



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE PROTOTIPO A ESCALA DE CARRO DE
TRANSFERENCIA PARA BOBINAS DE PAPEL DE 12 TONELADAS**

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

AUTORES: Franklin Alberto Ponce Villa
Santiago Paúl Hualpa León
TUTOR: Ing. José Zambrano

Guayaquil - Ecuador
2024-2025

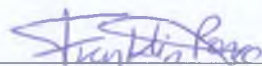
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Franklin Alberto Ponce Villa** con documento de identificación N° **0925850430** y **Santiago Paúl Hualpa León** con documento de identificación N° **0950759282**; manifestamos que:

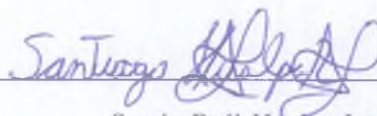
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 21 de febrero del año 2025

Atentamente,



Franklin Alberto Ponce Villa
0925850430



Santiago Paúl Hualpa León
0950759282

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

Nosotros, **Franklin Alberto Ponce Villa** con documento de identificación N° **0925850430** y **Santiago Paúl Hualpa León** con documento de identificación N° **0950759282**, 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 **DESARROLLO DE PROTOTIPO A ESCALA DE CARRO DE TRANSFERENCIA PARA BOBINAS DE PAPEL DE 12 TONELADAS**, 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.

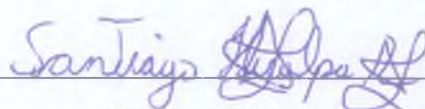
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 21 de febrero del año 2025

Atentamente,



Franklin Alberto Ponce Villa
0950759282



Santiago Paúl Hualpa León
0950759282

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **José Alexander Zambrano García**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE PROTOTIPO A ESCALA DE CARRO DE TRANSFERENCIA PARA BOBINAS DE PAPEL DE 12 TONELADAS**, realizado por **Franklin Alberto Ponce Villa** con documento de identificación N° **0925850430** y por **Santiago Paúl Hualpa León** con documento de identificación N° **0950759282**, 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, 21 de febrero del año 2025

Atentamente,



Ing. José Alexander Zambrano García, Mgtr
0703175521

DEDICATORIA

Esta tesis es gracias a las personas que rodean mi vida tanto personal, laboral y universitaria. En primer lugar, debo agradecer a mis padres a quienes también le dedico esta tesis, al Señor Franklin Alberto Ponce Calle y a mi madre Annabella Noemi Villa Herrera, quienes han sido una parte muy importante en mi vida siendo mi sustento tanto emocional como económico sobre todo el amor de un padre y una madre hacia su hijo que esta comenzando su vida laboral después de la graduación. Del mismo modo agradezco a mi actual pareja Kristel Naomi Loayza Aguilar quien me ha apoyado sobre todo en los momentos difíciles de mi carrera a lo largo de este tiempo, todas las personas mencionadas fueron las principales en ayudarme a crecer como Ingeniero Mecatrónico en la universidad Politécnica Salesiana.

Por último, agradezco a los que creyeron en mi trabajo de titulación como el superintendente Juan Lozano quien vio el potencial en mi y gracias a su vasta experiencia supo guiarme en la implementación del carro de transferencia para bobinas de papel dentro de la industria, a mi compañero Alex Walsh quien me recibió con todo el ámbito de que yo aprenda siendo mi segundo tutor dentro de la industria y de igual forma debo agradecer a todos los ingenieros quienes vieron mi esfuerzo y supieron potenciar mis habilidades. Esta tesis no solo es un reflejo del conocimiento poseo dentro de estos 4 años de carrera sino un reflejo que alienta a los demás a persistir en los proyectos que le apasionan dando su mejor esfuerzo hasta alcanzar su meta a pesar de todas las adversidades. Finalmente termino esta dedicatoria con un mensaje de aliento para todos los estudiantes que deseen estudiar en esta universidad.

“No es fácil, habrá días en donde te sientas menos o días donde sientas que no vale la pena tu esfuerzo, es aquí el punto donde debes de alzar la cabeza y seguir esforzándote convirtiendo tus ideas o metas en realidad”.

Franklin Alberto Ponce Villa

Dedico mi tesis a mis padres, Lucia León y Santiago Humberto que fueron el pilas fundamental en mi vida, así como mi apoyo durante el transcurso de mi carrera ya que gracias a ellos pude estudiar mi carrera y concentrarme completamente en mis estudios así como también a mis hermanas Paula Hualpa y Rebeca Hualpa ya que son una de mis motivaciones a seguir a delante ademas de mis padres. Agradezco a las personas que me han ayudado a desarrollar y corregir pequeños problemas que sea han presentado durante el desarrollo de mi tesis, gracias a su ayuda y consejos pude resolver los problemas e inconvenientes que se han presentado.

Santiago Paúl Hualpa León

AGRADECIMIENTO

Esta tesis no habría sido posible sin el apoyo de quienes han estado presentes en mi vida personal, laboral y académica. Agradezco profundamente a mis padres, Franklin Ponce y Annabella Villa, por su amor y respaldo incondicional, así como a mi pareja, Kristel Loayza, por su constante motivación.

También expreso mi gratitud al superintendente Juan Lozano, por su orientación en la implementación del carro de transferencia para bobinas de papel, y a mi compañero Alex Walsh, quien se convirtió en un mentor dentro de la empresa. A todos los ingenieros que valoraron mi trabajo y contribuyeron a mi formación, les doy las gracias.

Esta tesis representa no solo el conocimiento adquirido en estos años, sino también la perseverancia para superar desafíos. A quienes inician este camino, los animo a seguir luchando por sus sueños, viendo cada obstáculo como una oportunidad para crecer.

Franklin Alberto Ponce Villa

Agradecido con con las personas que me han ayudado en el transcurso de mi carrera estudiantil, a mí familia. Que sin los consejos y ayuda no podría haber superado ciertas barreas.

Agradecido con la Universidad y los docentes de las diversas materias que he visto durante el transcurso de mi carrera de Mecatrónica, que gracias a los conocimientos adquiridos e implementados.

Gracias a lo aprendido durante toda la carrera y diferentes materias pude poner en práctica los conocimientos adquiridos, mientras hacia mi proyecto de tesis pude reforzar y aprender nuevas cosas mientras realizaba la construcción y documentación de mi proyecto de tesis.

Santiago Paúl Hualpa León

RESUMEN

En la industria papelera, mover bobinas de gran peso, como las de 12 toneladas, es una tarea bastante compleja, ya que los métodos tradicionales que se utilizan no son tan seguros ni tan eficientes. Actualmente, se emplean equipos pesados y maquinaria especializada para trasladar las bobinas, lo que no solo genera altos costos operativos y de mantenimiento, sino que también implica serios riesgos para los trabajadores. Al manejar estas bobinas de manera inadecuada, pueden ocurrir accidentes graves, como atrapamientos, caídas o esfuerzos excesivos, lo que pone en peligro la salud y seguridad del personal. Estos accidentes no solo afectan la integridad de los trabajadores, sino que también generan problemas adicionales en la producción.

Además, el mal manejo de las bobinas puede dañar el papel, lo que afecta directamente la calidad del producto final y genera pérdidas económicas para la empresa. Los procesos que emplean maquinaria pesada o métodos manuales, además de ser peligrosos, también son ineficientes. Estos métodos a menudo causan tiempos muertos en la producción, ralentizando el flujo de trabajo y aumentando los costos operativos debido a la necesidad de más personal y recursos para mantener la maquinaria en funcionamiento.

Por lo tanto, es esencial que las empresas del sector busquen soluciones más innovadoras para mejorar el proceso de traslado de las bobinas. Implementar nuevas tecnologías podría ayudar a optimizar la eficiencia, reducir los costos y, lo más importante, garantizar la seguridad de los trabajadores. Al contar con un sistema de manejo más seguro y eficaz, se lograría no solo una producción más rentable y sostenible, sino también una mejora en la calidad final del papel, reduciendo el desperdicio de material y maximizando los beneficios de la empresa.

Para enfrentar este desafío, se decidió construir un robot de transferencia para las bobinas de papel, diseñado específicamente para trasladar estas pesadas bobinas de manera automatizada. Este robot tiene como objetivo reducir la intervención humana en el proceso, lo que no solo minimiza los riesgos para los trabajadores, sino que también mejora la eficiencia y la rapidez del traslado. Las bobinas, que antes se transportaban utilizando un puente grúa, un proceso que suponía un riesgo significativo para los empleados, ahora pueden ser movidas de forma más segura y precisa con el robot. Esta solución no solo mejora la seguridad laboral, sino que también reduce los costos operativos a largo plazo, al eliminar la necesidad de equipos pesados y reducir la posibilidad de errores humanos en el proceso de manipulación.

ABSTRACT

In the paper industry, moving heavy rolls, such as those weighing 12 tons, is a complex task because the traditional methods used are neither safe nor efficient. Currently, heavy equipment and specialized machinery are employed to move the rolls, which not only generates high operational and maintenance costs but also poses significant risks to workers. Improper handling of these rolls can result in serious accidents, such as entrapment, falls, or excessive strain, endangering the health and safety of the staff. These accidents not only affect the workers' well-being but also create additional problems in production.

Furthermore, improper handling of the rolls can damage the paper, directly affecting the quality of the final product and leading to financial losses for the company. The processes that rely on heavy machinery or manual methods, aside from being dangerous, are also inefficient. These methods often result in downtime in production, slowing down the workflow and increasing operational costs due to the need for more personnel and resources to maintain the machinery.

Therefore, it is essential for companies in the sector to seek more innovative solutions to improve the process of moving the rolls. Implementing new technologies could help optimize efficiency, reduce costs, and, most importantly, ensure the safety of workers. With a safer and more efficient handling system, it would not only result in a more profitable and sustainable production process but also improve the final paper quality, reducing material waste and maximizing company profits.

To address this challenge, a roll transfer robot was designed and built specifically to move these heavy paper rolls in an automated manner. This robot aims to reduce human intervention in the process, which not only minimizes risks to workers but also improves the efficiency and speed of the transfer. The rolls, which were previously transported using a bridge crane—a process that posed significant risks to employees—can now be moved more safely and accurately with the robot. This solution not only enhances workplace safety but also reduces long-term operational costs by eliminating the need for heavy equipment and reducing the likelihood of human errors during handling.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	PROBLEMA	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS	4
IV-A.	Objetivo general	4
IV-B.	Objetivos específicos	4
V.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
V-A.	AGV Robots Autónomos	5
V-B.	Configuración de movilización de los Carros de transferencia	5
V-B1.	Mapeado en 2D-3D	6
V-B2.	Guiado Láser	6
V-B3.	Filoguiado	6
V-C.	Conexión de motores con el controlador	7
V-C1.	Motor Reductor	8
V-C2.	Encoder	8
V-C3.	Diodo Emisor de Luz(LED)	9
V-D.	Traslado de la bobina de papel de 12 toneladas	9
V-E.	Controlador de Motor L298N	10
V-F.	Sensor E18-D80NK-N	11
V-G.	Ruedas de Caucho de 85 MM y Rueda Loca	12
V-H.	Cable Elevador de Voltaje USB de 5V a 12V	13
V-I.	Regulador de Voltaje 5V Step Up	14
V-J.	Cable JST SH-STYLE 12CM Hembra para Micro Motor Encore CPR	15
V-K.	DVR8835 Controlador de Motor Número 2135 POLOLU	15
V-L.	Acoples TWIST HUB FINGERTECH para Llantas Espuma 0,75 pulgadas	16
V-M.	Transmisor y Receptor FLYSKY FS-i6	17
V-N.	Armazón	18
V-Ñ.	Controlador A4988	19
V-O.	Regulador LM2596	20
V-P.	Batería Sellada de ácido-Plomo	20
V-P1.	Clasificación y Tipos de Batería Ácido-Plomo	21
VI.	MARCO METODOLÓGICO	22
VI-1.	Fase I	22
VI-2.	Fase II	22
VI-3.	Fase III	22
VI-4.	Fase IV	22
VI-A.	Fase I Investigación de la funcionalidad del Robot de transferencia a escala para el transporte de bobinas de papel.	22
VI-B.	Especificaciones del Carro de Transferencia	28
VI-C.	Fase II: Diseño y Cálculos	28
VI-C1.	Vista 3D y Lista de partes	29
VI-C2.	Diseño del Bastidor	33
VI-C3.	Diseño y Cálculos del Mecanismo de Elevación	34
VI-C4.	Diseño de la Tijera del Robot	35

VI-C5.	Carga y Tipo de Carga	36
VI-C6.	Cálculos de Flexión	40
VI-C7.	Análisis y simulación de la tijera mecánica	41
VI-D.	Calculo de Tornillo de Potencia	45
VI-D1.	Diseño y calculo de las ruedas	47
VI-D2.	Potencia del motor de traslación de las ruedas	48
VI-D3.	Diseño Electrónico	50
VI-D4.	Código de programación del robot	51
VI-E.	Fase III Construcción del Robot	52
VI-E1.	Base de la estructura	52
VI-E2.	Colocación de las rudas locas y la Ruda Fija	52
VI-E3.	Armado de la Estructura y Carcasa del Robot	53
VI-E4.	Cálculos y selección de Batería	53
VI-E5.	Sistema Electrónico	54
VI-E6.	Construcción de la Tijera	55
VI-F.	Fase IV: Monitoreo de parámetros de funcionamiento	58
VII.	Resultados	59
VII-A.	Respuesta del Robot con una carga de 25kg	59
VII-B.	Prueba de elevación del Robot con una carga de 12Kg	60
VII-C.	Sistema de giro para rueda	60
VIII.	CRONOGRAMA	62
IX.	PRESUPUESTO	63
X.	Conclusiones	64
XI.	Recomendaciones	65
	Referencias	66
	Anexo A: Código	68
	Anexo B: Planos	72

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Robot AGV de RoboCT [2]	5
2.	Representación de AGV y AMR en conjunto [3].	6
3.	Tipos de navegación de los AGV [5].	6
4.	Fuerzas que actúan sobre la rueda	7
5.	Angulo de reflexión del LED	9
6.	Movimiento del AGV usando los sensores	10
7.	L298N	11
8.	Matrices flexibles de sensores de proximidad con configuración de electrodos cruzados	12
9.	Ejemplo del uso de las ruedas en un robot	12
10.	Imagen de la rueda Century	13
11.	Diagrama del Step-Up [25].	15
12.	Regulador de Voltaje 5V	15
13.	Controlador de Motor DVR8835	16
14.	Acoples	17
15.	Transmisor FS-i6 [26].	18
16.	Receptor Flysky FS-IA6B [27].	18
17.	Base del Robot	19
18.	Controlador A4988	19
19.	Controlador LM2596	20
20.	Parte de la Batería Ácida-Plomo	21
21.	Pregunta 1	23
22.	Pregunta 2	23
23.	Pregunta 3	24
24.	Pregunta	24
25.	Pregunta 5	25
26.	Pregunta 6	25
27.	Pregunta 7	26
28.	Pregunta 8	26
29.	Pregunta 9	27
30.	Pregunta 10	27
31.	Diseño del Robot en SolidWorks	28
32.	Vista inferior del diseño	29
33.	Explosión de Piezas	30
34.	Caption	32
35.	Diseño usando SolidWorks	33
36.	Bastidor del Robot	34
37.	Diseño del la Tijera	34
38.	Explosión de las partes de la tijera	35
39.	Diseño del la Tijera	36
40.	Diagrama del Cuerpo Libre	37
41.	Repartición de las fuerzas	37
42.	Distribución	38
43.	Medidas de la tijera de nuestro diseño	40
44.	Análisis de Esfuerzos	42
45.	Análisis del Robot	43
46.	Caption	44
47.	Diseño del Tornillo de Potencia en SolidWorks	45
48.	Tabla de coeficiente de Fricción	45
49.	Tabla de Fricción de diámetro Y	46

50.	Diseño de Rueda	48
51.	Tabla de Coeficiente de Fricción de la Rueda de Caucho	49
52.	Sistema Electrónico del Carro de Transferencia	50
53.	Base del Robot	52
54.	Colocación de Ruedas	53
55.	Carcasa del Robot	53
56.	Esquema Eléctrico usando fritzing	54
57.	Colocación de los componentes eléctricos	55
58.	Circuito Electrónico	55
59.	Construcción de la Tijera	56
60.	Colocación de la tijera	57
61.	Caption	57
62.	Vista Completa del robot con la tijera	58
63.	Evidencia de carga en elevación de la maquina	59
64.	Elevación de tijera con carga de 12kg	60
65.	Sistema de giro para ruedas	61
66.	Código del Robot	68
67.	Código del Robot parte 2	69
68.	Código del robot parte 3	70
69.	Código del robot parte 4	71
70.	Plano del Eje Circular en SolidWorks	72
71.	Eje pasante, por Juan Espinoza	73
72.	Plano general de la maquina	74
73.	Eje pasante, por Juan Espinoza	75
74.	Eje pasante, por Juan Espinoza	76
75.	Diseño	77

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Partes del Diseño	28
II.	Lista de Piezas	31
III.	Tabla de Componentes Electrónicos	32
IV.	Explosión de las partes de la Tijera	36
V.	CRONOGRAMA	62
VI.	Presupuesto	63

I. INTRODUCCIÓN

En la industria papelera, el traslado de bobinas de gran peso, como las de 12 toneladas, representa un gran desafío debido a la falta de soluciones eficientes y seguras. Actualmente, se utilizan métodos tradicionales que requieren maquinaria pesada y equipos especializados, lo que no solo eleva los costos de operación y mantenimiento, sino que también pone en riesgo la seguridad de los trabajadores. La manipulación inadecuada de estas bobinas puede provocar accidentes laborales, como atrapamientos, caídas o sobre esfuerzos, afectando la integridad del personal y generando problemas adicionales.

Además de los riesgos físicos, el uso de estos métodos puede comprometer la calidad del papel, ya que un mal manejo puede dañar las bobinas y generar pérdidas económicas. También se generan ineficiencias en la producción, ya que el uso de maquinaria pesada y procesos manuales o semiautomatizados provoca tiempos muertos, ralentizando el flujo de trabajo y aumentando los costos operativos.

Ante esta situación, es fundamental que las empresas del sector busquen soluciones innovadoras para mejorar el proceso de traslado. La implementación de nuevas tecnologías permitiría optimizar la eficiencia, reducir costos y, sobre todo, garantizar la seguridad de los trabajadores. Con un sistema de manejo más seguro y eficiente, se lograría una producción más rentable y sostenible, mejorando la calidad final del papel y minimizando el desperdicio de material.

II. PROBLEMA

En la industria papelera, uno de los principales problemas al trasladar bobinas de papel de gran peso, como las de 12 toneladas, es la falta de soluciones eficientes y seguras. Los métodos tradicionales requieren el uso de maquinaria pesada y equipos especializados, lo que implica elevados costos tanto en mantenimiento como en operación. Estos sistemas no solo son caros, sino que también presentan serias preocupaciones en términos de seguridad, ya que pueden poner en riesgo la integridad física de los trabajadores y la calidad del producto final.

Otro desafío significativo es el riesgo inherente que representan los métodos actuales para los trabajadores. La manipulación de bobinas de gran tamaño y peso puede resultar peligrosa, especialmente cuando se realiza de manera inadecuada. Este tipo de operaciones aumenta el riesgo de accidentes laborales, como caídas, atrapamientos o sobreesfuerzos, lo que podría tener consecuencias graves para la salud y seguridad del personal involucrado. Además, los daños en las bobinas, causados por manipulaciones incorrectas, pueden comprometer la calidad del papel producido, generando pérdidas económicas adicionales.

A su vez, las ineficiencias operativas derivadas de los métodos tradicionales de traslado no solo afectan la seguridad y la calidad del producto, sino que también tienen un impacto negativo en la productividad. El uso de maquinaria pesada y procesos manuales o semiautomatizados genera tiempos muertos en la producción, lo que ralentiza el flujo de trabajo y aumenta los costos operativos. El traslado de bobinas pesadas y su manipulación ineficaz contribuyen al desperdicio de material, lo que eleva los costos indirectos para la empresa.

