si bien el costo inicial puede ser elevado, la eficiencia, la consistencia y la reducción de costos laborales hacen que el mecanismo de giro sea una alternativa más rentable para el proceso de volteo de cajas, optimizando el flujo de trabajo y mejorando la productividad en el entorno industrial.

X. CRONOGRAMA

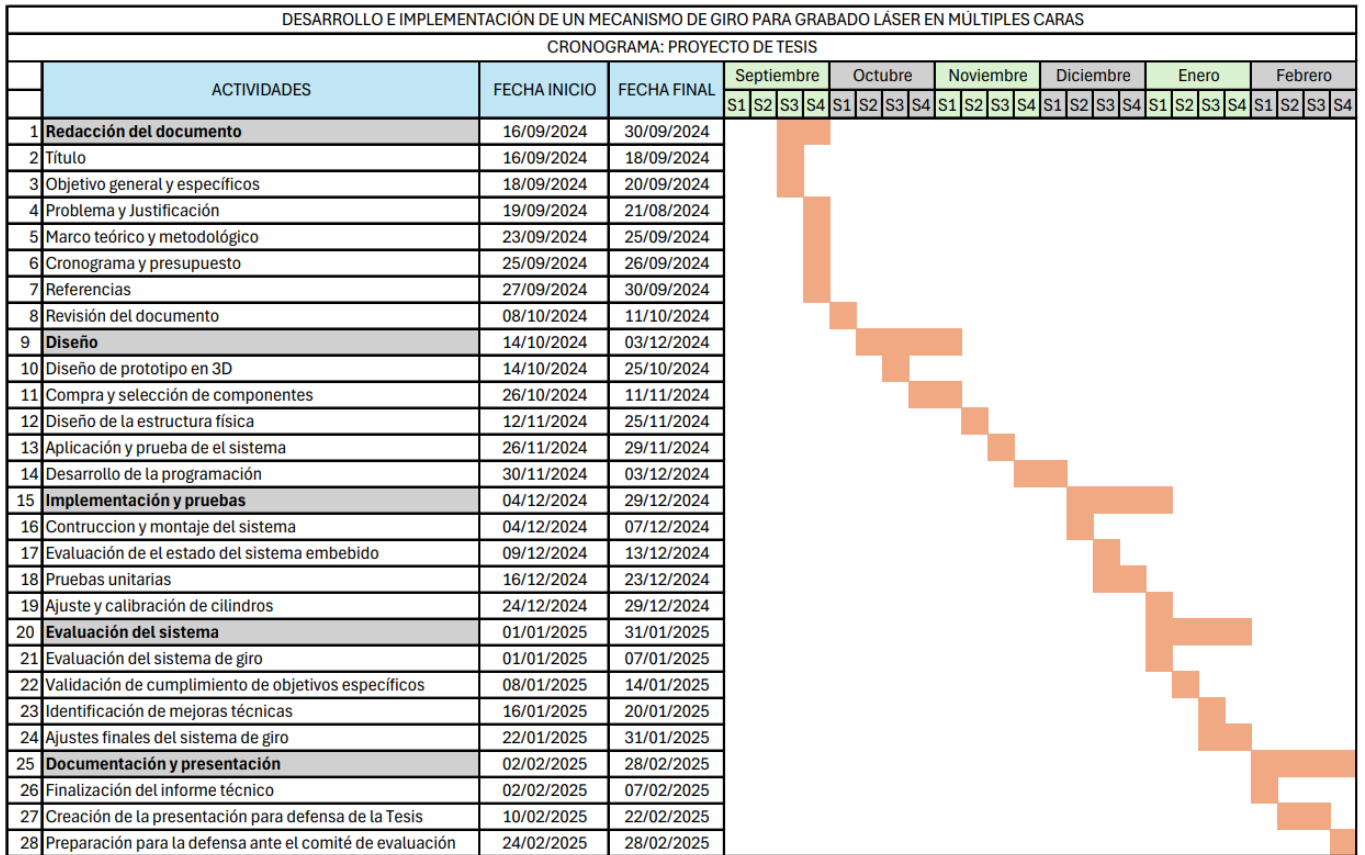


Figura 35. Cronograma. Elaborado por autores

XI. PRESUPUESTO

Dentro de la tabla presupuestaria se presentan los valores susceptibles de obtención a través de los procesos de cotización llevados a cabo en distintas localidades a lo largo del territorio nacional para la posterior implementación del trabajo de tesis.

Tabla IV
PRESUPUESTO

Ítem	Artículo	P. Unitario USD	Cantidad	P. Total USD
1	30cm Canal C 50x25x2mm A36	\$1.50	1	\$1.50
2	10cm Tubo Rectangular 50x25x2 A36	\$0.50	1	\$0.50
3	Placa Rectangular de 48x23mm Acero Negro Espesor 3/8"	\$5.00	2	\$10.00
4	Banda Transportadora	\$430.00	1	\$430.00
5	Cilindro compacto de pistón neumático de doble efecto SDA25x25	\$28.00	3	\$84.00
6	Sensor Reflectivo Industrial	\$100.00	1	\$100.00
7	Racores Varios	\$30.00	1	\$30.00
8	Mangueras Neumáticas	\$10.00	1	\$10.00
9	Siemens CPU 1214C - 6ES77214 - 1AG40 - 0XB0	\$408.18	1	\$408.18
10	Relé con Base 24V 8A	\$6.25	1	\$6.25
11	Electroválvula 5/2 con bobina de 24V marca VPC PNEUMATIC	\$40.25	2	\$80.50
12	Servomotor Servo 20kg 180° Modelo Td8120mg + Hélices	\$10.00	1	\$10.00
13	Arduino Uno	\$15.00	1	\$15.00
14	Fuente de 12V	\$44.26	1	\$44.26
15	Cajas de Distribución	\$2.50	2	\$5.00
16	Pasamuros para Manguera	\$4.00	6	\$24.00
17	Gastos Varios	\$64.68	1	\$64.68
18	Mano de Obra	\$350.00	1	\$350.00
19	TOTAL			\$1,691.43

XII. CONCLUSIÓN

El diseño propuesto que se muestra en la Figura 19 cumple con los parámetros de esfuerzo y deformación según el criterio de falla de von misses. El esfuerzo máximo es de 29.2MPa y es muy inferior al límite elástico del material 250MPa, por lo que se concluye que el mecanismo soporta la carga con un factor de seguridad de 8.

El sistema de control implementado demuestra que el mecanismo de giro automatizado ofrece ventajas significativas en comparación con la intervención manual en el proceso de volteo de cajas. A lo largo de las mediciones, se observó que, aunque la persona puede comenzar con tiempos de volteo más rápidos, su rendimiento disminuye progresivamente debido a la fatiga. Esta variabilidad en el desempeño humano puede generar ineficiencias y errores, afectando la calidad y consistencia del producto. En contraste, el mecanismo automatizado mantiene un tiempo constante y preciso de operación, sin verse afectado por la fatiga, lo que garantiza una mayor estabilidad en el proceso de producción.

Desde una perspectiva económica, el costo de utilizar a una persona durante un turno completo de trabajo, considerando un salario básico, resulta ser más elevado a largo plazo que la inversión en un mecanismo automatizado. Si bien el costo inicial del sistema es significativo, la reducción de costos laborales, la mejora en la eficiencia operativa y la capacidad de operar sin interrupciones hacen que la automatización sea una opción más rentable a largo plazo. El mecanismo no solo optimiza el flujo de trabajo, sino que también asegura una mayor consistencia en la orientación y volteo de las cajas, mejorando la productividad y reduciendo el riesgo de errores en el proceso.

En conclusión, la implementación del mecanismo de giro automatizado representa una solución efectiva para optimizar el proceso de volteo de cajas, al ofrecer beneficios en términos de estabilidad, productividad y reducción de costos. Esta automatización, además de aumentar la eficiencia, elimina las variaciones causadas por la fatiga humana y mejora la consistencia en la producción, lo que la convierte en una opción más confiable y económica en el contexto industrial. La inversión inicial en el mecanismo es una decisión que, a largo plazo, se traduce en un ahorro significativo y una mayor competitividad en el mercado.

XIII. RECOMENDACIONES

Una recomendación fundamental es realizar pruebas adicionales con diferentes tiempos de giro y espera en el sistema, ya que estos parámetros son configurables y ajustables según las necesidades del proceso. Esta flexibilidad permitirá optimizar el rendimiento del sistema, asegurando que los tiempos de operación sean los más adecuados para cada situación. Al experimentar con una variedad de configuraciones, se podrá determinar la opción más eficiente, maximizando la productividad y minimizando los tiempos de inactividad, sin comprometer la precisión ni la calidad del proceso.

Además, sugiero explorar la posibilidad de agregar un proceso adicional que siga al mecanismo de giro, con el fin de ofrecer mayor versatilidad y adaptabilidad al sistema. Este proceso podría ser útil especialmente para productos más frágiles que requieran un tratamiento especial o un manejo más cuidadoso. La implementación de una etapa posterior permitiría ampliar los usos del sistema, no limitándose únicamente al grabado láser. Esta mejora podría abrir nuevas oportunidades para la automatización de otros tipos de procesos o productos, incrementando así la funcionalidad y eficiencia del sistema en diversas aplicaciones industriales.

Finalmente, también sugiero considerar el desarrollo de un mecanismo de giro alternativo, distinto al actual. Esto proporcionaría más opciones para adaptar el sistema a diferentes tipos de productos, procesos o necesidades específicas. Tener más de un mecanismo de giro permitiría ofrecer soluciones más personalizadas y flexibles, mejorando aún más la versatilidad del sistema.

