



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA
CLASIFICACIÓN DE MATERIALES METÁLICOS Y NO
METÁLICOS EN UNA BANDA TRANSPORTADORA**

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

AUTORES: Yosmar Alberto Guaman Baquerizo
Jordan Stalyn Jetacama Velásquez
TUTOR: ING. Michelle Cárdenas Ibáñez

Guayaquil - Ecuador
2024

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	8
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
III.	JUSTIFICACIÓN	10
IV.	OBJETIVOS	11
IV-A.	Objetivo general	11
IV-B.	Objetivos específicos	11
V.	MARCO TEÓRICO	12
V-A.	Proceso de clasificación	12
V-B.	Tipos de clasificación	12
V-C.	Clasificación por sistema neumático	12
V-D.	Banda o cinta transportadora	12
V-E.	Sensores	13
V-E1.	Sensor inductivo	13
V-E2.	Sensor capacitivo	14
V-F.	Actuadores	14
V-F1.	Actuador neumático	14
V-F2.	Cilindros neumáticos	15
V-F3.	Válvulas	15
V-G.	Controlador	16
V-G1.	LOGO! PLC	16
V-H.	Conexión de PLC LOGO!	17
VI.	MARCO METODOLÓGICO	18
VI-A.	Diseño mecánico	18
VI-A1.	Estructura principal	18
VI-A2.	Rodillos	19
VI-A3.	Bases de sensores y Bases laterales	19
VI-A4.	Bandeja de salida	20
VI-A5.	Soporte (Pata)	20
VI-A6.	Análisis de materiales	21
VI-B.	Diseño eléctrico	21
VI-B1.	CADE SIMU	21
VI-C.	LOGO!Soft Comfort	22
VI-D.	Implementación mecánica	24
VI-D1.	Estructura principal	24
VI-D2.	Rodillo	25
VI-D3.	Bases de sensores y bases laterales	25
VI-D4.	Bandeja de salida	26
VI-D5.	Soporte (pata)	26
VI-E.	Implementación eléctrica	28
VI-E1.	Sensor inductivo	28
VI-E2.	Sensor capacitivo	28
VI-E3.	Fuente de poder regulada	28
VI-E4.	PLC LOGO! SIEMENS	29
VI-E5.	Ensamble de gabinete eléctrico	29

VI-E6.	Fase del proceso de clasificación	31
VI-F.	Validación de resultados	32
VI-G.	Resultados	33
VII.	CRONOGRAMA	35
VIII.	PRESUPUESTO	36
IX.	CONCLUSIÓN	37
X.	RECOMENDACIONES	38
XI.	ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Clasificación de sistema neumático[9].	12
2.	Banda transportadora , por J. Jetacama y Y. Guaman.	13
3.	Sensores según su función [12].	13
4.	Sensores inductivos [13].	13
5.	Sensor capacitivo [13].	14
6.	Actuadores [14].	14
7.	Actuadores neumáticos [14].	15
8.	Cilindros neumáticos [15].	15
9.	Cilindro doble efecto [16].	15
10.	Simbología de válvulas distribuidoras [17].	16
11.	Controladores [19].	16
12.	PLC LOGO! SIEMENS [17].	17
13.	Conexión PLC LOGO! SIEMENS [17].	17
14.	Banda simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.	18
15.	Estructura principal simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.	18
16.	Rodillo simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.	19
17.	Bases y soportes laterales simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.	19
18.	Bandeja de salida simulación 3D, por J. Jetacama y Y. Guaman.	20
19.	Soporte , por J. Jetacama y Y. Guaman.	20
20.	Análisis de materiales , por J. Jetacama y Y. Guaman.	21
21.	Diagrama eléctrico y neumático , por J. Jetacama y Y. Guaman, CADE SIMU.	22
22.	Asignación de entradas y salidas, por J. Jetacama y Y. Guaman.	23
23.	Programación en software LOGO! Soft Comfort V8.3, por J. Jetacama y Y. Guaman.	24
24.	Estructura principal, por J. Jetacama y Y. Guaman.	24
25.	Rodillo eje motriz, por J. Jetacama y Y. Guaman.	25
26.	Grabado de diseños en plancha de acero, por J. Jetacama y Y. Guaman.	25
27.	Corte laser de las bases, por J. Jetacama y Y. Guaman.	26
28.	Bandeja de salida, por J. Jetacama y Y. Guaman.	26
29.	Soporte de estructura, por J. Jetacama y Y. Guaman.	27
30.	Presentación del prototipo, por J. Jetacama y Y. Guaman.	27
31.	Circuito energizado, por J. Jetacama y Y. Guaman.	29
32.	Alineación de componentes en el gabinete, por J. Jetacama y Y. Guaman.	30
33.	Comprobacion de ensamble, por J. Jetacama y Y. Guaman.	30
34.	Cableado del gabinete, por J. Jetacama y Y. Guaman.	31
35.	Dirección IP, por J. Jetacama y Y. Guaman.	31
36.	Diagrama de fase de clasificación, por J. Jetacama y Y. Guaman.	32
37.	Pruebas de laboratorio, por J. Jetacama y Y. Guaman.	32
38.	Detección de metal, por J. Jetacama y Y. Guaman.	33
39.	Accionamiento neumático, por J. Jetacama y Y. Guaman.	33
40.	Detección de no metal, por J. Jetacama y Y. Guaman.	34

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Cronograma	35
II.	Tabla de presupuesto	36

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Yosmar Alberto Guaman Baquerizo** con documento de identificación N° **0951864602** y **Jordan Stalyn Jetacama Velásquez** con documento de identificación N° **0958526485**; 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, 26 de agosto del año 2024

Atentamente,



Yosmar Alberto Guaman Baquerizo
0951864602



Jordan Stalyn Jetacama Velásquez
0958526485

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

Nosotros, **Yosmar Alberto Guaman Baquerizo** con documento de identificación N° **0951864602** y **Jordan Stalyn Jetacama Velásquez** con documento de identificación N° **0958526485**, 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: DESARROLLO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS EN UNA BANDA TRANSPORTADORA**, 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, 26 de agosto del año 2024

Atentamente,



Yosmar Alberto Guaman Baquerizo
0951864602



Jordan Stalyn Jetacama Velásquez
0958526485

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Michelle De Los Angeles Cárdenas Ibáñez, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS EN UNA BANDA TRANSPORTADORA**, realizado por **Yosmar Alberto Guaman Baquerizo** con documento de identificación N° 0951864602 y por **Jordan Stalyn Jetacama Velásquez** con documento de identificación N° 0958526485, 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, 26 de agosto del año 2024

Atentamente,



Ing. Michelle De Los Angeles Cárdenas Ibáñez.
0926417106

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mi padre Luis Alberto Guaman Pacha, por las enseñanzas sobre disciplina, constancia, responsabilidad y ética; a mi madre Martha Luisa Baquerizo Castillo, por su amor inmenso e inigualable, su cuidado y apoyo sin igual que fue de inspiración para cumplir esta meta después de todos estos años de estudios universitarios.

Finalmente agradezco a mi futura esposa Kimberly Mejia Guaranda y mi hermano Luis Angel Otoy Baquerizo por su confianza absoluta que me ha impulsado a seguir adelante y quienes siempre han cuidado de mí.

Yosmar Alberto Guaman Baquerizo

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres José Enrique Jetacama Chávez y Aida Yesela Velásquez Santillán quienes con mucho esfuerzo, dedicación hace lo posible para darme lo mejor, me ha enseñado muchos valores a trabajar con esfuerzo para conseguir y lograr todos mis objetivos, son mi inspiración de mi vida, gracias a su esfuerzo y gran sacrificio logré terminar mis estudios universitarios me ha inculcado estudiar esta carrera, sus consejos de perseverancias me han convertido en la persona que soy ahora, me guiaron con su amor a lo largo de mi vida me dieron lo mejor de ustedes, me fomentaron buenos valores, estoy muy orgulloso de los padres que tengo porque sobre todo me enseñaron lo más importante que es el amor a Dios.

A mi hermano Elvis, mi primer modelo a seguir en la universidad, y a mis hermanos Ismael y Amaya, por su constante apoyo y cariño. Todos ustedes han sido mi inspiración y mi motor para alcanzar esta meta. A Dios, por brindarme las oportunidades y la fortaleza para superar cada desafío. Filipenses 4:13

Jordan Stalyn Jetacama Velásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, a mi padre y a mi madre por su amor incondicional y por inculcarme el valor de la responsabilidad para afrontar los retos y dificultades de la vida.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes y a mis compañeros por formar parte importante del desarrollo y cumplimiento del presente trabajo de investigación.

Agradezco además de manera especial a la Ing. Michelle Cárdenas Ibáñez por su guía ante la realización de este proyecto con sugerencias y por la confianza brindada para culminar el mismo.

Yosmar Alberto Guaman Baquerizo

En primer lugar, agradezco a Dios por todo lo que me ha brindado durante todo el transcurso de mi vida y a mis padres a por fomentar siempre la importancia de la preparación académica, gracias por inculcar en mí el valor de la honestidad, responsabilidad, esfuerzo, perseverancia y amor de padres a hijo.

Mis agradecimientos a la institución, los docentes, amigos y compañeros que fueron parte de mi proceso en la vida universitaria, cada recuerdo lo guardo con el mayor agrado porque muchos de esos recuerdos fueron consejos que me ayudaron a seguir adelante “Esto es una carrera y lo importante es llegar a la meta” fueron uno de los consejos que más me inspiró y a mis compañeros que aún siguen en este camino que sigan adelante y den lo mejor de sí. ING. David Cortez le agradezco su confianza y palabras ánimo en el transcurso de este proyecto de titulación.

Agradezco a mi tutora la ING. Michelle Cárdenas por la confianza, guía, apoyo y sugerencias brindadas en el transcurso de la realización de esta investigación, por las enseñanzas impartidas en clases y consejos que me ayudaron a mejorar, que la vida le brinde abundantes bendiciones.

Jordan Stalyn Jetacama Velásquez

RESUMEN

Este proyecto se centró en el diseño y construcción de un prototipo de clasificadora de materiales industriales. Utilizando tecnología neumática y una banda transportadora automatizada, el sistema logra separar de manera precisa diferentes tipos de materiales, contribuyendo a mejorar la eficiencia en procesos industriales.

Para la clasificación de materiales, el sistema utiliza un sistema neumático que, activado por sensores inductivos, dirige los objetos hacia un cilindro. Los materiales metálicos, al ser detectados por los sensores, activan el cilindro, desviándolos hacia una zona específica. Los materiales no metálicos continúan su recorrido por la banda transportadora hasta ser detectados y desviados de igual manera. El estado de cada sensor se visualiza mediante luces piloto en el tablero eléctrico.

Para el diseño y desarrollo del prototipo, se utilizó el software SolidWorks para modelar en 3D cada componente de la clasificadora, desde la estructura principal hasta los elementos mecánicos. Una vez finalizado el diseño, se procedió a la fabricación de las piezas. Paralelamente, se diseñaron los circuitos eléctricos en el software CADESIMU, simulando el comportamiento de cada componente electrónico. Finalmente, para controlar y coordinar el funcionamiento de todo el sistema, se implementó un controlador lógico programable (PLC) LOGO!, programado en LOGO! soft confort. Este PLC actúa como el cerebro del sistema, recibiendo las señales de los sensores y activando los actuadores según la lógica programada.

Palabras claves: sistema neumático, banda transportadora, banda automatizada, LOGO!, CADESIMU, Solid-Works, banda automatizada.

ABSTRACT

This project focused on the design and construction of a prototype industrial materials sorter. Using pneumatic technology and an automated conveyor belt, the system manages to accurately separate different types of materials, contributing to improving efficiency in industrial processes.

To classify materials, the system uses a pneumatic system that, activated by inductive sensors, directs objects towards a cylinder. Metallic materials, when detected by the sensors, activate the cylinder, diverting them to a specific area. Non-metallic materials continue their journey along the conveyor belt until they are detected and diverted in the same way. The status of each sensor is displayed by pilot lights on the electrical panel.

For the design and development of the prototype, SolidWorks software was used to model each component of the sorter in 3D, from the main structure to the mechanical elements. Once the design was finalized, the parts were manufactured. At the same time, the electrical circuits were designed in the CADESIMU software, simulating the behavior of each electronic component. Finally, to control and coordinate the operation of the entire system, a LOGO! programmable logic controller (PLC) was implemented, programmed in LOGO! soft comfort. This PLC acts as the brain of the system, receiving signals from the sensors and activating the actuators according to programmed logic.

Keywords: pneumatic system, conveyor belt, automated belt, LOGO!, CADESIMU, SolidWorks, automated belt.

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo implementar un sistema de clasificación automatizado, basado en neumática, capaz de separar materiales metálicos y no metálicos en una banda transportadora. A través de este proyecto se busca comprender el funcionamiento de los sistemas de clasificación industriales y adquirir experiencia en el uso de software de diseño (SolidWorks), simulación eléctrica (CADESIMU) y programación de controladores lógicos programables (PLC LOGO!) para controlar el proceso de clasificación.

El corazón del sistema es la banda transportadora, impulsada por motor de 24VDC que proporciona un movimiento continuo y preciso. A medida que los materiales avanzan por la banda, los sensores detectan las propiedades de los materiales. Cuando un sensor inductivo detecta un material metálico, envía una señal al controlador, el cual activa un cilindro neumático que empuja el objeto hacia una rampa de clasificación. Los materiales no metálicos continúan su recorrido hasta ser sensados por el siguiente sensor capacitivo. De esta manera, cada material es dirigido hacia su contenedor específico, asegurando una clasificación eficiente y precisa.

El controlador lógico programable (PLC) LOGO! desempeña un papel fundamental en la automatización del sistema de clasificación. Programado en LOGO! soft comfort, el PLC recibe las señales de los sensores capacitivos e inductivos, procesa esta información y genera las señales de control necesarias para activar los componentes neumáticos. De esta manera, el PLC actúa como el cerebro del sistema, integrando de forma eficiente los componentes eléctricos, neumáticos y mecánicos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, la automatización está comenzando su desarrollo en muchos sectores, lo que resulta en procesos de producción poco eficientes y efectivos. Por esta razón, la empresa y las instituciones públicas buscan incentivar la automatización de diversos procesos industriales con el fin de mejorar la productividad y la eficiencia. No obstante, este avance requiere inversiones sustanciales en tecnología, formación y apoyo, para garantizar una implementación exitosa y sostenible [1]. En el tiempo la clasificación manual presenta desventajas en los procesos de selección del producto. Así también la presencia de fatiga y estrés laboral contribuyen a la ralentización de las operaciones de producción [2].

La clasificación manual se vuelve poco factible cuando se trata de una gran cantidad de objetos, ya que los conjuntos de datos pueden variar y mantener la precisión se vuelve más difícil con el aumento de la productividad, lo que lo hace más propenso a fallos o errores. Este método de clasificación también conlleva deficiencias en la calidad de los productos o servicios, lo que resulta en una pérdida monetaria y/o mercado al no adaptarse a un sistema automatizado. Como consecuencia, su competitividad y rentabilidad se verían afectadas al no realizar ciertas actualizaciones periódicas [3].

Los jóvenes ecuatorianos enfrentan una falta de experiencia práctica con respecto a los procesos industriales en la vida laboral. Esto se debe a que en la situación actual universitaria solo se puede simular el comportamiento de las entradas y salidas asociadas con los simuladores existentes, sin contar con ningún medio tangible para complementar la formación de los estudiantes. Asimismo, aunque se realizan cursos teóricos sobre neumática, la aplicación práctica se lleva a cabo únicamente mediante simulación. Esta situación se percibe como una debilidad, ya que la industria depende en gran medida de los sistemas neumáticos. Sin la experiencia o práctica adecuada en esta área, se evidencia una brecha en la educación y preparación de los futuros ingenieros [4].

III. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como finalidad complementar el aprendizaje y conocimiento de sistemas neumáticos mediante un prototipo de prácticas educativas que simule procesos del ámbito laboral. La automatización de los procesos industriales se ha convertido en un objetivo fundamental para las empresas a nivel global. Esta tendencia les proporciona la capacidad de tomar decisiones de manera instantánea, llevar a cabo ejecuciones autónomas y mantener su competitividad en un entorno empresarial que está constantemente cambiando y es cada vez más competitivo [5]. El mercado laboral requiere de personal que posea competencias especializadas en el análisis y adaptación de programas de control automático. Esta mayor demanda se debe al incentivo hacia la automatización observada en numerosos sectores industriales, como la minería, el procesamiento de embalaje en alimentos, bebidas, y las industrias textiles, entre otros [6].

La concepción actual, del término de la calidad va más allá de detectar defectos, implica un enfoque proactivo hacia la excelencia en todos los aspectos del producto o servicio, desde su diseño hasta su entrega al cliente final [7]. Además, las empresas que gestionan inventarios que requieren una selección precisa para el almacenaje experimentarían una notable mejora en la calidad de servicio gracias a la automatización de la clasificación y organización de los objetos. Este enfoque automatizado no solo agiliza el proceso de selección, sino que también reduce errores humanos y optimiza el espacio de almacenamiento al organizar los objetos de manera más eficiente. Asimismo, la implementación de sistemas automatizados de clasificación puede mejorar la trazabilidad de los productos, lo que facilita la gestión de inventarios y contribuye a una cadena de suministro más eficiente y transparente. Esta optimización en la gestión de inventarios tiene un impacto significativo en la rentabilidad y competitividad de las empresas en un mercado cada vez más exigente [8].

Este proyecto propone un prototipo de sistema de clasificación de materiales automatizado que hará uso de un cilindro neumático y el reconocimiento del material mediante sensores inductivo y capacitivo, de manera que contribuya a la eficiencia de su clasificación y almacenamiento. La introducción del cilindro neumático para la clasificación de objetos conlleva diversos beneficios inmediatos, como la reducción de los tiempos de manufactura, la disminución de fallos, accidentes laborales y el cumplimiento de las normativas.

Aparte de ser útil en procesos de clasificación, este proyecto sirve para complementar los conocimientos en el área neumática, proporcionando prácticas para estudiantes, dado que su proceso es similar al de industrias, esto les permite adquirir una mejor noción de las actividades y procesos que se desarrollan en el ámbito laboral.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

Desarrollar un sistema neumático para la clasificación de materiales metálicos y no metálicos en una banda transportadora.

IV-B. Objetivos específicos

- Implementar el sistema neumático para la clasificación de los materiales metálicos y no metálicos.
- Desarrollar un programa que integre sensores capacitivos e inductivos en la banda transportadora para la identificación del material que circula por la banda.
- Validar la eficiencia del proceso de clasificación del sistema propuesto mediante pruebas de funcionamiento.

V. MARCO TEÓRICO

V-A. *Proceso de clasificación*

Una clasificadora es aquella máquina o sistema en la cual separa elementos variando su categoría dependiendo de sus características, este proceso puede ser efectuado manualmente ejecutado por mano de obra humana o automatizado efectuándose con controladores, sensores, etc [9].

V-B. *Tipos de clasificación*

Existen varios tipos de clasificadoras, cada una tiene sus propias características y aplicaciones de la misma [9].

- Clasificadoras mecánicas: Por lo general tienden a usar mecanismos físicos, como rodillos, cintas transportadoras, separándolos según su tamaño.
- Clasificadoras neumáticas: Usan su sistema de aire, logrando una separación dependiendo de su forma o densidad.
- Clasificadoras magnéticas: Tienen como característica usar imanes para separar materiales ferrosos de los que no lo son.
- Clasificadoras por rayos X: Aplican rayos X para clasificarlos mediante su densidad o por la presencia de algún elemento en específico detectándolos por su composición interna.