En este contexto, es crucial que las empresas del sector busquen soluciones innovadoras que permitan resolver estos problemas. La implementación de tecnologías avanzadas podría no solo mejorar la seguridad de los trabajadores, sino también optimizar la eficiencia en el traslado de las bobinas y reducir los costos asociados. Esto permitiría un manejo más sostenible y seguro de las bobinas de gran tamaño, contribuyendo a una operación más rentable y a la mejora de la calidad final del producto.

III. JUSTIFICACIÓN

Para abordar los problemas identificados en la industria papelera, se propone la construcción de un prototipo de carro de transferencia diseñado para mejorar tres aspectos clave del proceso de manejo de bobinas pesadas. Este prototipo busca reducir y optimizar los riesgos y dificultades asociados con el traslado de cargas pesadas, específicamente en términos de seguridad, eficiencia y costos operativos.

El primer objetivo del prototipo es mejorar la funcionalidad del proceso de traslado de bobinas pesadas, eliminando la necesidad de intervención humana en el manejo de estas cargas. Al hacerlo, se disminuyen significativamente los riesgos de accidentes laborales, como caídas o sobreesfuerzos, que podrían ocurrir durante el proceso manual de manipulación. De esta manera, se ofrece una solución más segura para los trabajadores, minimizando el riesgo de lesiones y mejorando las condiciones de trabajo en la industria.

En segundo lugar, se busca optimizar la automatización del proceso de transporte mediante el uso de este carro de transferencia. Al automatizar el traslado de las bobinas, se reducen considerablemente los tiempos de transporte, lo que permite incrementar los tiempos de producción. Esta mayor eficiencia en el manejo de las bobinas no solo acelera el proceso de fabricación, sino que también tiene el potencial de generar mayores ganancias para las empresas, al maximizar la utilización de la maquinaria y los recursos disponibles.

Por último, al fabricar el prototipo de carro de transferencia dentro del país, se logra una importante reducción de los costos asociados con la importación de productos similares fabricados en el extranjero. Los costos de transporte e importación de equipos suelen ser elevados, lo que incrementa significativamente la inversión inicial para las empresas. Con la producción local, no solo se optimizan los costos logísticos, sino que también se contribuye al desarrollo económico del país, generando empleo y fomentando la industria nacional.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

Desarrollar un prototipo a escala de carro de transferencia implementando un sistema mecánico omnidireccional para bobinas de papel de 12 toneladas.

IV-B. Objetivos específicos

1. Diseñar el carro de transferencia según los requerimientos mediante software CAD.
2. Construir el prototipo a escala basado en los diseños del carro de transferencia original.
3. Validar el prototipo mediante pruebas basados en el funcionamiento del carro de transferencia utilizado en la industria de Papel.

V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

V-A. AGV Robots Autónomos

Los AGV (Automatic Guided Vehicles) se denominan como un sistema de transporte industrial completamente automatizado y alimentado por baterías que tiene como finalidad reemplazar los métodos tradicionales de transporación dentro de un sector industrial. Esto modelos autónomos cuya especialidad es la de movilizarme mediante un mapa guiado por todos los puntos de conexión o antenas que actualizan cada cierto tiempo localizando cada uno de los AGV indicando su posición exacta permitiendo que tengamos un muestreo eficaz ejerciendo trabajos para cada uno.

Estos son utilizado para realizar una gran variedad de funciones como generar una mapeo del terreno en donde son colocados, sin embargo uno de los mayores retos son el de dotarlos de inteligencia suficiente como para desarrollar las actividades propuestas dentro de la empresa otros son usados como carros autónomos para cargar maquinaria pesada desde un punto a otro permitiendo un traslado mas seguro y eficaz [1].

Entorno a estos modelos se pueden concentrar una parte mayormente utilizada en la industrias extranjeras como lo son los carros AGV en conjunto con los carros de transferencia de carga pesada ya que se los pueden adecuar para que logren hacer los labores sin la necesidad de tener un control remoto y por ende un "Piloto" quien le de las indicaciones que debe realizar, mejorando el proceso de transporte de materia prima como de maquinaria.

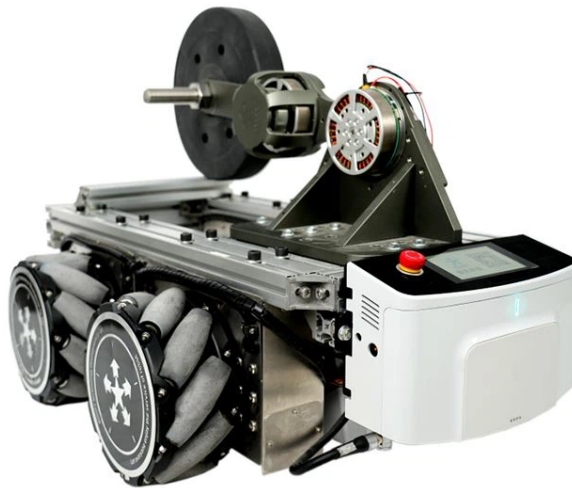


Figura 1. Robot AGV de RoboCT [2]

V-B. Configuración de movilización de los Carros de transferencia

Dentro de este apartado encontramos una gran variedad de configuraciones posibles para que estas maquinas puedan realizar diversos trabajos tanto en conjunto como por separado, se dividen en categorías en relación a como están construido y la tecnología que portan encima. Tenemos los carros de transferencia AMR los cuales ademas de funcionar con las seguridades obligatorias como sensores de proximidad, paro de emergencia o luces piloto también se movilizan mediante mapeo del sector gracias a las cámaras escogiendo de esta forma el camino mas rápido hacia su destino.[2]



Figura 2. Representación de AGV y AMR en conjunto [3].

V-B1. Mapeado en 2D-3D: En esta forma de navegación no es necesario agregarle un dispositivo externo al AGV o AMR ya que con los sensores colocados por seguridad debido al todo sistema sensorial de la maquina como las cámaras, sensores LIDAR y sensores ultrasonidos permite que el usuario pueda monitorizar con el mando inalámbrico recaudando información para su próxima utilización convirtiéndolo en uno de los sistemas mas adaptativos para la configuración de los carros de transferencia [4].

V-B2. Guiado Láser: Este sistema de navegación es utilizado para el reconocimiento del entorno utilizando barridos con la ayuda de los sensores LIDAR permitiendo que la maquina pueda reconocer su entorno, sin embargo este sistema de navegación necesita un mayor numero de reflectores creando un sistema de mapeado a base de espejos catadióptricos ubicados en puntos clave logrando que la maquina pueda ubicarse rápidamente entre sus entorno y detectar de esta forma su posición hacia la central de información. Este método tiene como ventaja que su sistema de navegación es mucho mas fáciles que otros antes usados permitiéndole cambiar de dirección de forma mas sencilla para crear estaciones de carga y descarga de material [5].

V-B3. Filoguiado: Es uno de los menos eficaces al momento de realizar una navegación de la maquina ya que depende de un hilo conductor ubicado en el suelo que es detectado por ranuras en la maquina para guiarse por todo el entorno una vez instalado como se hace referencia en [3], sin embargo este método no es muy flexible en cambiar direcciones o movilización por lo que se pueden optar por una instalación sin necesidad de obras civiles como las placas magnéticas dando un acabado mas limpio y mas eficaz.

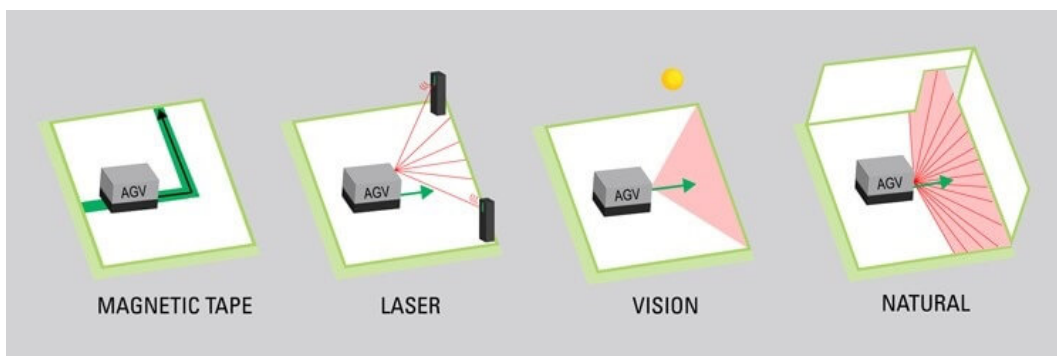


Figura 3. Tipos de navegación de los AGV [5].

La movilidad omnidireccional es una característica clave en el diseño de plataformas que requieren manio-

brabilidad en múltiples direcciones. En este contexto, las ruedas Mecanum se han destacado como una solución innovadora debido a su capacidad para proporcionar movimiento en diversas direcciones, como hacia adelante, lateral, rotación y diagonal. Estas ruedas, diseñadas con rodillos angulados, permiten que la plataforma combine diferentes componentes de movimiento simultáneamente, logrando un control preciso y eficiente.

- Aplicación: La versatilidad de las plataformas basadas en ruedas Mecanum ha impulsado su adopción en sectores como la industria manufacturera y la automatización de la logística en almacenes. Estas plataformas son especialmente útiles en entornos donde el espacio es limitado y se requiere una alta capacidad de maniobra, como en líneas de producción flexibles y sistemas de transporte interno en almacenes.
- Modelo de Diseño para Plataformas AGV: El diseño de plataformas de vehículos guiados automáticamente (AGV) con movilidad omnidireccional basada en ruedas Mecanum exige un enfoque basado en la teoría del movimiento. Este enfoque permite desarrollar modelos que optimizan la eficiencia y la funcionalidad de las plataformas, asegurando un desempeño adecuado en aplicaciones industriales.
- Desarrollo de plataforma omnidireccional: propone un método y modelo de diseño viables para la implementación de plataformas de movimiento omnidireccional. Basándose en los principios de la teoría del movimiento de ruedas Mecanum, se ha diseñado y desarrollado una plataforma AGV omnidireccional de manera independiente. Este diseño, que ya se ha aplicado en la producción en masa, representa un avance significativo en la integración de tecnologías de movilidad avanzada en procesos industriales.

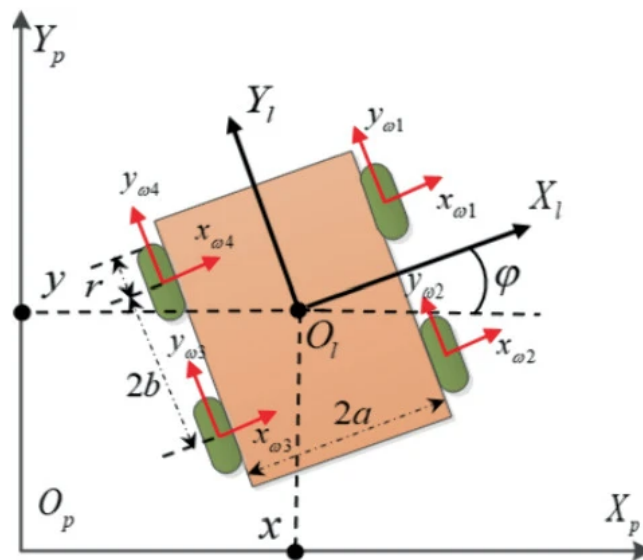


Figura 4. Fuerzas que actúan sobre la rueda [6]

V-C. Conexión de motores con el controlador

En el desarrollo de sistemas automatizados para el manejo de cargas pesadas, como en el caso del prototipo de carro de transferencia, se hace uso de motores reductores con encoder para lograr una eficiente y precisa transmisión de movimiento. Estos componentes son fundamentales en la implementación de la automatización, ya que permiten tanto el control de la velocidad como la precisión en el desplazamiento del sistema, factores cruciales para garantizar la seguridad, la eficiencia y la fiabilidad en el traslado de bobinas pesadas [7].

V-C1. Motor Reductor: Un motor reductor es un dispositivo electromecánico que combina un motor eléctrico con una caja reductora de velocidad. La principal función de la caja reductora es reducir la velocidad del motor, aumentando el par motor (torque) a la salida. Este tipo de motor es utilizado en aplicaciones que requieren altos niveles de fuerza para mover cargas pesadas a velocidades relativamente bajas. En el caso del prototipo de carro de transferencia, los motores reductores proporcionan la potencia necesaria para mover bobinas pesadas de manera eficiente, asegurando que el sistema pueda soportar cargas de hasta 12 toneladas sin comprometer la seguridad del proceso [8].

La combinación de motor eléctrico con una reducción de velocidad permite un control preciso del movimiento, lo cual es fundamental cuando se manipulan objetos pesados y frágiles, como las bobinas de papel. Sin la utilización de motores reductores, el sistema no podría proporcionar el par motor necesario para superar las resistencias del peso de las bobinas sin que los motores sufran daños o sin que el sistema se vuelva ineficiente [9].

V-C2. Encoder: El encoder es un dispositivo que se utiliza para medir la posición y la velocidad del eje de un motor. En el contexto de los motores reductores con encoder, este componente proporciona retroalimentación al sistema de control, lo que permite monitorear y ajustar el movimiento del carro de transferencia en tiempo real. Los encoders convierten el movimiento rotacional del motor en señales eléctricas que luego son procesadas por el sistema de control, generalmente un microcontrolador o un PLC (Controlador Lógico Programable). Este tipo de retroalimentación es esencial para lograr una operación precisa y controlada, ya que permite ajustar de manera continua la velocidad y la dirección del movimiento en función de la posición exacta del carro. El uso de encoders en el sistema de motor-reductor permite mejorar la precisión del sistema automatizado al proporcionar información crítica sobre el desplazamiento de las bobinas. Sin los encoders, el sistema sería incapaz de saber su posición exacta, lo que podría llevar a desajustes en el proceso de transporte y aumentar los riesgos de accidentes o daños en el producto [10].

En resumen, el uso de motores reductores con encoder en el diseño de un prototipo de carro de transferencia representa una solución tecnológica avanzada para el manejo automatizado de bobinas pesadas. Estos componentes proporcionan la fuerza necesaria para mover las cargas pesadas con precisión y control, al tiempo que optimizan la eficiencia del proceso mediante la automatización. Al integrar estos sistemas en el prototipo, se mejora la seguridad, se reduce el riesgo de accidentes, y se incrementa la productividad, lo que hace que esta tecnología sea una opción viable y rentable para la industria papelera y otras aplicaciones de manejo de materiales pesados [11].

V-C3. *Diodo Emisor de Luz(LED)*: Un Diodo Emisor de Luz (LED) es un dispositivo semiconductor ampliamente utilizado que genera luz a través de un proceso conocido como electro luminiscencia. Este fenómeno ocurre cuando una corriente eléctrica pasa a través de la unión PN del diodo, polarizada en sentido directo, generando luz incoherente de espectro reducido [12].

- **Funcionamiento:** El LED opera bajo los mismos principios que un diodo convencional, permitiendo el flujo de corriente en una sola dirección. Sin embargo, se distingue por utilizar materiales semiconductores que, durante el proceso de recombinación entre electrones y huecos en la unión PN, liberan fotones. Estos fotones son responsables de la emisión de luz visible o infrarroja, dependiendo de la composición del material semiconductor.
- **Diseño y Componente:** Los LEDs utilizan materiales semiconductores como GaAs, GaP o GaN para determinar el color de la luz. Están protegidos por una carcasa plástica que no afecta el color emitido, mientras que el diseño del encapsulado y lentes ajusta el patrón de emisión según la aplicación.
- **Características:** El LED emite luz de color específico sin filtros, convierte eficientemente la energía en luz visible con menos calor, tiene un diseño duradero y resistente, y es compacto, adaptándose a diversas aplicaciones.
- **Ventajas:** Los LEDs ahorran energía, ofrecen larga vida útil sin mantenimiento, se encienden instantáneamente y están disponibles en diversos colores y configuraciones para múltiples aplicaciones.

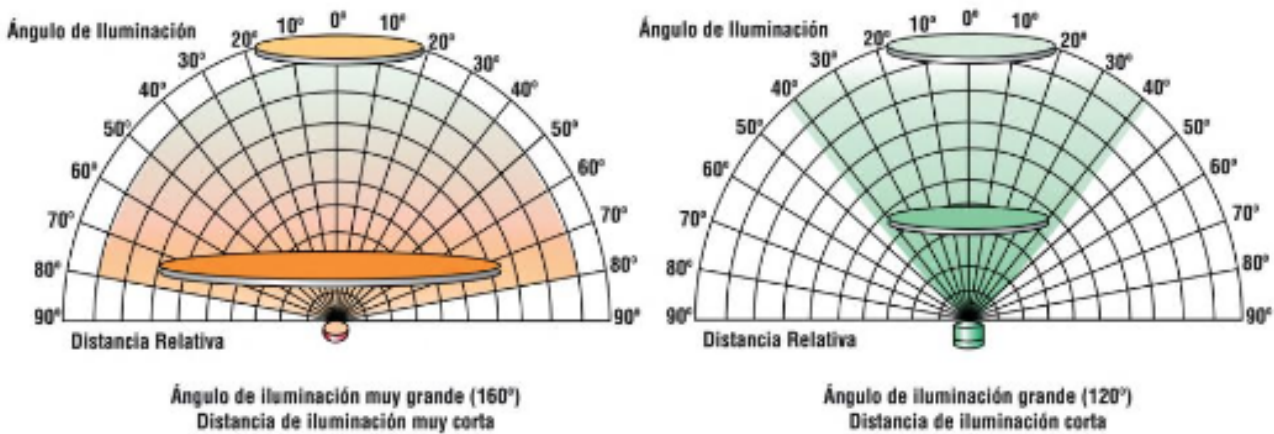


Figura 5. Ángulo de reflexión del LED [13]

V-D. *Traslado de la bobina de papel de 12 toneladas*

Un robot móvil para el transporte de bobinas de papel debe ser capaz de desplazarse de forma autónoma dentro de una planta industrial, optimizando la logística sin intervención humana. Para ello, requiere planificar rutas eficientes, percibir su entorno y controlar su movimiento con precisión. Debe contar con información sobre el espacio de trabajo, como mapas, posiciones de carga y descarga, y restricciones operativas (dimensiones de las bobinas, peso, obstáculos, etc.). Además, necesita sensores como cámaras, lidar o sónar para evitar colisiones y ajustar su trayectoria. Su sistema de locomoción, generalmente basado en ruedas, debe ser estable y resistente para garantizar un traslado seguro y eficiente de las bobinas. [14].

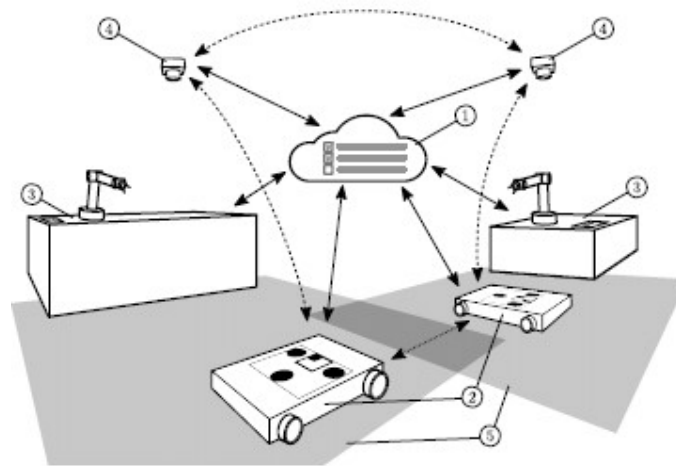


Figura 6. Movimiento del AGV usando los sensores [15]

V-E. Controlador de Motor L298N

El controlador de motor L298N es una opción muy utilizada para regular la velocidad y la dirección de giro de motores de corriente continua. Gracias a la modulación por ancho de pulso (PWM) y al uso de un puente H, permite un control preciso y eficiente del motor, adaptándose a una gran variedad de aplicaciones. Su versatilidad lo hace ideal para proyectos de robótica, automatización y sistemas electrónicos que requieren un manejo estable y confiable del movimiento. Además, su facilidad de uso lo convierte en una excelente opción tanto para principiantes como para expertos en el desarrollo de circuitos de control de motores.[16].