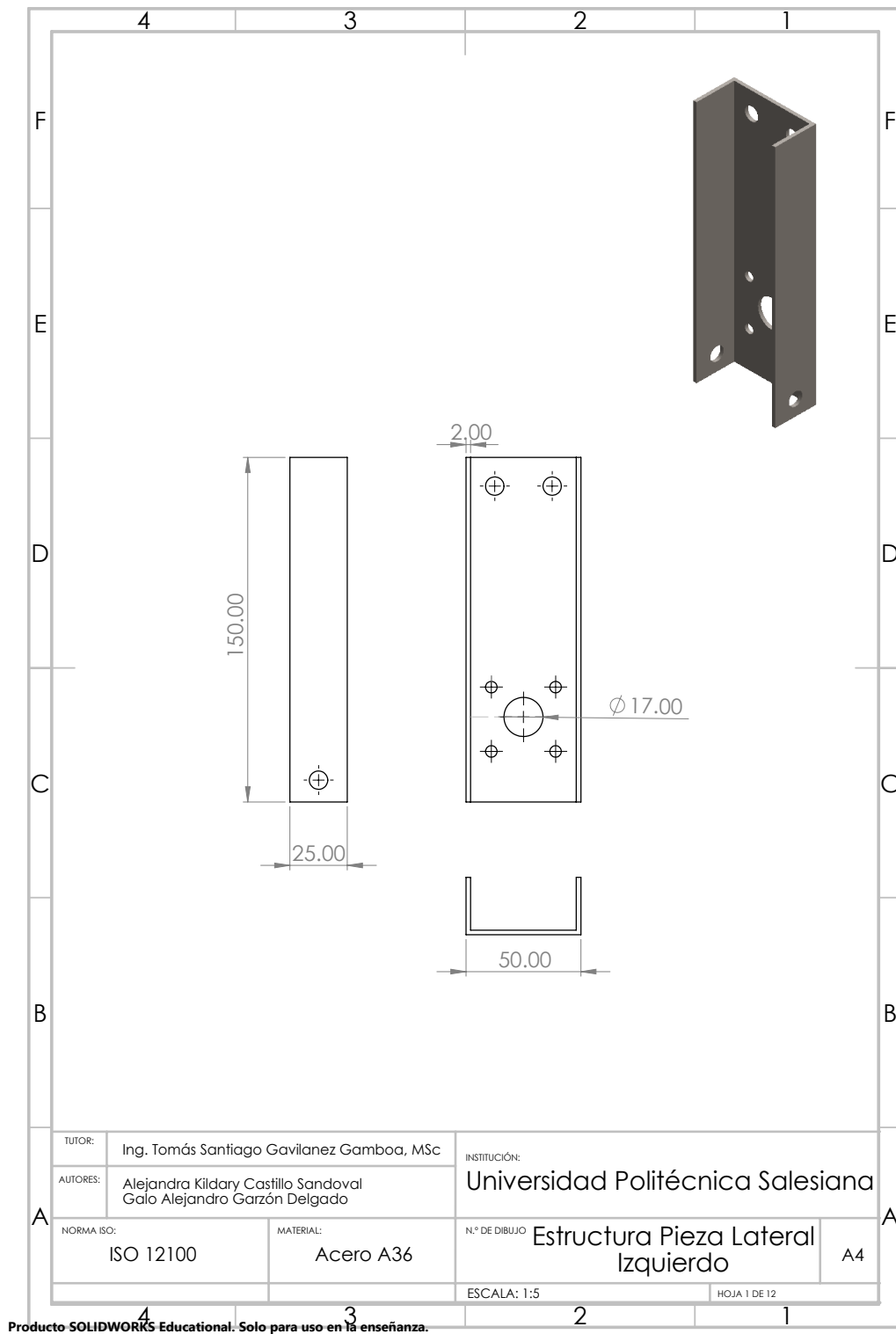
REFERENCIAS

- [1] S. N. Hernández-Fuentes y K. Y. Sánchez-Mojica, «Innovación y competitividad: micro y pequeñas empresas del sector agroindustrial en Cúcuta,» *Revista de investigación, Desarrollo e Innovación*, vol. 8, n.º 1, págs. 23-33, 2017.
- [2] E. G. Moreno, *Automatización de procesos industriales*. Alfaomega Valencia, 2001.
- [3] B. F. Belisario y G. Aneladis, “*PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE LA LÍNEA 4 DE UNA PLANTA EMBOTELLADORA UBICADA EN SAN PEDRO DE LOS ALTOS*”. 2018.
- [4] R. Vizcaíno Cabo, «Estudio del proceso de automatización de una línea de producción industrial,» B.S. thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 2022.
- [5] CAMPRODON, *Sistema de Giro de Producto*, Sitio web, Consultado: 12 de septiembre de 2024, C/ JOHANNES KEPLER 9, NAVE 43, 50.015 Zaragoza (España), 2024. dirección: <https://camprodon.biz/productos/soluciones-a-medida/sistema-giro-de-producto/>.
- [6] C. P. Gavilema Santillan, «Construcción de un prototipo CNC de grabado laser para optimizar el tiempo de producción gráfica en madera y cuero en el laboratorio de robótica de la Universidad Técnica Cotopaxi periodo 2016,» B.S. thesis, LATACUNGA/UTC/2016, 2016.
- [7] K. M. Salas-Arias, C. E. Madriz-Quirós, O. Sánchez-Brenes, M. Sánchez-Brenes y J. B. Hernández-Granados, «Factores que influyen en errores humanos en procesos de manufactura moderna,» *Revista tecnología en marcha*, vol. 31, n.º 1, págs. 22-34, 2018.
- [8] J. J. Hinojo-Pérez, «Investigación industrial orientada a la adecuación de los sistemas productivos actuales del sector calzado a tecnologías de reciente desarrollo,» 2018.
- [9] M. Del Río, J. Martínez, A. Martín, G. Bravo-Aranda y E. S. d. I. de Sevilla, «Estudio comparativo de las estrategias para la distribución del espacio en planta en los campos de la arquitectura e ingeniería,» en *VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos: actas: 8-10 octubre: Pamplona 2003.*, Universidad Pública de Navarra= Nafarroako Unibertsitate Publikoa, 2003, pág. 31.
- [10] M. E. Rodríguez, C. Rodríguez, L. M. Palacios, E. Ernesto, C. Vera e I. Ramírez, «Análisis de la integridad estructural en dos cuerpos de volteo utilizados en el autotransporte,»
- [11] M. V. Martínez, A. H. Cadena, J. Á. J. Magaña, J. M. G. Zea y J. N. G. Vázquez, «Beneficios de implementar la automatización en la industrialización de procesos,» 2023.
- [12] K. A. E. Flores, J. M. T. Barahona y M. H. V. Coronado, «Gestión por procesos para incrementar la productividad en la empresa “Comercio Industria y Servicios GMV EIRL”,» *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 7, n.º 1, 2020.
- [13] R. Prades Batalla, «Desarrollo de la automatización de un proceso de clasificación de cajas de una empresa logística con implementación mediante la herramienta de programación IEC 61131-3 CODESYS y con simulación de la planta a través del software Factory I/O,» Tesis doct., Universitat Politècnica de València, 2020.
- [14] P. Míguez, «Las transformaciones recientes de los procesos de trabajo: desde la automatización a la revolución informática,» *Trabajo y sociedad: Indagaciones sobre el empleo, la cultura y las prácticas políticas en sociedades segmentadas*, n.º 11, pág. 6, 2008.
- [15] N. Agudelo, G. Tano y C. A. Vargas, «Historia de la Automatización,» *Universidad Ecci*, 2020.
- [16] EMA Ergonomía, *Ingeniería de Manipulación - Volteadores*, Sitio web, Consultado: 21 de octubre de 2024, 2024. DOI: 10.5678/xyz123. dirección: <https://emaergonomia.com/ingenieria-manipulacion/volteadores/>.
- [17] L. A. L. López, «Sistema mecatrónico de banda transportadora usando impresión 3D para la emulación de procesos industriales,» *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 10, n.º 2, págs. 50-61, 2022.
- [18] J. C. M. Vega, C. A. D. Rangel, F. E. G. Trujillo, A. H. C. Rugeles y J. C. B. Herrera, «Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en planta de beneficio,» *Boletines técnicos*, n.º 33, 2013.
- [19] Á. G. Torres Rodríguez, «Mejoras de Proceso en una Línea de Producción,» *Manufacturing Engineering Program*, 2019.

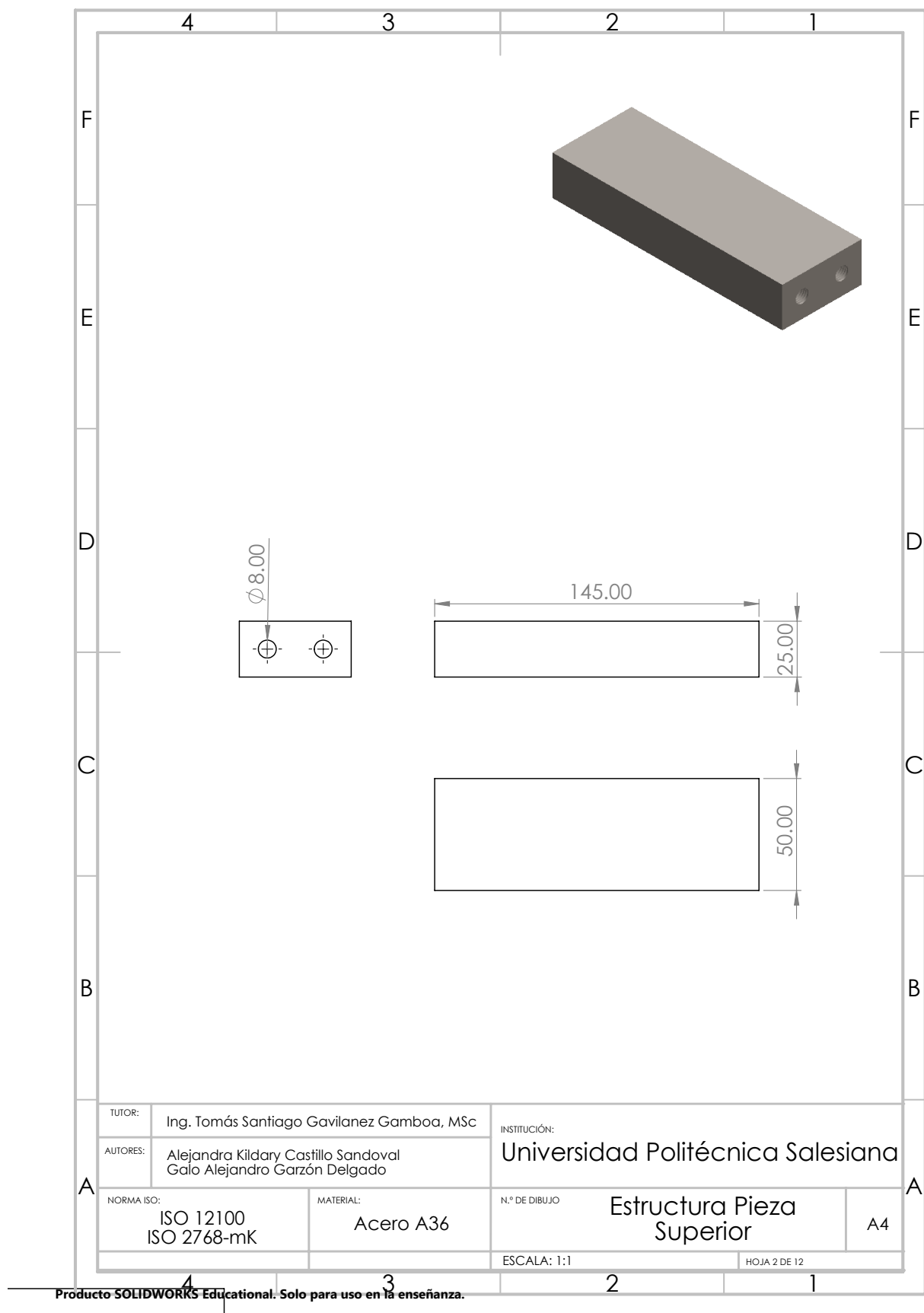
- [20] C. Dager, «Smart conveyors streamline wet wipes packaging challenges: Smart conveying solutions enable high-speed throughput of delicate wet wipes.,» *Plant Engineering*, vol. 75, n.º 6, págs. 29-33, 2021.
- [21] Á. Cuevas Melguizo, «Diseño de un Transportador-Volteador de Cajas de Cartón,» Tesis doct., Universitat Politècnica de València, 2019.
- [22] M. Payoma y J. Edisson, «Diseño de un sistema para reciclar botellas de vidrio en vasos personalizados,» 2022.
- [23] S. Nájjar Molina, «Diseño de un volteador para el premontaje de la suspensión posterior de un autobastidor,» 2004.
- [24] O. G. Chicaiza Ortega, «Construcción de un sistema de serigrafía para el estampado de sellos utilizando electroválvulas.,» 2019.
- [25] ULMA Servicios de Mantenimiento S.Cooperativa, *Volteador Electromanual EBT300*, Sitio web, Certificado según la normativa ISO 9001:2015, N° registro certificado 0.04.15242, Obispo Otadui 10, 20560 Oñati (Gipuzkoa), España, 2024. dirección: <https://www.ulma.com>.
- [26] Fhopepack, *Fhopepack Innovación, Máquina Volteadora de Palets*, Sitio web, Consultado: 20 de enero de 2025, 2024. dirección: <https://www.fhopepack.com/es/pallet-flipping-machine/Best-pallet-flipping-machine-for-warehouses.html>.
- [27] DISSET ODISEO, *Elevador Volteador de Bidones de 200lts*, Sitio web, Consultado: 3 de febrero de 2025, 2024. dirección: <https://www.dissetodiseo.com/producto/elevador-volteador-de-bidones-de-200lts-2/>.
- [28] GAMONLINE. «Volteador 1000 kg Logitrans ELFRA/SELFRA.» Accedido el 11 de enero de 2025. (2025), dirección: <https://online.gamrentals.com/es/volteadores-logitrans/211-volteador-1000-kg-logitrans-elfra-selfra>.
- [29] INGRAF. «Volteadoras de pilas.» Accedido el 11 de enero de 2025. (2025), dirección: <https://ingrafcentroamerica.com/product/volteadoras-de-pilas/>.
- [30] G. A. Díaz Rodríguez y A. I. Hidalgo Rojas, «Implementación de sistema de grabado láser para la fabricación en serie de productos,» B.S. thesis, 2024.
- [31] J. A. Armas Guayasamin y G. V. Chávez Gutiérrez, «Diseño y construcción de un prototipo de cortadora laser CNC para el grabado y corte de madera (MDF) de un espesor 4mm para la empresa Servihardmetal,» B.S. thesis, 2021.
- [32] A. DIAZ CORTES y J. A. LOYA CASTRO, «NUEVAS TÉCNICAS DE GRABADO Y ESTAMPA DESARROLLADAS EN LA FAD por el Mtro. Antonio Díaz Cortés/Manual de grabado, láser, sand blast, puntas de diamante y esmeril en vidrio y mármol impresos a todo color en y relieve en tórculo,» 2020.