V-C. *Clasificación por sistema neumático*

El sistema neumático emplea aire comprimido a través de tuberías especializadas para enviar materiales a lo largo de una ruta designada hasta alcanzar su destino final. En cuanto a la clasificación de materiales, este sistema puede categorizar eficientemente elementos metálicos oscuros no ferrosos en diversas categorías de producción de manera más rápida que otros métodos disponibles. Y con respecto al transporte de los materiales, el sistema neumático utiliza el aire comprimido generado por el compresor, permitiendo conducir los materiales según sus propiedades físicas de un punto a otro dentro de la planta para su almacenamiento en tanques específicos [10].

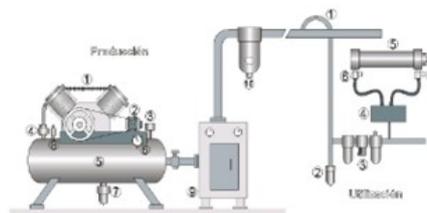


Figura 1. Clasificación de sistema neumático[9].

V-D. *Banda o cinta transportadora*

La cinta transportadora es el método de transporte más comúnmente empleado en la industria, utilizada para mover objetos de manera continua. Se pone en funcionamiento mediante dos rodillos de PVC que son accionados por un motor reductor, el cual controla de manera constante el movimiento de la banda [11].



Figura 2. Banda transportadora , por J. Jetacama y Y. Guaman.

V-E. Sensores

Un sensor es un aparato electrónico en el que se puede percibir magnitudes físicas o químicas, conocidas como variables de instrumentación, y convertirlas en señales o variables eléctricas. Estas variables pueden incluir temperatura, distancia, aceleración, desplazamiento, fuerza, humedad, presión, torsión y otras más. Se puede considerarlo como dispositivo electrónico que transforma una forma de energía a otra [12].



Figura 3. Sensores según su función [12].

V-EI. Sensor inductivo: El sensor inductivo es aquel dispositivo que utiliza la inducción electromagnética para poder detectar objetos metálicos. Estos sensores son comúnmente utilizados en el área de robótica e industrias, ya que su capacidad para detectar objetos metálicos sin tener contacto físico y trabaja en entornos adversos [13].



Figura 4. Sensores inductivos [13].

V-E2. *Sensor capacitivo:* Un sensor capacitivo es un dispositivo eléctrico que detecta cambios en la capacidad de un capacitor, transformando estas variaciones en una señal eléctrica. Estos sensores son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones, como pantallas táctiles y sensores de nivel de líquidos en industrias, debido a su capacidad para medir cualquier parámetro que altere la capacidad de un capacitor, como la distancia entre placas, el área de las placas o la permeabilidad del dieléctrico entre ellas. Su funcionamiento se basa en la relación entre el parámetro a medir y las variables que afectan la capacidad del capacitor, permitiendo así la detección precisa y la conversión a señales de voltaje útiles para el monitoreo y control en sistemas mecatrónicos y robóticos [13].



Figura 5. Sensor capacitivo [13].

V-F. Actuadores

Un actuador es aquel dispositivo que tiene la capacidad de emplear una fuerza en la cual este ejerce un cambio de posición o velocidad a partir de la transformación de energía. Estos se clasifican comúnmente en dos grupos, por el tipo de movimiento que se va a generar y por la energía que utilizarán. En el grupo en el que utilizan la energía se encuentran los actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos [14].

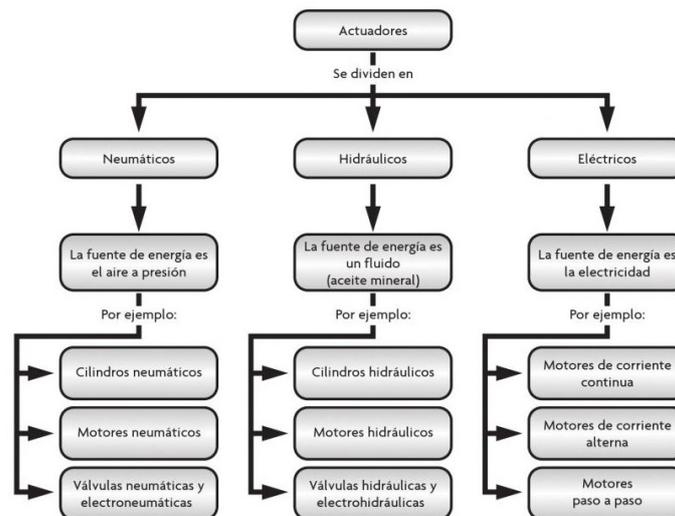


Figura 6. Actuadores [14].

V-F1. *Actuador neumático:* Un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. Los cilindros neumáticos indistintamente en la forma que se haya construido, estos son los que se utilizan a menudo en cualquier equipo neumático. Existen tres tipos de actuadores, que se distinguen como, actuadores lineales, actuadores de giro y actuadores especiales. La capacidad de trabajo de este equipo vienen dadas en el número de diámetro y su forma de carrera [14].

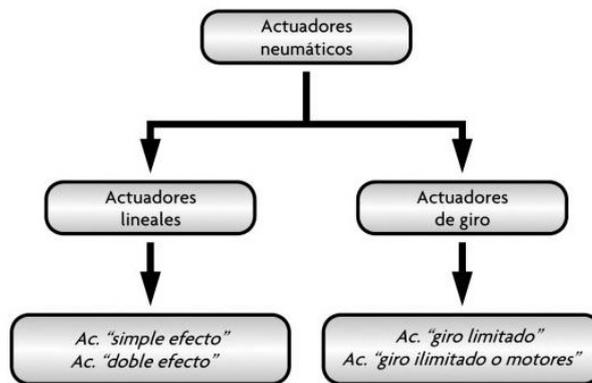


Figura 7. Actuadores neumáticos [14].

V-F2. *Cilindros neumáticos:* .

Cilindro simple efecto: Son mecanismos que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética, permitiendo movimientos hacia adelante o hacia atrás. Los cilindros de simple efecto actúan en una única dirección y utilizan un resorte interno para el retorno. Se suelen emplear especialmente en aplicaciones de corto alcance y con diámetros reducidos [15].

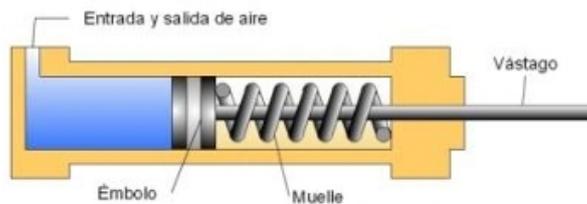


Figura 8. Cilindros neumáticos [15].

Cilindro doble efecto: Son altamente favorecidos en la industria porque cuentan con dos cámaras de aspiración que posibilitan el movimiento bidireccional tanto del pistón como del vástago. Estos dispositivos se destacan por su alta eficiencia y precisión, además de su capacidad para alcanzar velocidades elevadas. Son ampliamente utilizados como actuadores en una variedad de aplicaciones, incluyendo prensado, sujeción y posicionamiento [16].

Cilindro doble efecto

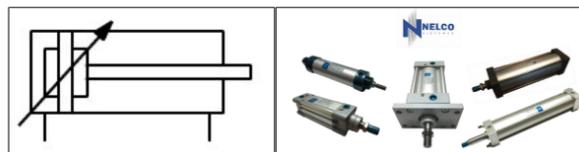


Figura 9. Cilindro doble efecto [16].

V-F3. *Válvulas:* Las válvulas son conocidas también como sistemas de acondicionamiento, en la cual su función es regular el arranque, la detención y el sentido, así como también la presión del aire del cilindro. Así como los actuadores, este sistema también tiene varios sistemas de accionamiento, como, eléctrico, neumático, manual, hidráulico y mecánico [17].

ISO 1219 Alfabética	CETOP	Función
	Númérica	
P	1	Conexión del aire comprimido (alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo con letras mayúsculas
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Figura 10. Simbología de válvulas distribuidoras [17].

V-G. Controlador

El controlador es un sistema de control considerado como el cerebro del circuito ya que su función es tomar la decisión y ejecutarla a cabo para que cumpla su función al enviar la señal apropiada al elemento final del control. Además estos controladores se usan normalmente en componentes eléctricos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos e incluso en combinaciones de los componentes ya mencionados [18].

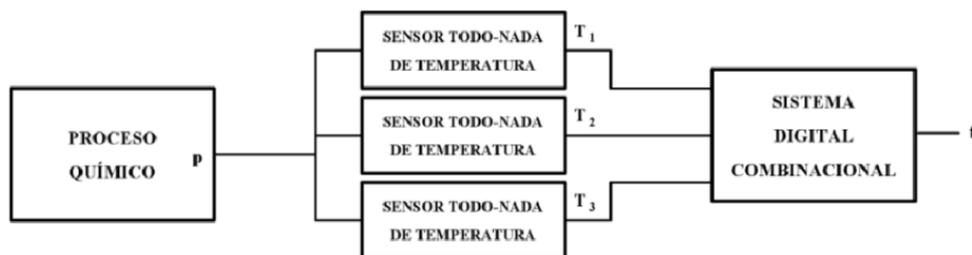


Figura 11. Controladores [19].

V-G1. LOGO! PLC: El LOGO! es el controlador lógico programable que tiene un pequeño tamaño, pero posee una gran capacidad, la cual destaca por su función integrando con buses estándar industriales, su tamaño no lo limita e incluso absorbe algunas diversas tareas de automatización. Además este equipo cuenta con varios tipos de comunicaciones y su uso es común en la parte industrial cuando se desea automatizar alguna tarea y en hogares para la comodidad del cliente [20].

Información técnica de PLC LOGO!

En base a la página del fabricante del PLC las características técnicas son las siguientes: un display que soporta 24 V de corriente continua, el voltaje menor con el que puede ser energizado es 10.8 V, el voltaje mayor es de 28.8 V. También posee ocho entradas digitales de las cuales cuatro pueden ser usadas como entradas analógicas (0 – 10 V), cuatro salidas de relevador, no cuenta con fusible interno, ya que requiere uno externo, la corriente de salida es de 10 A para cargas resistivas. Y para cargas inductivas 3 A, además puede trabajar correctamente entre -20 C y 55 C [17].



Figura 12. PLC LOGO! SIEMENS [17].

V-H. Conexión de PLC LOGO!

Las entradas se definen por I1, I2, etc. las salidas se denominan por Q1, Q2, etc. El PLC LOGO! y sus entradas deben alimentarse por separado, para evitar funcionamientos erróneos [17].

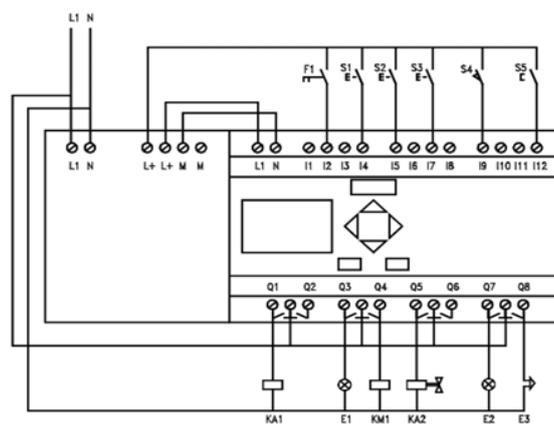
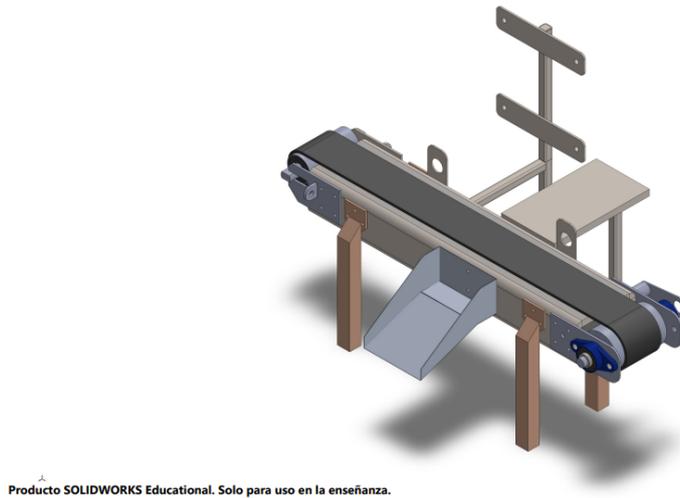


Figura 13. Conexión PLC LOGO! SIEMENS [17].

VI. MARCO METODOLÓGICO

VI-A. Diseño mecánico

SOLIDWORKS es un software CAD ampliamente utilizado en una variedad de industrias, que incluyen ingeniería mecánica, diseño de productos, arquitectura y fabricación. Su función principal es la creación de modelos en 3D y dibujos técnicos. Este software es esencial para la reproducción virtual precisa de los mecanismos seleccionados. Los aspectos y elementos más relevantes durante el proceso de creación de los modelos se describen detalladamente en los siguientes subapartados.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 14. Banda simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-A1. Estructura principal: La estructura es la parte fundamental de la banda debido a la carga a transportar adicionando a estas cargas los componentes que en ella van añadidas como lo son los soportes, ejes, marcos para montar otros componentes, por esto el material a elección es de acero inoxidable para brindar una mayor resistencia y durabilidad evitando de esta manera las deformaciones.

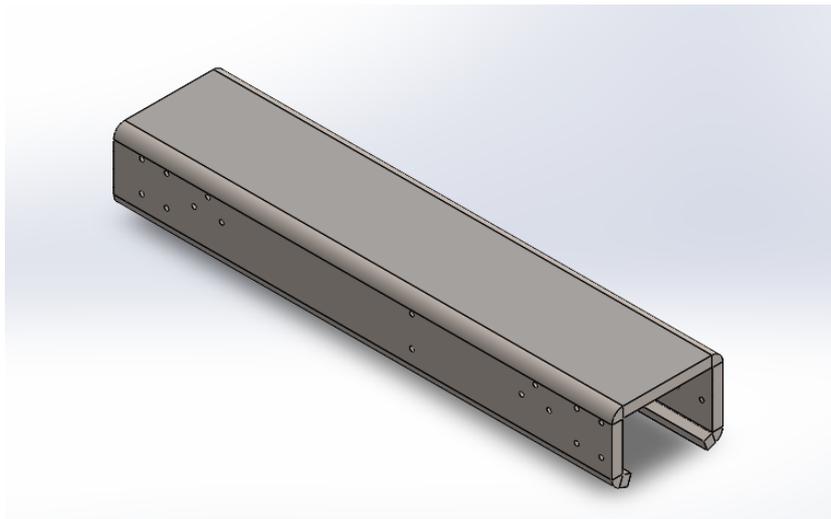


Figura 15. Estructura principal simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-A2. *Rodillos*: El material de los extremos de los rodillos es acero inoxidable, lo que asegura una mayor durabilidad y resistencia a la corrosión. Los rodillos están montados sobre rodamientos, lo que permite un movimiento más suave y eficiente, reduciendo el desgaste y mejorando el rendimiento general del sistema. Este diseño no solo optimiza la operatividad de los rodillos, sino que también facilita el mantenimiento y prolonga la vida útil del equipo.

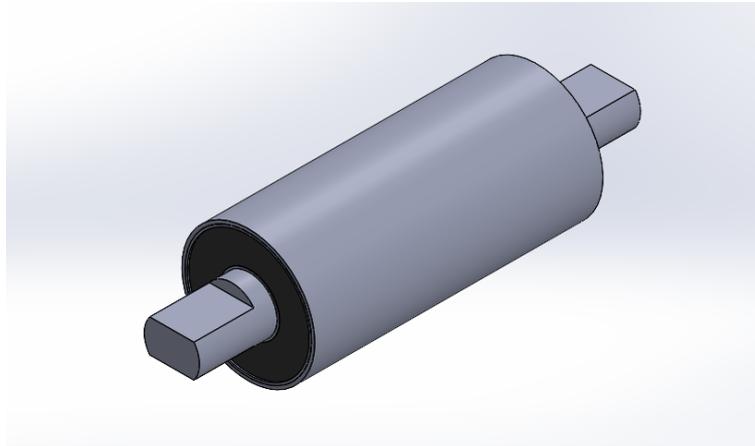


Figura 16. Rodillo simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-A3. *Bases de sensores y Bases laterales* : El diseño por simulación permite evaluar el comportamiento de las bases que pueden de hierro o acero inoxidable bajo diferentes condiciones, facilitando la selección del material más adecuado y la optimización del diseño. Además, se personaliza las bases para adaptarse a diferentes geometrías y requisitos de montaje, mejorando la integración de los sensores y mecanismos de calibración.

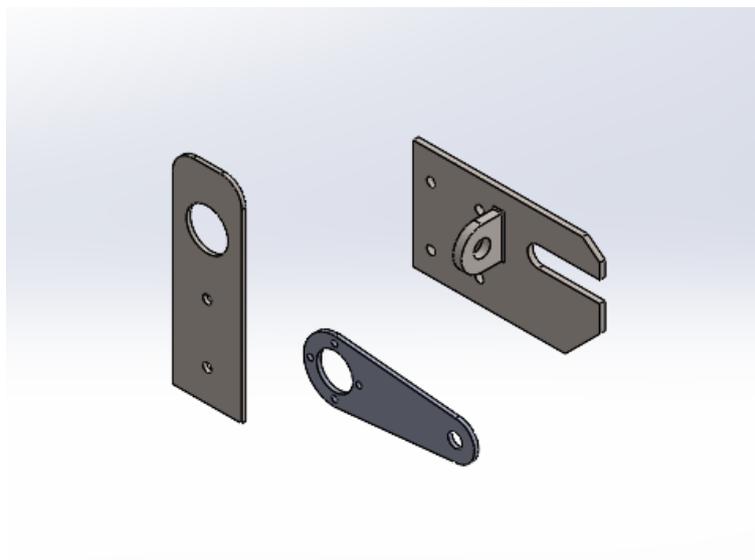


Figura 17. Bases y soportes laterales simulación 3D , por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-A4. *Bandeja de salida* : Utilizando el software, se diseña una bandeja de acero inoxidable para transportar piezas pequeñas y ligeras. Se simula el movimiento de las piezas a través de la bandeja bajo la acción del cilindro neumático, ajustando la inclinación y el perfil de la superficie para optimizar el flujo del material.

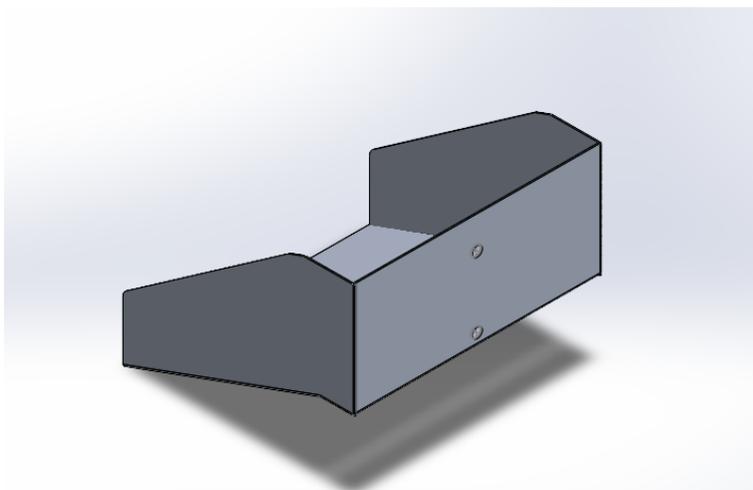


Figura 18. Bandeja de salida simulación 3D, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-A5. *Soporte (Pata)*: El diseño del soporte para la banda transportadora, presenta una geometría sencilla pero funcional. La pieza principal es un perfil rectangular extruido que proporciona rigidez y resistencia. En un extremo, se incorpora una placa con perforaciones para su fijación a la estructura principal de la máquina. Este diseño, garantiza una sujeción segura y estable de la banda, contribuyendo a la eficiencia y durabilidad del sistema de transporte.