- Modulación por Ancho de Pulso (PWM): La técnica de PWM permite controlar la velocidad de un motor ajustando el voltaje de entrada de manera efectiva mediante una secuencia de pulsos de encendido y apagado, definidos por el ciclo de trabajo. Este ciclo se expresa como un porcentaje que indica la proporción del tiempo en que la señal está activa dentro de un periodo.
- Puente H: El diseño del puente H en el controlador L298N incluye cuatro interruptores electrónicos dispuestos de tal manera que el motor se conecta en el punto central del circuito. Este diseño es crucial para controlar la dirección de rotación del motor mediante el cambio de polaridad del voltaje de entrada.

El controlador L298N, combinado con la tecnología PWM y el puente H, es una solución práctica y eficiente para el control de motores de corriente continua. Gracias a su capacidad para regular la velocidad y cambiar la dirección del giro, se convierte en una herramienta esencial en proyectos de robótica, automatización y sistemas mecánicos. Su diseño robusto y su facilidad de integración permiten que sea utilizado tanto por principiantes como por expertos que buscan un control preciso y confiable en sus desarrollos. Además, su versatilidad lo hace ideal para una amplia gama de aplicaciones, desde pequeños proyectos educativos hasta sistemas industriales más complejos.

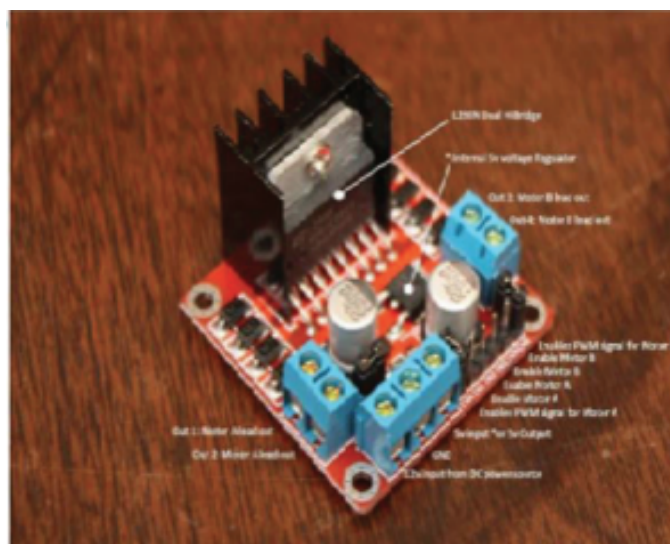


Figura 7. L298N
[17].

V-F. Sensor E18-D80NK-N

Los sensores de proximidad desempeñan un papel clave en la detección de obstáculos, ya que pueden identificar la presencia de objetos sin necesidad de contacto físico. Estos sensores envían señales al sistema de control cuando detectan objetivos específicos o posiciones críticas, permitiendo ejecutar acciones automáticas como detener una máquina o ajustar su trayectoria. Un sensor de posición, por otro lado, mide las coordenadas lineales o angulares de un objeto en relación con una referencia, mientras que un sensor de proximidad actúa como una versión simplificada que responde a umbrales predeterminados de distancia crítica. Ambos tipos de sensores son esenciales para garantizar un control preciso del movimiento y evitar interrupciones o daños en los procesos. La medición precisa de proximidad, posición y desplazamiento es crucial en la automatización y control de procesos en la industria papelera. Estas tecnologías contribuyen a la optimización de recursos, la reducción de tiempos de inactividad y la mejora de la seguridad en la producción, garantizando que las máquinas operen dentro de parámetros óptimos y sin interferencias externas [18].

En el entorno industrial papelero, los sensores de proximidad y posición se utilizan para diversas funciones, tales como:

- Control y monitoreo de maquinaria: Detectan obstáculos o materiales que puedan interferir con el movimiento de cintas transportadoras, rodillos o cortadoras.
- Inspección y calidad: Supervisan posiciones críticas de componentes para garantizar alineación y evitar desperfectos en los productos de papel.
- Seguridad operativa: Identifican situaciones peligrosas como el atasco de papel o la presencia de materiales extraños en áreas críticas de las máquinas.

En conclusión, los sensores de proximidad inductivos son especialmente útiles para detectar componentes metálicos dentro de las máquinas, mientras que sensores especializados pueden abordar necesidades específicas, como la detección de materiales no metálicos o la operación en entornos corrosivos [19].

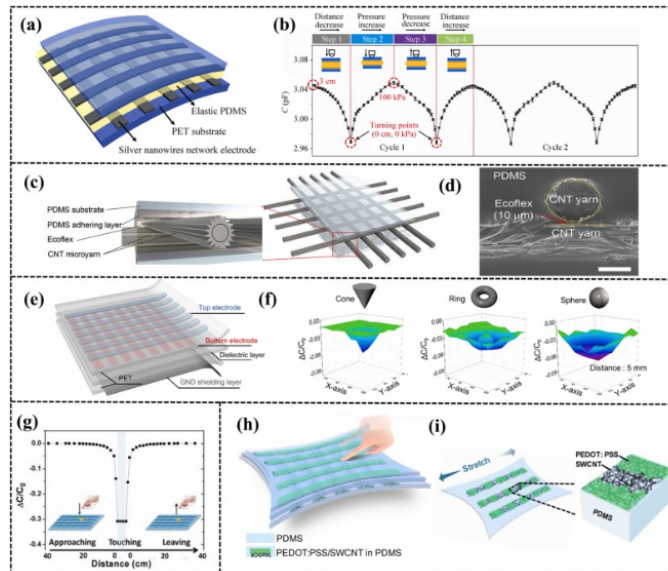


Figura 8. Matrices flexibles de sensores de proximidad con configuración de electrodos cruzados [20].

V-G. Ruedas de Caucho de 85 MM y Rueda Loca

Las ruedas desempeñan un papel esencial en la movilidad de los robots, influyendo directamente en su desempeño y capacidad para adaptarse a diferentes entornos. Dentro de las más comunes están las ruedas de caucho y las ruedas locas, utilizadas en diversas aplicaciones según los requisitos de tracción, maniobrabilidad y diseño mecánico del robot [21].

- **Ruedas de Caucho:** Las ruedas de caucho son esenciales en robots móviles gracias a su capacidad para ofrecer alta tracción y absorber impactos. Son utilizadas principalmente en robots terrestres para garantizar estabilidad y reducir la vibración en terrenos irregulares. Además, el caucho permite una mejor adhesión en superficies lisas y húmedas, lo que resulta útil en aplicaciones industriales o de rescate. Estas ruedas están diseñadas para adaptarse a diferentes sistemas de propulsión, como los robots omnidireccionales y mecanum, que requieren configuraciones de tracción específicas para maniobrar en múltiples direcciones sin rotación adicional del chasis. Las propiedades del material de caucho, como su resistencia al desgaste y su capacidad para soportar cargas, son factores clave en su elección [22].

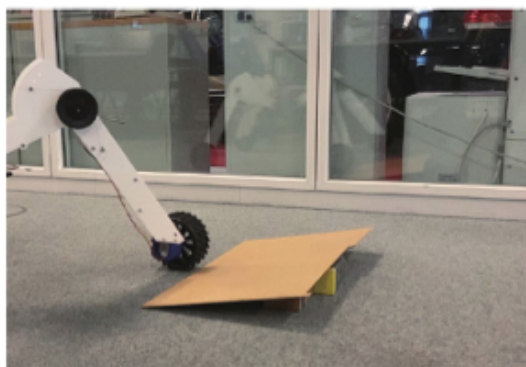


Figura 9. Ejemplo del uso de las ruedas en un robot [23]

- **Rueda Loca:** Las ruedas locas o ruedas esféricas son componentes que no están motorizados y permiten soporte adicional al robot, facilitando la estabilidad y los giros suaves. Estas ruedas se instalan generalmente en robots diferenciales o en sistemas que requieren giros bruscos y apoyo adicional sin afectar la dirección del movimiento principal. Su diseño varía desde esferas hasta rodillos, y se eligen según las necesidades del proyecto, ya sea para reducir la fricción o para soportar cargas adicionales. En robots omnidireccionales, complementan la cinemática compleja de ruedas mecanum o omni, contribuyendo a un movimiento más eficiente y fluido [24].
- **Rueda Garrucha Fija de 3 Pulgadas:** La rueda de color tomate de la marca Century, es una opción duradera y versátil para diversas aplicaciones. Su rueda plástica de color naranja está diseñada para resistir el desgaste, garantizando un uso prolongado. La base y el perno galvanizados brindan una excelente protección contra la corrosión, asegurando su rendimiento en condiciones exigentes. Es ideal para mover armarios de herramientas, vitrinas, estanterías y otros equipos, y puede instalarse fácilmente mediante soldadura o tornillos, adaptándose a distintas necesidades.
- **Rueda Century Caster Doble Rueda:** Estas ruedas giratorias de 2 pulgadas, con diseño de doble hilera y frenos integrados, están fabricadas con goma silenciosa, lo que garantiza un desplazamiento suave y sin ruido. Diseñadas para muebles y vehículos industriales eléctricos, destacan por su resistencia al desgaste y su capacidad para soportar hasta 90 kg de peso. Su construcción robusta y funcional las convierte en una solución ideal para aplicaciones que requieren movilidad eficiente y durabilidad.

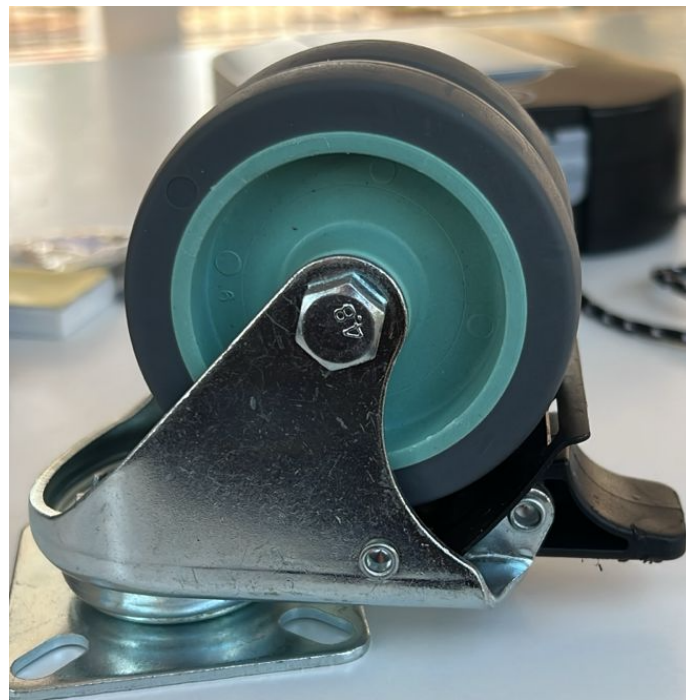


Figura 10. Imagen de la rueda Century

V-H. Cable Elevador de Voltaje USB de 5V a 12V

Este elevador de voltaje es una solución eficiente para alimentar equipos de 9V que requieran una corriente de hasta 500 mA. Su diseño permite conectarlo tanto a un puerto USB de computadora como a una fuente de alimentación de celular, transformando un voltaje de entrada de 5V en una salida estable de 12V. Aunque puede manejar una corriente máxima de salida de 750 mA, se recomienda su uso con dispositivos que demanden 500 mA

o menos. Además, cuenta con un cable de 1 metro de longitud y un conector estándar de 5.5 x 2.1 mm, adaptándose a una amplia variedad de aplicaciones electrónicas.

V-I. Regulador de Voltaje 5V Step Up

Este regulador de tensión de 3,3 V está diseñado para generar niveles de salida superiores a partir de tensiones de entrada tan bajas como 0,5 V, cambiando automáticamente a un modo de regulación lineal cuando la entrada supera la salida. Estas capacidades lo hacen especialmente adecuado para alimentar dispositivos electrónicos de 3,3 V utilizando fuentes como pilas NiMH, NiCd o alcalinas (de una a tres unidades) o una sola batería de ión-litio.

Cuando está en funcionamiento, el módulo actúa como un regulador de conmutación, también conocido como convertidor CC-CC o fuente de alimentación conmutada. La corriente de salida que puede proporcionar depende de factores como las tensiones de entrada y salida, así como de la eficiencia del sistema. En condiciones normales, la corriente de entrada puede llegar a 1,2 A. Además, el regulador incluye un sistema de desconexión térmica que se activa alrededor de los 140 °C para prevenir daños por sobrecalentamiento, aunque no cuenta con protección contra polaridad inversa. Estas características lo convierten en una opción confiable y eficiente para diversas aplicaciones electrónicas.

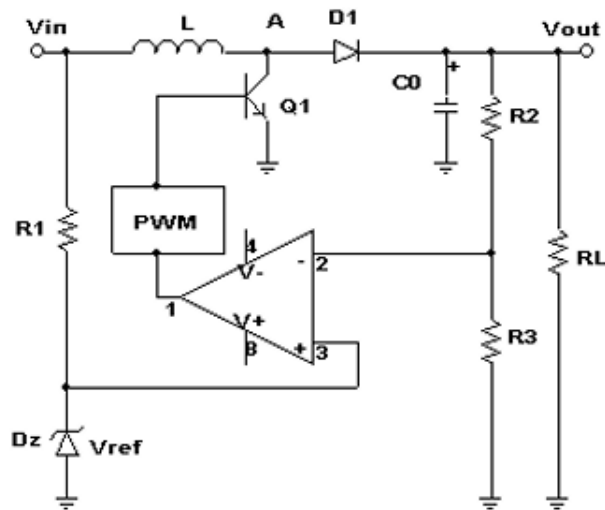


Figura 11. Diagrama del Step-Up [25].



Figura 12. Regulador de Voltaje 5V

V-J. Cable JST SH-STYLE 12CM Hembra para Micro Motor Encore CPR

Este cable está diseñado específicamente para una conexión eficiente con los codificadores de los motores reductores Micro Metal Pololu. Está compuesto por seis conductores de 28 AWG diferenciados por colores, lo que facilita su uso e identificación al momento de integrarlo en proyectos. En un extremo, incorpora un conector hembra del tipo JST SH, mientras que el otro extremo permanece abierto, permitiendo ajustar la longitud de los cables según los requerimientos de la aplicación. Su diseño versátil lo convierte en una opción ideal para diversas configuraciones electrónicas y robóticas.

V-K. DVR8835 Controlador de Motor Número 2135 POLOLU

Esta placa breakout para el controlador de motor dual DRV8835 de TI es una solución eficiente y compacta para controlar hasta dos motores de corriente continua de baja tensión. Es capaz de suministrar 1,2 A por canal de manera continua y hasta 1,5 A en picos, lo que la hace ideal para aplicaciones que requieren un control confiable y

flexible. Seleccionados a través de la patilla MODE. El modo PHASE o ENABLE es especialmente práctico, ya que permite ajustar la dirección y velocidad de los motores con una señal PWM por canal, proporcionando un control más preciso y lineal gracias a la modalidad de accionamiento y freno (drive o brake). El controlador opera con un rango de voltaje de motor de 0 V a 11 V y voltajes lógicos entre 1,8 y 7 voltios. Incluye protecciones integradas contra polaridad inversa, subtensión, sobrecorriente y sobrecalentamiento, garantizando un funcionamiento seguro y confiable. Para aplicaciones de muy bajo voltaje, la alimentación del motor puede conectarse directamente a VMM, evitando el circuito de protección inversa que puede afectar el rendimiento a tensiones inferiores a 1,5 V. El diseño compacto de la placa, con un factor de forma DIP de 14 pines, permite su uso directo en protoboards sin soldadura estándar. Además, incluye dos cabezales macho de 1x7 de 0,1", que pueden soldarse para conexiones rápidas o utilizarse con cables y conectores hembra. También es posible soldar directamente los cables del motor y otras conexiones según las necesidades del proyecto, lo que brinda gran flexibilidad para aplicaciones personalizadas.



Figura 13. Controlador de Motor DVR8835

V-L. Acoples TWIST HUB FINGERTECH para Llantas Espuma 0,75 pulgadas

Este hub está fabricado con aluminio anodizado 6061, lo que combina alta resistencia con un peso ligero. Diseñado para un ajuste seguro, el neumático de espuma se fija mediante una arandela de seguridad personalizada que se libera presionándola y girándola 90 grados. Incluso en caso de daño a la arandela, la brida hexagonal permite continuar su uso. El hub se asegura al eje del motor con un tornillo de fijación 8-32, proporcionando una sujeción confiable. Disponible en dos tamaños, el modelo delgado (0,50 pulgadas de ancho) pesa 5,6 g, mientras que el modelo ancho (0,75 pulgadas de ancho) tiene un peso de 7,1 g, lo que lo hace práctico y eficiente para diversas aplicaciones.



Figura 14. Acoples

V-M. Transmisor y Receptor FLYSKY FS-i6

El FS-i6 es un sistema de control por radio digital que opera en la banda de frecuencia global ISM de 2,4 GHz, lo que lo hace apto para su uso internacional. Este transmisor utiliza la tecnología AFHDS 2A, un sistema digital de salto de frecuencia automático de segunda generación, que garantiza una comunicación segura con el dron mientras optimiza el consumo de energía. Gracias a su combinación de funcionalidad avanzada y precio accesible, el FS-i6 se ha consolidado como una opción popular entre los entusiastas de drones. Este transmisor y receptor de FLYSKY ofrece amplias opciones de personalización, lo que lo hace adecuado para una variedad de vehículos aéreos, desde drones básicos y aviones hasta helicópteros y multicopteros de carreras.

- Transmisor FS-i6: Una de las ventajas destacadas de este transmisor es que no requiere de una computadora o portátil para su configuración, ya que cuenta con una pantalla LCD y botones integrados que permiten realizar ajustes de manera sencilla. Su alcance puede llegar hasta 1500 metros, aunque esto depende de las condiciones del entorno. En áreas con alta interferencia magnética, el alcance del transmisor se reduce, mientras que en lugares con baja interferencia, su rendimiento alcanza mayores distancias.



Figura 15. Transmisor FS-i6 [26].

- Receptor FS-iA6B/FS-iA6: Este receptor cuenta con 6 canales y dos antenas, lo que asegura una recepción de señal de alta calidad cuando se instala correctamente. Para optimizar su desempeño, es importante montarlo lejos de motores y componentes metálicos que puedan interferir con la señal. Los conectores del receptor permiten enlazarlo con diversas partes del modelo. En cuanto a las conexiones, los canales CH1 a CH6 son ideales para vincular controladores electrónicos de velocidad (ESC), Vcc u otros elementos, mientras que la entrada B/VCC se utiliza específicamente para conectar el cable que enlaza el receptor con el transmisor.



Figura 16. Receptor Flysky FS-iA6B [27].

V-N. Armazón

El armazón del robot se construirá utilizando tubos cuadrados de 1 \varnothing con un espesor de 1.5 mm, proporcionando una base sólida y resistente que servirá como soporte estructural principal. Esta elección de material garantiza durabilidad y estabilidad, aspectos esenciales para el correcto funcionamiento y desempeño del robot.



Figura 17. Base del Robot
Fuente: Propia

V-Ñ. Controlador A4988

El A4988 es un controlador de motores paso a paso muy popular por su versatilidad y eficiencia. Es ampliamente empleado en proyectos tecnológicos y de automatización, como impresoras 3D, máquinas CNC y diversos desarrollos de robótica. Este controlador destaca por su diseño compacto, lo que facilita su integración en dispositivos con espacio limitado. Además, permite un control preciso de los motores paso a paso, ideal para aplicaciones que requieren movimientos detallados y repetitivos. Su compatibilidad con diferentes plataformas de desarrollo y fácil configuración lo convierten en una opción preferida para entusiastas y profesionales. Incluye características avanzadas como el control de micropasos, lo que mejora la suavidad del movimiento. Es una solución eficiente para sistemas que demandan precisión y confiabilidad [28].