XIV. ANEXOS

XIV-A. Planos acotados con especificaciones de material y norma ISO.

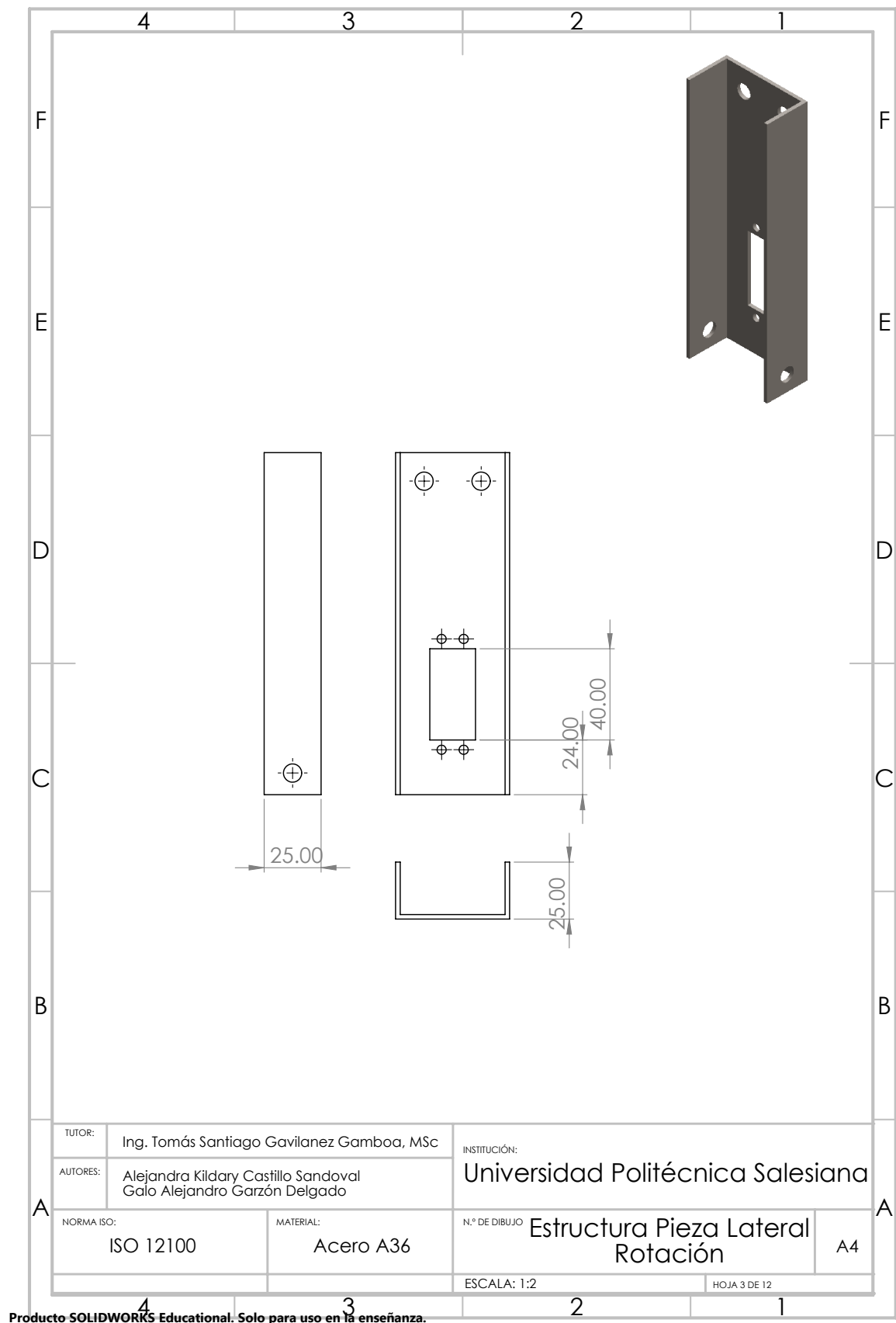


Pieza de Estructura para Lift. Fuente: Autores.



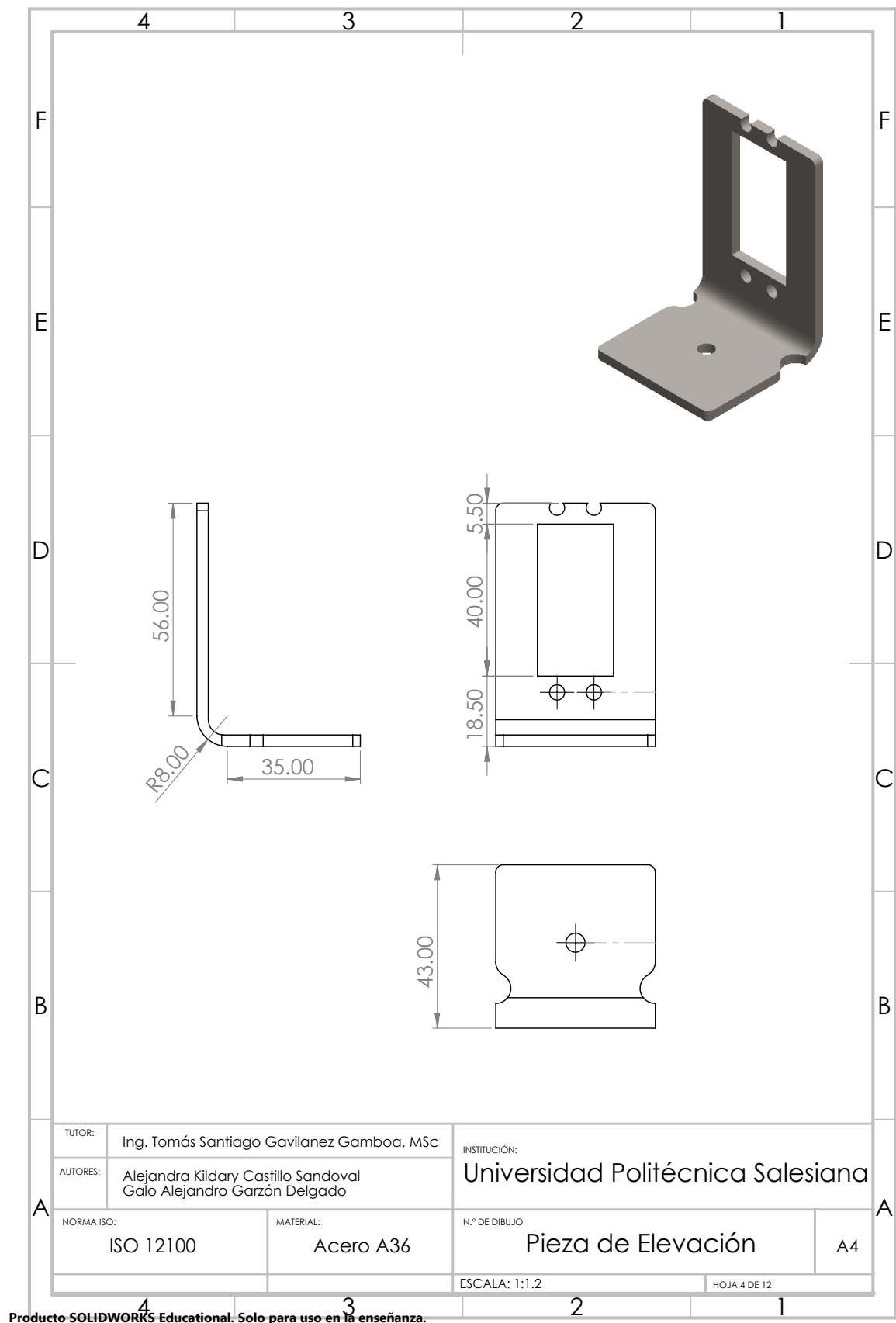
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Pieza Estructura Arriba. Fuente: Autores.