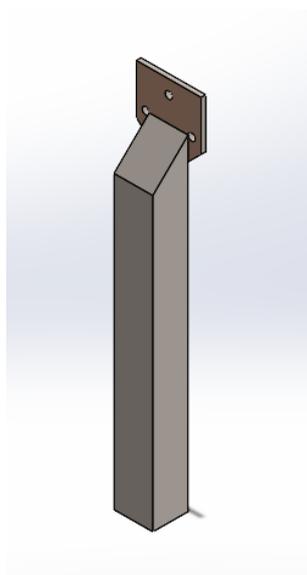


Figura 19. Soporte , por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-A6. Análisis de materiales: El análisis estático de una banda de transportadora implica evaluar su capacidad para soportar las tensiones inducidas por el peso del material a transportar, las fuerzas de fricción con los rodillos y las posibles cargas de impacto. Utilizando software de elementos finitos, se modela la banda y se somete a diversas cargas para determinar las zonas de mayor tensión y deformación. Este análisis es crucial para garantizar que la banda no se estire excesivamente, se desgarre o se desgaste prematuramente, asegurando así una operación segura y eficiente del sistema de transporte.

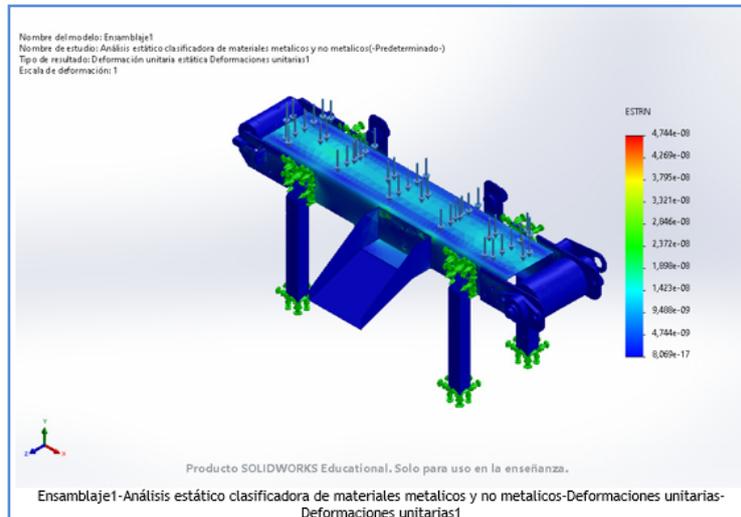


Figura 20. Análisis de materiales , por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-B. Diseño eléctrico

VI-B1. CADE SIMU: Para el diseño del sistema de control de la banda transportadora, se utiliza el software Cade Simu debido a su capacidad para modelar de forma precisa la interacción entre los circuitos eléctricos y los actuadores neumáticos. La simulación permite analizar el comportamiento del sistema en diferentes escenarios de funcionamiento, optimizando la selección de componentes y ajustando los parámetros de control. Además, la visualización en 3D de la activación de los cilindros neumáticos facilita la comprensión del funcionamiento del sistema y proporciona identificar posibles interferencias mecánicas.

A continuación, se detalla los componentes utilizados en la realización del diagrama eléctrico. Esta información es fundamental para la correcta interpretación del diseño, la selección de los materiales adecuados y la posterior implementación del circuito.

1. Disyuntor
2. Fuente de alimentación
3. PLC LOGO! SIEMENS
4. Interruptor de 2 posiciones
5. Pulsador seta
6. Detector inductivo
7. Detector capacitivo

- 8. Luz piloto
- 9. Bobina electroválvula monoestable
- 10. Actuador de doble efecto
- 11. Motor CC.

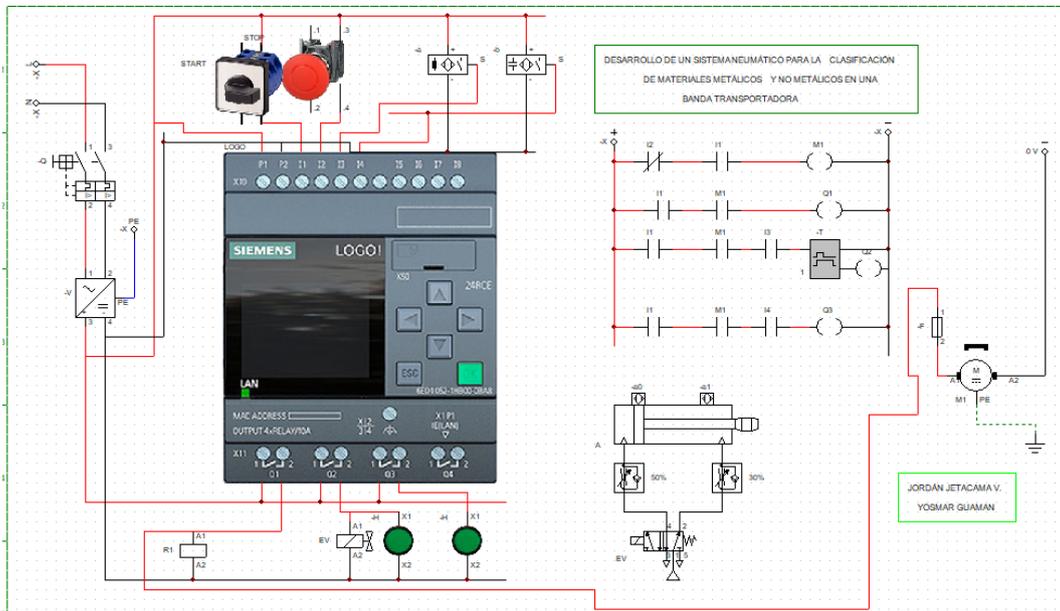


Figura 21. Diagrama eléctrico y neumático , por J. Jetacama y Y. Guaman, CADE SIMU.

El diagrama eléctrico presentado detalla un sistema neumático de clasificación de materiales que emplea un PLC Siemens LOGO! como cerebro de principal de la operación. La alimentación del sistema se inicia mediante un disyuntor que protege el circuito. La fuente de alimentación de 24 VDC suministra la energía necesaria para el funcionamiento del PLC y sus actuadores asociados: un motor DC, encargado del movimiento mecánico, y una electroválvula, que activa el cilindro neumático para realizar la clasificación del material controlando el flujo de aire en el sistema neumático. Los sensores capacitivo e inductivo detectan la presencia de los materiales en la banda transportadora, enviando señales al PLC. La lógica de programación en lenguaje Ladder determina el momento óptimo para activar la electroválvula y el motor DC, encargados de clasificar los materiales en función de sus características. Además, para garantizar la seguridad del sistema, se incorpora un pulsador de emergencia y luces pilotos para la visualización de la activación de salidas del PLC.

VI-C. LOGO!Soft Comfort

El programa LOGO! Soft Comfort facilita la automatización de proyectos mediante una interfaz intuitiva y de fácil configuración. Permite la creación sencilla de programas de conmutación en diagrama de funciones (FBD) o diagrama de escalera (LD). Además, posibilita la creación de programas de usuario al permitir la selección de funciones y su conexión mediante la acción de arrastrar y soltar, tanto en modo individual como en modo red.

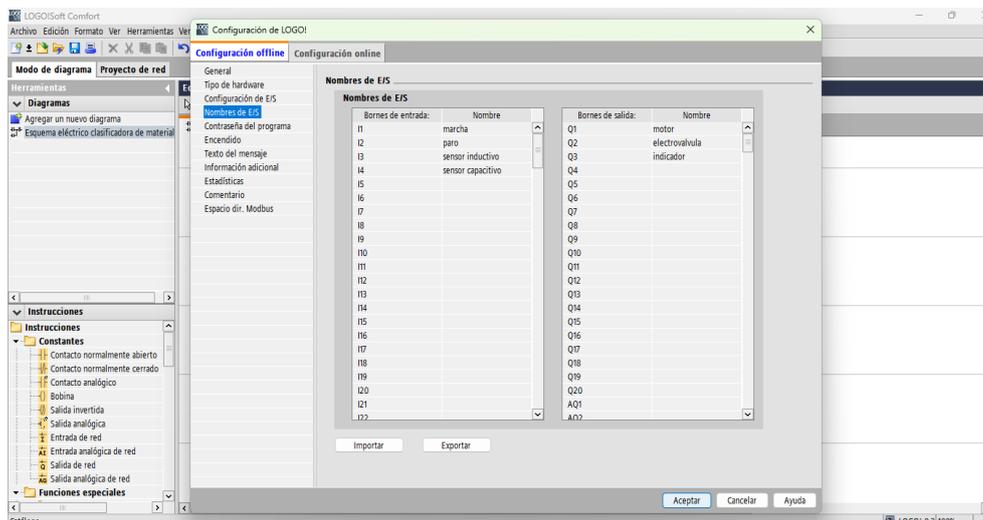


Figura 22. Asignación de entradas y salidas, por J. Jetacama y Y. Guaman.

La configuración de E/S muestra una estructura para un sistema de clasificación de materiales, con entradas para activar, detectar la presencia de objetos y salidas para controlar el motor, la electroválvula y otros dispositivos. La flexibilidad del software permite personalizar y ampliar este sistema según las necesidades específicas de la aplicación.

Entradas

- **IO1: Marcha:** Esta entrada digital se conecta a un interruptor que inicia la activación de la banda para comenzar el proceso de clasificación.
- **IO2: Paro:** Esta entrada digital se conecta a un pulsador de emergencia que detiene el proceso de inmediato.
- **IO3: Sensor inductivo:** Esta entrada digital detecta la presencia de objetos metálicos en la banda transportadora.
- **IO4: Sensor capacitivo:** Esta entrada digital detecta la presencia de objetos no metálicos (plásticos, madera, etc.) en la banda transportadora.

Salidas

- **QO1: Motor:** Esta salida digital controla el arranque y parada del motor que acciona la banda transportadora o algún otro mecanismo de clasificación.
- **QO2: Electroválvula:** Esta salida digital controla la apertura y cierre de una electroválvula, utilizada para activar el cilindro neumático y dirigir el flujo de aire en el sistema de clasificación. Además se incorpora una luz piloto para visualizar el procedimiento.
- **QO3: Indicador:** Esta salida digital esta conectada a un indicador visual que muestra el estado del proceso.

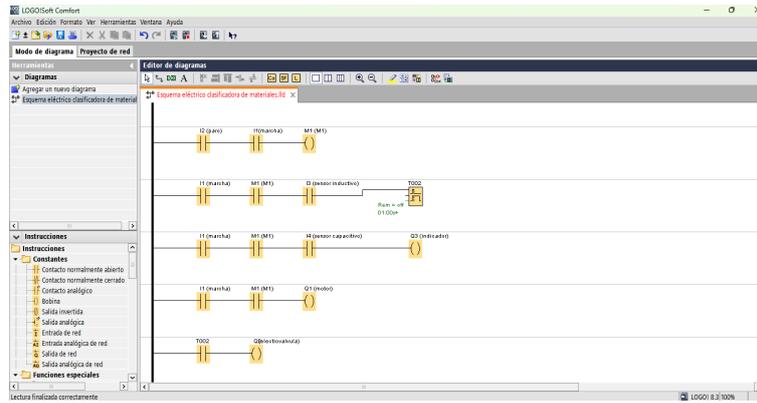


Figura 23. Programación en software LOGO! Soft Comfort V8.3, por J. Jetacama y Y. Guaman.

La imagen muestra un diagrama Ladder inicial para una aplicación de clasificación de materiales, desarrollado en el software de programación. Se observa que se han comenzado a agregar los elementos básicos de la lógica de control, como contactos normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC), bobinas de salida y temporizadores. Los contactos están asociados a las señales de entrada provenientes de los sensores (inductivo, capacitivo), las bobinas controlan los actuadores (motor, electroválvula). El temporizador T002 implementa una función de retardo en la activación del actuador neumático del sistema.

VI-D. Implementación mecánica

En este segmento se detalla la fabricación de las piezas antes mencionadas en el diseño mecánico. A partir de los modelos 3D generados en Solidworks, se procede a la programación de las máquinas herramienta CNC. Estas máquinas, guiadas por las instrucciones numéricas, ejecutan operaciones de mecanizado como fresado, torneado y taladrado para dar forma a las piezas con alta precisión y repetitivo.

VI-D1. Estructura principal: La fabricación de esta estructura principal para una banda transportadora implica un proceso que comienza con el corte de perfiles de acero inoxidable. Estos perfiles son posteriormente doblados en forma de U mediante una prensa plegadora para conformar el marco principal. A continuación, se realiza el ensamblaje de las piezas mediante pernos para la sujeción de los soportes a la estructura, se aplica un acabado superficial para mejorar su estética.



Figura 24. Estructura principal, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-D2. Rodillo: Su fabricación se realiza con la ayuda de un torno, una herramienta de precisión que permite dar forma al material con las medidas exactas previamente diseñadas en el software. A través de un minucioso proceso de torneado, se logra obtener las dimensiones y contornos deseados, garantizando así la conformidad de la pieza con el modelo digital.



Figura 25. Rodillo eje motriz, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-D3. Bases de sensores y bases laterales: Una vez grabados los diseños de precisión en la plancha de acero, el corte láser permite obtener piezas con contornos exactos y acabados superficiales de alta calidad, facilitando así la posterior integración de los componentes electrónicos, la alta precisión dimensional de las bases garantiza una alineación óptima de los sensores, lo cual es fundamental para la calibración y tensión de la cinta transportadora.



Figura 26. Grabado de diseños en plancha de acero, por J. Jetacama y Y. Guaman.



Figura 27. Corte laser de las bases, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-D4. Bandeja de salida: Los planos de fabricación fueron generados y enviados a un taller de mecanizado, donde la bandeja fue fabricada mediante un preciso corte por láser. El plegado de la pieza se realiza en una prensa plegadora, siguiendo las líneas de doblado indicadas en los planos. Posteriormente, se efectúa un pulido mecánico para obtener un acabado superficial de alta calidad, eliminando cualquier imperfección y asegurando una superficie lisa y libre de rebabas.



Figura 28. Bandeja de salida, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-D5. Soporte (pata): Los soportes están fabricados en acero para asegurar una alta capacidad de carga y ofrecer una resistencia robusta para sostener tanto las estructuras como los componentes del prototipo. La base plana de los soportes representa la parte fija del diseño, por lo que su resistencia es crucial para la estabilidad y seguridad del conjunto. La capacidad de estos soportes para resistir las fuerzas aplicadas es fundamental para evitar deformaciones o fallos que podrían comprometer el rendimiento general. Por ello, es esencial que la base

de los soportes esté diseñada con un margen adecuado de seguridad para garantizar su funcionamiento eficiente y duradero en las condiciones operativas previstas.



Figura 29. Soporte de estructura, por J. Jetacama y Y. Guaman.



Figura 30. Presentación del prototipo, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-E. Implementación eléctrica

Para iniciar la implementación del sistema eléctrico, es fundamental realizar un análisis de los componentes necesarios. Este análisis, que forma parte del diseño del sistema, permite determinar las características técnicas, las dimensiones y la cantidad de cada elemento, desde conductores y conectores hasta dispositivos de protección y control. De esta manera, se garantiza un funcionamiento óptimo y eficiente del sistema.

Se han seleccionado dos sensores de detección de proximidad específicos que serán detallados a continuación. Esta elección se basa en un análisis de las características técnicas de cada sensor, considerando factores como el rango de detección, la precisión y la compatibilidad con el sistema de control. A continuación, se presentarán las especificaciones técnicas de cada uno de estos sensores, fundamentales para comprender su funcionamiento dentro del prototipo.

VI-E1. Sensor inductivo: Para la detección de materiales metálicos, se implementa un sensor de proximidad inductivo. Este dispositivo, basado en principios electromagnéticos, permite detectar la presencia de objetos metálicos sin necesidad de contacto físico. A continuación, se detalla sus características:

- **Tipo de conexión:** 3 hilos PNP (NA)
- **Distancia de sensado:** 15mm
- **Alimentación:** 10 a 30V
- **Consumo máximo de corriente:** 200mA

VI-E2. Sensor capacitivo: Para la detección de materiales no metálicos, se implementa un sensor de proximidad capacitivo. Este dispositivo, basado en principios electrostáticos, permite detectar la presencia de objetos no conductores, como plásticos, líquidos o papel, sin necesidad de contacto físico.

- **Tipo de conexión:** 3 hilos PNP (NA)
- **Distancia de sensado:** 15mm
- **Alimentación:** 10 a 30V
- **Consumo máximo de corriente:** 200mA

VI-E3. Fuente de poder regulada: Este dispositivo es esencial para el funcionamiento del circuito, suministra la energía eléctrica necesaria para que todos sus componentes puedan operar correctamente. Sus características principales incluyen una salida de voltaje estable, una amplia gama de corriente de salida y protección contra sobrecargas, cortocircuitos y sobrevoltajes.

- **Rango de voltaje de entrada:** 85-264VAC
- **Voltaje de salida:** 24VDC
- **Potencia máxima:** 120W

- **Corriente máxima:** 5A

VI-E4. PLC LOGO! SIEMENS: El PLC se configura como el cerebro del proceso automatizado, asumiendo el control total de las operaciones. A través de su programación, el PLC supervisa las entradas de los sensores, toma decisiones lógicas basadas en los datos recibidos y genera las salidas necesarias para activar los actuadores, garantizando así el correcto funcionamiento del sistema.

- **Alimentación:** 12-24VDC
- **Entradas:** 8 de las cuales 4 pueden ser analógicas
- **Salidas:** 4xRelay
- **Memoria:** 400 bloques
- **Programación:** LOGO! Soft Comfort desde V8

VI-E5. Ensamble de gabinete eléctrico: Inicialmente, se realiza una verificación de la funcionalidad de cada componente. La corriente alterna de 120V ingresa al circuito a través de un disyuntor termomagnético de 4A. A continuación, la corriente pasa a una fuente de alimentación conmutada de 24V/5A, conectada a los bornes de entrada L+ y L-. La salida de la fuente se conecta a los bornes de alimentación del PLC LOGO! (24V DC). Un multímetro digital se utiliza para medir el voltaje en los bornes de entrada y salida de la fuente, así como en los bornes de alimentación del PLC LOGO!, con el fin de verificar que las tensiones sean correctas y que no existan caídas de tensión significativas.



Figura 31. Circuito energizado, por J. Jetacama y Y. Guaman.

Para garantizar un ensamble preciso, se inician las labores tomando medidas detalladas del doble fondo del gabinete. Con estas medidas como referencia, se procede a cortar las canaletas y rieles a la medida exacta. A continuación, se realiza una comprobación visual para verificar que las piezas encajen perfectamente y que la distribución de los componentes sea óptima. Se perforan los orificios correspondientes para la instalación del

interruptor, el botón de paro de emergencia y las luces piloto, asegurando así la funcionalidad y seguridad del sistema. Por último, se perforan los orificios para la instalación de los elementos de control, completando así la primera etapa del ensamble.



Figura 32. Alineación de componentes en el gabinete, por J. Jetacama y Y. Guaman.



Figura 33. Comprobación de ensamble, por J. Jetacama y Y. Guaman.