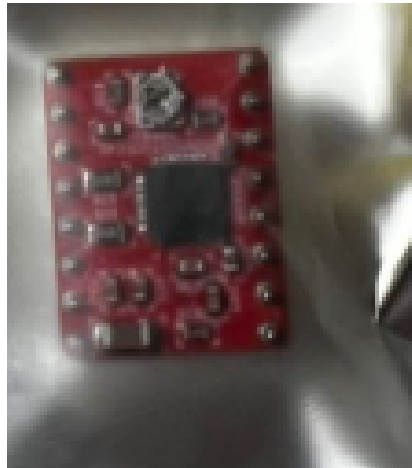


Figura 18. Controlador A4988
Fuente: Propia

V-O. Regulador LM2596

Este circuito es un convertidor de corriente directa (DC-DC) tipo Buck que se usa para bajar un voltaje alto a uno más bajo, ideal para proyectos electrónicos. Puede manejar hasta 3 amperios y trabaja con voltajes de entrada que van desde 4 V hasta 35 V, mientras que el voltaje de salida es ajustable entre 2 V y 28 V usando un pequeño potenciómetro de varias vueltas. En este caso, su función principal es reducir el voltaje de 12 V, que viene del relevador que controla el encendido de los LEDs, a 5 V. Esto es importante porque el integrado 555, que forma parte de un temporizador en el circuito, solo opera con 5 V. Si no se reduce el voltaje, el 555 podría dañarse. Gracias a este regulador, se garantiza que todo el sistema funcione de manera segura y eficiente, evitando fallas por sobrevoltaje [29].

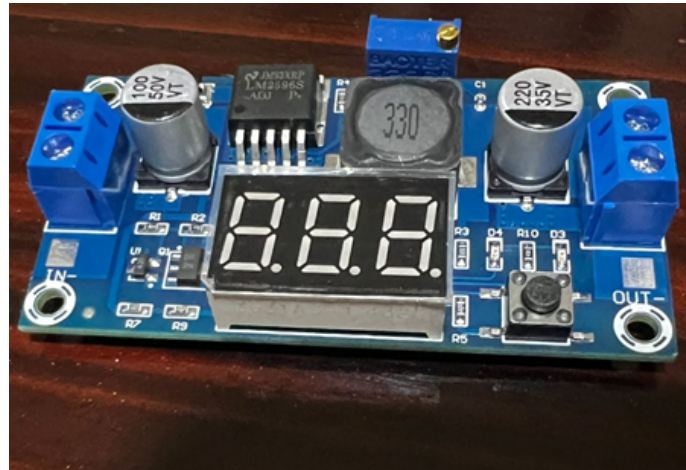


Figura 19. Controlador LM2596
Fuente: Propia

V-P. Batería Sellada de ácido-Plomo

Esta batería sellada es ideal para distintos dispositivos como sistemas de respaldo de energía (No Breaks), lámparas de emergencia y vehículos eléctricos, entre otros. Para garantizar su compatibilidad, es importante verificar sus especificaciones de voltaje, capacidad y dimensiones en relación con el equipo donde será utilizada. Cuenta con una composición de ácido-plomo y un sellado de alta seguridad que evita derrames, brindando mayor protección. Su diseño permite realizar hasta 1,000 ciclos de carga y descarga sin comprometer su rendimiento. Además, gracias a su sistema de protección contra sobrecarga, puede permanecer conectada al cargador de manera continua sin riesgo de daño. A diferencia de otros modelos, esta batería no sufre efecto memoria, por lo que se puede recargar en cualquier momento sin importar su nivel de carga. Su fabricación de alta calidad la hace resistente incluso a temperaturas extremas de hasta 300°C.

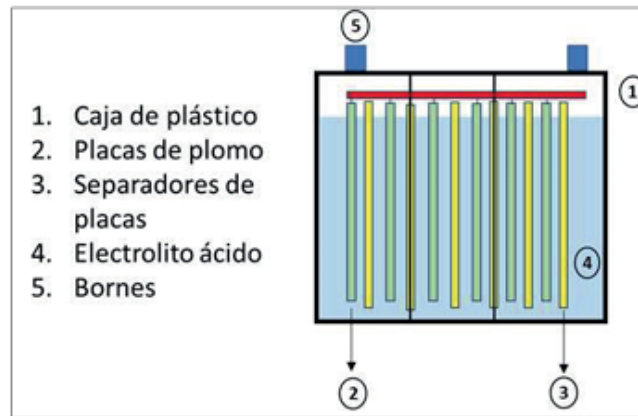


Figura 20. Parte de la Batería Ácida-Plomo [30].

V-PI. *Clasificación y Tipos de Batería Ácido-Plomo:* Se clasifican según su aplicación y construcción:

- **Baterías de Arranque o SLI:** Son diseñados para los arranques de motores, en los automóviles, aviones, motores, entre otros. Estas baterías trabajan para suministrar la corriente durante pocos segundos.
- **Baterías de Tracción:** Aplicadas a vehículos eléctricos, tales como grúas, sillas de ruedas entre otros. Suministran cantidades mínimas de corriente por periodos prolongados de tiempo y soportando periodos repetitivos de carga y descarga.
- **Baterías Estacionarias o de Reservas:** Implementadas en sistemas de alarmas contra incendios, sistemas de alimentación interrumpida(UPS), entre otros. Este tipo de batería siempre están en constante carga(carga de flotación) que permite compensar la pérdida de capacidad debido a la auto descarga, las cuales están construidas para resistir descargas muy profundas esporádicas [21].

VI. MARCO METODOLÓGICO

VI-1. Fase I: Este prototipo nace de la necesidad de un problema al momento de gestionar tiempos de producción para bobinas de papel en la industria papelera surgiendo de la necesidad de tener una máquina que pueda moverse sin problema a través de lugares mas acondicionados en poco tiempo sin necesidad de usar maquinaria pesada para desplazar la materia prima por la empresa, por esta razón se realizará una investigación sobre los beneficios de la implementación de este sistema en una empresa y de los requerimientos necesarios de funcionamiento para ésta industria.

VI-2. Fase II: En esta fase se elaborara el diseño de la maquina, con los cálculos correspondientes para su construcción de forma estructurada junto con el diseño electrónico del prototipo, respetando los parámetros establecidos para lograr un correcto funcionamiento.

VI-3. Fase III: En esta fase se construirá el prototipo a escala basado en la máquina empleada en la vida real, siendo así un prototipo que realice las diferentes funciones requeridas dentro de la industria de papel. Se considerara los costos, los materiales y las herramientas que se emplearán. También se considerará los procesos de manufactura requeridos para cada parte del prototipo para lograr un resultado óptimo de su funcionamiento.

VI-4. Fase IV: Se realizará el monitoreo de los diferentes parámetros de funcionamiento de la maquina comprobando que estén dentro de los requerimientos planteados.

VI-A. Fase I Investigación de la funcionalidad del Robot de transferencia a escala para el transporte de bobinas de papel.

Se realizo una encuesta utilizando Google Forms, que es una aplicación muy útil al momento de realizar formularios, encuestas y cuestionarios en línea, el cuestionario tiene una serie de preguntas fundamentales de la funcionalidad del robot aplicado a la industria y en base a esas preguntas podemos darnos cuenta del impacto que genera durante el transporte de las bobinas de papel.

Se llevaron a cabo un total de 10 preguntas fundamentales, diseñadas estratégicamente para evaluar el desempeño del robot en el entorno industrial, específicamente en el transporte de bobinas de papel. Estas preguntas permitieron obtener información detallada sobre las capacidades, limitaciones y beneficios que el sistema automatizado ofrece en la industria papelera.

Cada pregunta estuvo enfocada en diferentes aspectos clave del funcionamiento del robot, incluyendo su eficiencia en el traslado de cargas pesadas, su impacto en la reducción de tiempos operativos, el nivel de seguridad que proporciona a los trabajadores y su integración con otros procesos industriales. Además, se analizaron factores como la facilidad de uso, el mantenimiento requerido y la percepción general de los empleados que interactúan con el robot en su día a día. Para garantizar que la evaluación fuera lo más precisa posible, se consultó a operarios, supervisores e ingenieros involucrados en el manejo del robot. Sus respuestas permitieron identificar fortalezas y oportunidades de mejora, proporcionando una visión integral de cómo el robot ha transformado el proceso de transporte de bobinas dentro de la industria.

Además, estas preguntas permitieron detectar posibles fallos en el sistema y evaluar si el robot cumple con las expectativas en términos de productividad y fiabilidad. También se incluyeron preguntas sobre la adaptabilidad del robot a diferentes tamaños y pesos de bobinas, así como su capacidad para operar en distintos tipos de superficies dentro de la planta. Con esta información, se pueden realizar ajustes y mejoras en el diseño y programación del robot, garantizando que su implementación continúe aportando valor a la industria y optimizando cada vez más el proceso de traslado de bobinas de papel.

- **Frecuencia con la cual se usa el carro de transferencia:** Se busca entender la regularidad del uso del carro de transferencia en sus operaciones de trabajo.

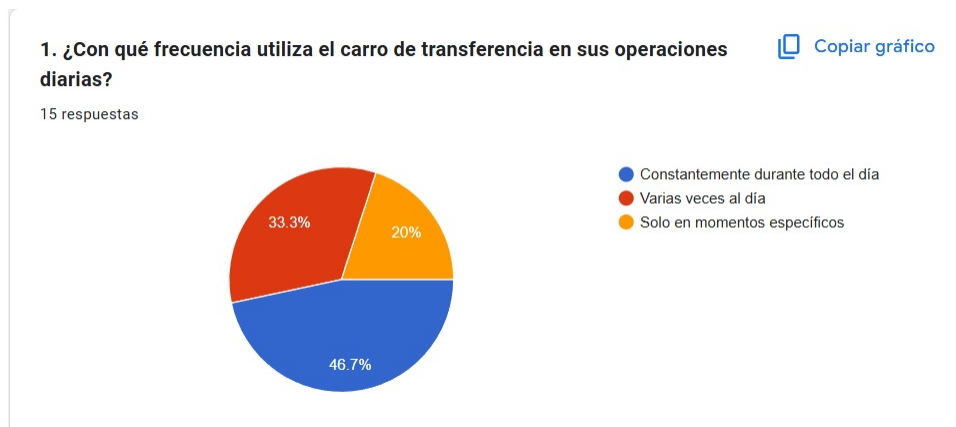


Figura 21. Pregunta 1
Fuente: Propia

En base al porcentaje que obtuvimos en la encuesta se puede concluir que el carro de transferencia es una herramienta útil al momento de transportar las bobinas de papel como se demuestra representado en el 45% de la figura 23, paralelamente a esto se intuye que se obtuvo una mejoría en la movilización de bobinas de papel dentro de la industria indicando un incremento de ganancia y un riesgo menor.

- **Si transporta otro material que no sea las bobinas de papel:** Para verificar se trasladar algo más que no sean las bobinas de papel.

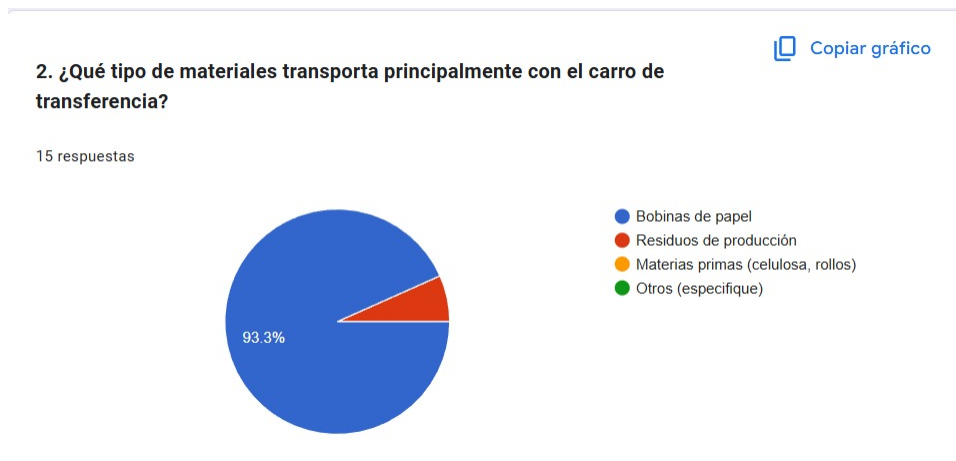


Figura 22. Pregunta 2
Fuente: Propia

En este resultado se pudo observar una utilidad a parte del traslado de bobinas de papel a pesar de ser una minoría a penas del 7%, este tipo de industria genera una gran parte de residuos ya que el papel debe ser cortado a cierta longitud o diámetro por lo que los residuos suelen ser altos, del mismo modo se puede usar esta maquinaria para el transporte de materiales pesados como metales, vigas, etc. Como breve conclusión se pudo identificar que se le puede dar más usos a parte del transportar bobinas siempre y cuando no sobrepase el peso máximo de carga.

- **Manejo del Carro de transferencia:** Con esta pregunta podemos darnos cuenta la dificultad que representa el control del carro de transferencia para un operador.

3. ¿Cómo calificaría la facilidad de operación del equipo?

 Copiar gráfico

15 respuestas

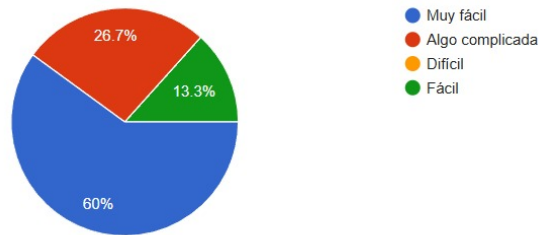


Figura 23. Pregunta 3

Fuente: Propia

En base a esta encuesta se puede obtener un dato importante al momento de invertir en esta maquinaria ya que una de las cosas más importantes en obtener un nuevo equipo es conocer que tan complicado es su manejo y funcionalidad, por lo tanto el carro de transferencia representando demostró tener un maniobrabilidad fácil de operar representado en un 60% como se hace referencia en la Figura 24.

- **Soporta el peso de la bobina de papel:** Constatamos que el carro soporte y funcione correctamente su función, la cuál es el traslado de las bobinas de papel.

4. ¿El carro de transferencia cumple con la capacidad de carga esperada?

 Copiar gráfico

15 respuestas

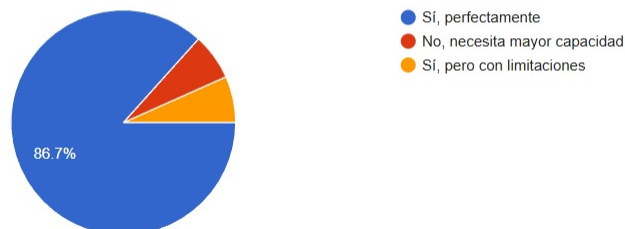


Figura 24. Pregunta

Fuente: Propia

En la encuesta se puede ver referenciado en la Figura 25 un óptimo resultado del 86% en donde el carro cumple con las características impuestas dentro de la industria de papel y en relación a esto hay un menor porcentaje en donde se ve necesario aumentar la capacidad de carga de la máquina, sin embargo es necesario conocer los motivos y limitaciones que sean necesarias para optar por una mejora del equipo.

- **Eficiencia:** En base a esta pregunta podemos verificar la eficiencia del carro en el entorno de trabajo.

5. ¿Qué tan eficiente considera el desplazamiento del carro en su entorno de trabajo?

 Copiar gráfico

15 respuestas

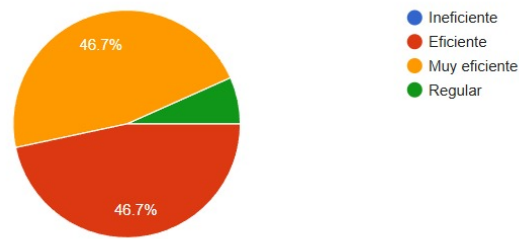


Figura 25. Pregunta 5
Fuente: Propia

Resultado que un 46,7 % como se observa en la Figura 26 no presento problemas al momento de desplazarse en el área de trabajo, indicando que la mayor parte de los operadores encargados de hacer el traslado de bobinas de papel con la maquinaria les resulto eficiente, por lo tanto se concluye que el equipo ademas de cumplir con as características establecidas ha representado un mejoramiento al momento de trasladarla de forma adecuada con un menor riesgo para los operadores y trabajadores al redor 6,6 % .

- **Mantenimiento del Carro de Transferencia:** Con la pregunta podemos saber si se le da el correcto mantenimiento al carro de transferencia

6. ¿Ha recibido soporte técnico adecuado cuando lo ha necesitado?

 Copiar gráfico

15 respuestas



Figura 26. Pregunta 6
Fuente: Propia

Concluimos que el carro de transferencia recibe el mantenimiento adecuado con un 86,7 % para que su operatividad no se vea interrumpida por fallas que impidan el cumplimiento del robot en su tarea de trasladar las bobinas de papel y un 13 % presento retrasos en el mantenimiento en donde se debe revisar cual fue la causa y como se puede prevenirla.

- **Impacto del carro de transferencia en la productividad de la empresa:** Cual ha sido el impacto que ha presentado a la operatividad del área de producción

7. ¿Qué impacto ha tenido el carro de transferencia en la productividad de su empresa?

[Copiar gráfico](#)

15 respuestas

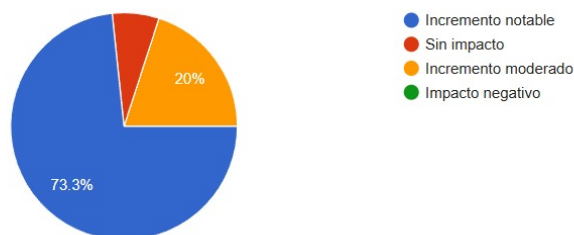


Figura 27. Pregunta 7

Fuente: Propia

Mediante la encuesta podemos constatar con un 73,3 % que su impacto a sido muy significativo con respecto a la productividad ya que reduce y agiliza el proceso de traslado de las bobinas de papel, un 20 % lo considero moderado y un 6,7 % no considero que tengo mucho impacto.

- **Realización de ajuste y reparaciones:** Como se ve en la encuesta realizada, se llega a la conclusión que se debe realizar ajustes y reparaciones, pero no regularmente porque se lleva un control y chequeo constante del equipo, siempre se debe revisar los parámetros al momento de utilizar el equipo para transportar las bobinas de papel para verificar de que no haya un inconveniente durante el transporte de la bobina de papel.

8. ¿Qué tan frecuente es la necesidad de realizar ajustes o reparaciones en el equipo?

[Copiar gráfico](#)

15 respuestas

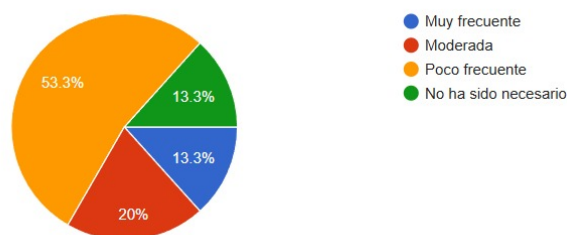


Figura 28. Pregunta 8

Fuente: Propia

Con la encuesta nos podemos dar cuenta que los ajustes y reparaciones son pocos frecuentes gracia a los mantenimientos que se le realiza.

- **Dificultad del Mantenimiento:** Con esta pregunta podemos saber la dificultad que se presento al momento de realizar el mantenimiento del carro de transferencia.

9. ¿El mantenimiento del carro de transferencia ha sido fácil de gestionar?

 Copiar gráfico

15 respuestas

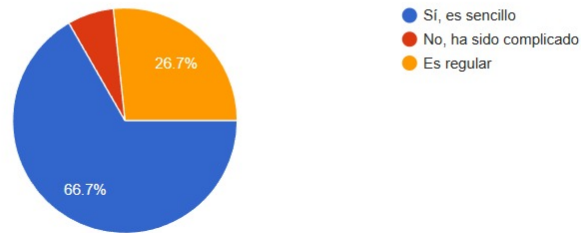


Figura 29. Pregunta 9

Fuente: Propia

Con un 66,7% se constata que el carro de transferencia no ha presentado mayores problemas al realizarse durante la realización de su mantenimiento lo que indica un personal capacitado, un 26,7% lo considera regular y 6,6% no ha presentado complicaciones.