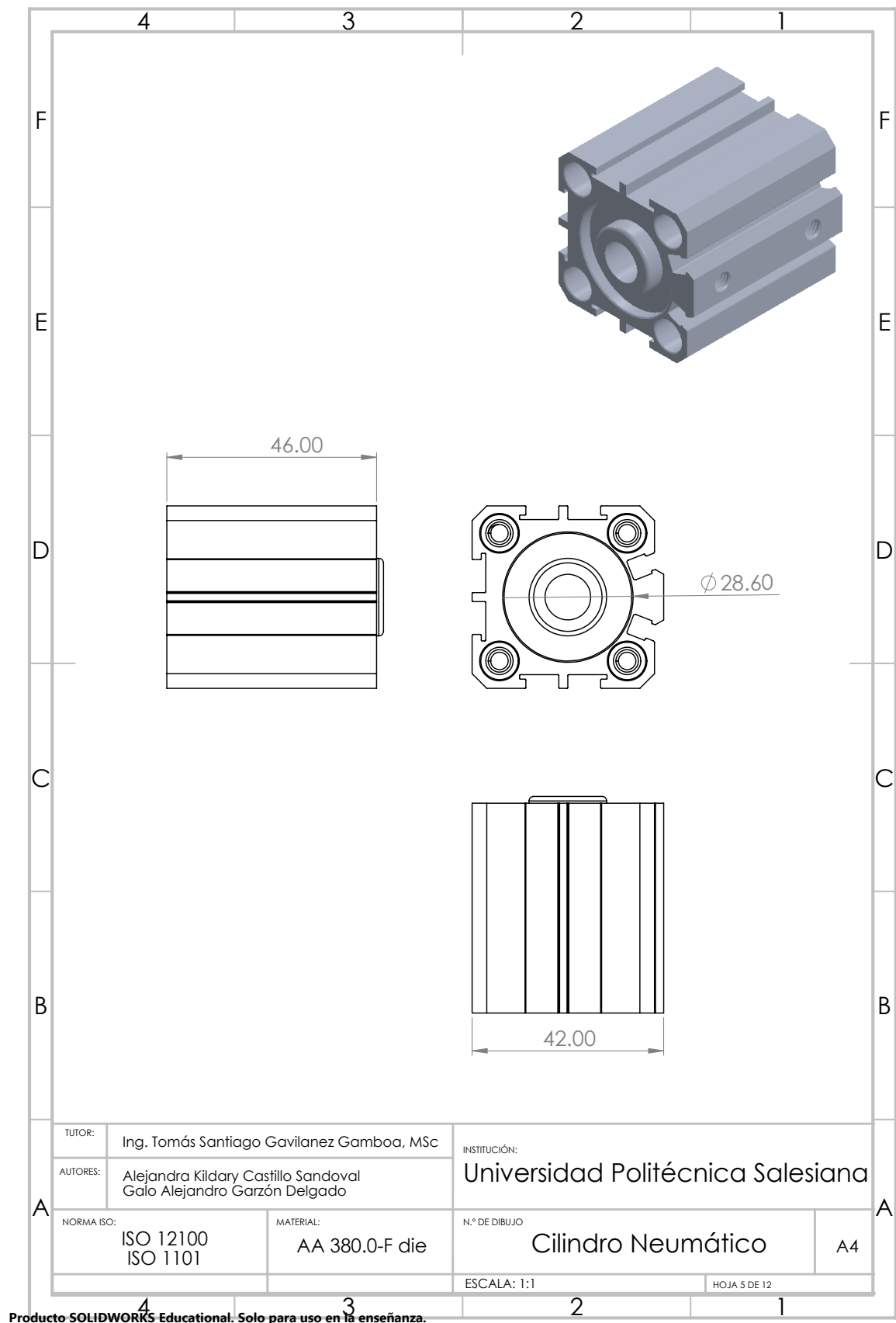
Producto **SOLIDWORKS** Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Pieza Estructura para Rotación. Fuente: Autores.



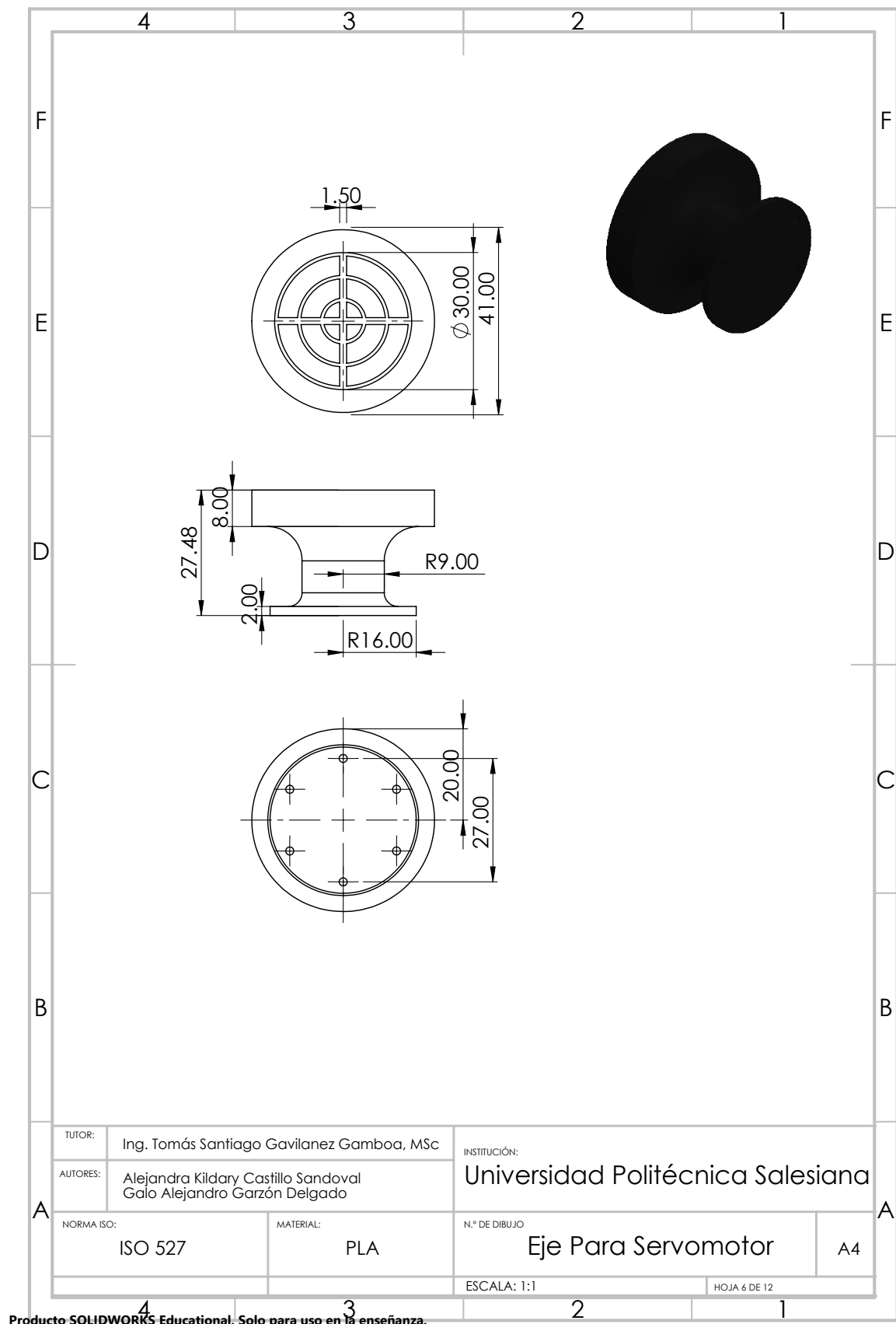
Producto **SOLIDWORKS** Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Pieza de Elevación. Fuente: Autores.

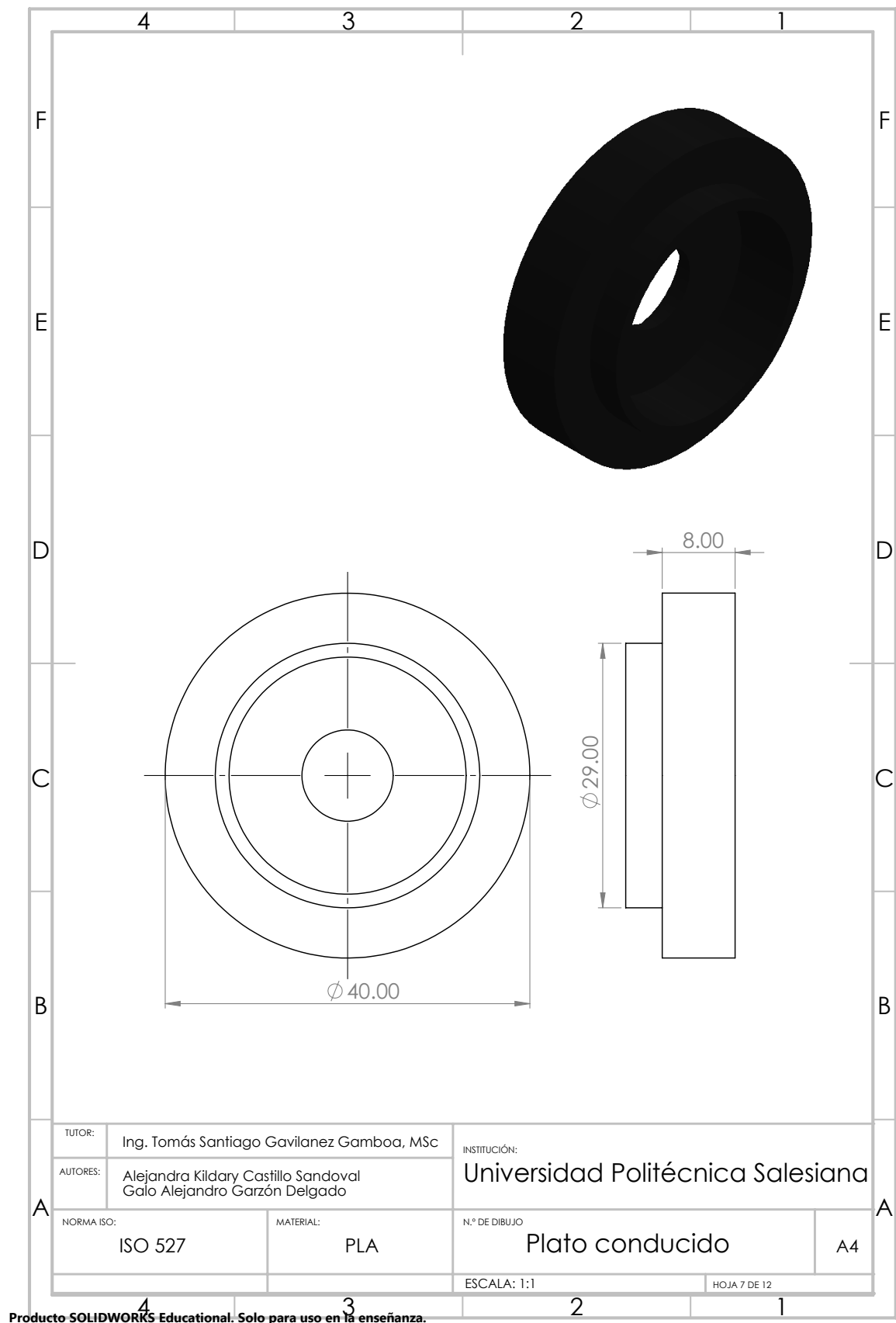


Producto **SOLIDWORKS** Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Cilindro Neumático. Fuente: Autores.