Con el objetivo de establecer una conexión eléctrica segura y eficiente, se procede al cableado del sistema utilizando conductores de calibre 18 y 16. Siguiendo el diagrama eléctrico, se conectan los diferentes componentes, prestando especial atención a la polaridad y a la longitud de los conductores. Se emplean técnicas de cableado

organizadas y se utilizan terminales adecuados para garantizar la integridad de las conexiones y facilitar los futuros mantenimientos. De esta manera, se asegura un funcionamiento óptimo y confiable del sistema.



Figura 34. Cableado del gabinete, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-E6. Fase del proceso de clasificación: Una vez realizado el ensamble de los componentes en el gabinete eléctrico procedemos a la transferencia del programa al PLC LOGO! para garantizar el correcto funcionamiento del sistema neumático, se realizarán las modificaciones necesarias. Estas modificaciones serán transmitidas vía Ethernet y permitirán validar el sistema de manera eficiente.

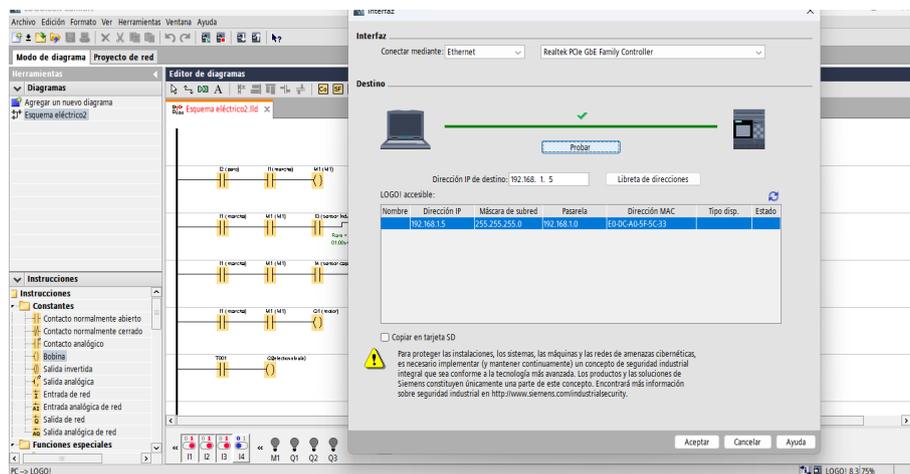


Figura 35. Dirección IP, por J. Jetacama y Y. Guaman.

La banda transportadora inicia su movimiento, transportando el material hacia una zona de detección. Un sensor inductivo detecta materiales ferrosos, activando un cilindro neumático que desvía estos materiales a una bandeja

de recolección. Los materiales no ferrosos continúan su recorrido hacia un sensor capacitivo de proximidad, que permite discriminar entre diferentes tipos de materiales no metálicos en función de su permitividad eléctrica.



Figura 36. Diagrama de fase de clasificación, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VI-F. Validación de resultados

Posterior a la implementación, se realizan pruebas exhaustivas del sistema, ajustando los parámetros de los sensores y actuadores. Los resultados obtenidos se documentan y se comparan con los requerimientos iniciales, garantizando así el correcto funcionamiento del sistema bajo diversas condiciones operativas.

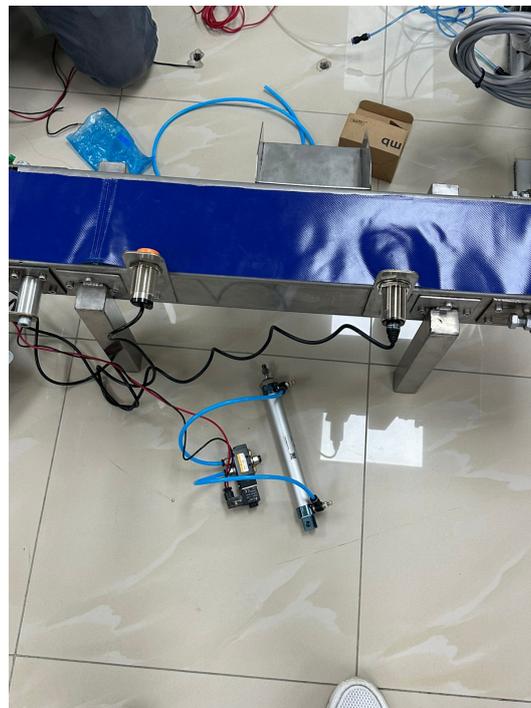


Figura 37. Pruebas de laboratorio, por J. Jetacama y Y. Guaman.

Una vez ensamblada la banda transportadora, se inician las pruebas de funcionamiento utilizando aire comprimido. Durante este proceso, se ajustan los parámetros de velocidad y presión del aire, así como la alineación de los componentes, para optimizar el desempeño del sistema.

VI-G. Resultados

Cuando un material metálico atraviesa el sensor inductivo, se induce una corriente eléctrica que activa una electroválvula. Esta acción genera un movimiento en el cilindro neumático, el cual separa el material metálico del flujo principal. Un LED indicador confirma visualmente la detección del metal y la activación del sistema.



Figura 38. Detección de metal, por J. Jetacama y Y. Guaman.

La imagen captura el momento en que el cilindro neumático se expande, impulsado por el aire comprimido del compresor. La electroválvula, controlada por una señal eléctrica, regula el flujo de aire hacia el cilindro, permitiendo su movimiento lineal. De esta manera, el material metálico es desplazado de forma precisa y eficiente hacia la bandeja correspondiente, completando el proceso de clasificación.

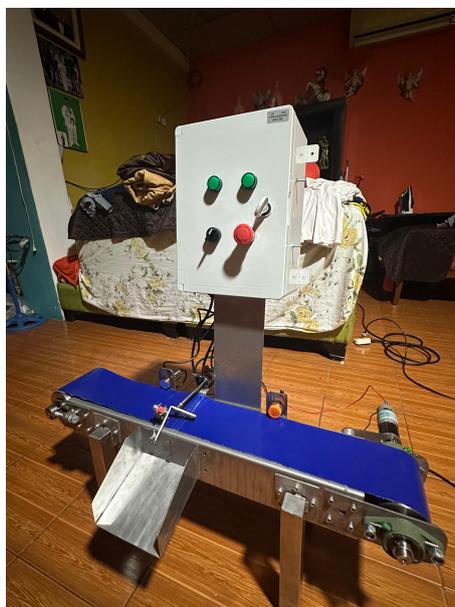


Figura 39. Accionamiento neumático, por J. Jetacama y Y. Guaman.

La detección se confirma visualmente mediante la activación de un LED indicador, el cual responde a la señal emitida por el sensor capacitivo. Una vez analizado, el objeto prosigue su recorrido sobre la banda transportadora, siendo dirigido hacia la estación de trabajo correspondiente.



Figura 40. Detección de no metal, por J. Jetacama y Y. Guaman.

VII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la tabla I.

Tabla I
CRONOGRAMA

TITULO		ACTIVIDAD	ACTIVIDAD ESPECIFICA	RESPONSABLE	VIGENCIA 2024												TOTAL		
					1 mes	2 mes	3 mes	4 mes	5 mes	6 mes	P	E	P	E	P	E			
TITULO: CRONOGRAMA COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACIÓN 2019																			
Implementar el sistema neumático para la clasificación de los materiales metálicos y no metálicos.	Realizar el diagrama de simulación en el software de CADE SIMU.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman	1	1														1	0
	Investigación sobre los actuadores y componentes que se van a utilizar para el proyecto.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman	1	1	1													2	0
	Regular la presión de aire necesaria para ejercer la fuerza de empuje del cilindro.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman	1	1	1	1	1	1	1									5	5
	Investigar los sensores, sus especificaciones y maneras de utilidad.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman	1	1	1													2	2
Implementar un programa que integre los sensores capacitivos e inductivos en la banda transportadora para la identificación del material que circula por la banda.	Programación para el sistema de control y conexiones al PLC LOGO!	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman			1	1	1	1										2	2
	Implementación de sensores a la banda transportadora.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman			1	1	1	1										2	2
Validar el sistema propuesto comprobando la reducción de tiempos en la clasificación.	Realizar pruebas de funcionamiento del actuador neumático.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman	1	1	1													1	3
	Realizar pruebas de funcionamiento de distancia de detección de los sensores utilizados.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman			1	1	1	1										1	3
	Realizar pruebas del sistema completo con materiales metálicos, plásticos y cartón.	Jordan Jetacama/Vosmar Guaman						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3

VIII. PRESUPUESTO

A continuación se muestra el presupuesto del trabajo en la tabla II.

Tabla II
TABLA DE PRESUPUESTO

Nombre del elemento	Característica	Cantidad	Valor total
Sensor SEAU-38107	Inductivo PNP (NA)200mA 15mm	1	\$ 46.45
Sensor CM30-D1PA15	Capacitivo (NA) 200mA 15mm	1	\$ 26.95
Electroválvula	Monoestable 5/2 1/8"24 VDC	1	\$ 39.00
Conector recto	Inst 6mm x 1/8"	5	\$ 5.50
Silenciador	Bronce sinterizado 1/8"	2	\$ 3.50
Unidad de mantenimiento	F/R/L 1/8"175 PSI mini	1	\$ 50.85
Cilindro neumático	Doble efecto D.20 X150mm carr	1	\$ 38.00
Regulador de velocidad	Banjo inst 6mm x 1/8"	2	\$ 10.50
Tubo de poliuretano	6mm D EXT	7	\$ 6.00
Fuente de alimentación conmutada	24 VDC 5A 120W	1	\$ 31.30
PLC LOGO! SIEMENS	12/24VDC 12/24RCE 8DI 4DO relé	1	\$ 130.00
Motor DC	24V	1	\$ 45.00
Breaker de riel	2 polos 4A 400V 6KA	1	\$ 6.30
Pulsador hongo metálico	22mm Giro 40mm rojo (NC)	1	\$ 5.35
Luz piloto	Led verde 24VDC	2	\$ 2.60
Controlador de velocidad	PWM para motor DC 3-6-12-24-35V	2	\$ 10.00
Selector	22mm 2 Pos (NA)	1	\$ 2.05
Bornera riel	14AWG (2.5mm ²) 24A gris	16	\$ 6.40
Barra equipotencial bornera	14AWG JXB/SAK2.5 (2.5mm ²)	2	\$ 2.50
Terminal	Puntera simple 16 AWG rojo	1	\$ 2.05
Materiales para conexión eléctrica	Cables 16 18	25	\$ 6.00
Prensa estopa	Plástico M32	1	\$ 1.20
Gabinete	Gris 35x35x15cm fondo metal	1	\$ 32.00
Canaletas	Ranurada 25x30mm	1	\$ 3.80
Riel din	35x7.5mm	1	\$ 3.25
Mano de obra	Soldadura y diseño de estructura	1	\$ 700.00
Banda	PVC ancho 120mm	1	\$ 150.00
Pruebas en laboratorio	Sistema neumático	1	\$ 100.00
TOTAL			\$ 1.466,55

IX. CONCLUSIÓN

Este proyecto implementó con éxito un sistema neumático automatizado para clasificar materiales metálicos y no metálicos. A través de la programación de un sistema de control, se logró que los sensores identificaran de manera precisa el tipo de material, activando los mecanismos de clasificación correspondientes. Las pruebas realizadas demostraron una alta eficiencia del sistema, con un índice de acierto del 90 % en la clasificación de materiales.

Al automatizar el proceso de clasificación, se ha logrado una mejora sustancial en comparación con los métodos manuales tradicionales. La productividad se ha incrementado en un 70 %, eliminando la fatiga laboral asociada a tareas repetitivas y garantizando una clasificación más precisa y uniforme.

La automatización de la clasificadora ha mejorado las condiciones laborales al eliminar tareas repetitivas y monótonas, reduciendo el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo. Esto ha permitido reasignar al personal a tareas que requieren mayor valor agregado, mejorando su satisfacción laboral y productividad. Además, la disminución de errores de clasificación ha optimizado los procesos y ha generado ahorros económicos significativos a largo plazo.

Este proyecto ha culminado con el desarrollo de un sistema de clasificación neumático innovador, capaz de adaptarse a las necesidades de diferentes industrias. Los resultados obtenidos son prometedores y evidencian el potencial de esta tecnología para transformar los procesos de producción tradicionales. Al combinar la precisión de los sensores con la potencia de la neumática, se ha logrado un sistema eficiente y confiable, que sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la automatización industrial.

X. RECOMENDACIONES

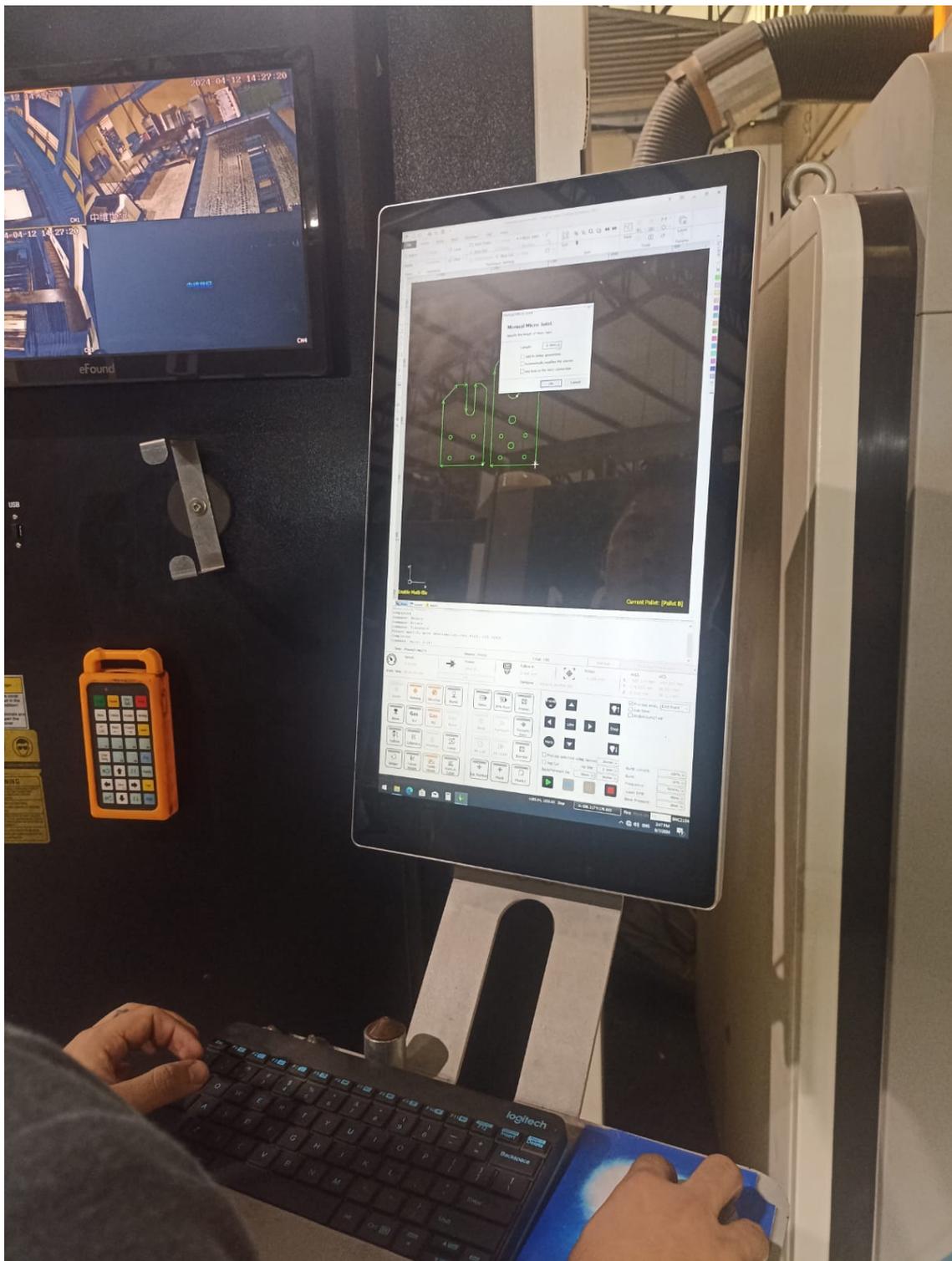
Para asegurar el correcto funcionamiento y la máxima disponibilidad de la clasificadora de materiales, es fundamental llevar a cabo un mantenimiento preventivo periódico. Este incluye la revisión de componentes mecánicos, neumáticos y la inspección de los circuitos eléctricos. Al realizar estos chequeos de manera proactiva, se evitan paradas no programadas, se prolonga la vida útil de los equipos y se garantiza que la clasificadora opere de acuerdo con los estándares de calidad establecidos.

Con el objetivo de promover la sostenibilidad y cumplir con las normativas ambientales, es importante seleccionar compresores de alta eficiencia energética. Así como también el instalar silenciadores industriales para atenuar el nivel de ruido emitido por el equipo, asegurando un funcionamiento silencioso y respetuoso con el entorno.

REFERENCIAS

- [1] Y. S. García-Vera, F. X. Juca-Maldonado y V. Torres-Gallegos, «Automatización de procesos contables mediante Inteligencia Artificial: Oportunidades y desafíos para pequeños empresarios ecuatorianos,» *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, vol. 3, n.º 3, págs. 68-74, 2023.
- [2] R. I. Armas Carrión, «Los factores de riesgo psicosocial y el desempeño laboral del personal en las empresas afiliadas a la Cámara de Comercio,» Tesis de mtría., Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas . . . , 2023.
- [3] P. E. M. Marcial y M. M. S. Méndez, «Optimización de procesos de producción en medianas empresas del sector textil,» *RECIAMUC*, vol. 6, n.º 1, págs. 226-234, 2022.
- [4] J. Torres, J. Carranza y J. Cruz, «Determinantes del desempleo y su influencia sobre la pobreza: El Caso de Guayaquil-Ecuador 2007-2019,» *Revista Económica*, vol. 9, n.º 1, págs. 9-18, 2021.
- [5] M. A. S. Criollo y L. V. M. Regueiro, «Tendencias de desarrollo tecnológico en mecatrónica,» *REVISTA CIENTIFICA UNANCHAY ISSN 2953-6707*, vol. 1, n.º 1, págs. 64-82, 2022.
- [6] R. Y. S. Bustamante, G. R. S. Ruiz, C. A. R. Suarez y Z. L. T. Santiana, «El desempleo en el ecuador: causas y consecuencias,» *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, vol. 5, n.º 10, págs. 774-797, 2020.
- [7] G. A. Diaz Muñoz y D. A. Salazar Duque, «La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial,» *Podium*, n.º 39, págs. 19-36, 2021.
- [8] G. B. L. Soledispa, B. J. S. Cañarte, V. A. C. Soledispa y O. R. F. González, «Análisis de la Cadena de Suministros en las empresas industriales de Guayaquil, Ecuador,» *Revista Científica Empresarial Debe-Haber*, vol. 1, n.º 2, págs. 3-24, 2023.
- [9] S. P. Portugal Vargas y E. L. Vargas Cahuana, «Diseño e implementación de un módulo educativo de control neumático secuencial,» 2020.
- [10] M. A. A. Cabello, C. D. A. Segura, S. C. C. García, J. M. A. Hernández y G. L. Z. Baquedano, «Diseño y simulación de una maquina clasificadora neumática de materiales, Trujillo 2022,» *INGnosis*, vol. 8, n.º 2, págs. 39-47, 2022.
- [11] M. A. Bajaña Guashpa y C. A. Barroso Ruiz, «Desarrollo de un sistema de etiquetado de envases plásticos cilíndricos, orientado a la reducción de tiempos de producción,» B.S. thesis, 2023.
- [12] A. Serna, F. Ros y J. Rico, *Guía práctica de sensores*. Creaciones copyright SL, 2010.
- [13] J. Beltran Montero y J. Quintana Martinez, «Diseño y desarrollo de un sistema automatizado enfocado en el reconocimiento y clasificación de residuos sólidos para una mejor gestión,» 2023.
- [14] L. G. C. Ramírez, G. S. A. Jiménez y J. M. Carreño, *Sensores y actuadores*. Grupo Editorial Patria, 2014.
- [15] E. I. Bueno Lema y C. V. Flores Sánchez, «Diseño e implementación de un sistema automático de core de camisas para cilindros neumáticos para la empresa IMATIC SA,» B.S. thesis, 2014.
- [16] P. A. Paucar Jácome, «Diseño y construcción de módulo neumático,» 2023.
- [17] A. Solé, *Neumática e hidráulica*. Marcombo, 2010, ISBN: 9788426716774. dirección: <https://books.google.com.ec/books?id=CXtRrbhr9bYC>.
- [18] Y. D. González e Y. F. Romero, «Patrón Modelo-Vista-Controlador,» *Telemática*, vol. 11, n.º 1, págs. 47-57, 2012.
- [19] E. M. Pérez, J. M. Acevedo y C. F. Silva, *Autómatas programables y sistemas de automatización*. Marcombo, 2009.
- [20] M. A. Arica Moran, «Automatización con logo PLC para el arranque de electrobombas en el sistema de rebombeo del sector langostinero,» 2022.