- **Se presento Fallas específicas:** Con esta pregunta podemos saber si se ha presentado algún problema técnico con el carro de transferencia.

10. ¿Ha experimentado algún problema técnico con el equipo?

 Copiar gráfico

15 respuestas

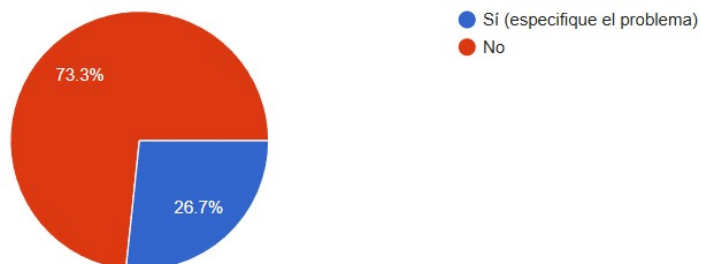


Figura 30. Pregunta 10

Fuente: Propia

Un 73,3% no ha encontrado problemas mayores durante el funcionamiento del carro de transferencia y otro % si ha encontrado un problema

VI-B. Especificaciones del Carro de Transferencia

- Peso de la bobina: 15 Kg
- Dimensiones Máxima de la Bobina: Altura de 60mm y Diámetro de 150= 0,06m X 0,15m
- Altura Máxima de Elevación de la Tijera 400 mm= 0,4m
- Direcciones de Movimiento del Plano: Omnidireccional
- Velocidades Máximas de Desplazamiento: 0,0785 m/s X 4(ruedas) =0.314 m/s
- Distancia Máxima de Cobertura de Señal del Radio: 14m
- Tipo de Terreno: Hormigón Liso
- Tiempo de elevación de la tijera: 13 segundos

VI-C. Fase II: Diseño y Cálculos

El diseño del carro de transferencia se llevó a cabo en SolidWorks, un software que facilita la creación y modificación de piezas de manera precisa. Gracias a esta herramienta, fue posible ****simular y analizar**** el funcionamiento del robot antes de su fabricación, asegurando que cada componente se ajustara a las medidas necesarias. Además, permite hacer ajustes en el diseño en cualquier momento, optimizando su estructura y desempeño según las necesidades del proyecto.

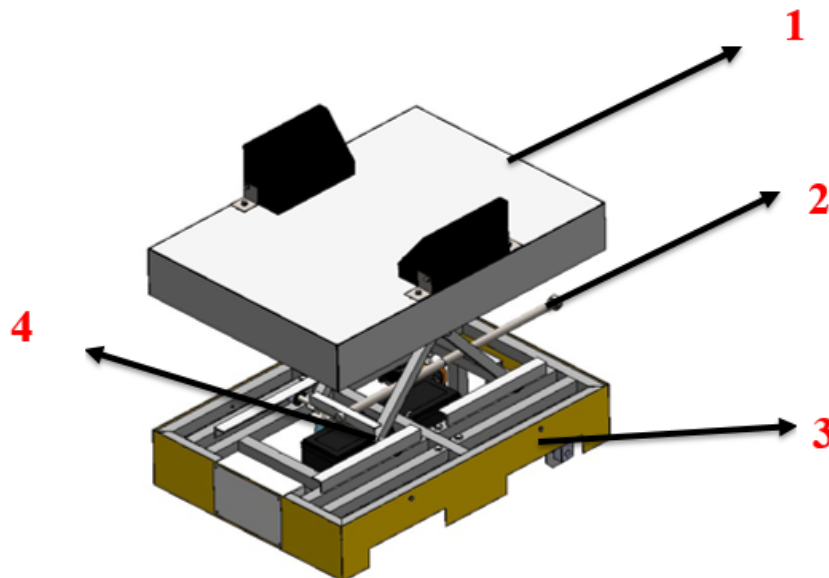


Figura 31. Diseño del Robot en SolidWorks
Fuente: Propia

En la **Figura 31** vemos el diseño de nuestro carro de transferencia realizado en el SolidWorks, resaltando las partes importantes de nuestro carro de transferencia.

Número	Parte	Funcionamiento
1	Bastidor	Es la plataforma donde se coloca la bobina de papel
2	Tornillo sin fin	aumento del torque en sistemas mecánicos
3	Carcasa	Es la estructura externa de nuestro robot
4	Tijera de elevación	Sistema de elevación que permite elevar nuestro bastidor

Tábla I

PARTES DEL DISEÑO

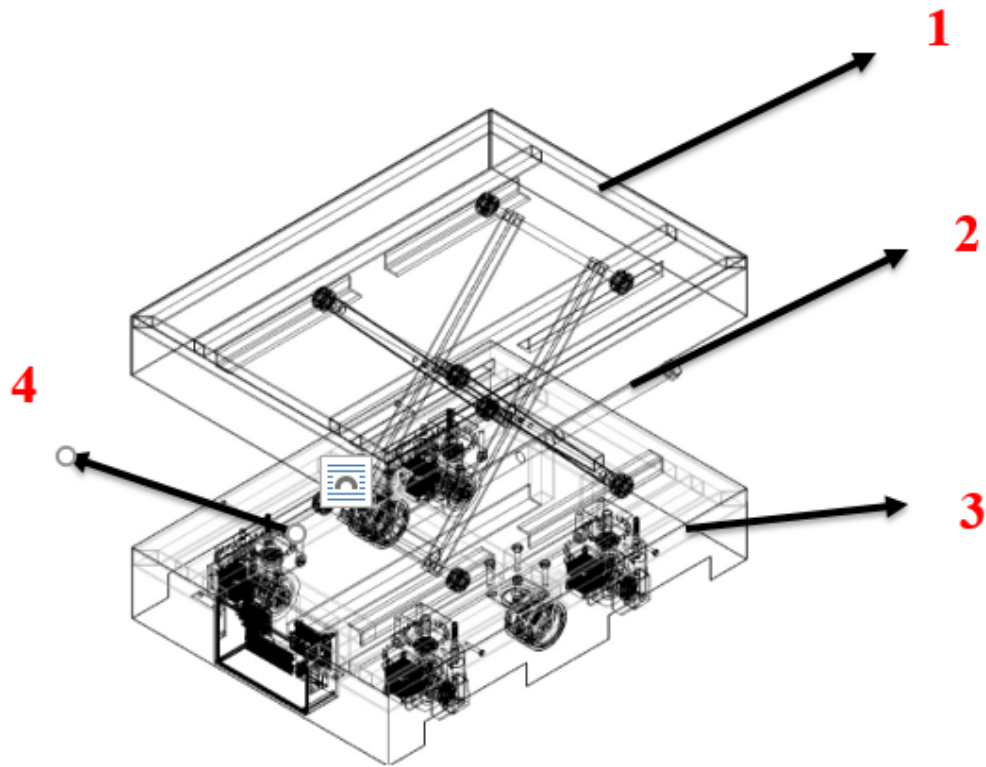


Figura 32. Vista inferior del diseño
Fuente: Propia

Este diseño 3D de vista transparente de la **Figura32** nos permite observa de mejor manera la distribución de las partes y componentes de nuestro carro de transferencia, e igualmente la tabla de las partes importantes es **Tabla I**.

VI-C1. Vista 3D y Lista de partes: Visualizamos el diseño en 3D de la máquina. Para que se vea mejor, los elementos en la vista superior están en transparente, así podemos ver con más claridad los detalles internos y la distribución de las piezas.

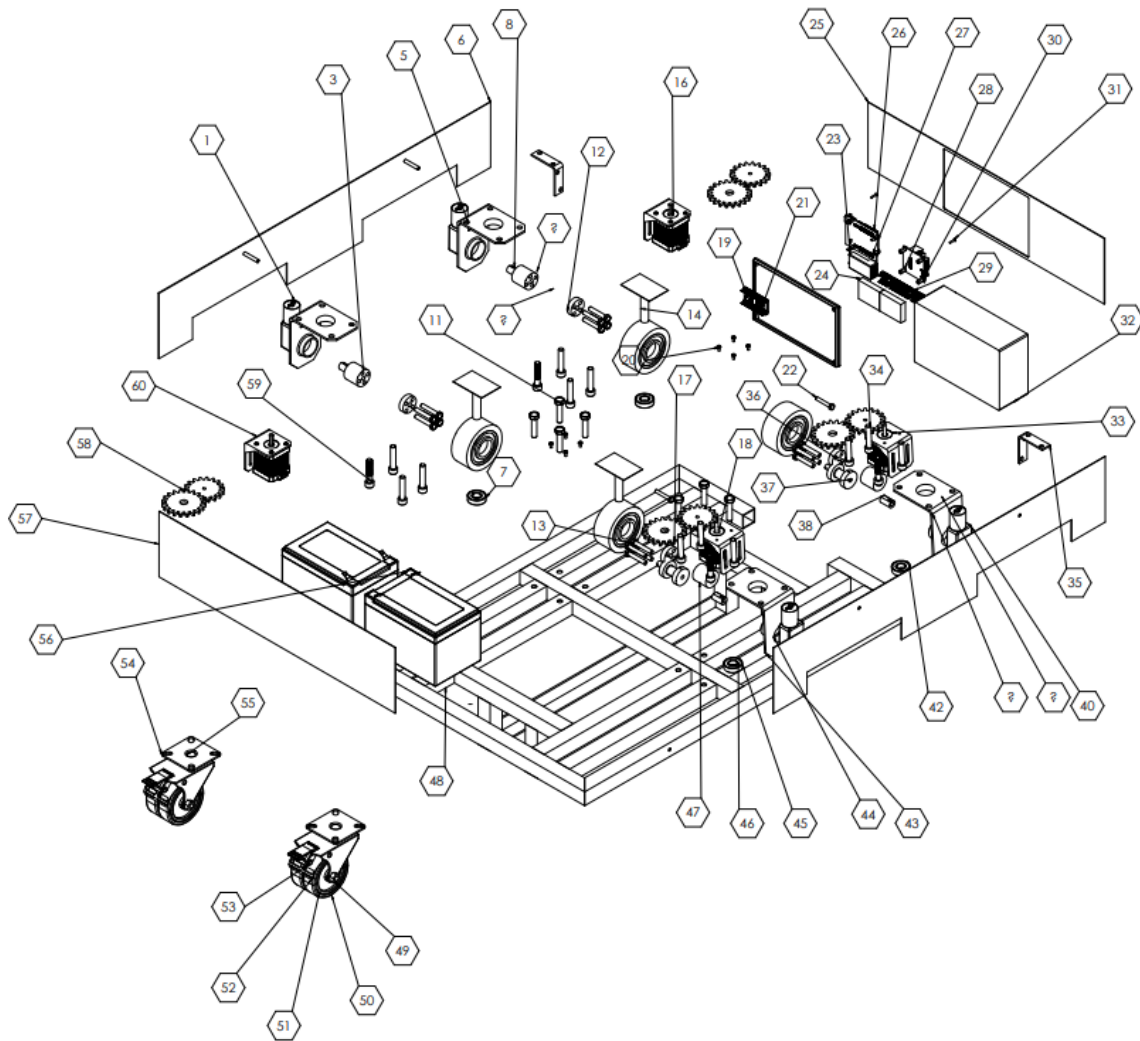


Figura 33. Explosión de Piezas
Fuente: Hecho en SolidWorks

En la **Figura 34** vemos la explosión de las partes de nuestro carro de transferencia junto la numeración de cada una de las partes. con una descripción general de cada uno de sus componentes. Esto te ayudará a entender mejor su función, cómo se conectan entre sí y su importancia dentro del sistema.

La lista de partes de la **TablaII** conforman las partes del robot. Ya que el carro de transferencia cumple con la función del traslado de las bobinas mediante las ruedas(9) las cuales giran con la ayuda de nuestro motor paso a paso(16), las cuales se mueven gracias a las batería(56), además el sistema de elevación sube con la ayuda de tornillo sin fin(3) el cual nos da más torque permitiéndonos elevar el bastidor, y todas las señales las recibe del transmisor(23) y los componentes electrónicos(31, 21, 22 y 1) que gracias a ellos podemos controlar el carro de transferencia.

Número	Pieza	Descripción	Cantidad
1	Wordm Drive Motor	El dará el movimiento de las ruedas	4
3	Eje Circular	eje de rotación	4
5	Soporte de Rueda Nueva	Sujeta la rueda	4
6	Plancha Lateral de 1m	Carcasa para el robot	2
7	6001zz-01	Rodamiento de Bolas	8
8	Acople de Motor Alto Torque	Conecta el motor con otra pieza	4
9	Rueda	Rueda móvil del robot	4
10	Soporte interior	Sujeta el Rodamiento	4
11	B18.2.3.2M - FORMED HEX SCREW, M8 X 1.25 X 35	Son Tuercas	8
12	Eje Circular	Eje interno del rodamiento	4
13	Formed Hex Screw Am	Tuerca hexagonal	24
14	Eje de Giro de Rueda Fija	Es el eje de la rueda fija	7
16	Motor Paso Nema	Permitira mover las ruedas	5
17	METRIC - SPUR GEAR 3M 20T 20PA 4FW	Engrane Recto	6
19	Tapa para Gabinete	Cubre los componentes electrónicos	1
20	B18.6.7M - M3 X 0.5 X 6	Tornillos de Cabeza Redonda	36
21	ESP32 de 32 Pines	Módulo Wifi Bluetooth	1
22	202105X30	Pernos	4
23	FLYSKY IS6B RECEIVER	Receptor FlySky iA6B es compacto y tiene 6 canales	1
24	MINI PROTOBOARD	Placa para conectar componentes electrónicos	3
25	PLANCHA NUEVA FRONTAL Y POSTERIOR DE 1M	Carcasa del Robot	1
26	EXPANSION BOARD ESP 32 SHIELD	Placa de Expansión de Entradas y Salidas	1
27	SEPARADOR LATON H-M M3X10X6MM	Separadores	4
28	SEPARADOR LATON H-H M3X10MM	Separadores	4
29	A4988-STEPPER-DRIVER- WITHPINS	Control de Motor Paso a Paso	6
30	L298N	Controlador del Motor	1
31	B18.6.7M - M2 X 0.4 X 10	Tornillo de Cabeza Redonda M2 X 0.4	4
32	GABINETE	Van los componentes electrónicos	1
34	B18.3.1M - 8 X 1.25 X 40 HEX SHCS – 28NHX	Tornillos 8 X 1.25	18
44	Angulo	Estructura metálica	2
48	Armazón 2	Estructura base metálica	1
49	SOPORTE DE GARRUCHA	Sujetador la garrucha	2
50	5.1.8.1.RUEDA D75	Rueda de Diámetro 75	2
51	5.1.8.2.GOMA D75	Caucho para Rueda de Diámetro 75	2
52	5.1.9.2.CHAPA FRENO D75	Chapa para la rueda de Diámetro 75	2
53	5.1.9.1.FRENO D75	Freno para Rueda de Diámetro 75	2
54	Pieza Giratoria	Permite girar	2
55	Pasador	Para el eje	2
56	BATERÍA 12V-12AH	Batería Ácida-Sellada	2
57	Plancha Nueva Frontal Y Posterior DE 1M	Carcasa del Robot	1
58	METRIC - SPUR GEAR 3M 18T 20PA 4FW —S18O8H17L5N	Engrane Recto	6
59	B18.3.1M - 8 X 1.25 X 40 HEX SHCS – 28SHX	Tornillo 8 X 1.25	6
60	Soporte para Enema17	Soporte para el motor	5
61	Plancha Nueva Inferior 1m	Carcasa del robot	1
62	Plancha Nueva Inferior 1m	Carcasa del robot	1
63	Angulo	Soporte	2
64	B18.2.4.5M - HEX JAM NUT, M8 X 1.25 –D-N	Tuerca M8 X 1.25	8
65	Plancha Nueva Inferior de 1M	Carcasa del robot	1

Tabla II
LISTA DE PIEZAS

En el centro del robot se encuentra el sistema eléctrico, lo podemos observar en la **Figura 35** y este sistema es fundamental para su funcionamiento. Aquí están ubicados los circuitos que controlan las ruedas, los sensores y el movimiento del robot. Gracias a este sistema, el robot puede recibir señales y responder a los comandos enviados a través del transmisor y receptor FLYSKY FS-i6, permitiendo un control preciso y eficiente en sus desplazamientos.

Número	Parte	Funcionamiento
1	Drive A4988	Nos permite controlar los motores paso a paso
2	L298N de 4 Canales	Permite controlar el motor
3	ESP32 de 38 pines	Es un microcontrolador que incluye Wi-Fi y Bluetooth
4	Receptor del Flysjy 6IB	Es el que permitirá controlar el carro de transferencia

Tabla III
TABLA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

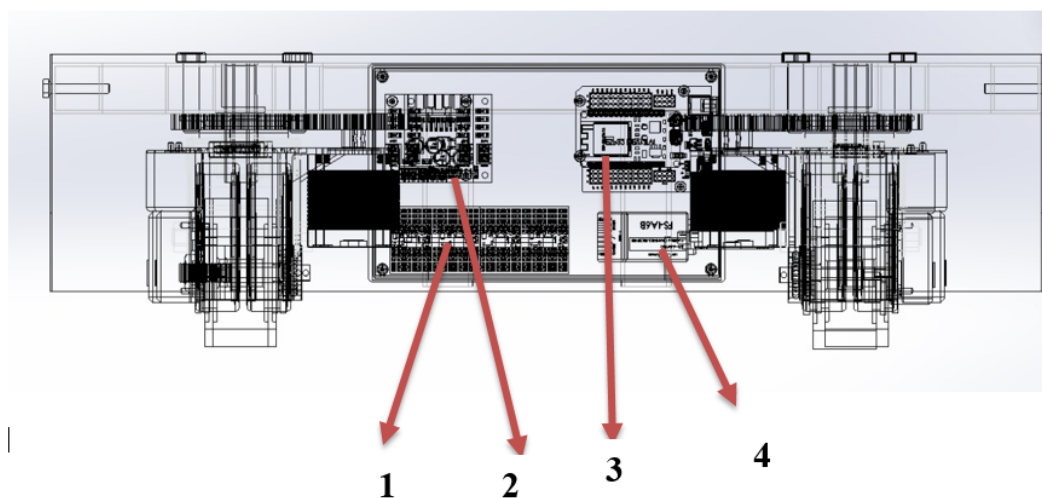


Figura 34. Caption

En la **Figura35** podemos ver la parte electrónica de nuestro carro de transferencia así como la enumeración de los componentes los cuales los veremos cuales son en la **TablaIII** que se mostrará a continuación.

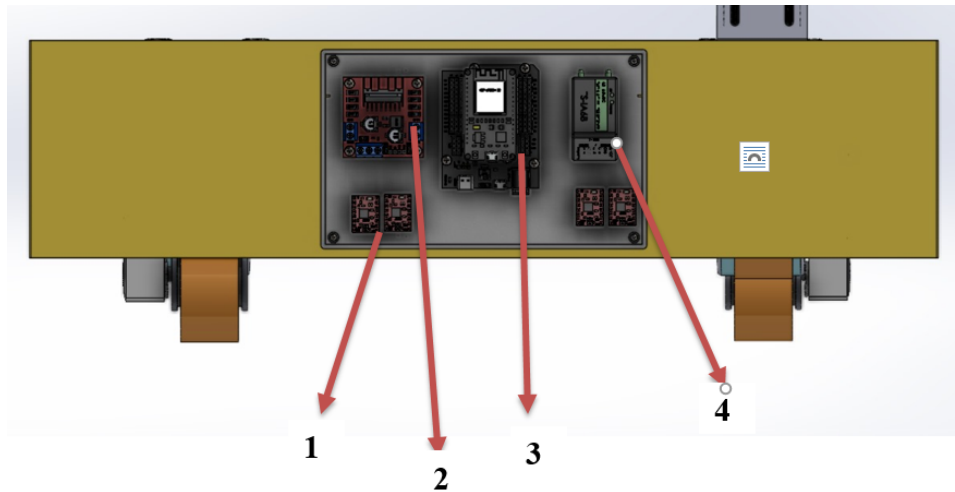


Figura 35. Diseño usando SolidWorks
Fuente: Propia

En la **Tabla III** nos presenta los componentes electrónicos de nuestro carro de transferencia los cuales están cubiertos por la carcasa que a su vez los protege. Gracias a estos componentes electrónicos podemos mover el carro de transferencia, elevar el bastidor así como poder controlarlo a distancia mediante su receptor(4), lo cual nos permite trasladar las bobinas de papel.