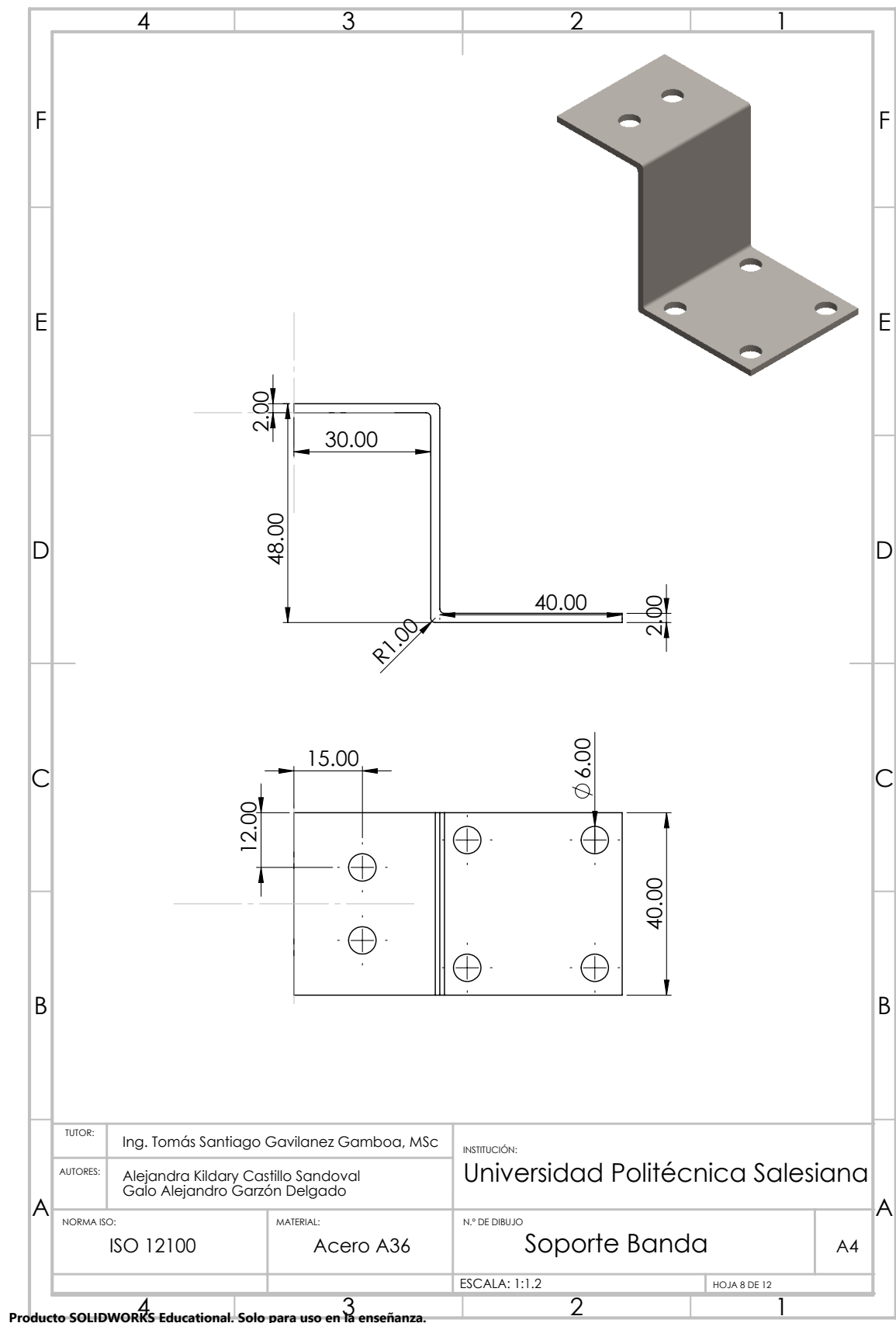


Eje para Servomotor. Fuente: Autores.



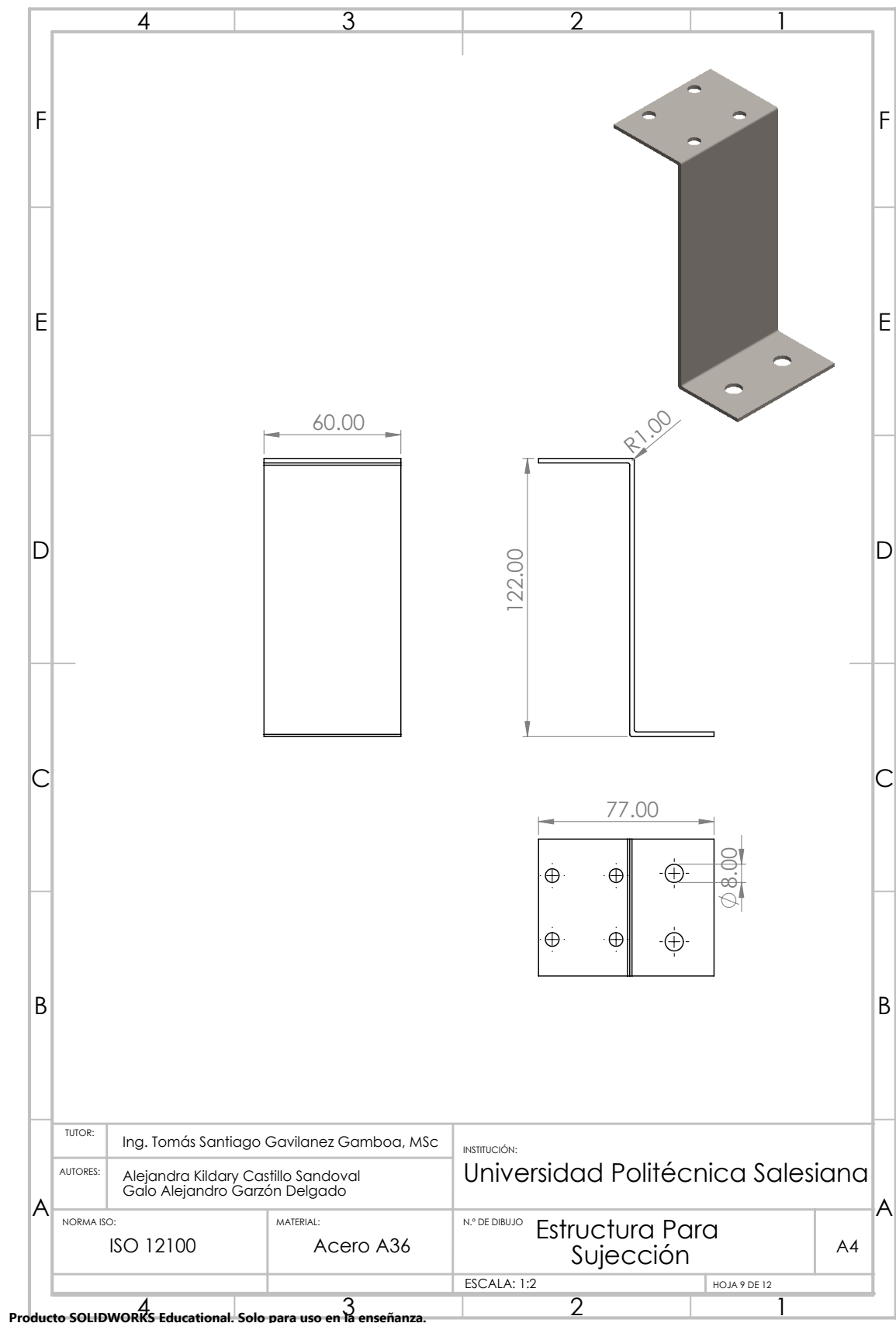
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Plato Conducido. Fuente: Autores.



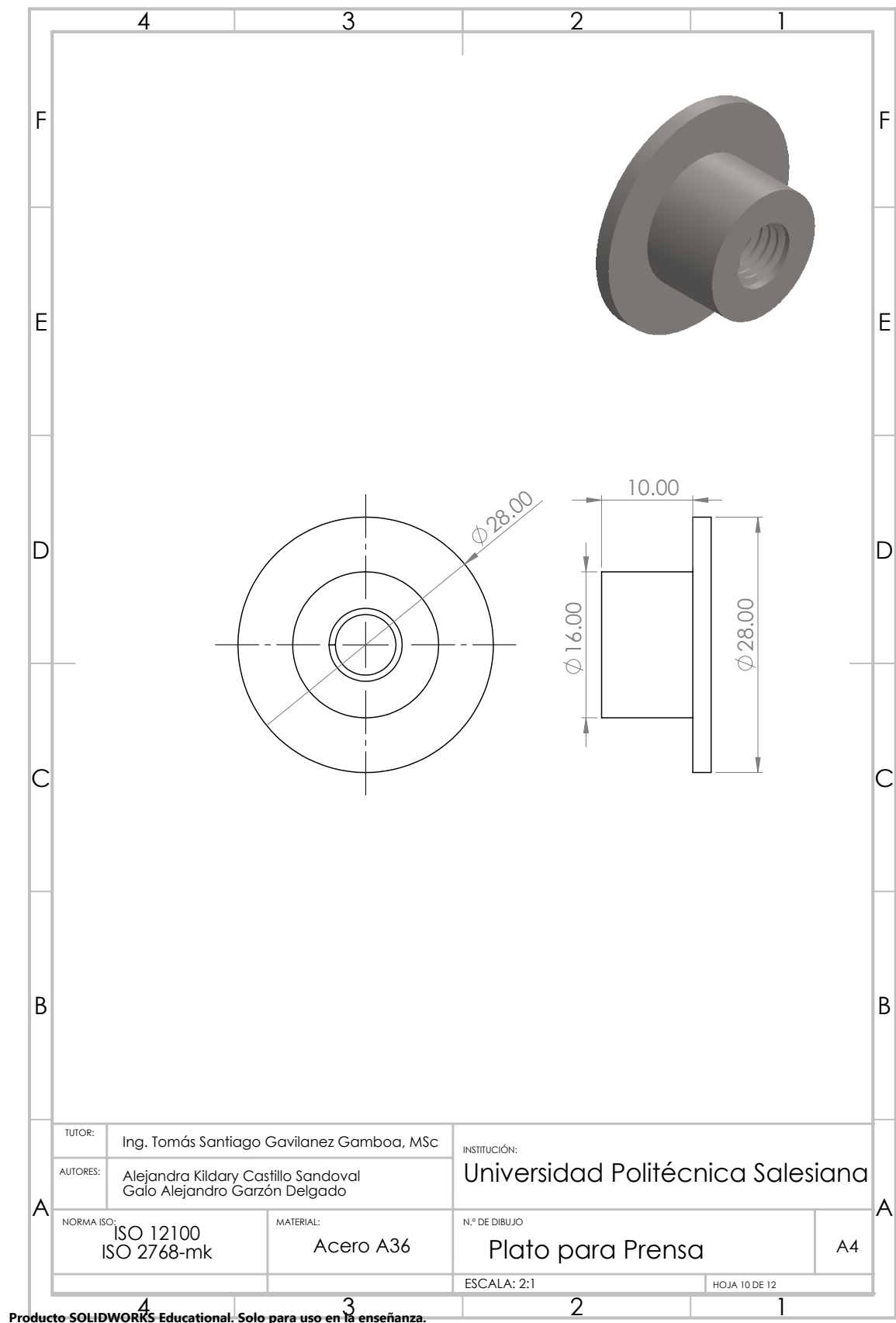
Producto **SOLIDWORKS** Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Soporte para Banda Transportadora. Fuente: Autores.