XI. ANEXOS



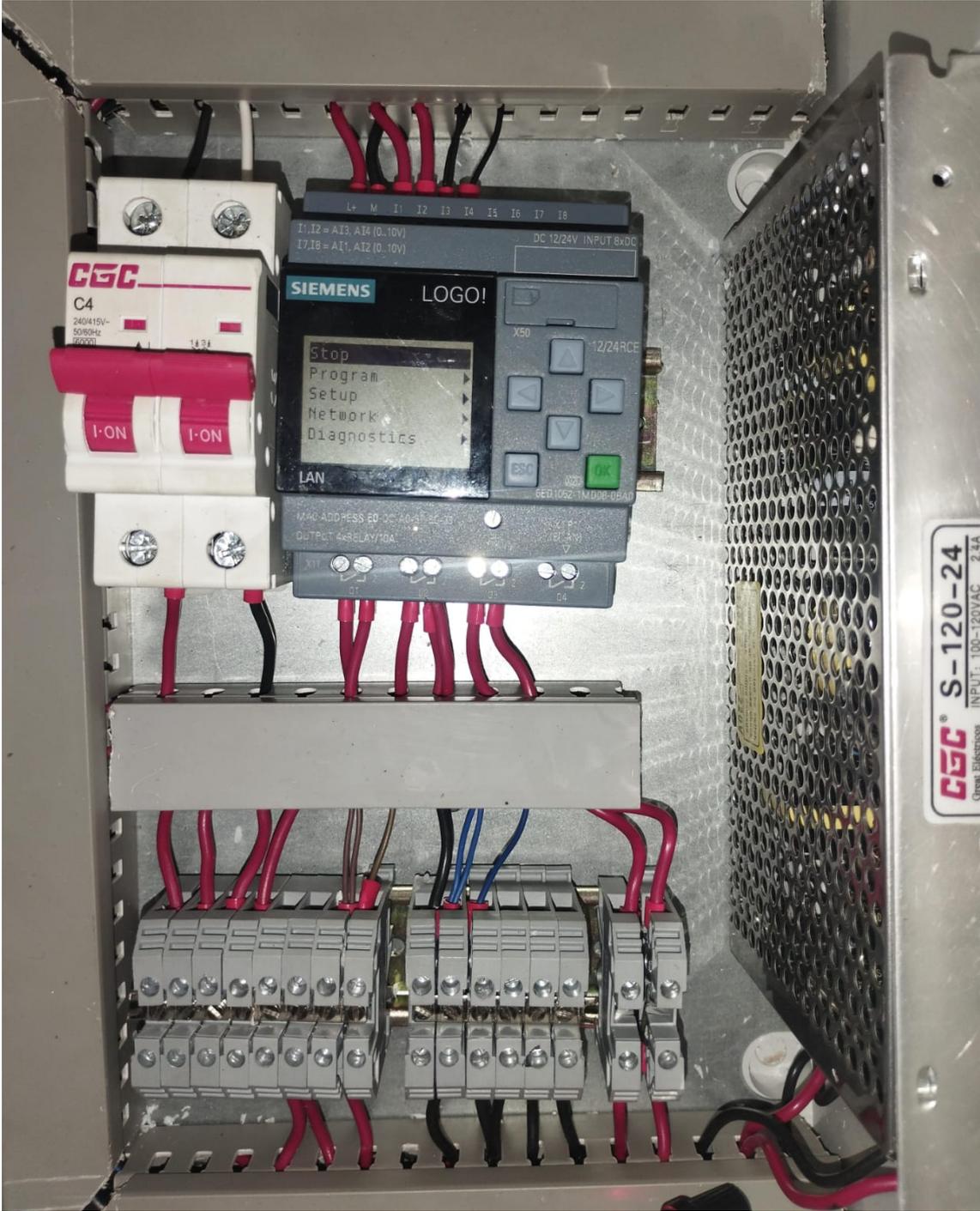














N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Bocin sujetador	1
2	Eje conducido	1
3	Eje motriz	1
4	estructura principal	1
5	Platina de alineacion	1
6	Rodamiento	2
7	Rodillo	1
8	Soporte pata	4
9	Platina motriz	2
10	Platina de tension	1
11	testá bandeja	1
12	Platina de tension 2	1
13	base de sensor	2
14	Chumacera	2
15	sensor	2

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ECUADOR

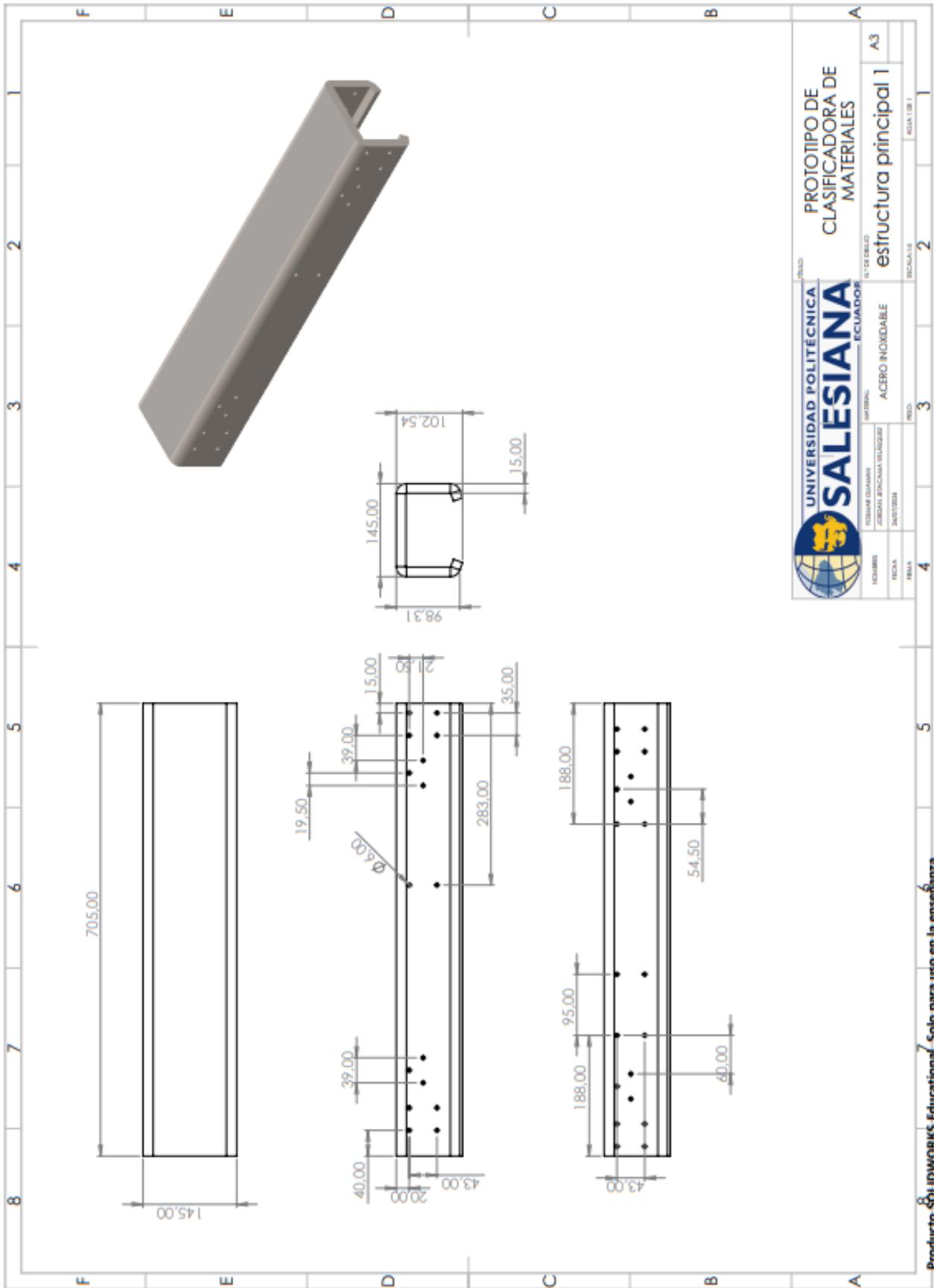
PROTOTIPO DE CLASIFICADORA DE MATERIALES

N.º DE DISEÑO: **Ensamblaje1**

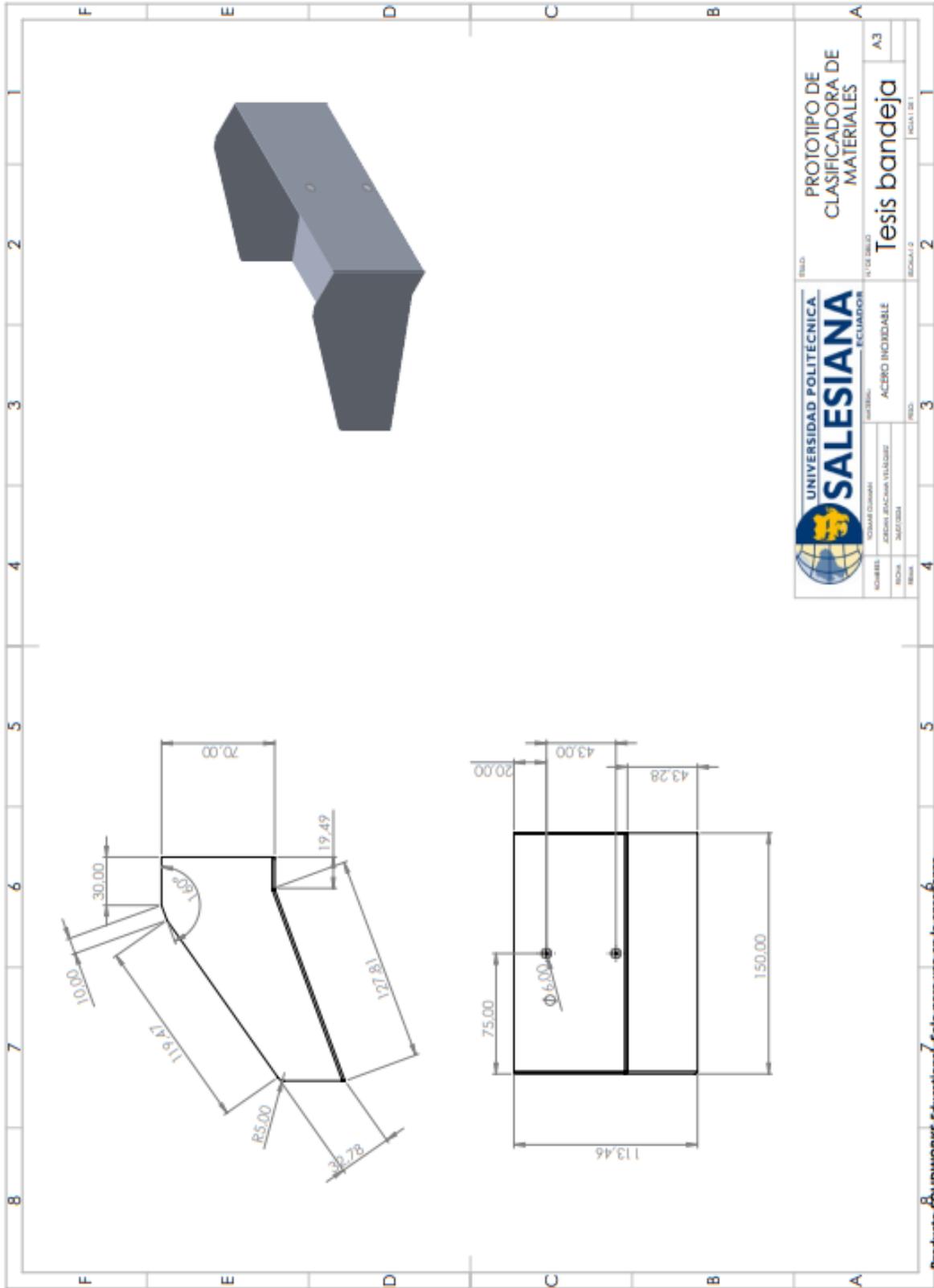
N.º DE HOJA: **2**

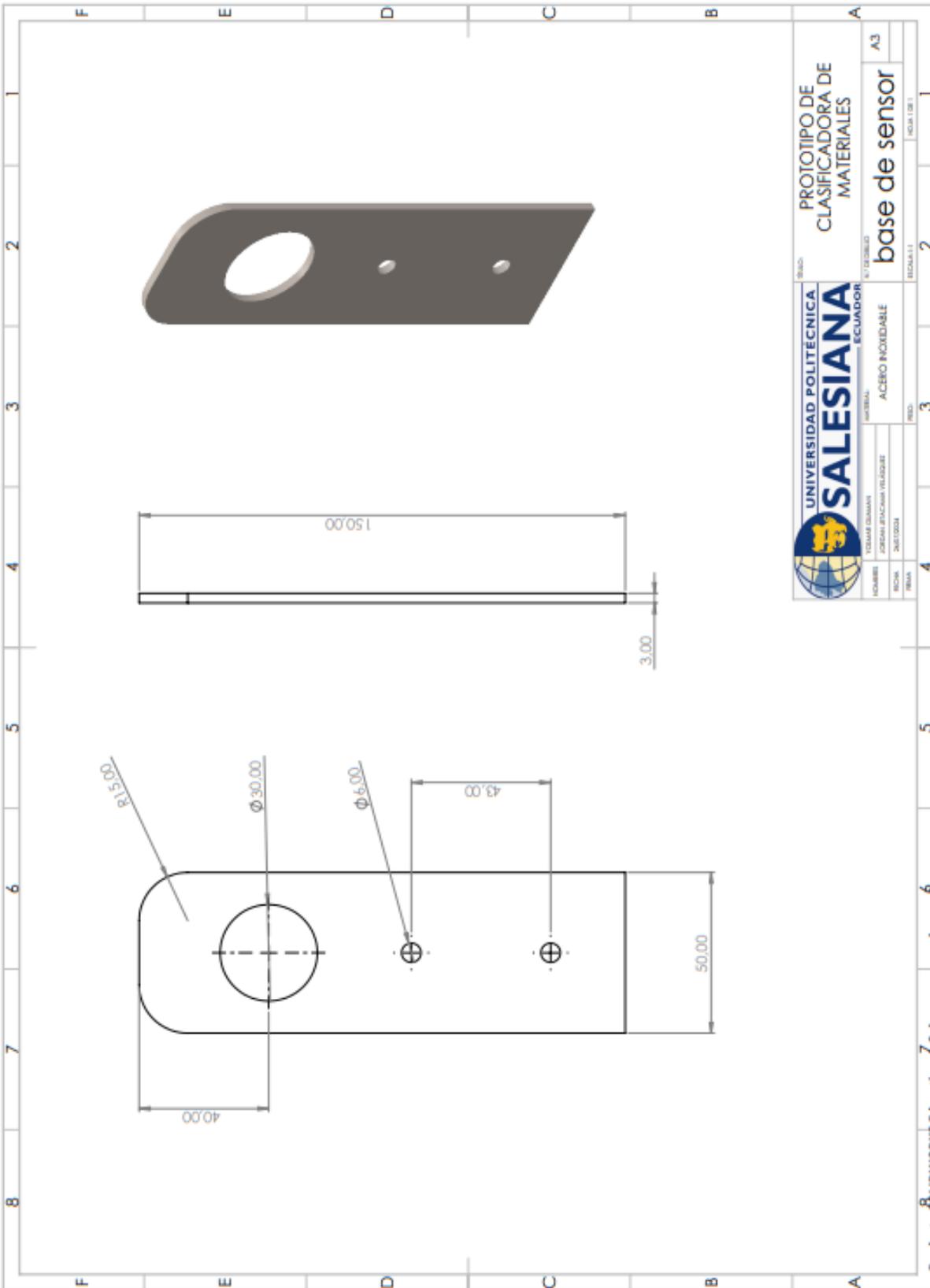
FECHA: **10/01/2011**

Producto SOLIDWORKS Educativa. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SÓLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la enseñanza.