VI-C2. Diseño del Bastidor: El bastidor es una de las estructuras principales del robot, algo así como su "esqueleto". Es el encargado de soportar todo el peso y las cargas que el robot tiene que manejar durante su funcionamiento. Además, le proporciona la estabilidad necesaria para que no se desestabilice ni se deforme mientras se mueve o realiza tareas. Sin un buen bastidor, el robot no podría mantenerse firme ni responder adecuadamente a los movimientos y esfuerzos que genera su actividad. Es, sin duda, la base que le da soporte y lo mantiene funcionando correctamente.

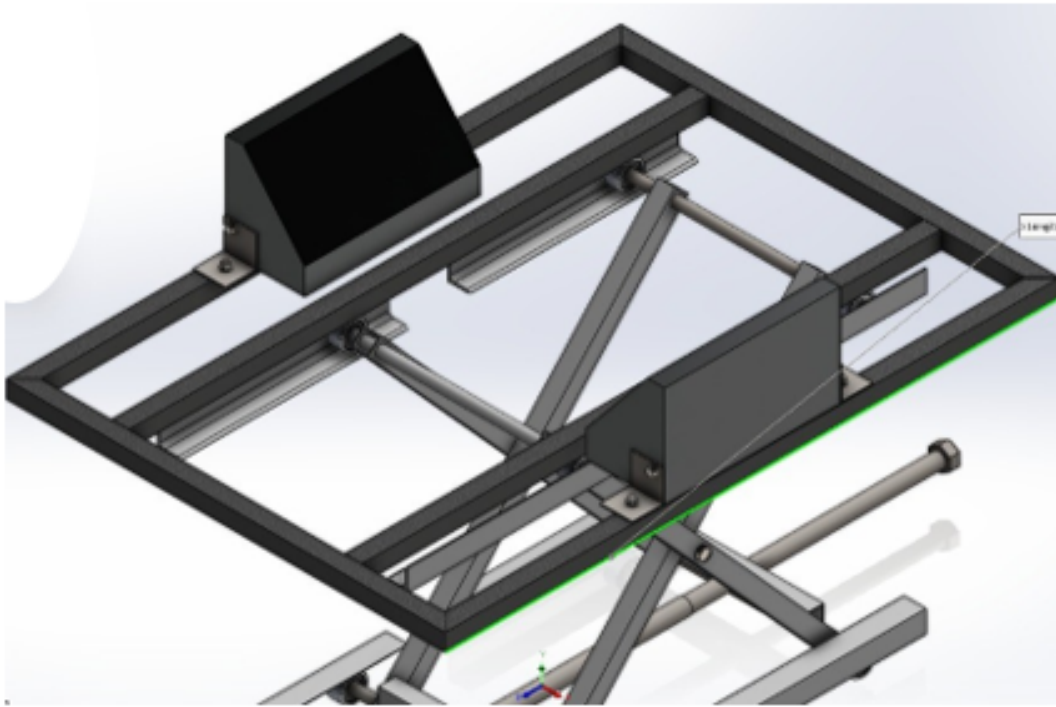


Figura 36. Bastidor del Robot
Fuente: Propia

En la **Figura 36** vemos al bastidor que esta hecho de tubo cuadrado galvanizado de 3/4 in, del mismo material esta hecho nuestra tijera, solo los apoyos están hechos usando una plancha galvanizada y emperrada estos nos permitirá mantener en su lugar a la bobina de papel.

VI-C3. Diseño y Cálculos del Mecanismo de Elevación: Estas plataformas suben y bajan gracias a un sistema de brazos cruzados que se abren y cierran como una tijera. Cuando los brazos se estiran, la plataforma sube, y cuando se encogen, baja de forma controlada. Es un mecanismo simple pero muy efectivo, perfecto para trabajar en altura de manera segura y sin complicaciones.

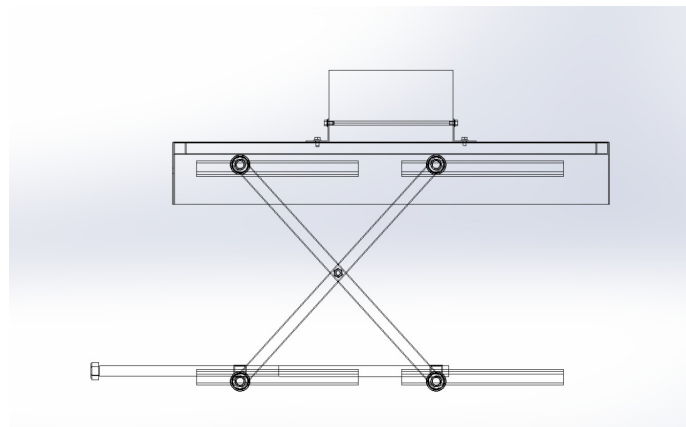


Figura 37. Diseño del la Tijera
Fuente: Propia

VI-C4. *Diseño de la Tijera del Robot:* En la **Figura 38** podemos observar la explosión de piezas de nuestro sistema de elevación mediante el software SolidWorks el cual nos permite realizar dicha acción además de hacer los ajustes convenientes y simulación para verificar y comprobar que nuestro diseño soporta y cumple con las pruebas.

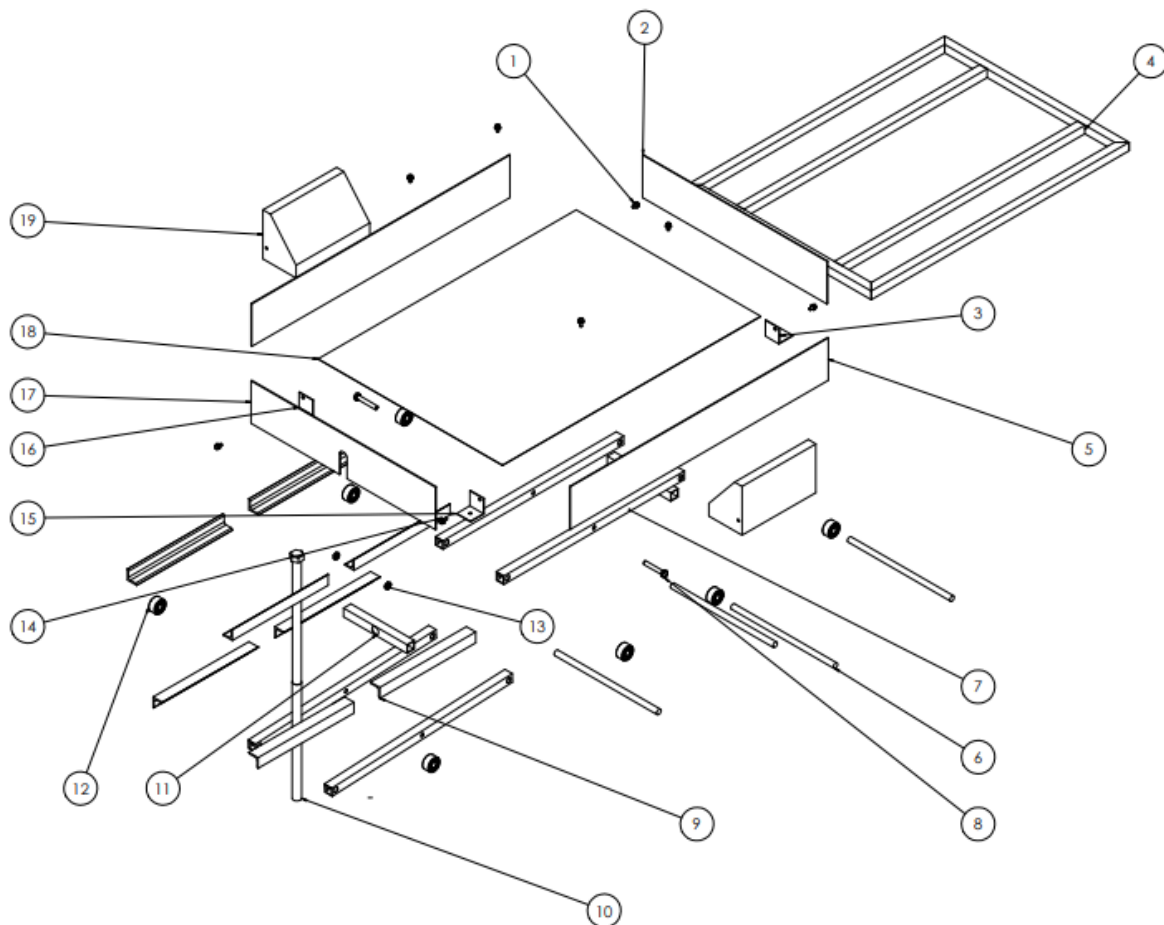


Figura 38. Explosión de las partes de la tijera

En la **Tabla IV** vemos la lista de partes de nuestro mecanismo de elevación tipo tijera, el cual nos permite realizar dicha función gracias a sus componentes, el funcionamiento es: que gracias al tornillo(10) sin fin podemos elevarlo ya que nos da un mayor torque el cual permite desplegar los brazos(9) de nuestra tijera, elevando la plataforma a la altura desea y dicha plataforma cuadrada la cual esta recubierta de planchas galvanizadas(16) y con los apoyos(19) que mantienen en su lugar a la bobina de papel y a los demás componentes que nos permiten realizar la elevación

Número	Pieza	Cantidad
1	Perno M5	6
2	Panel	1
3	Ángulo de Soporte para Bobina	1
4	Plataforma para Tuerca Mecánica	1
5	Panel	1
6	Eje para Rodamiento	4
7	Estructura de la Tijera	4
8	Perno M8	2
9	Base de la Tijera	2
10	Eje sin Roscas	2
11	Estructura de la Tijera	2
12	Rodamiento 5251	8
13	Tuerca Hexagonal	2
14	Tuerca M5	2
15	Ángulo de Soporte para Bobina	1
16	Ángulo de Soporte de bobina	1
17	Panel	1
18	Panel Superior	1
19	Soporte para Bobina	2
20	Ángulo soporte para Bobina	1 //

Tabla IV

EXPLOSIÓN DE LAS PARTES DE LA TIJERA

Fuente: Propia

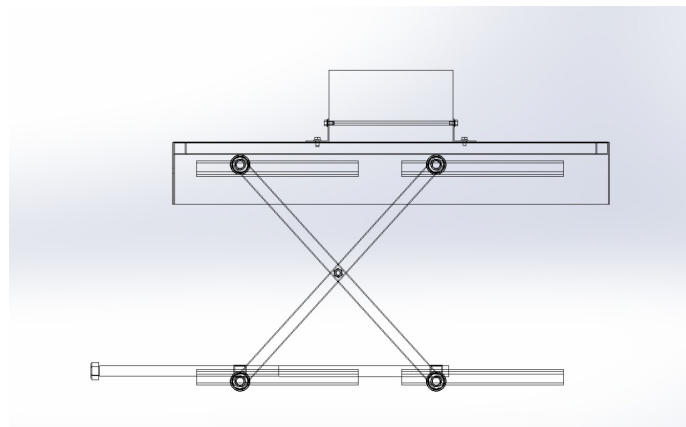


Figura 39. Diseño del la Tijera

Fuente: Propia

VI-C5. *Carga y Tipo de Carga:* A continuación realizamos el diagrama del cuerpo libre de a tijera para luego realizar los cálculos de las fuerzas que actúan sobre el mecanismo de elevación tipo tijera.

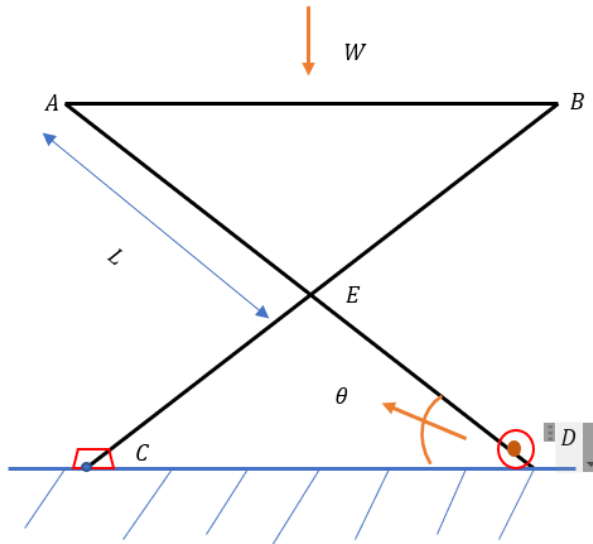


Figura 40. Diagrama del Cuerpo Libre
Fuente: Propia

Así como las repartición de las fuerzas que actúan en la misma.

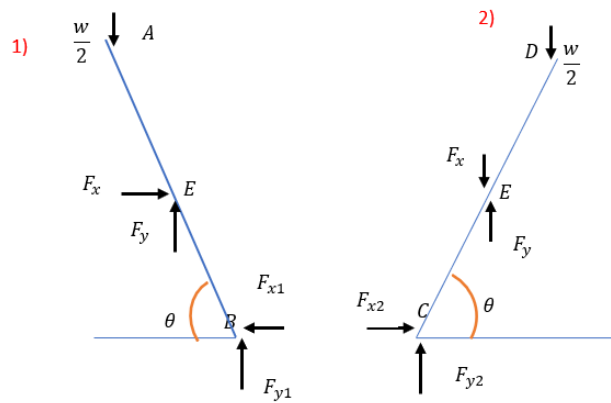


Figura 41. Repartición de las fuerzas
Fuente: Propia

Procedemos a ver la gráfica:

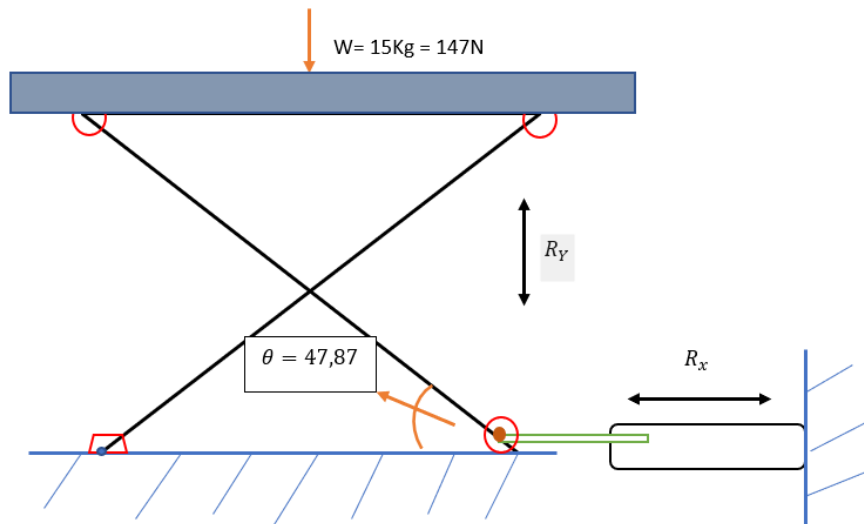


Figura 42. Distribución
Fuente: Propia

Ecuación A

$$\sum_B = 0 = \frac{w}{2} * (2L) * \cos o - F_y * \cos o - F_x * L * \sin o \quad (1)$$

Ecuación B

$$\sum F_x = 0 = F_x - R_{x1} \quad (2)$$

Ecuación C

$$\sum F_y = 0 = -\frac{w}{2} + F_y + F_{1y} \quad (3)$$

Ecuación D

$$\sum B_A = 0 = -\frac{w}{2} * 2L * \cos o - F_y * L \cos o + F_x * L * \sin o \quad (4)$$

Ecuación E

$$\sum F_y = 0 = -F_x - R_{2x} \quad (5)$$

Ecuación F

$$\sum F_y = 0 = -\frac{w}{2} - F_y + F_{2y} \quad (6)$$

Tenemos 6 ecuación que serían 6 variables, ahora procedemos a despejar Ecuación A

$$0 = \frac{w}{2} * (2L) * \cos o - F_y * \cos o - F_x * L * \sin o$$

$$F_y = \frac{-\frac{w}{2} * 2L * \cos o}{L * \cos o} + \frac{F_x * L * \sin o}{L * \cos o} \quad (7)$$

$$F_y = -w + F_x * \tan o$$

Ecuación D

$$0 = -\frac{w}{2} * 2L * \cos o - F_y * L \cos o + F_x * L * \sin o$$

$$F_x = \frac{\frac{w}{2} * 2L \cos o}{L * \sin o} - \frac{F_y * L * \cos o}{L * \sin o} \quad (8)$$

$$F_x = \frac{w}{2} - \frac{F_y}{\tan(o)}$$

Por sustitución ecuación A en ecuación B

$$F_x = \frac{w}{\tan(o)} - \left(\frac{-w + F_x * \tan(o)}{\tan(o)} \right)$$

$$F_x = \frac{2w}{\tan(o)} + F_y$$

$$F_x = \frac{w}{\tan(o)}$$
(9)

Si

$$-R_1x + F_y = 0$$

$$R_1x = F_y$$

Y

$$R_2x - F_y = 0$$

$$R_2x = F_y$$

Por lo tanto

$$F_y = R_1x = R_2x = \frac{w}{\tan(o)}$$
(10)

Teniendo la ecuación A y B

A) $-w + F_x * \tan(o) = F_y$

B) $\frac{w}{2} - \frac{F_y}{\tan(o)} = F_x$

$$F_y = -w + \left(\frac{w}{\tan(o)} - \frac{F_y}{\tan(o)} \right) * \tan(o)$$

$$F_y = -F_y$$

$$F_y = 0$$
(11)

Para calcular las reacciones ascendentes

F)

$$0 = -\frac{w}{2} - F_y + R_2y$$

$$\frac{w}{2} = R_2y$$
(12)

C)

$$0 = -\frac{w}{2} + F_y + R_1y$$

$$\frac{w}{2} = R_1y$$
(13)

En conclusión

$$R_1x = R_2x = \frac{w}{\tan(o)}, \text{concluimos :}$$

$$F_x = \frac{w}{\tan(o)}$$
(14)

Entonces:

$$R_{1y} = R_{2y} = \frac{w}{2}$$

$$F_y = 0$$

Ya con las ecuaciones obtenidas solo procedemos a reemplazar con los valores de nuestro carro.