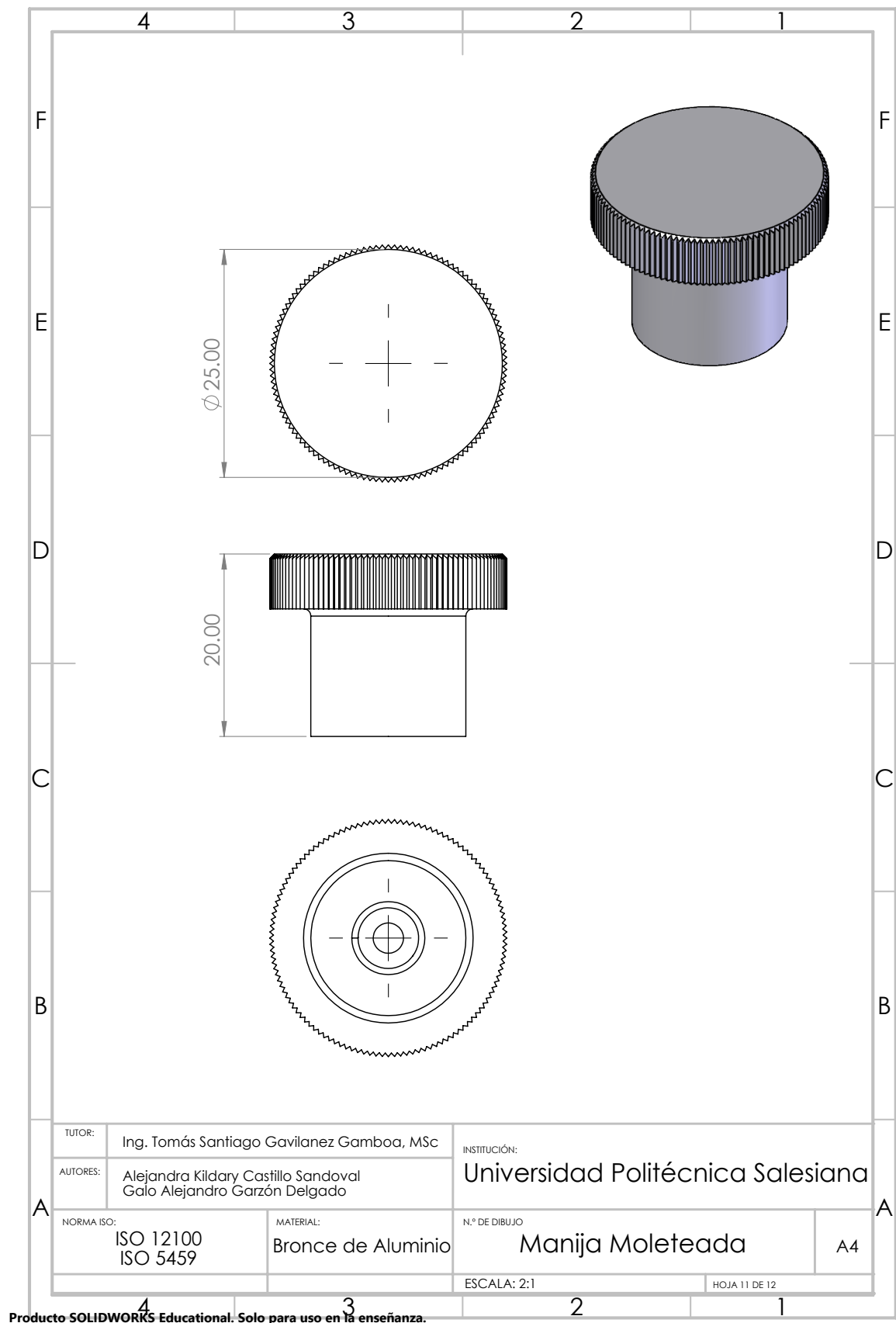
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Pieza Estructura para Sujección. Fuente: Autores.

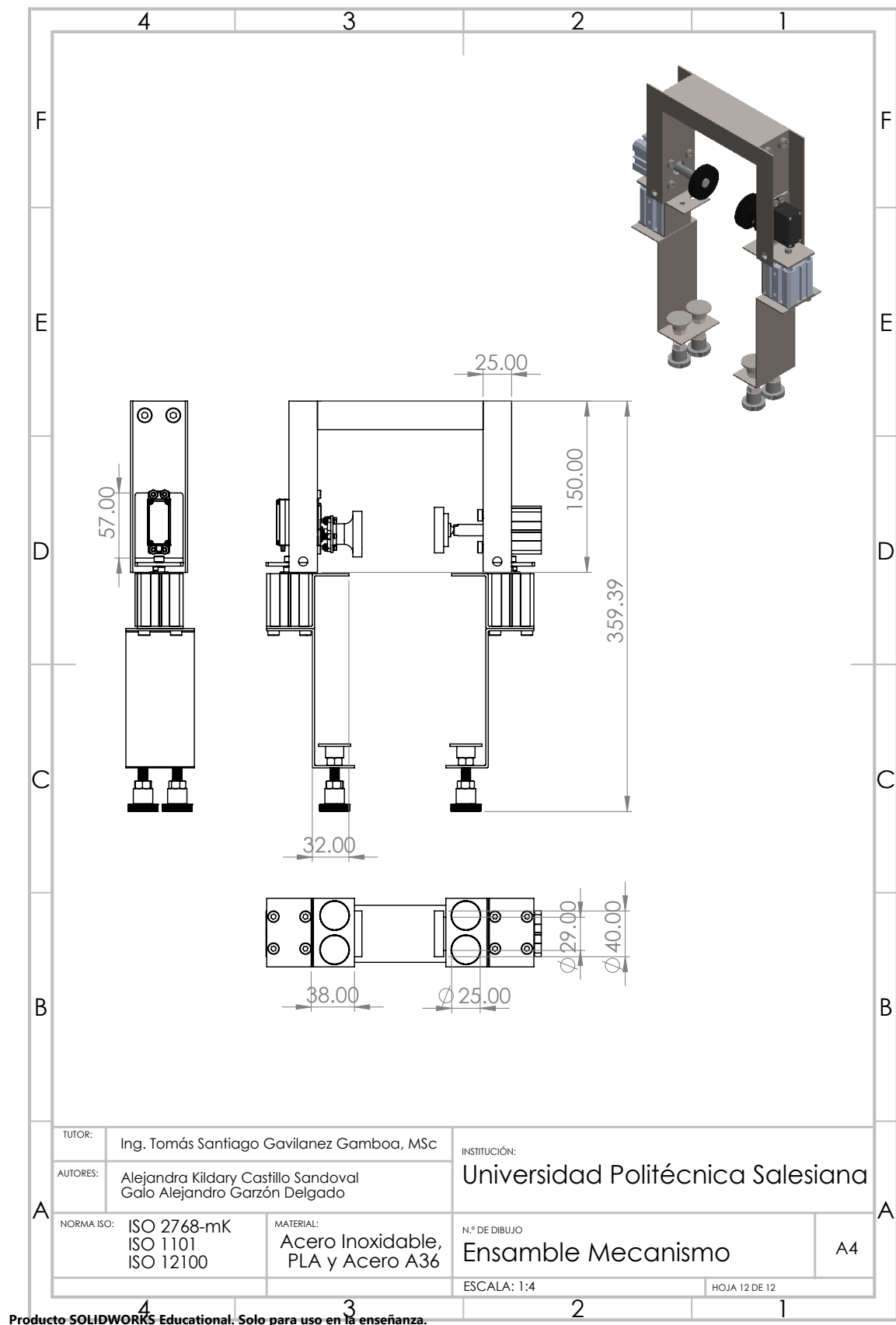


Producto **SOLIDWORKS** Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Plato para Prensa. Fuente: Autores.



Manija Moleteada. Fuente: Autores.



Ensamble Terminado. Fuente: Autores.

XIV-B. Proceso de armado para el Mecanismo de giro.



Figura 36. Unión de la Prensa. Fuente: Autores.



Figura 37. Proceso de Lijado de Piezas. Fuente: Autores.



Figura 38. Pintado de Piezas para Estructura. Fuente: Autores.

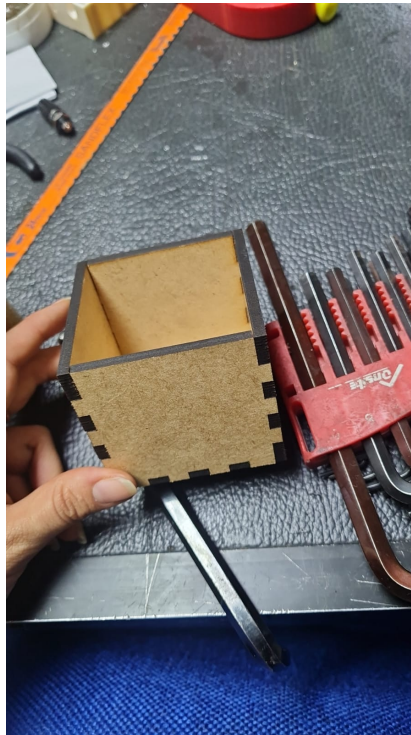


Figura 39. Caja Cortada con Láser para Volteo. Fuente: Autores.

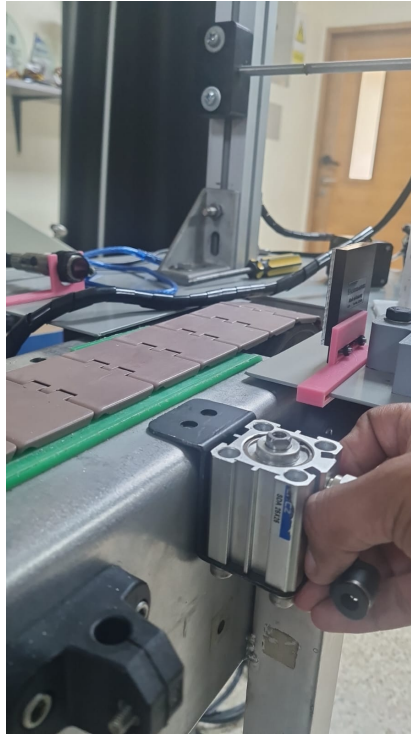


Figura 40. Pruebas de Sujeción del Cilindro Neumático. Fuente: Autores.