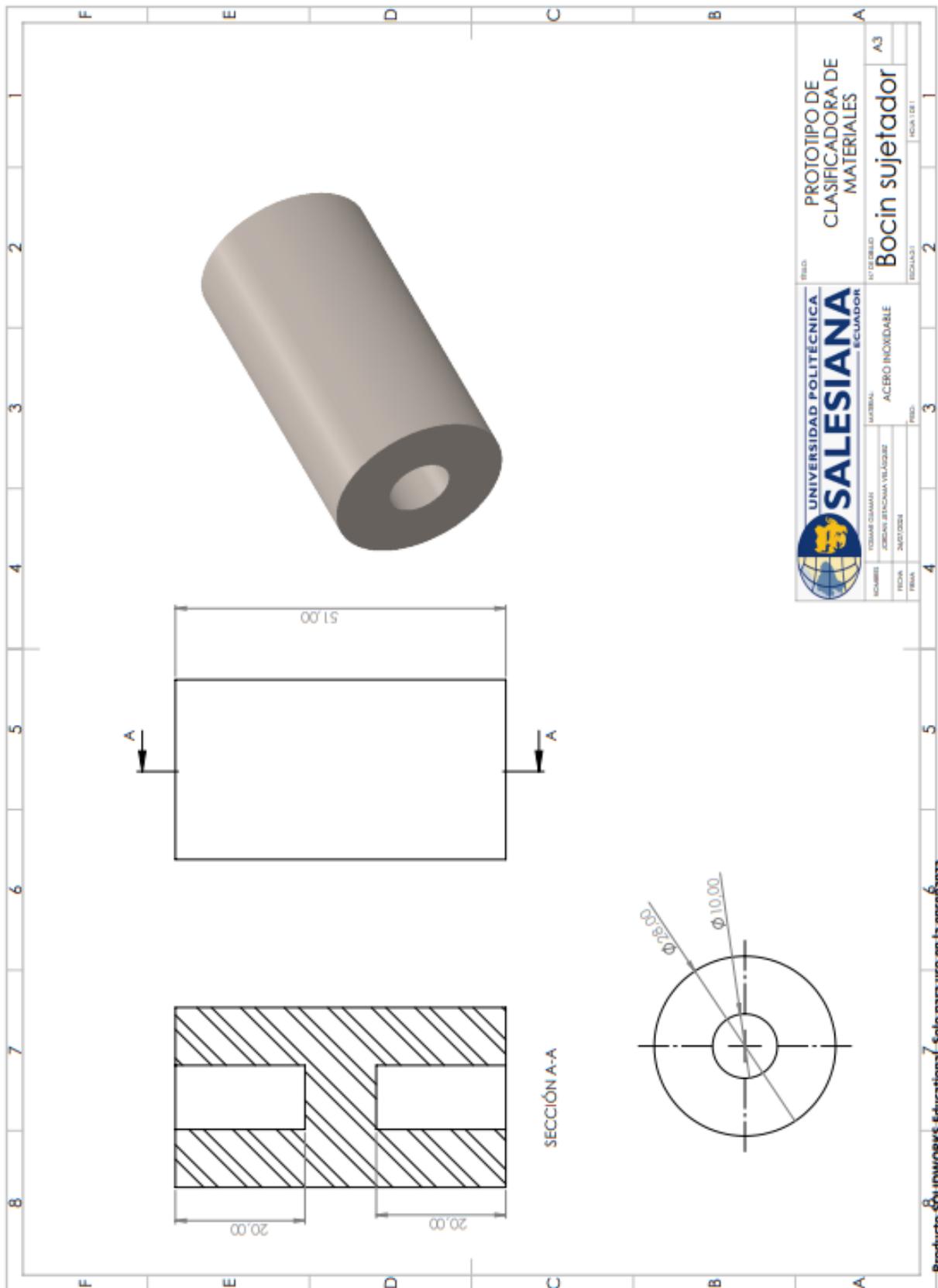


TÍTULO: PROTOTIPO DE CLASIFICADORA DE MATERIALES

Nº DE DISEÑO: base de sensor A3

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

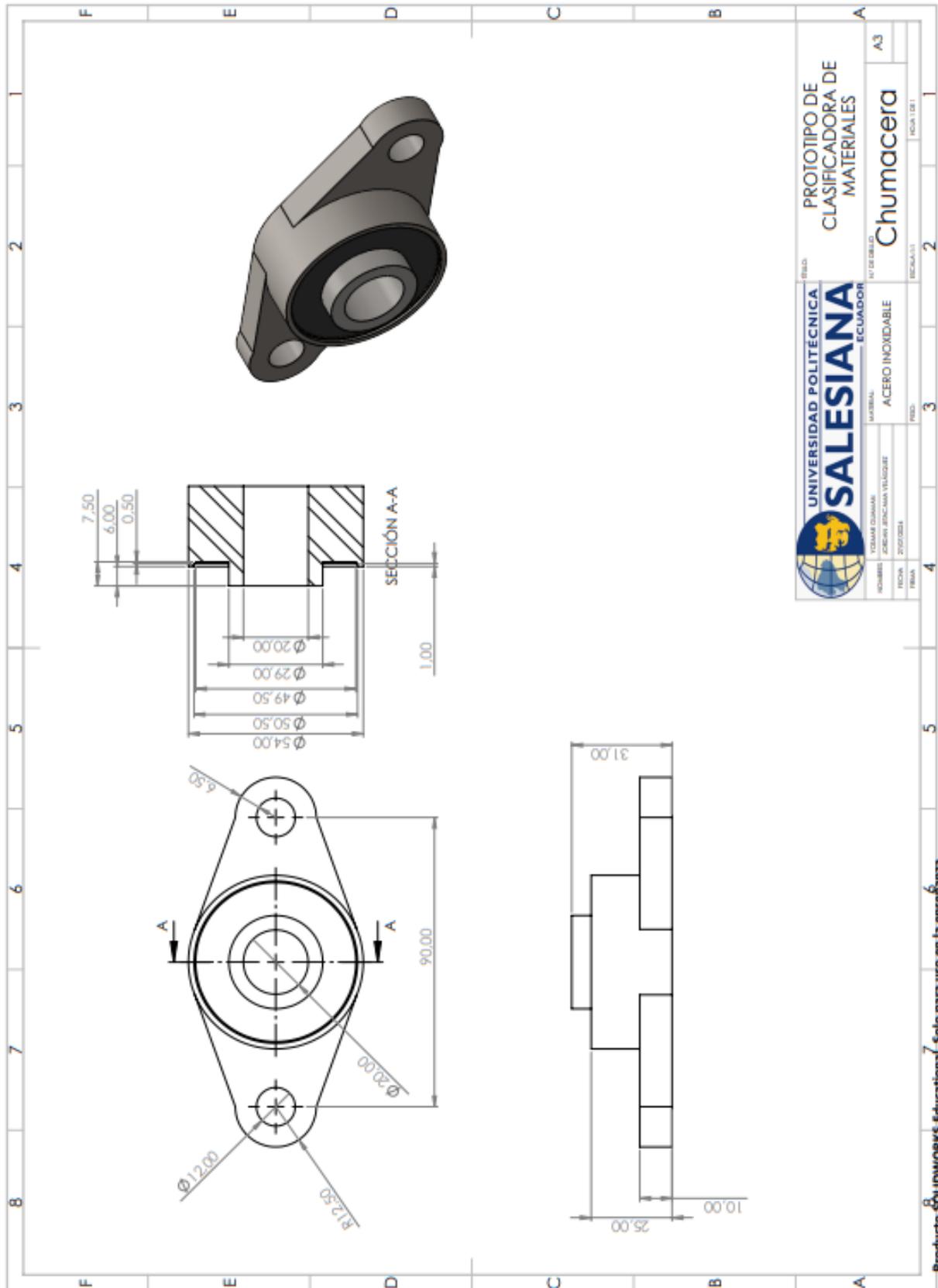
DESIGNADOR: YUSMAN GUAMAN
 DISEÑADOR: JORJAN PATACAMA VELAZQUEZ
 FECHA: 24/11/2024



PROTOTIPO DE
CLASIFICADORA DE
MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
EQUADOR

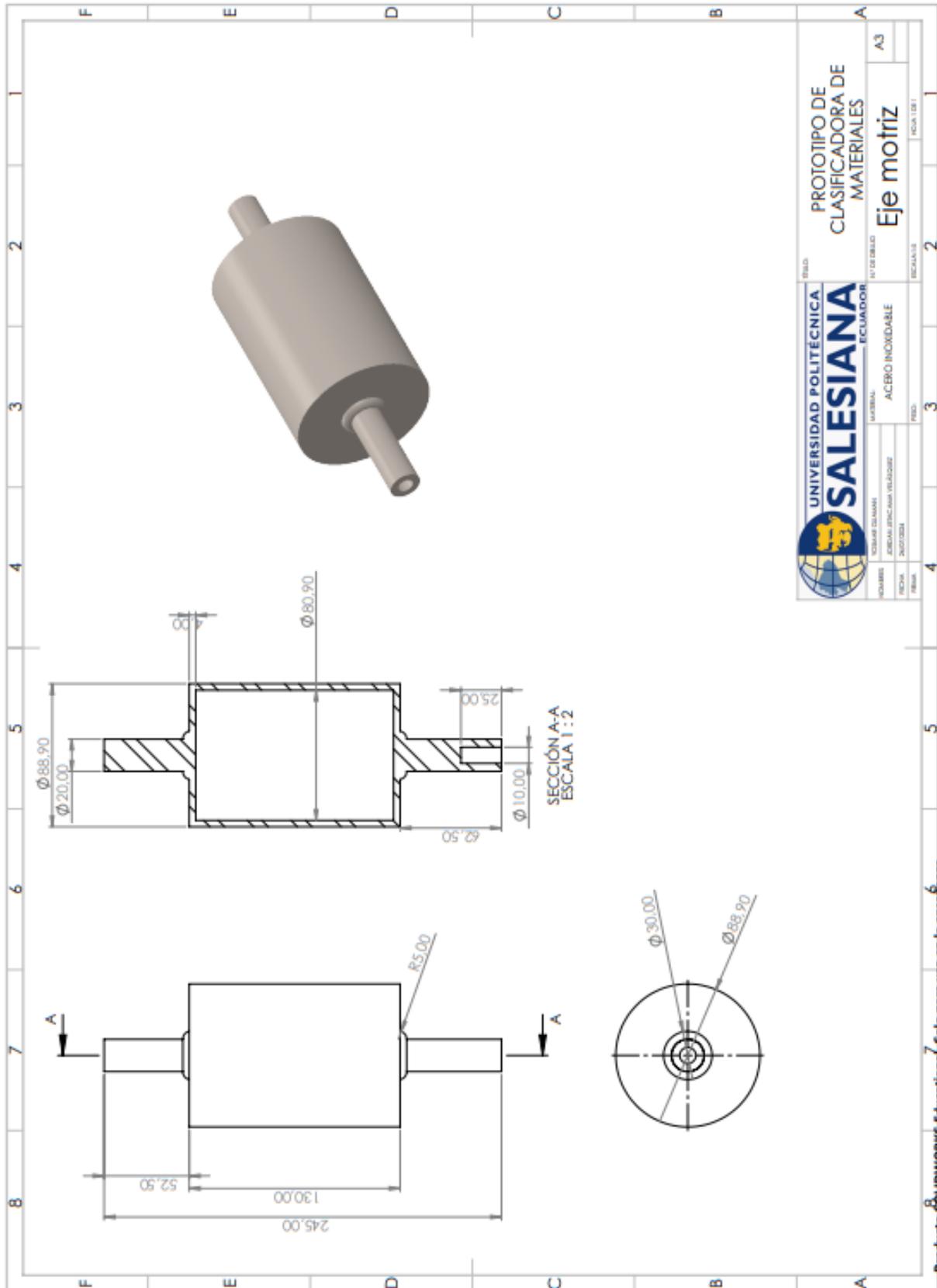
PROYECTO: BOCIN SUJETADOR
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
FECHA: 24/07/2024
PÁGINA: 1 DE 1



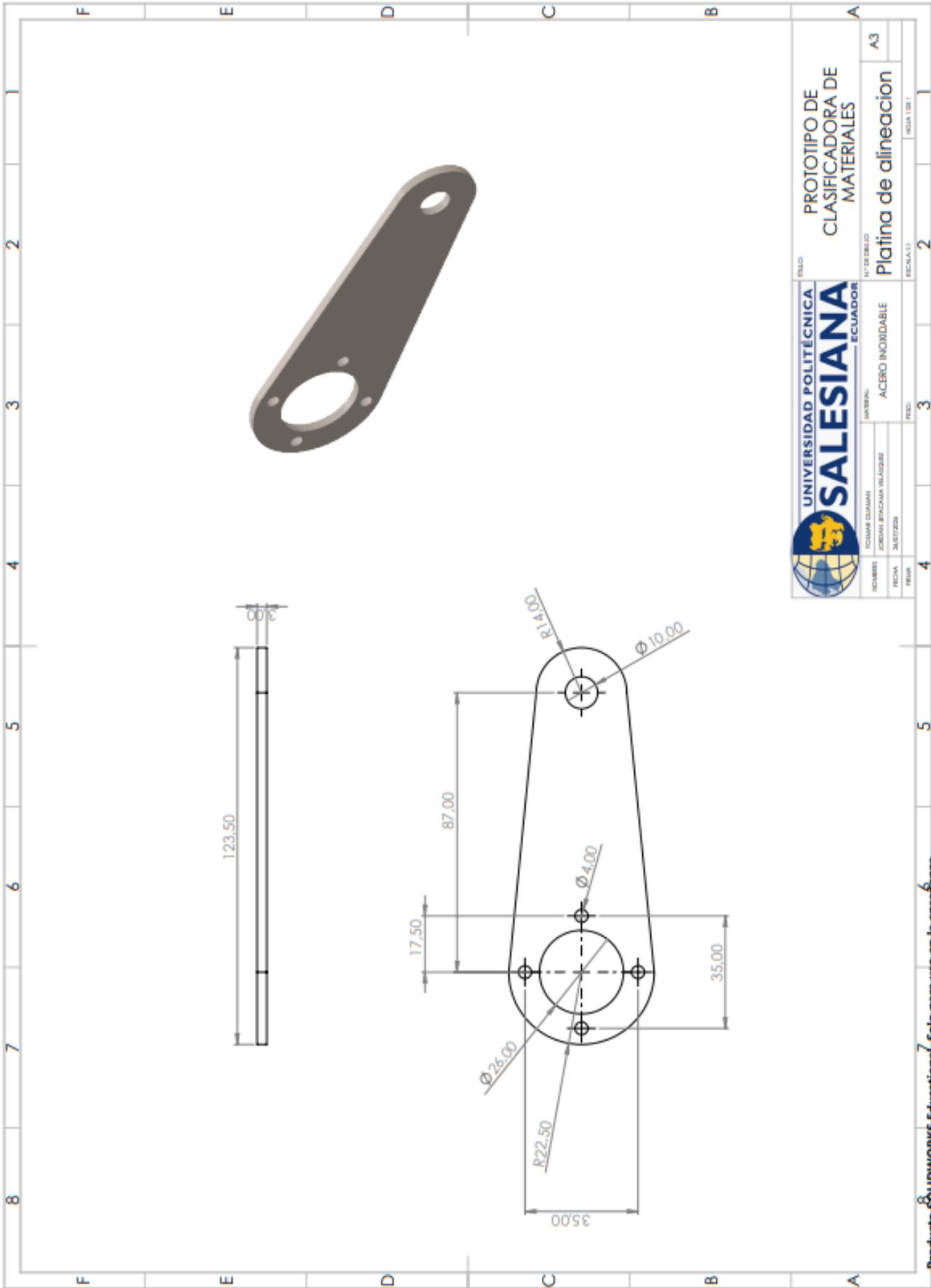
PROTOTIPO DE
CLASIFICADORA DE
MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	PROYECTO DE GRADO	A3
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	MATERIA: ACERO INOXIDABLE	Chumacera
FECHA: 2023/04/11	PROFESOR:	MECANICA I
FECHA:	PROFESOR:	2

Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la enseñanza.



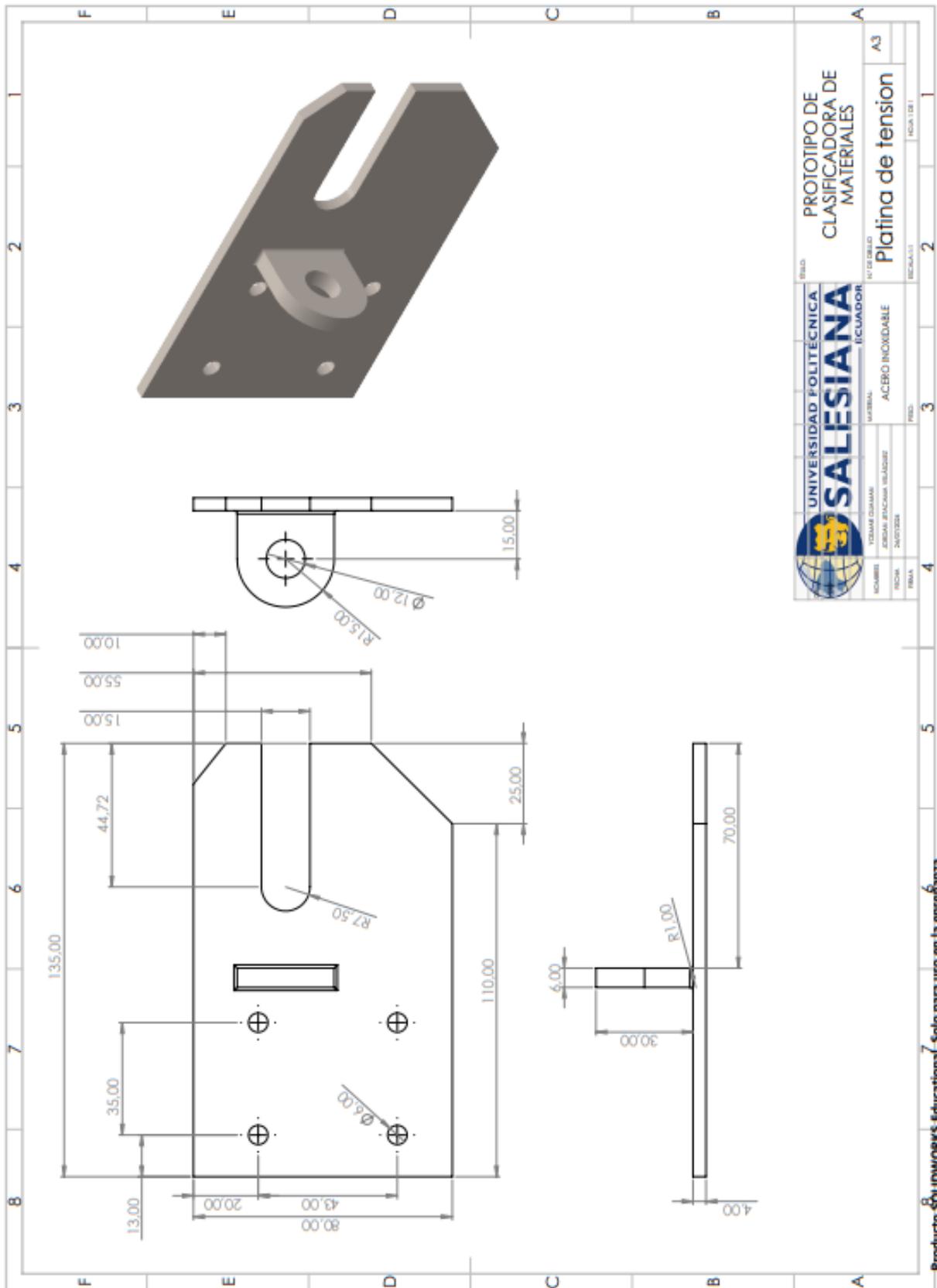
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



PROTOTIPO DE
CLASIFICADORA DE
MATERIALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nº DE DISEÑO		Escala	
MATERIALES		ACERO INOXIDABLE		2	
NOMBRE		JORDAN BUCHANAN VELÁSQUEZ		A3	
FECHA		MAYO 2020		Platina de alineación	
FECHA				Escala	
				2	

Producto SÓLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la enseñanza.