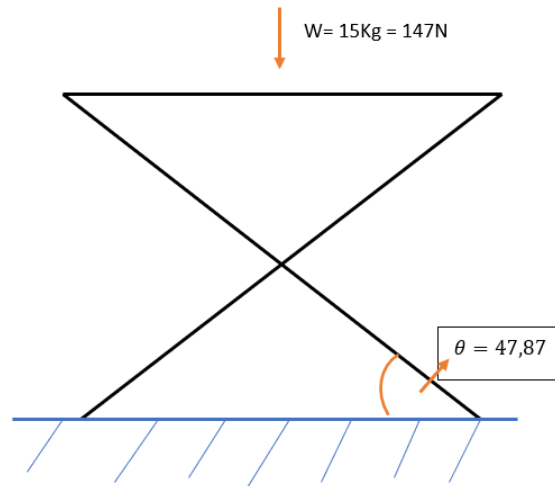


Figura 43. Medidas de la tijera de nuestro diseño
Fuente: Propia

Y utilizando las formulas despejadas anteriormente podemos decir que:

Las fuerzas de equilibrio en carga $R_x = 132,96\text{N}$

Y las de $R_y = 73,50\text{N}$

VI-C6. Cálculos de Flexión: Datos:

- Fuerza: $132,96\text{N}$
- Espesor del rectángulo(h): $0,8\text{ mm}=0,00008\text{m}$
- Ancho del rectángulo(W): $20\text{mm}=0,02\text{m}$
- Largo del rectángulo(L)= $30\text{mm}=0,03\text{m}$
- Deflexión: φ

Flexión:

$$\varphi = \frac{3FL}{2Wh^2}$$
$$\varphi = \frac{3 * 147\text{N} * 0,03\text{m}}{2 * 0,02\text{m} * (0,00008)^2}$$
$$\varphi = 46,74\text{MPa} \quad (15)$$

Módulo de Flexión(E):

$$E = \frac{L^3 * F}{4 * W * h^3 * \phi}$$
$$E = \frac{(0,03)^3 * 132,96N}{4 * 0,02m * (0,00008m)^3 * 46,74MPa}$$
$$E = 1,875KPa$$
(16)

Esfuerzo de compresión

$$\sigma = \frac{F}{A_{trans}}$$
$$\sigma = \frac{132,96N}{7,744 * 10^{-5}m^2}$$
$$\sigma = 1,717MPa$$
(17)

Para calcular A_{trans} de mi tubo cuadrado debemos hacer lo siguiente:

$$A_{trans} = (b_{ext} * h_{ext}) - (b_{int} * h_{int})$$
$$A_{trans} = (30mm * 20mm) - (28,4 * 18,4)$$
$$A_{trans} = 77,44mm^2 = 7,744 * 10^{-5}m^2$$
(18)

VI-C7. *Análisis y simulación de la tijera mecánica:* Bobina de papel Kraft

- Peso: 12kg
- Color: Café
- Diámetro: 60 cm
- Calidad: 50gr/m2

Nombre del modelo: TIJERA MECANICA PARA CARRO DE TRANSFERENCIA
Nombre de estudio: ANALISIS DE ESFUERZO(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS min = 1,3e+02

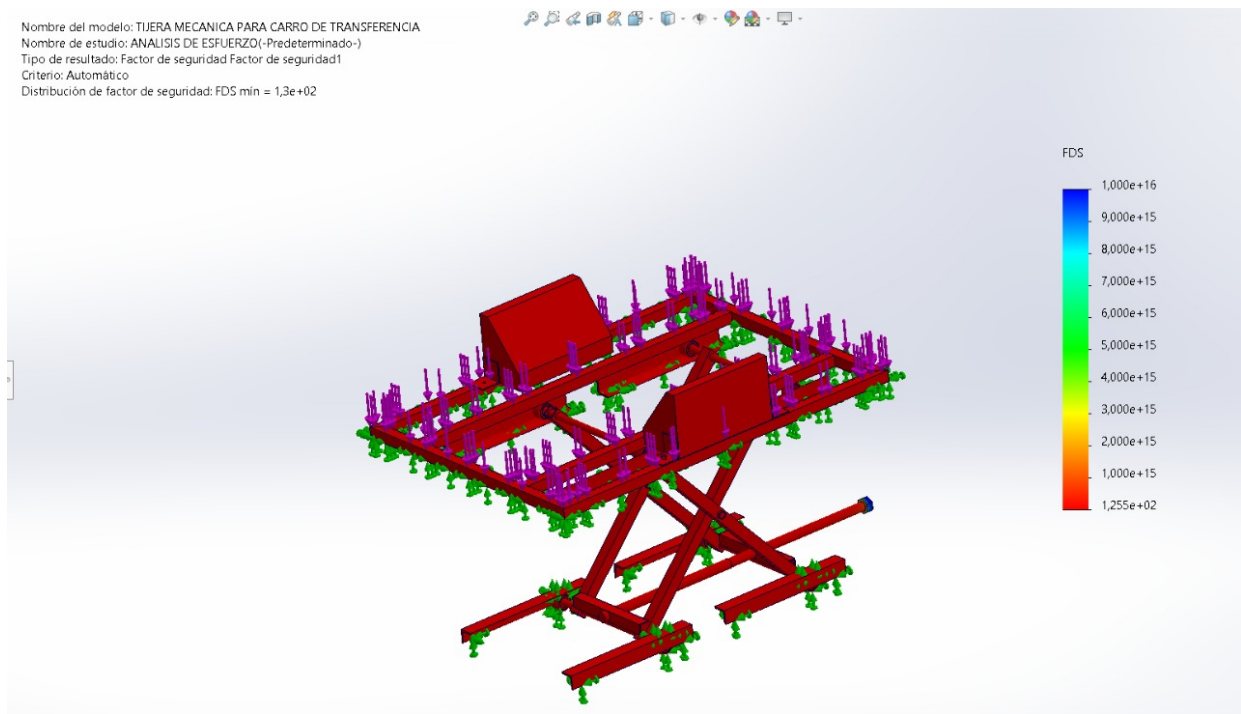


Figura 44. Análisis de Esfuerzos
Fuente: Propia

En la **Figura 44** observamos la simulación de la estructura de nuestra tijera mecánica para nuestro carro de transferencia y observamos el factor de seguridad es considerablemente mayor a 1, lo cual indica que la estructura es suficientemente resistente cuando cuando la carga es aplicada.

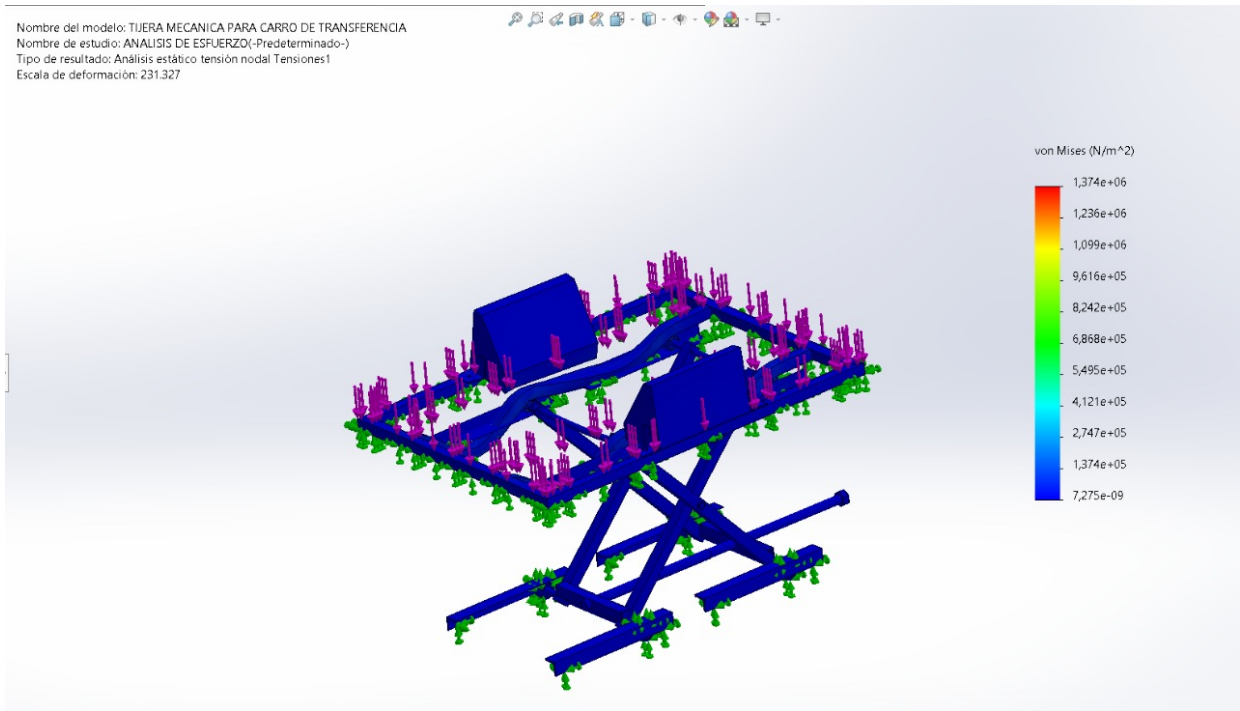


Figura 45. Análisis del Robot
Fuente: Propia

En la **Figura 45** observamos el análisis de esfuerzo de Von Misses y vemos que el máximo valor es de 231,32 Pa. En la simulación que hicimos en SolidWorks, vimos que la carga se reparte de manera uniforme por toda la estructura. Este número nos muestra cuánta tensión soporta la estructura cuando se le aplica la carga. Si este valor está por debajo de lo que el material puede resistir antes de deformarse, entonces todo está bien y la estructura debería aguantar sin problemas. Como la carga se distribuye igual, no hay puntos donde se concentren tensiones peligrosas, lo que ayuda a evitar fallos.

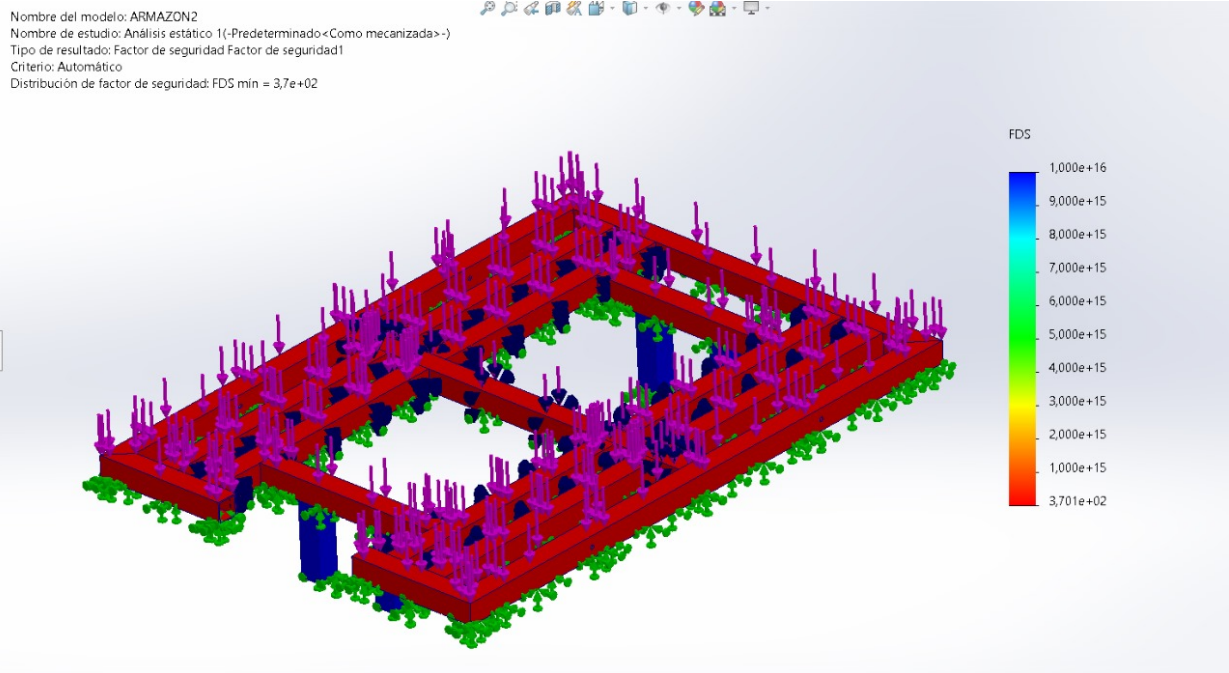


Figura 46. Caption

Mediante el análisis mostrado en la **Figura 46** podemos saber si nuestra estructura es capaz de soportar la carga que soportara sin llegar a fallar. Es decir, compara la resistencia del material de la estructura con el esfuerzo aplicado. En este caso se ve representado en un 3,7, lo cual significara que nuestro diseño es seguro. Gracias a la simulación del factor de seguridad podemos encontrar zonas críticas, lo cual ayuda a optimizar materiales y prevenir fallas antes de la construcción de la estructura.

VI-D. Cálculo de Tornillo de Potencia



Figura 47. Diseño del Tornillo de Potencia en SolidWorks
Fuente: Propia

Datos:

- d = diámetro mayor
- d_m = diámetro menor
- d_p = diámetro de paso
- d_m = diámetro de paso
- $p = l$ = paso
- μ = Coeficiente de fricción
- F = Carga Axial
- f_c = Fuerza de Fricción
- d_c = Diámetro de collarín

Procedemos a calcular el diámetro medio, diámetro menor y el avance:

$$d_m = d - \frac{p}{2} = 16 - \frac{2,4}{2} = 14,8mm = 0,0148m$$

$$d_r = d - p = 16 - 2,4 = 13,6mm = 0,0136m$$

$$l = n * p = 1 * 2,4 = 2,4mm = 0,0024m$$

(19)

Determinamos el par de torsión que se requiere para girar el tornillo

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TORNILLO – TUERCA μ				
MATERIAL TORNILLO	MATERIAL DE LA TUERCA			
	ACERO	BRONCE	LATÓN	FUNDICIÓN N
➔ ACERO SECO	➔ 0.20	0.18	0.17	0.20
ACERO LUBRICADO	0.15	0.12	0.12	0.13
BRONCE	0.10	0.05		0.075

Figura 48. Tabla de coeficiente de Fricción
Fuente: Propio

Diámetro de Fricción

Combinaciones de superficies	Emocionante	A partir de
Acero blando sobre hierro fundido	0,12	→ 0,17
Acero duro sobre hierro fundido	0,09	0,15
Acero blando sobre bronce	0,08	0,10
Acero duro sobre bronce	0,06	0,08

Figura 49. Tabla de Fricción de diámetro Y

Par de Torsión(T_R)

$$T_R = \frac{F_x * d_m}{2} \left(\frac{l + \pi * f * d_m}{\pi * d_m - f * l} + \frac{F_x * f_c * d_c}{2} \right)$$

$$T_R = \frac{132,96 * 0,0148}{2} \left(\frac{0,0024 + \pi * (0,2 * 0,0148)}{\pi * (0,0148) - (1 * 0,0024)} \right) + \frac{132,96 * 0,20 * 0,165}{2}$$

$$T_r = 2,45Nm$$

Determinamos la eficiencia global de la carga

$$e = \frac{F * l}{2 * \pi * T_r}$$

$$e = \frac{132,96 * 0,0024}{2 * \pi * 2,45}$$

$$e = 0,020$$

Determinamos el esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{16T_R}{\pi * d_r^3}$$

$$\tau = \frac{16 * 2,45(10^3)}{\pi * 0,0136^3}$$

$$\tau = 4,96MPa$$

Determinamos el esfuerzo axial normal

$$\sigma = -\frac{4F}{\pi * d_r^2}$$

$$\sigma = -\frac{4 * 132,96 * (10^3)}{\pi * 0,0136^2}$$

$$\sigma = -0,917MPa$$

Esfuerzo Flexionante

$$\sigma_b = \frac{6(0,38 * F)}{\pi * d_r(1)p}$$

$$\sigma_b = \frac{6 * (0,38 * 132,96N)}{\pi * (0,0136m)(1) * 0,0024m}$$

$$\sigma_b = 0,0029MPa$$

Esfuerzo de Von Misses:

$$\sigma_b = \frac{1}{\sqrt{2}} * \sqrt{((0,0029 - 0)^2 + [0 - (-0,917)]^2 + (-0,917 - 0,0029)^2 + 6(2,45)^2)}$$

$$\sigma_b = 4,29MPa$$

Calculo de la Velocidad de Elevación

$$\begin{aligned}V_{elevación} &= \frac{distancia}{tiempo} \\V_{elevación} &= \frac{0,4m}{13s} \\V_{elevación} &= 0,0307 \frac{m}{s}\end{aligned}\tag{26}$$

Calculo de la velocidad del tornillo

$$\begin{aligned}w &= \frac{V_{elevación}}{l} \\w &= \frac{0,0307m/s}{0,0024m} \\w &= 12,82 \frac{rad}{s} \\w &= 122,14rpm\end{aligned}\tag{27}$$

Y con eso calculo la potencia del motor

$$\begin{aligned}P &= \tau * w \\P &= 2,45Nm * 12,82rad/s \\P &= 31,40w = 0,0421HP\end{aligned}\tag{28}$$

VI-D1. *Diseño y calculo de las ruedas:* Teniendo los siguientes datos:

Peso que soporta cada rueda(P_r)

Peso Total(P_t): Incluyen el peso de la carga más el del carro(carga:15Kg y carro: 45Kg)

Número de Ruedas(N): 4

Por lo cual:

$$\begin{aligned}P_r &= \frac{P_t}{N} \\P_r &= \frac{60Kg}{4} \\P_r &= 15Kg\end{aligned}\tag{29}$$

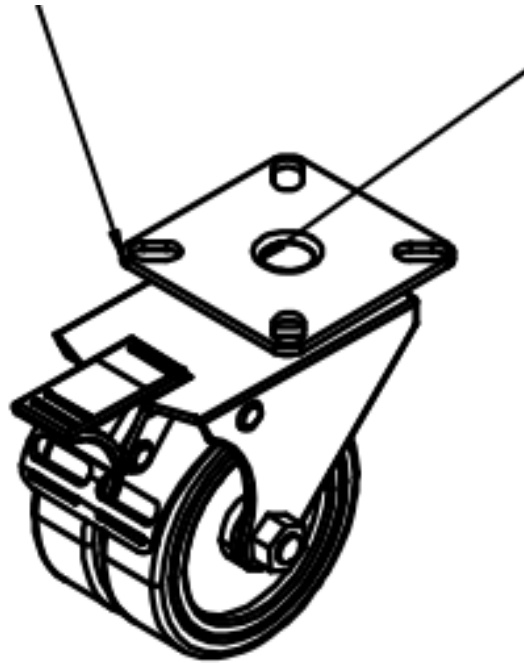


Figura 50. Diseño de Rueda
Fuente: Propia

VI-D2. Potencia del motor de traslación de las ruedas: Datos:

Aceleración(a)= Es la gravedad(g) lo cual es $9,81 \frac{m}{s^2}$

Tiempo de traslación= 51 segundos

Diámetro de Rueda: 75cm $\rightarrow r = 0,375m \rightarrow r = 0,0375m$

Peso de la carga(m) por rueda= 15kg

Desplazamiento(d): 2 metros(m)

Para sacar la potencia se debe realizar la siguiente formula:

$$P = T * w \quad (30)$$

Calculamos V

$$V = \frac{2}{51} \quad (31)$$

$$V = 0,0392m/s$$

Con los cálculos obtenidos tenemos la velocidad angular:

$$w = \frac{V}{r} \quad (32)$$

$$w = \frac{0,0392 \frac{m}{s}}{0,0375m}$$

$$w = 1,04rad/s$$

Sacamos la Fuerza Normal(F_n):

$$\begin{aligned} F_n &= 15kg * 9,81 \\ F_n &= 147N \end{aligned} \quad (33)$$

Superficie de rodamiento	Valor máximo de μ	Valor de deslizamiento de μ
Asfalto seco	0.8-0.9	0.75
Hormigón seco	→ 0.8-0.9	0.76
Asfalto húmedo	0.5-0.7	0.45-0.6
Hormigón húmedo	0.8	0.7
Grava	0.6	0.55
Nieve	0.2	0.15
Hielo	0.1	0.07

Figura 51. Tabla de Coeficiente de Fricción de la Rueda de Caucho

Ahora procedemos a sacar la Fuerza de la rueda:

$$\begin{aligned} F_{rueda} &= F_n * \kappa \\ F_{rueda} &= 147N * 0,8 \\ F_{rueda} &= 117,6N \end{aligned} \quad (34)$$

Ahora calculamos el Torque de la rueda.

$$\begin{aligned} T_{rueda} &= F_r * r \\ T_{rueda} &= 117,6N * 0,0375m \\ T_{rueda} &= 4,41Nm \end{aligned} \quad (35)$$

Ahora procedemos a calcular la potencia.

$$\begin{aligned} P_{rueda} &= T_{rueda} * w \\ P_{rueda} &= 4,41Nm * 1,047rad/s \\ P_{rueda} &= 4,617W = 0,0062HP \end{aligned} \quad (36)$$