Figura 41. Impresión 3D de Disco para Sujetar. Fuente: Autores.



Figura 42. Armado del Mecanismo. Fuente: Autores.

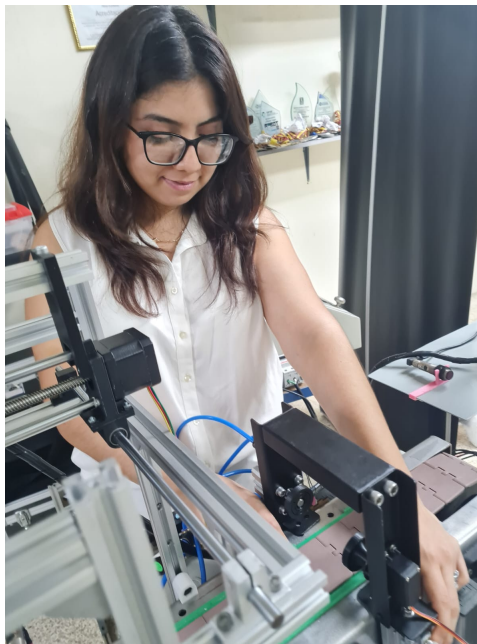


Figura 43. Pruebas de Ajuste a la Banda. Fuente: Autores.

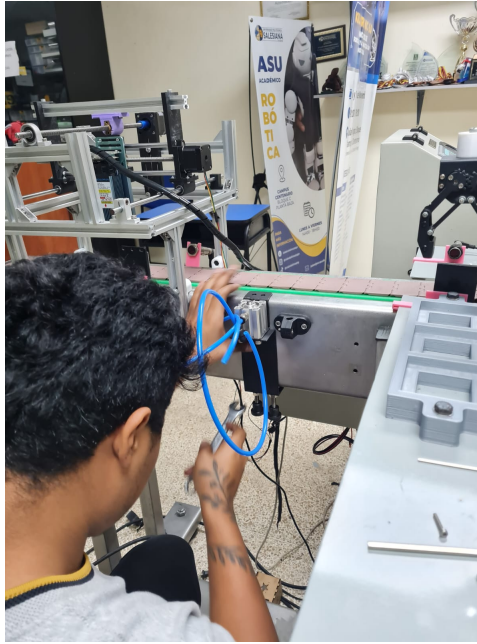


Figura 44. Instalación en la Banda. Fuente: Autores.

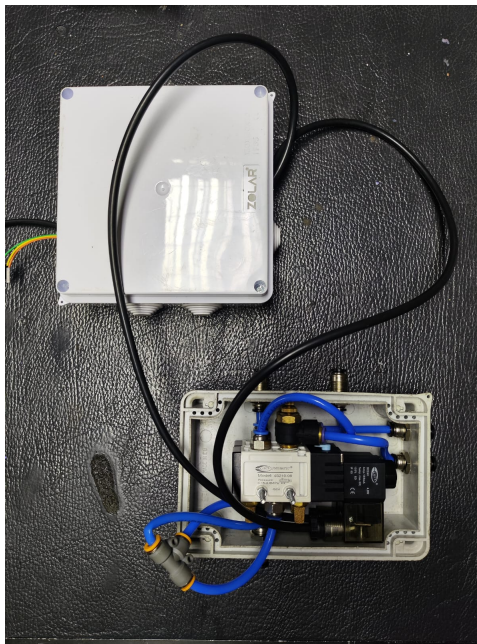


Figura 45. Unidad de Distribución Electroneumática. Fuente: Autores.

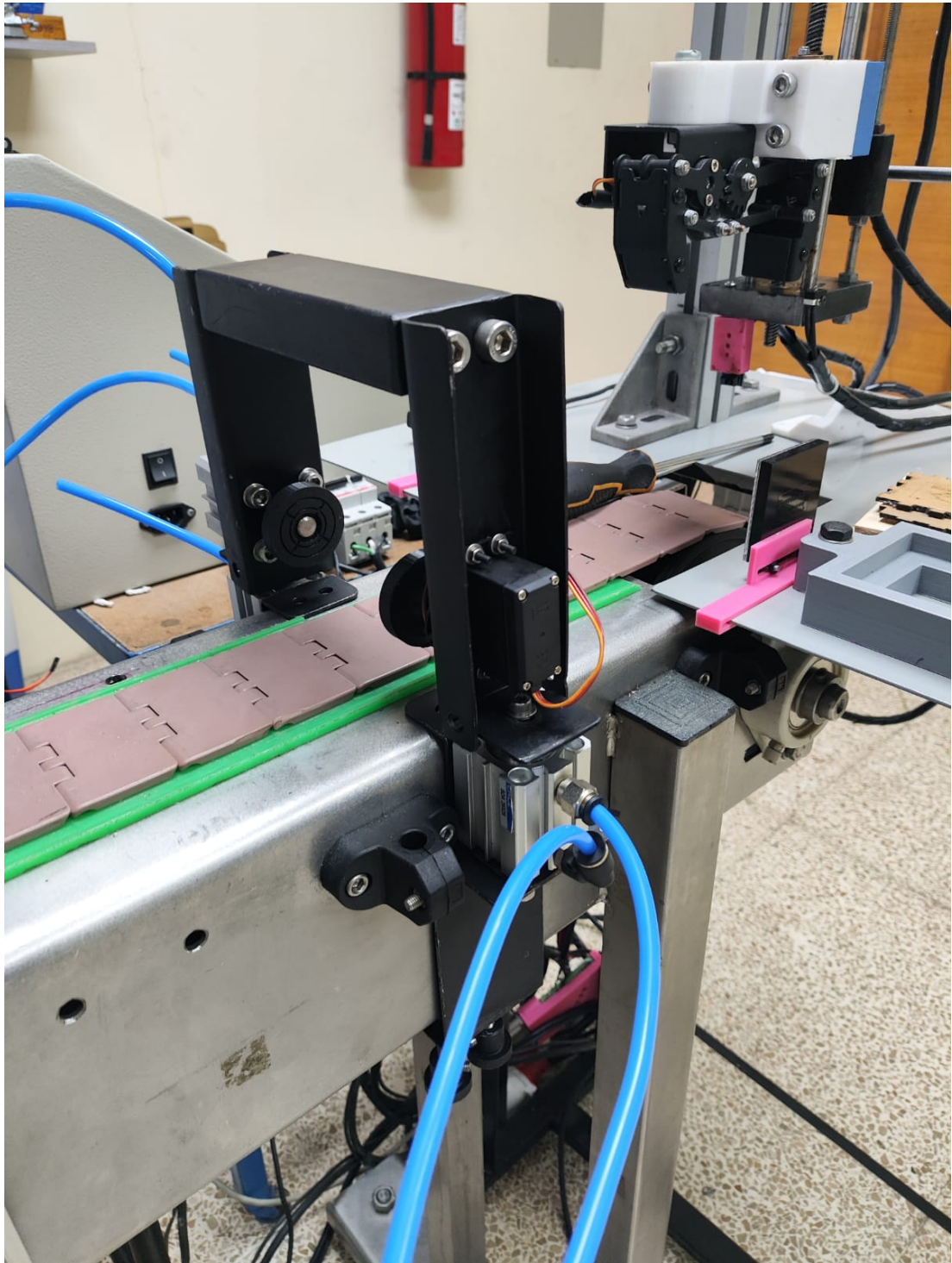


Figura 46. Estructura Implementada. Fuente: Autores.

XIV-C. Funcionamiento del circuito neumático.

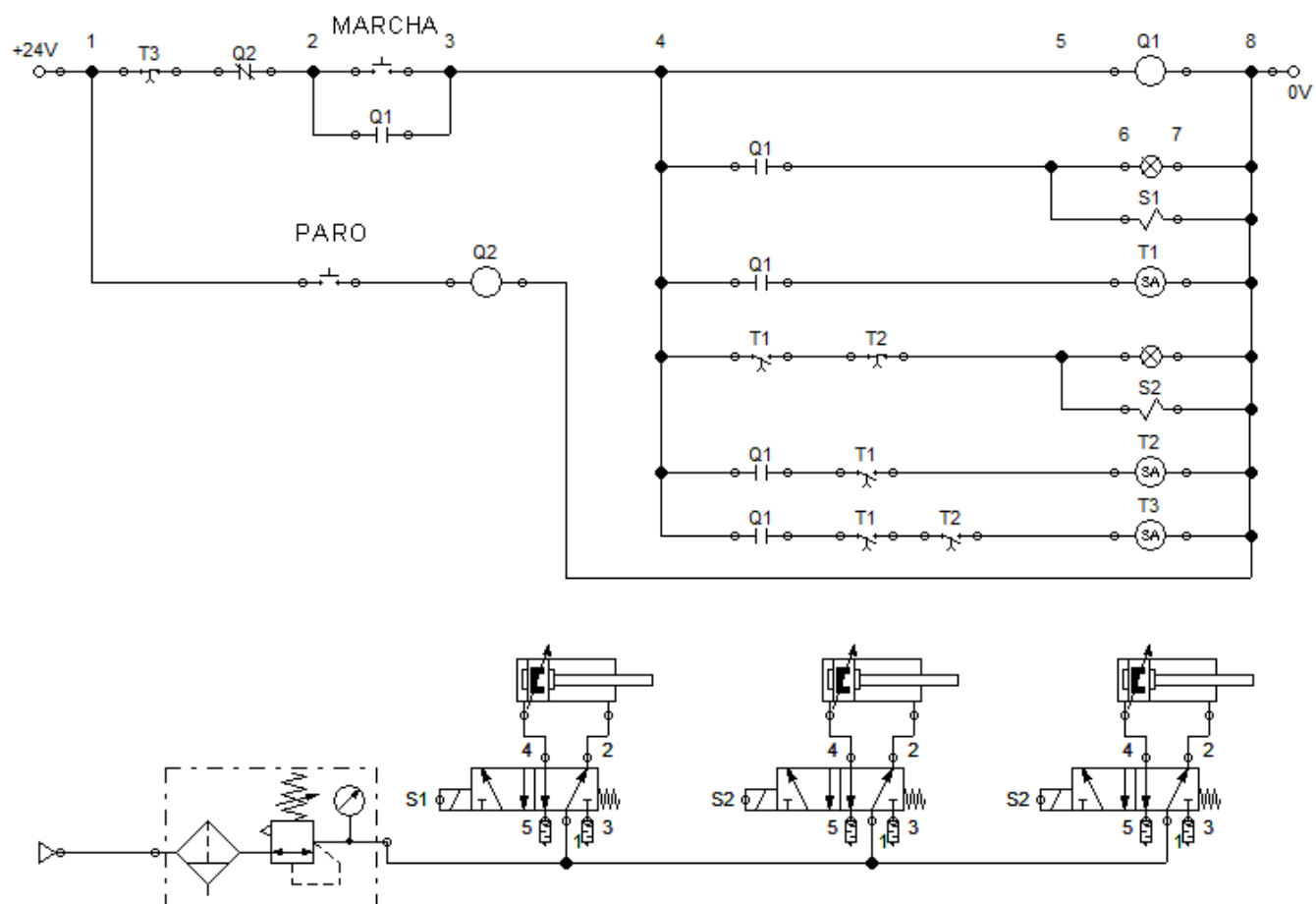
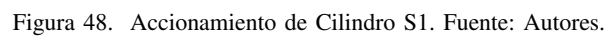


Figura 47. Circuito Neumático sin accionar. Fuente: Autores.