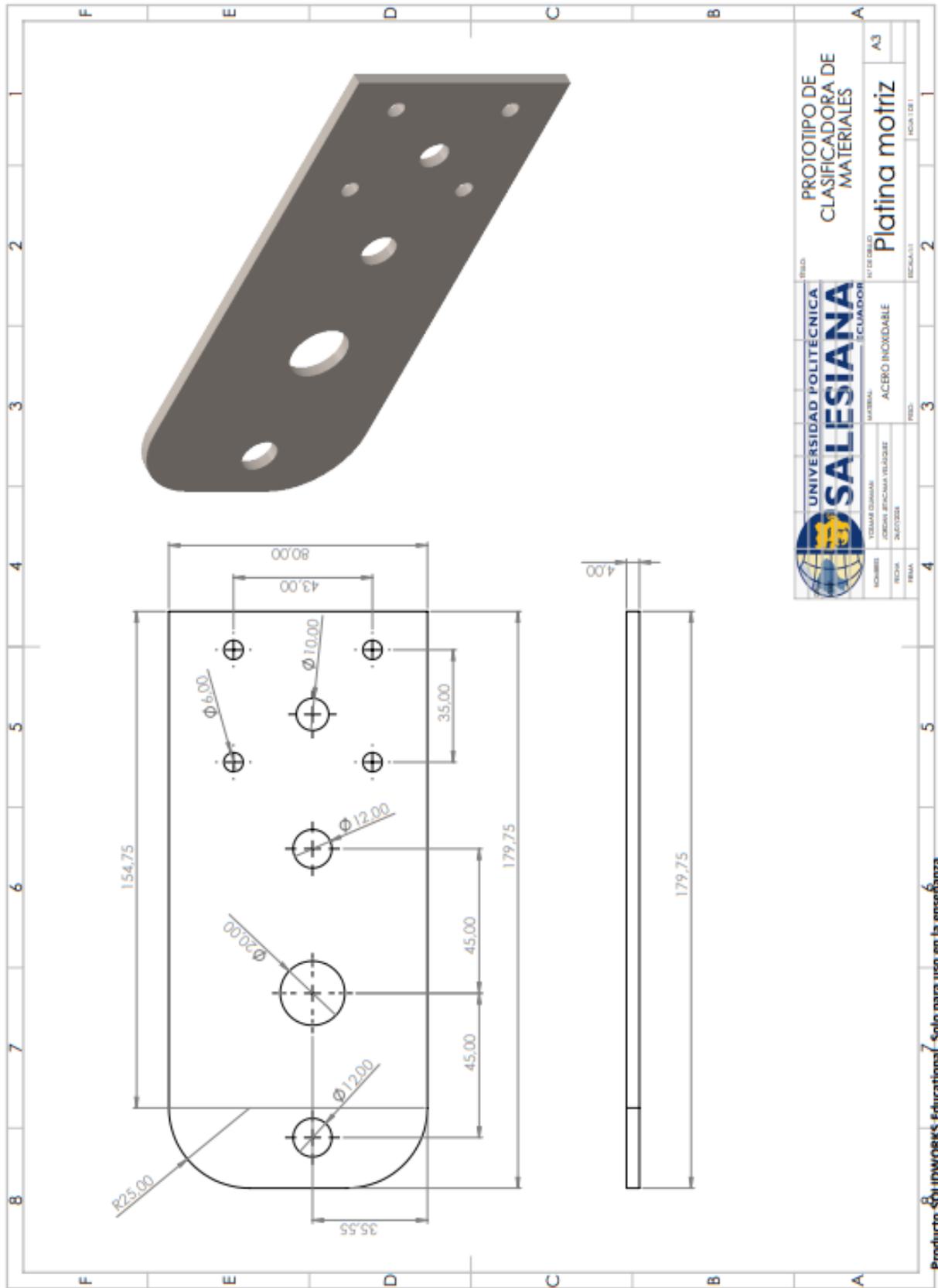


PROTOTIPO DE
CLASIFICADORA DE
MATERIALES

PROYECTO: **Platina de tensión**
Escala: 1:1

UNIVERSIDAD SALESIANA ECUATORIANA
FACULTAD: **ACERO INOXIDABLE**
CARRERA: **INGENIERIA EN METALURGIA**
NOMBRE: **INGENIERIA EN METALURGIA**
FECHA: **20/07/2024**
PÁGINA: **1** DE **1**

Producto SOLIDWORKS Educativa. Solo para uso en la enseñanza.

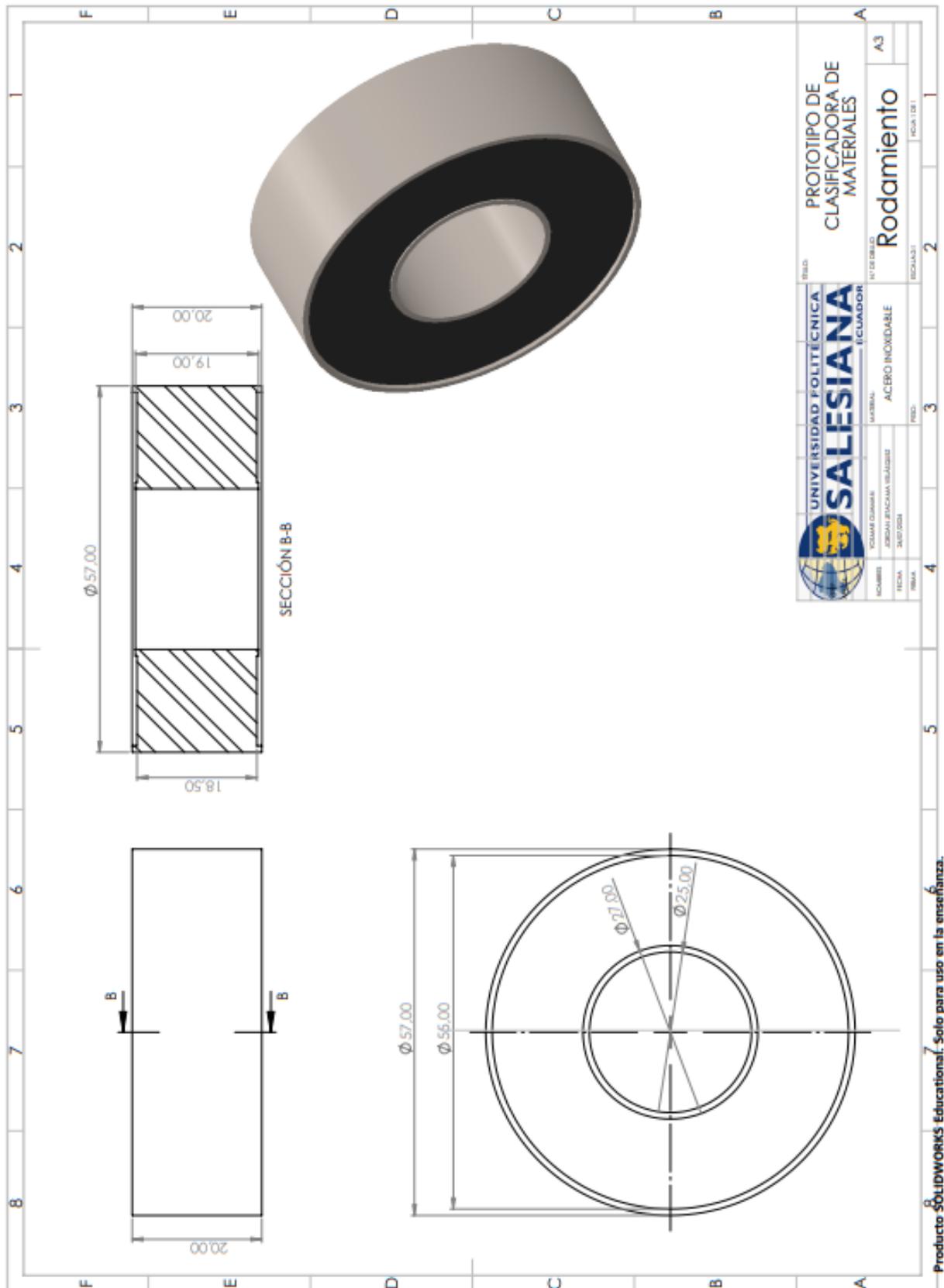


PROTOTIPO DE
CLASIFICADORA DE
MATERIALES

FECHA: 11/02/2020
TÍTULO: Platina motriz
ESCALA: 1:1

NOMBRE:	ACERO INOXIDABLE
MATERIAL:	ACERO INOXIDABLE
FECHA:	11/02/2020
FECHA:	11/02/2020

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



PROTOTIPO DE CLASIFICADORA DE MATERIALES

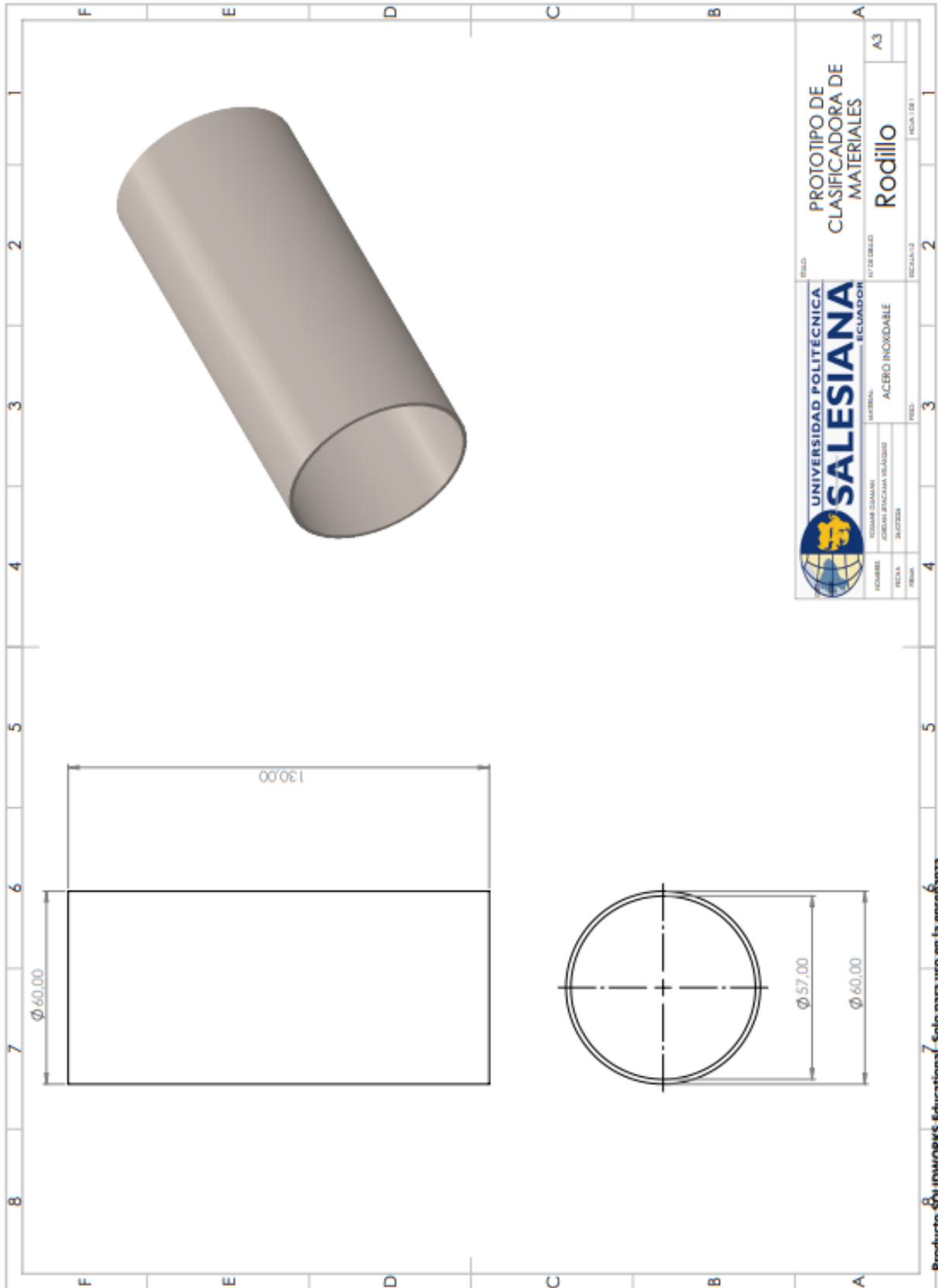
RODAMIENTO

A3

FECHA: 10/11

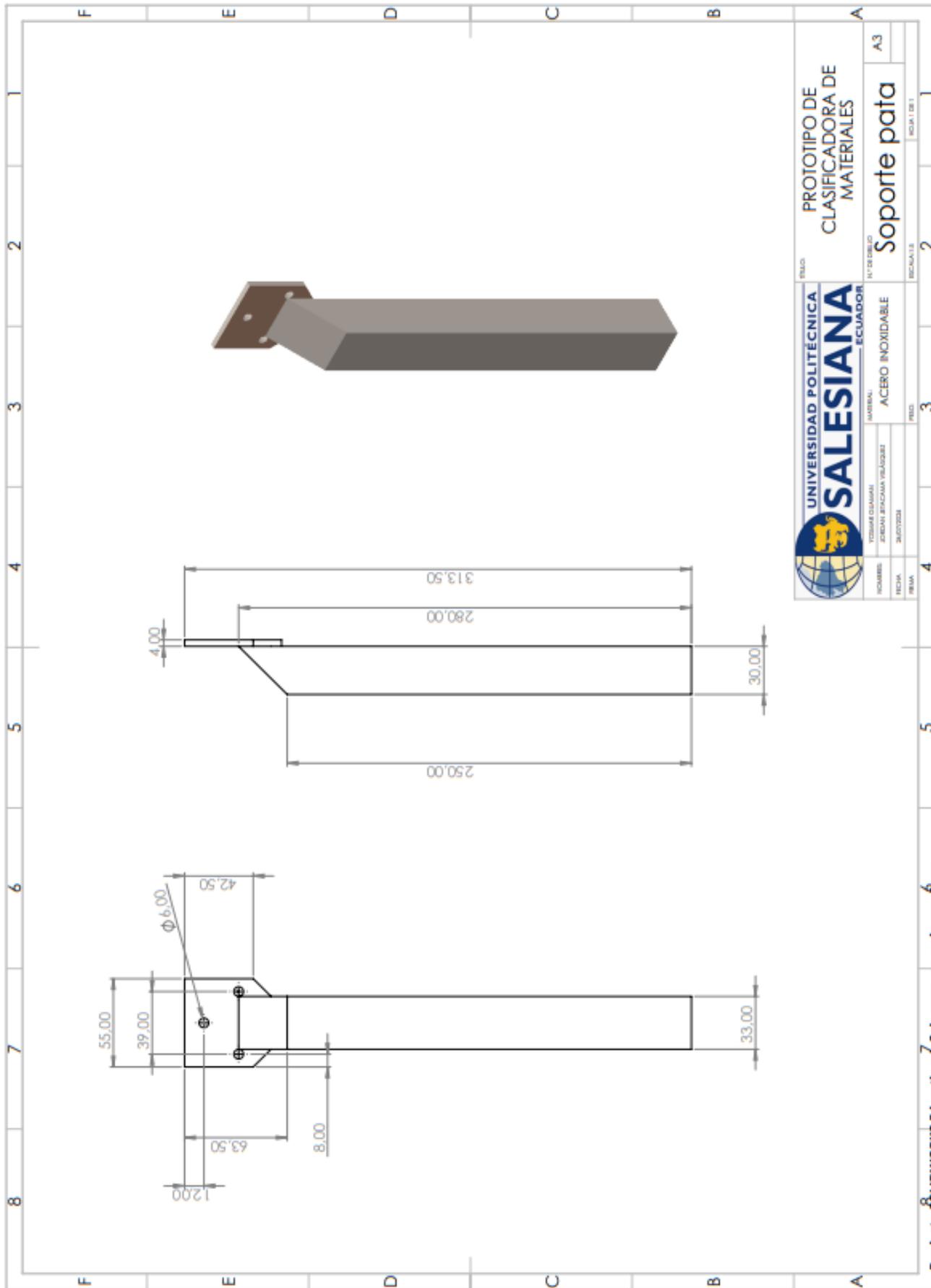
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (ECUADOR)	PROYECTO: RODAMIENTO
ALUMNO: JONATHAN BUCARVA VILLACAZ	MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
FECHA: 10/11	FECHA: 10/11
FECHA: 10/11	FECHA: 10/11

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



 UNIVERSIDAD SALESIANA ECUADOR		PROTOPIPO DE CLASIFICADORA DE MATERIALES	
NOMBRE: JORJAN ENRIQUETA BELIZARRE	LOCALIDAD: ACERO INOXIDABLE	TIPO DE BIELLO: Rodillo	ESCALA: A3
FECHA: 2023/08/01	FECHA: 2023/08/01	DISEÑADOR: 2	REVISOR: 2

Producto SÓLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



PROYECTO DE
CLASIFICADORA DE
MATERIALES

Soporte pata

A3

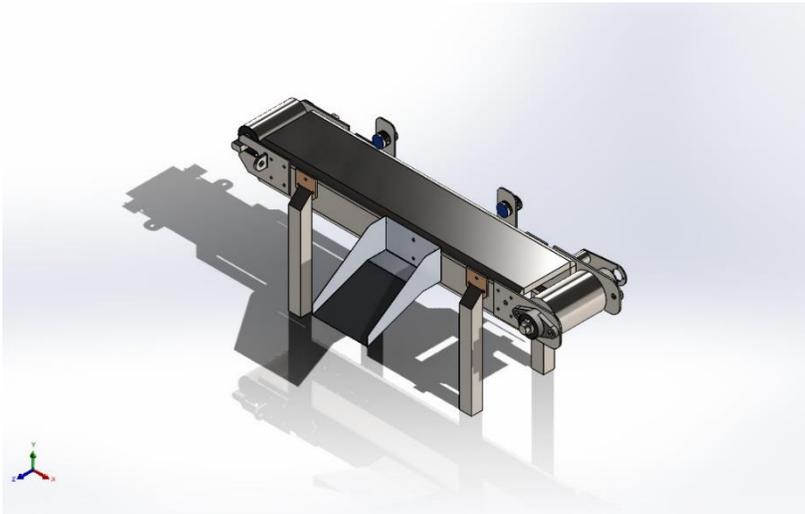
NO. DE DISEÑO

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

NOMBRE: JORDAN JHONATAN VELAZQUEZ

FECHA: 26/07/2024

FECHA:



Simulación de Ensamblaje de prototipo

Fecha: sábado, 27 de julio de 2024

Diseñador: Jetacama Velásquez Jordan Stalyn

Nombre de estudio: Análisis estático clasificadora de materiales metálicos y no metálicos

Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción

La banda clasificadora es un sistema automatizado diseñado para separar de manera precisa materiales metálicos y no metálicos. Equipada con sensores avanzados y actuadores neumáticos, garantiza una clasificación eficiente y confiable. Su versatilidad la hace adaptable a diferentes tipos de materiales y tamaños, encontrando aplicación en diversas industrias donde la pureza de los materiales es fundamental."

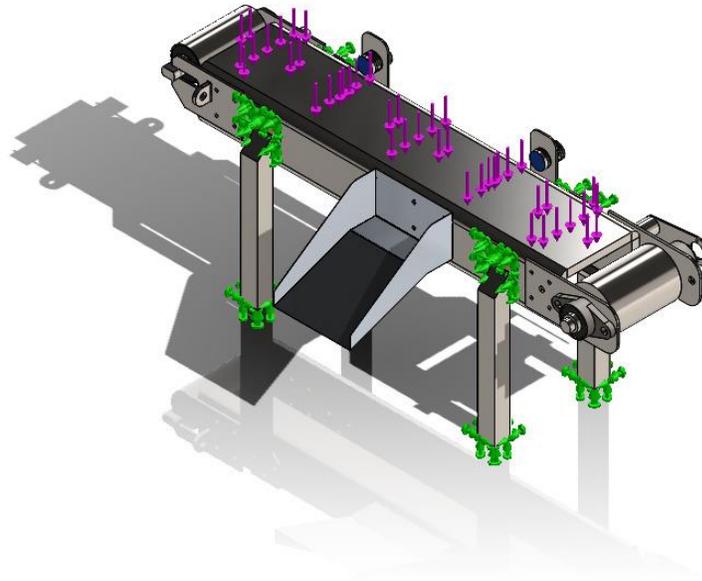
Tabla de contenidos

Descripción.....	1
Información de modelo.....	2
Propiedades de estudio	7
Unidades.....	8
Propiedades de material	9
Cargas y sujeciones	11
Definiciones de conector.....	11
Información de interacción	12
Información de malla.....	12
Detalles del sensor.....	13
Fuerzas resultantes	13
Resultados del estudio	14



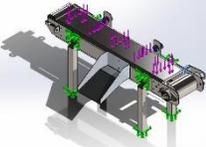
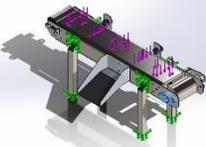
Información de modelo



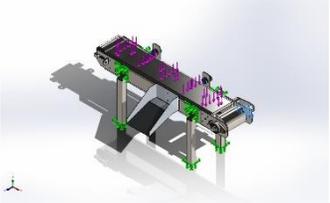
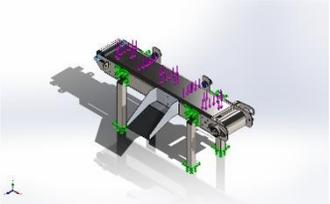
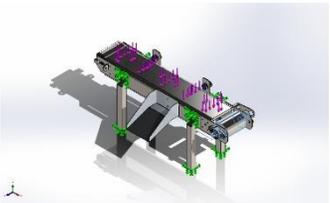
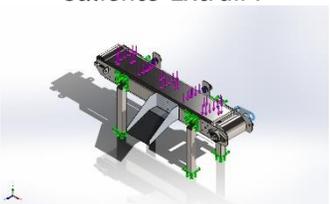
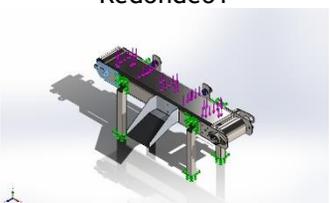
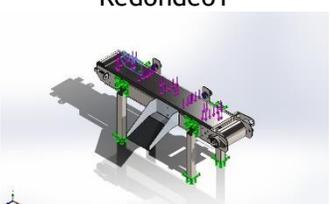


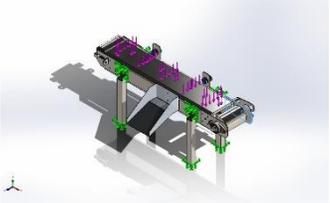
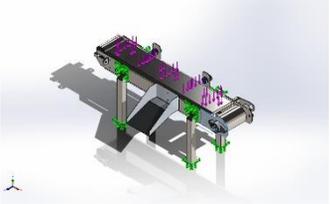
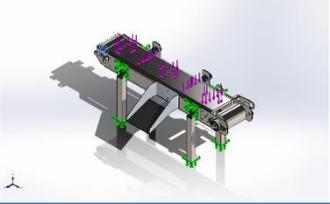
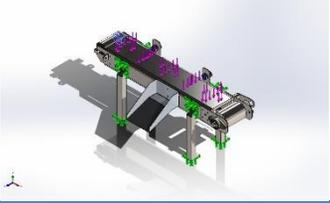
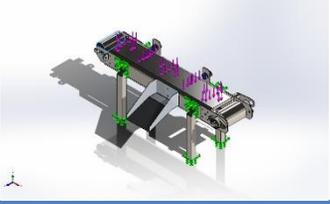
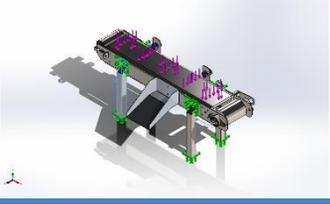
Nombre del modelo: Ensamblaje1
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

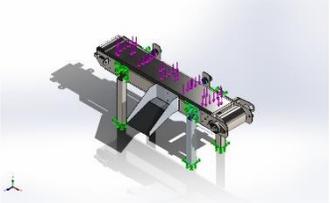
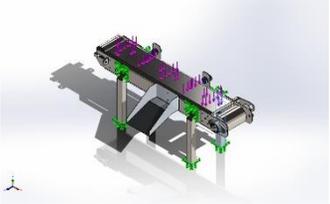
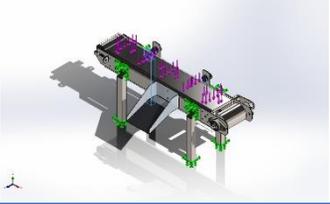
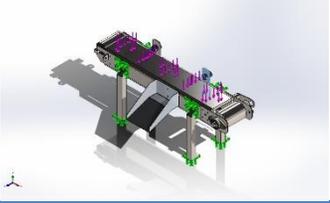
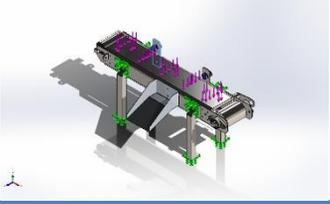
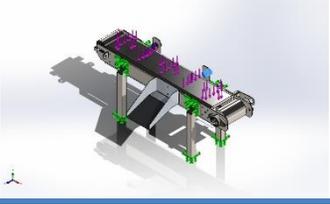
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa:0,226094 kg Volumen:2,82618e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:2,21572 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Bocin sujetador.SLDPRT Jul 27 08:11:41 2024
Cortar-Extruir5 	Sólido	Masa:0,519399 kg Volumen:6,60981e-05 m ³ Densidad:7.858 kg/m ³ Peso:5,09011 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Chumacera.SLDPRT Jul 27 08:11:46 2024
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:0,519399 kg Volumen:6,60981e-05 m ³ Densidad:7.858 kg/m ³ Peso:5,09011 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Chumacera.SLDPRT Jul 27 08:11:46 2024



			
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa:0,721086 kg Volumen:9,01358e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:7,06665 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Eje conducido.SLDPRT Jul 27 08:11:57 2024
Redondeo3 	Sólido	Masa:1,73011 kg Volumen:0,000216264 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:16,9551 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Eje motriz.SLDPRT Jul 27 08:12:00 2024
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,0868526 kg Volumen:1,08566e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:0,851155 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Platina de alineacion.SLDPRT Jul 27 08:12:33 2024
Redondeo1 	Sólido	Masa:0,339351 kg Volumen:4,24188e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:3,32564 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Platina de tension 2.SLDPRT Jul 27 08:12:38 2024
Redondeo1 	Sólido	Masa:0,333004 kg Volumen:4,23669e-05 m ³ Densidad:7.860 kg/m ³ Peso:3,26344 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Platina de tension.SLDPRT Jul 27 08:12:42 2024
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,428152 kg Volumen:5,3519e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:4,19589 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Platina motriz.SLDPRT Jul 27 08:12:54 2024

			
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,428152 kg Volumen:5,3519e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:4,19589 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Platina motriz.SLDPRT Jul 27 08:12:54 2024
Saliente-Extruir10 	Sólido	Masa:0,307449 kg Volumen:3,84311e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:3,013 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Rodamiento.SLDPRT Jul 27 08:12:59 2024
Saliente-Extruir10 	Sólido	Masa:0,307449 kg Volumen:3,84311e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:3,013 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Rodamiento.SLDPRT Jul 27 08:12:59 2024
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,286702 kg Volumen:3,58377e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:2,80968 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Rodillo.SLDPRT Jul 27 08:10:46 2024
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:2,19189 kg Volumen:0,000273986 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:21,4805 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Soporte pata.SLDPRT Jul 27 08:11:00 2024
Saliente-Extruir3	Sólido	Masa:2,19189 kg Volumen:0,000273986 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:21,4805 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Soporte pata.SLDPRT Jul 27 08:11:00 2024



			
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:2,19189 kg Volumen:0,000273986 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:21,4805 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Soporte pata.SLDPRT Jul 27 08:11:00 2024
Saliente-Extruir3 	Sólido	Masa:2,19189 kg Volumen:0,000273986 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:21,4805 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \Soporte pata.SLDPRT Jul 27 08:11:00 2024
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,156572 kg Volumen:1,99201e-05 m ³ Densidad:7.860 kg/m ³ Peso:1,5344 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \base de sensor.SLDPRT Jul 27 08:11:36 2024
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,156572 kg Volumen:1,99201e-05 m ³ Densidad:7.860 kg/m ³ Peso:1,5344 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \base de sensor.SLDPRT Jul 27 08:11:36 2024
Rosca2 	Sólido	Masa:0,196373 kg Volumen:2,49802e-05 m ³ Densidad:7.861,13 kg/m ³ Peso:1,92445 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \sensor.SLDPRT Jul 27 08:10:54 2024
Rosca2	Sólido	Masa:0,196373 kg Volumen:2,49802e-05 m ³ Densidad:7.861,13 kg/m ³ Peso:1,92445 N	C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads \sensor.SLDPRT Jul 27 08:10:54 2024



Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático clasificadora de materiales metalicos y no metalicos
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla mixta
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\DISENO MECATRONICA\Downloads)

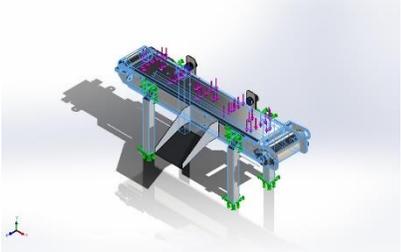
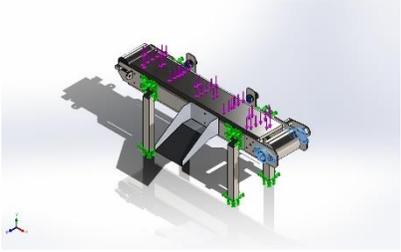


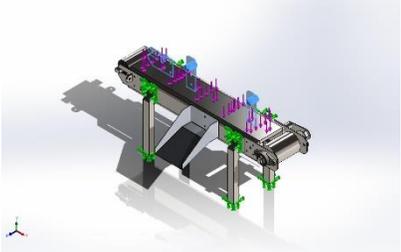
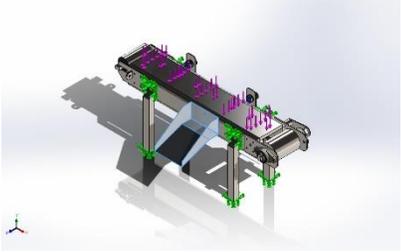
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

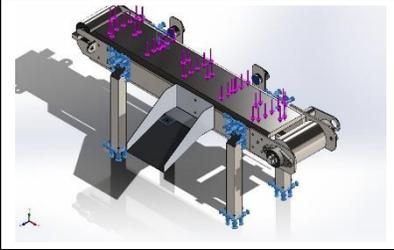


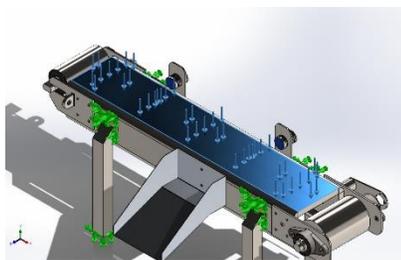
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 347 Acero inoxidable recocido (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2,75e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6,55e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 1,95e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,27</p> <p>Densidad: 8.000 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7,7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,7e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Bocin sujetador-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Eje conducido-1), Sólido 1(Redondeo3)(Eje motriz-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Platina de alineacion-1), Sólido 1(Redondeo1)(Platina de tension 2-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Platina motriz-3), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Platina motriz-4), Sólido 1(Saliente-Extruir10)(Rodamiento-1), Sólido 1(Saliente-Extruir10)(Rodamiento-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Rodillo-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Soporte pata-1), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Soporte pata-2), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Soporte pata-3), Sólido 1(Saliente-Extruir3)(Soporte pata-4), Sólido 1(Cortar-Extruir3)(estructura principal-1)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: 1023 Chapa de acero al carbono (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2,82685e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4,25e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2,05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,29</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir5)(Chumacera-3), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(Chumacera-4)</p>

	<p>Densidad: 7.858 kg/m³ Módulo cortante: 8e+10 N/m² Coefficiente de dilatación térmica: 1,2e-05 /Kelvin</p>	
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: 201 Acero inoxidable recocido (SS) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2,92e+08 N/m² Límite de tracción: 6,85e+08 N/m² Módulo elástico: 2,07e+11 N/m² Coefficiente de Poisson: 0,27 Densidad: 7.860 kg/m³ Coefficiente de dilatación térmica: 1,7e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Redondeo1)(Platina de tensión-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(base de sensor-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(base de sensor-2), Sólido 1(Rosca2)(sensor-1), Sólido 1(Rosca2)(sensor-2)</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: Aleación 1060 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2,75742e+07 N/m² Límite de tracción: 6,89356e+07 N/m² Módulo elástico: 6,9e+10 N/m² Coefficiente de Poisson: 0,33 Densidad: 2.700 kg/m³ Módulo cortante: 2,7e+10 N/m² Coefficiente de dilatación térmica: 2,4e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Romper esquina2)(tesis bandeja-1), Sólido 2(Cortar-Extruir1)(tesis bandeja-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 8 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-7,86385e-08	9,8	1,75962e-06	9,8
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	1e-33

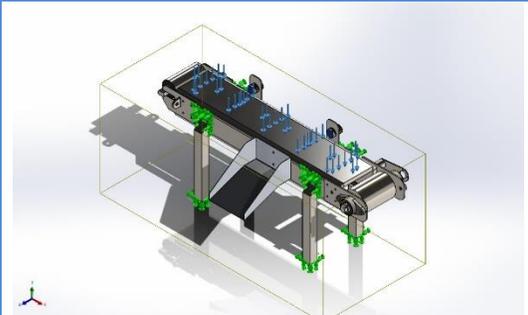
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 9,8 N

Definiciones de conector

No hay datos



Información de interacción

Interacción	Imagen de interacción	Propiedades de interacción
Interacción global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente

Información de malla

Tipo de malla	Malla mixta
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Verificación jacobiana para el vaciado	Desactivar
Tamaño máximo de elemento	37,306 mm
Tamaño mínimo del elemento	1,8653 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Mallar de nuevo las piezas fallidas de forma independiente	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	80472
Número total de elementos	40197
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:12
Nombre de computadora:	



Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-7,86385e-08	9,8	1,75962e-06	9,8

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	3,95114e-07	6,64555e-06	3,98318e-06	7,75792e-06

Momentos de cuerpo libre

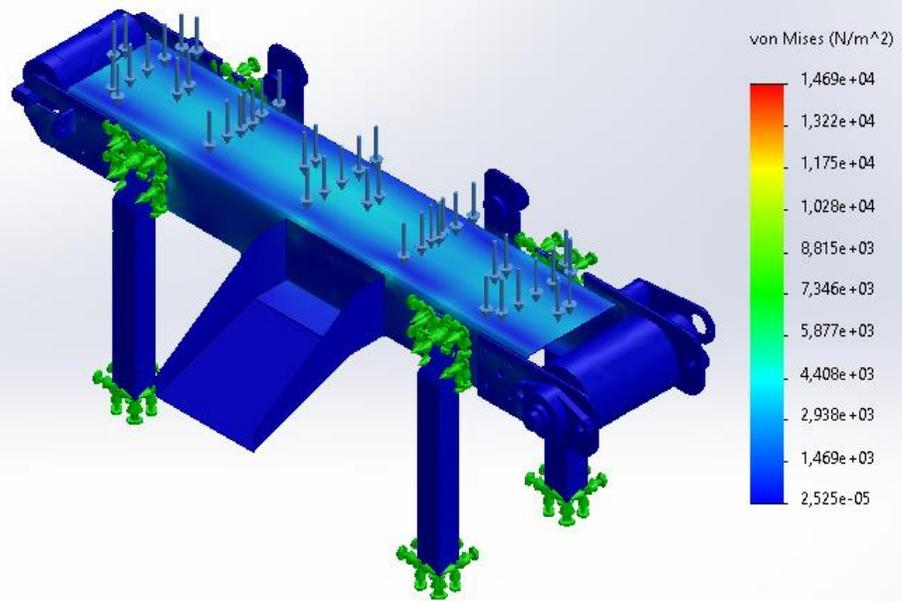
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-4,20025e-10	-2,50812e-10	1,33535e-10	5,07109e-10



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2,525e-05N/m ² Nodo: 38203	1,469e+04N/m ² Nodo: 69314

Nombre del modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Análisis estático clasificadora de materiales metalicos y no metalicos(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis e estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1



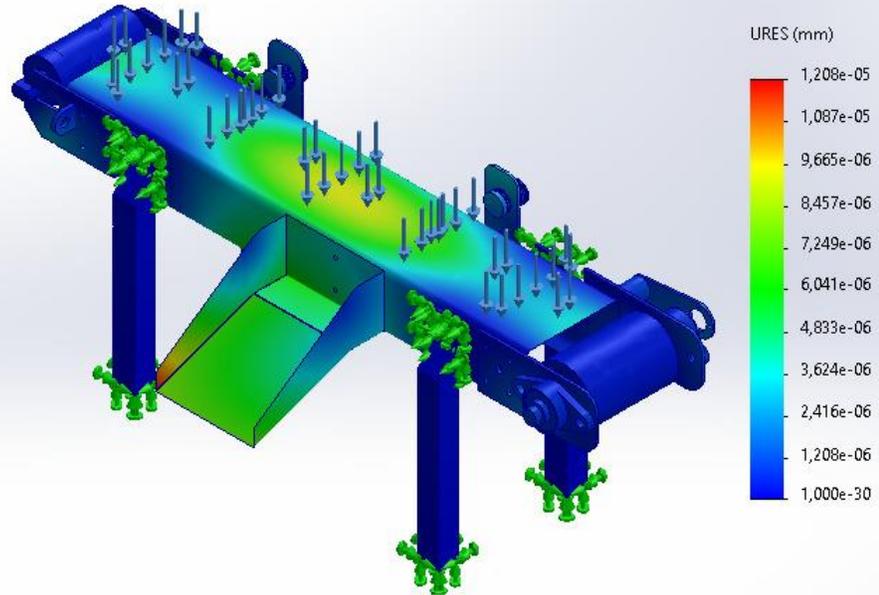
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ensamblaje1-Análisis estático clasificadora de materiales metalicos y no metalicos-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 62295	1,208e-05mm Nodo: 17219



Nombre del modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Análisis estático clasificadora de materiales metalicos y no metalicos(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1



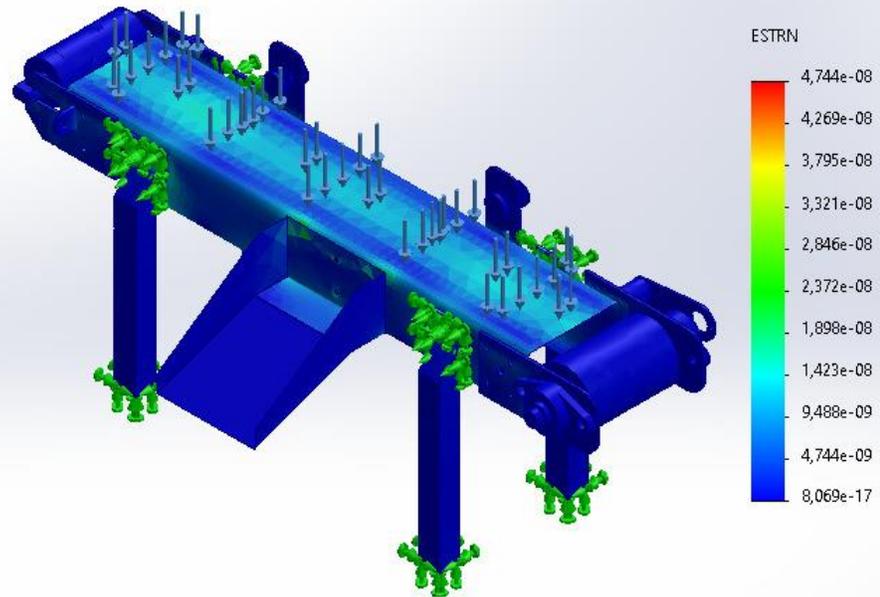
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ensamblaje1-Análisis estático clasificadora de materiales metalicos y no metalicos-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8,069e-17 Elemento: 18062	4,744e-08 Elemento: 33505



Nombre del modelo: Ensamblaje1
Nombre de estudio: Análisis estático clasificadora de materiales metalicos y no metalicos(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ensamblaje1-Análisis estático clasificadora de materiales metalicos y no metalicos-Deformaciones unitarias-
Deformaciones unitarias1