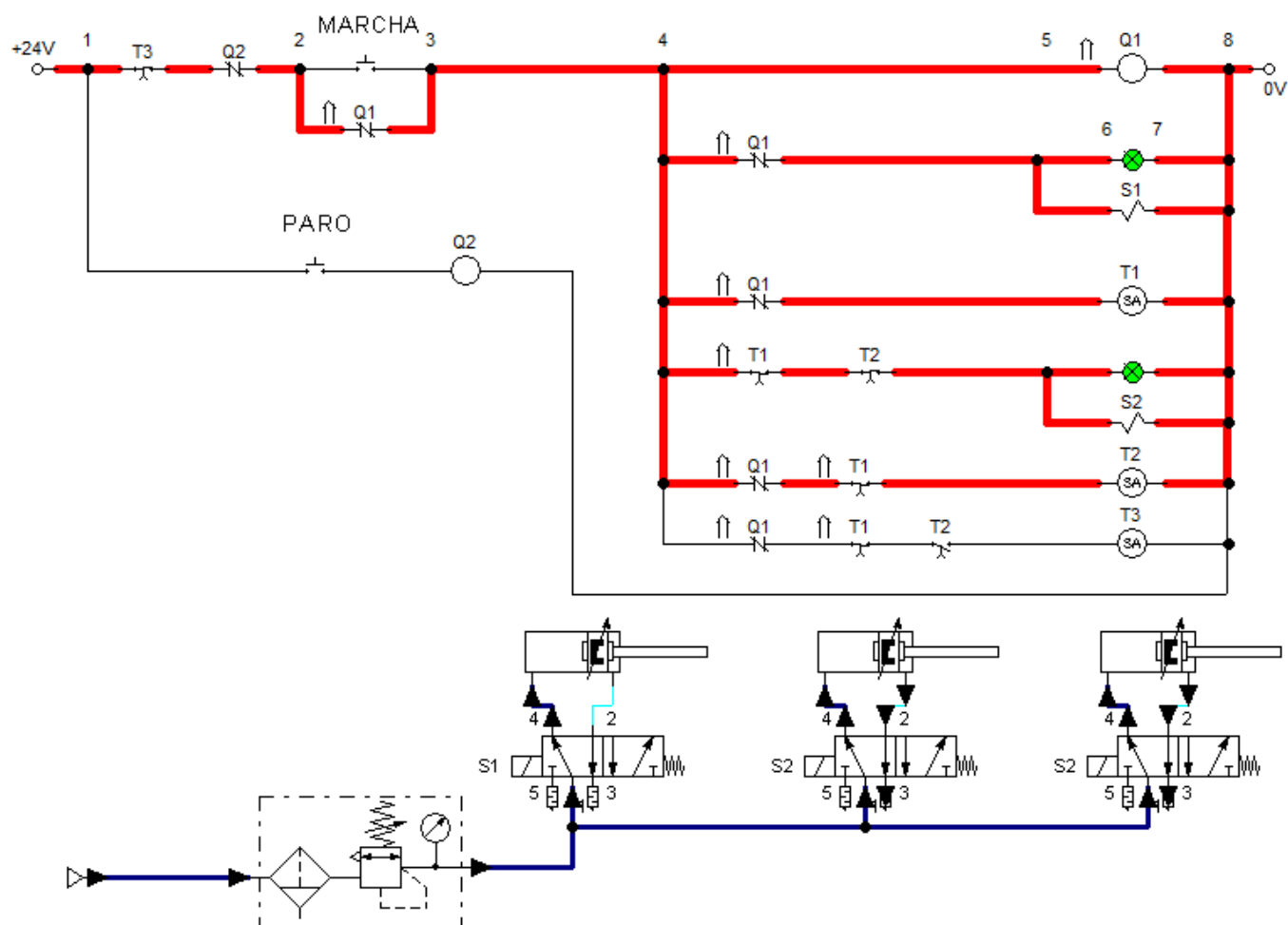


Figura 49. Accionamiento de Cilindros LIFT S2. Fuente: Autores.

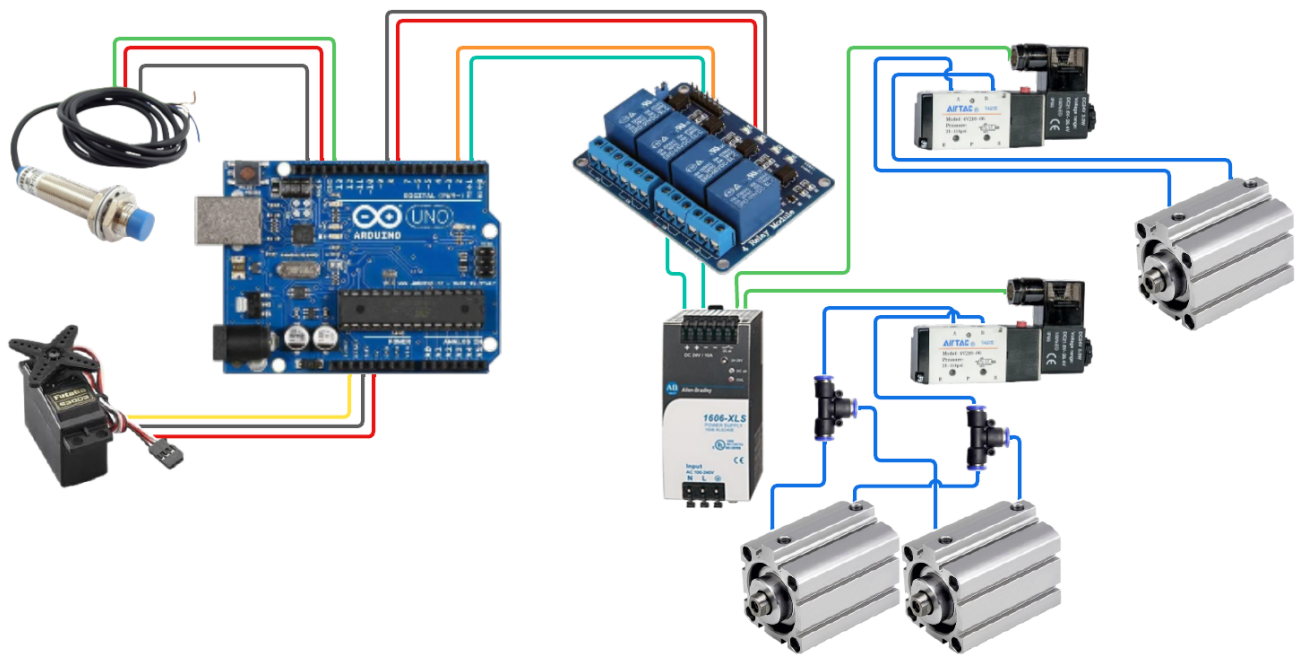


Figura 50. Diagrama del sistema Eléctrico, funcionamiento. Fuente: Autores.

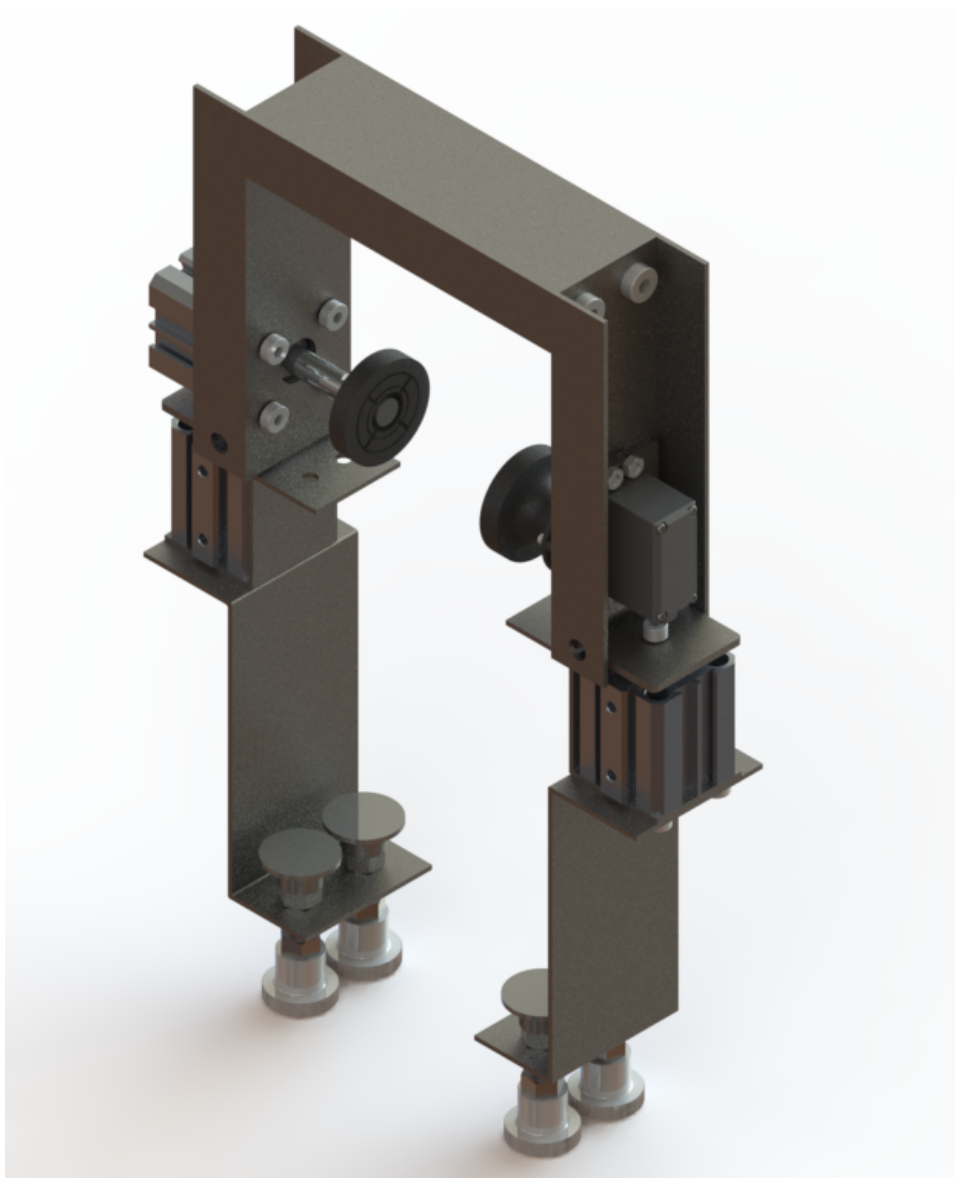


Figura 51. Ensamble Final Renderizado. Fuente: Autores.