VI-D3. *Diseño Electrónico: Cálculos del consumo del sistema eléctrico*

Datos de los Componentes Electrónicos

- MÓDULO L298N: 0,036 A
- SENSOR AJUSTABLE TIPO SWITCH INFRARROJO DE PROXIMIDAD: 0,025 A
- MOTOR A PASOS PAP 2,4KG.CM NEMA: 0,84 A
- RECEPTOR FLYSKY FS-IA6B 2,4G 6 CANALES PPM: 0.06 A
- Motor alto torque JGY370 DC12V 10RPM: 0.6 A
- Driver A4988 para motor paso a paso: 1,5 A (Cuando esta en trabajo) y en reposo 0.015A
- Regulador de voltaje DC-DC LM2596S con Display Step down: 0.49 A
- MOTOR REDUCTOR 37D 12V DC 100RPM ZGA37RG: 1,1 A

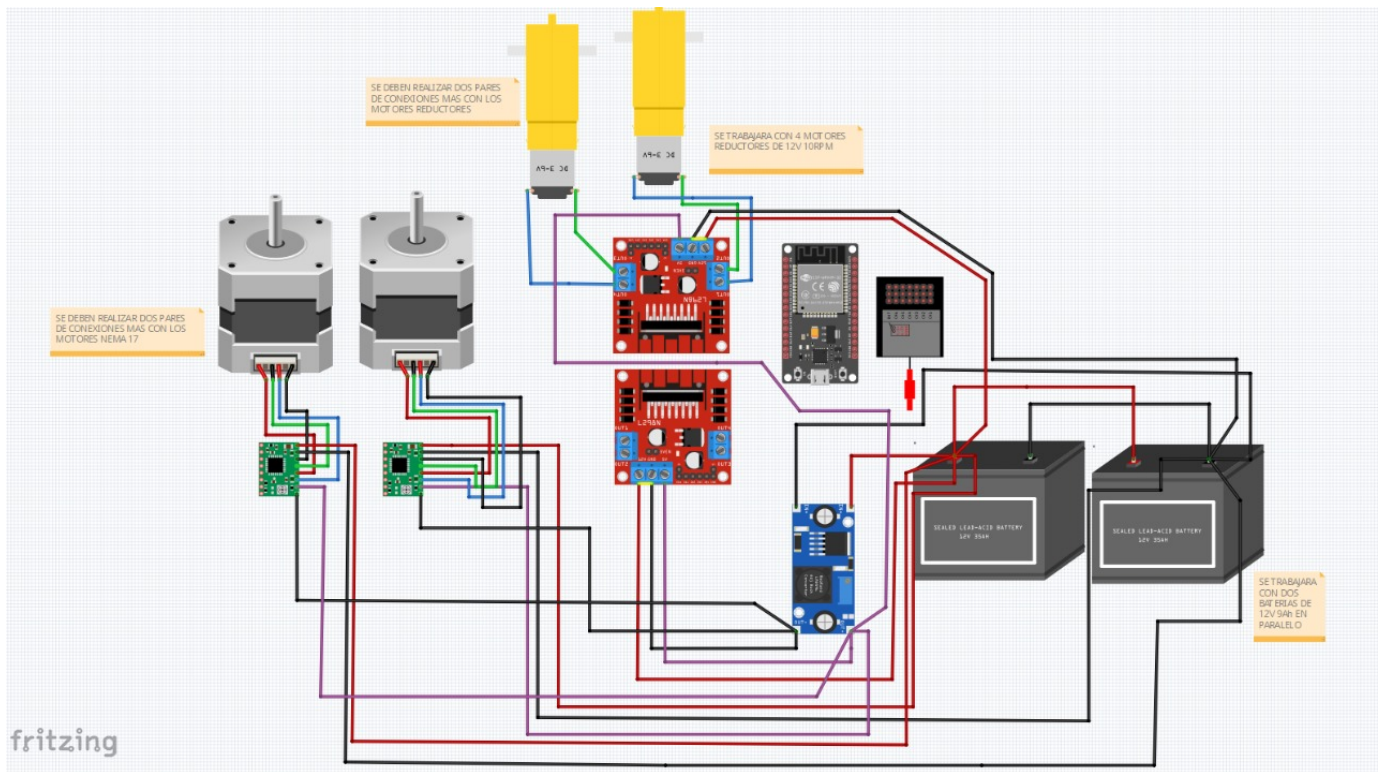


Figura 52. Sistema Electrónico del Carro de Transferencia
Fuente: Propia

Sumamos los Amperios de consumo de cada componente.

$$A_t = 0,036 + 0,025 + 0,84 + 0,06 + 0,6 + 1,5 + 0,49 + 1,1$$

$$A_t = 5A \quad (37)$$

Por lo que vemos el sistema eléctrico consume un total de 5 amperios y nuestras dos baterías ácidas-selladas conectadas en paralelo tienen una autonomía de 18 amperios por lo cual es más que suficiente para que funcione nuestro sistema eléctrico.

VI-D4. Código de programación del robot: Procedemos a desarrollar el código de programación del robot, el cual es fundamental para gestionar y coordinar el funcionamiento de sus diversos componentes. Este código se encuentra en el Anexo 1. Mediante este código, podemos controlar el sistema de tracción, la dirección y la elevación de la bobina de papel, asegurando una respuesta precisa a las órdenes enviadas desde nuestro control remoto Flysky FS-I6X. Para la programación utilizamos el software Arduino IDE, una plataforma versátil y ampliamente utilizada en el desarrollo de sistemas embebidos. En este entorno, escribimos y depuramos el código, definiendo las instrucciones necesarias para la correcta operación del robot. Se implementaron funciones para interpretar las señales enviadas desde el control Flysky, traduciendo los comandos en movimientos específicos, ya sea desplazamiento hacia adelante, retroceso, giros o la activación del mecanismo de elevación.

Además, se integraron algoritmos para optimizar la respuesta del robot, garantizando una comunicación fluida entre los sensores y actuadores. Se realizaron pruebas exhaustivas para calibrar la velocidad, sensibilidad y precisión de los movimientos, asegurando que el sistema responda de manera estable y eficiente.

Una vez finalizada la programación y verificada su funcionalidad en simulaciones, se procedió a cargar el código en el microcontrolador, permitiendo así el control remoto total del robot y asegurando su operatividad dentro del entorno de trabajo para el que fue diseñado.

VI-E. Fase III Construcción del Robot

VI-E1. *Base de la estructura:* Para construir la base del robot, se usaron tubos cuadrados de 1 x 1.5 pulgadas de espesor, ideales por su resistencia y durabilidad. Estos tubos fueron cortados y soldados cuidadosamente siguiendo medidas exactas para asegurar una estructura firme y estable. De esta manera, la base podrá soportar sin problemas todos los componentes del robot, garantizando su correcto funcionamiento y brindando la resistencia necesaria para su desempeño en diferentes condiciones.



Figura 53. Base del Robot

Fuente: Propia

VI-E2. *Colocación de las rudas locas y la Ruda Fija:* Se realizo los hueco en el tubo cuadrado utilizando una broca de 3/8 in y usando pernos de 5/16 in para empernar las ruedas en la estructura base del robot. Las cuales fueron 4 ruedas fijas y dos ruedas locas, cada una fue colocada y empernada en el lugar correspondiente para que soprte la carga de forma equilibrada.



Figura 54. Colocación de Ruedas
Fuente: Propia

VI-E3. *Armado de la Estructura y Carcasa del Robot:* Se procedió utilizar una plancha de galvanizada 1.4MM 1/16 para hacer la carcasa del Prototipo a Escala de Carro de Transferencia para Bobinas de Papel de 12 Toneladas, una vez cortado las medidas para la carcasa del robot, se procede a perforar los huecos, empernar y enroscar los cortes que fueron previamente cortados de la plancha galvanizada.



Figura 55. Carcasa del Robot
Fuente: Propia

VI-E4. *Cálculos y selección de Batería:* Consideramos la tensión del sistema y consumo total aproximado pero al doble contamos:

Tensión del Sistema: 12V

Consumo: $80 \frac{W}{H} * 2 = 160 \frac{W}{H}$ Se considera Baterías selladas de ácido-plomo de 9 Ah a 12 V su potencia

$$P = 12V * 9Ah = 108w \frac{h}{d}$$

Una solo batería no es suficiente, 2 batería en serie manteniendo el voltaje y aumentando la corriente:

$$V : 12V \rightarrow V : 12V$$

$$I : 9Ah \rightarrow I : 18Ah$$

$$P = 12V * 18Ah = 216wh$$

Considerando que las baterías no deben ser utilizadas al 100 % de su capacidad para una mayor vida útil los 216 wh son considerables.

VI-E5. Sistema Electrónico: El diseño y simulación del sistema electrónico se llevó a cabo inicialmente en el software Cirkuit Designer, una herramienta que permite modelar de manera virtual el circuito antes de su implementación física. Gracias a esta plataforma, pudimos configurar cada componente eléctrico con precisión, asegurándonos de que todos los elementos funcionaran correctamente y estuvieran correctamente conectados.

Este proceso previo nos brindó la posibilidad de realizar ajustes y modificaciones en los parámetros del circuito, optimizando su diseño sin necesidad de gastar materiales o correr el riesgo de errores costosos en la fase de ensamblaje físico. Además, la simulación nos permitió prever posibles fallos, realizar pruebas de funcionamiento y asegurarnos de que la distribución de la corriente eléctrica fuera eficiente y segura para el sistema.

Una vez validado el diseño en el software, procedimos a la implementación física del circuito, siguiendo fielmente el esquema previamente simulado. Este enfoque no solo agilizó el proceso de construcción, sino que también minimizó el margen de error, garantizando un sistema eléctrico funcional y confiable desde el primer ensamblaje.

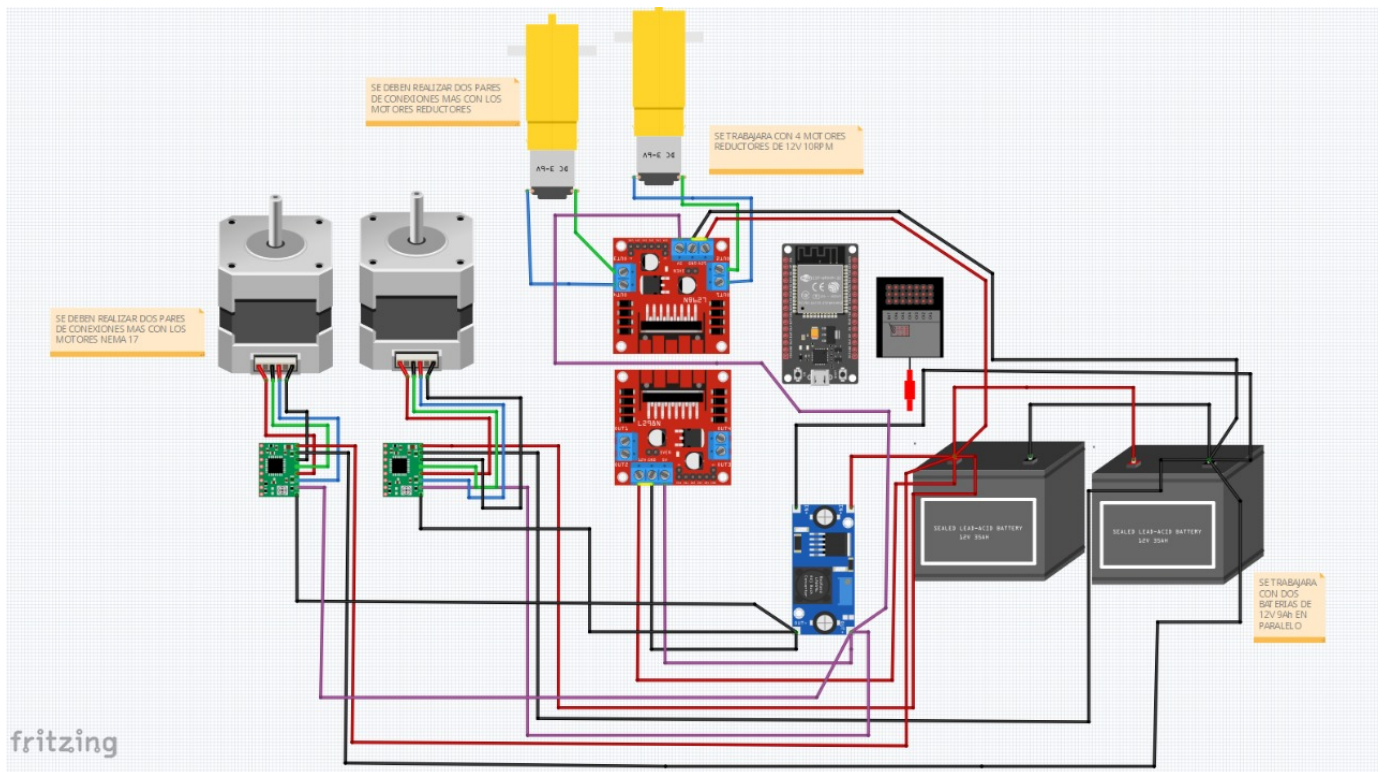


Figura 56. Esquema Eléctrico usando fritzing
Fuente: Propia

Después de realizar la comprobación en el software y asegurarnos de que todo esté funcionando correctamente, pasamos a la fase de ensamblaje y cableado de los componentes eléctricos del robot. En esta etapa, cada componente se coloca en su posición según el diseño, conectando cuidadosamente los cables para garantizar una instalación segura y eficiente. Es fundamental verificar que todas las conexiones sean firmes y estén bien organizadas para evitar fallos en el funcionamiento. Con este proceso, el robot queda listo para ser probado en condiciones reales y asegurarnos de que opera de manera óptima.

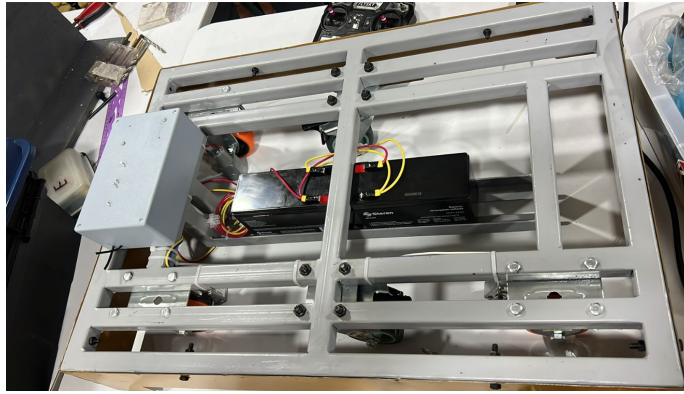


Figura 57. Colocación de los componentes eléctricos
Fuente: Propia

Y la parte electrónica donde esta los componentes mas importante del robot, donde esta distribuida los diferentes componentes electrolíticos de nuestro robot la cual esta dentro de su caja electrónica.lo cual nos permite presentar una mejor distribucion de nuestro circuito eléctrico a la vez que lo protege ya que son componente sensibles y fundamentales para poder controlar el robot y sus diferentes componentes.

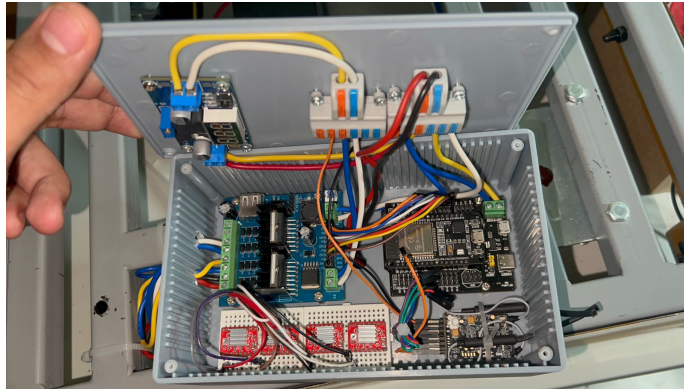


Figura 58. Circuito Electrónico
Fuente: Propia

VI-E6. Construcción de la Tijera: La construcción de la tijera es uno de los elementos más importantes cuando se trata de levantar una carga de manera eficiente. Esta estructura juega un papel fundamental, ya que, al combinarse con los pistones eléctricos, permite que la carga se eleve con facilidad y seguridad. Los pistones proporcionan la potencia necesaria para hacer que la tijera se extienda y se mantenga estable, lo que resulta en un levantamiento controlado y preciso. Sin esta estructura, sería mucho más complicado lograr el mismo tipo de elevación, por lo que su diseño y construcción son clave para el buen funcionamiento de todo el sistema.



Figura 59. Construcción de la Tijera
Fuente: Propia

Finalizada la construcción de la estructura, se procede a instalarla en el robot, asegurándola firmemente mediante pernos en el centro de la base para garantizar estabilidad durante su funcionamiento. Este anclaje es fundamental para soportar las fuerzas generadas durante el proceso de elevación y manipulación de la carga.

Adicionalmente, en la parte superior de la estructura se ha incorporado un rectángulo de plancha galvanizada, cuyas dimensiones coinciden exactamente con las del marco base. Esta plataforma se eleva mediante el mecanismo de tijera, asegurando un desplazamiento uniforme y preciso. Para mejorar la estabilidad de la bobina de papel durante su manipulación, se han añadido dos apoyos laterales estratégicamente ubicados. Estos elementos permiten mantener la bobina en su lugar, evitando desplazamientos indeseados y asegurando un manejo seguro y eficiente. Gracias a este diseño optimizado, el sistema garantiza un desempeño fiable en las tareas para las cuales fue desarrollado.



Figura 60. Colocación de la tijera
Fuente: Propia

Se colocaron dos apoyos estratégicamente diseñados para mantener la bobina de papel en su lugar durante su traslado. Estos apoyos proporcionan estabilidad, evitando movimientos inesperados que podrían comprometer la integridad de la carga. Además, funcionan como un sistema de sujeción que garantiza que la bobina se mantenga fija, reduciendo el riesgo de caídas o desplazamientos bruscos durante el transporte. Este mecanismo no solo facilita el manejo seguro de la bobina, sino que también actúa como una medida de precaución esencial para prevenir accidentes y mejorar la eficiencia en la manipulación del material. Gracias a este sistema, se minimizan los riesgos operativos y se optimiza el proceso de traslado, asegurando que la bobina llegue en perfectas condiciones a su destino.



Figura 61. Caption

Se observa el resultado final tras la instalación del sistema de elevación, el cual ha sido diseñado y ensamblado cuidadosamente para garantizar un funcionamiento óptimo. Este mecanismo permitirá elevar nuestra carga, en este caso, una bobina de papel, asegurando un proceso eficiente y seguro, cumpliendo así con la función para la que fue fabricado. A continuación, se presenta una vista desde una perspectiva diferente, donde se puede apreciar con mayor detalle el movimiento de la estructura en acción. En esta imagen, es posible observar cómo la tijera se despliega

gradualmente, demostrando la estabilidad y precisión con la que opera el sistema. Esta vista complementaria permite una mejor comprensión del proceso de elevación, resaltando la robustez y eficiencia del mecanismo implementado.



Figura 62. Vista Completa del robot con la tijera
Fuente: Propia

VI-F. Fase IV: Monitoreo de parámetros de funcionamiento

Se llevaron a cabo pruebas de esfuerzo para evaluar la resistencia del robot cuando se le aplica una carga considerable. Durante estos análisis, se tomó en cuenta un factor de seguridad de $1.3e+0.2$ para garantizar su estabilidad y funcionamiento adecuado. Todo el proceso se realizó mediante el software SolidWorks, donde se simuló las condiciones a las que podría enfrentarse el robot en situaciones reales. Estos estudios permitieron identificar los límites estructurales del diseño y asegurarse de que puede operar de manera segura sin comprometer su integridad.

VII. RESULTADOS

VII-A. Respuesta del Robot con una carga de 25kg

En la figura 66 se representa el prototipo de carro de transferencia para bobinas de papel a escala, demostrando su capacidad para cumplir con ciertos rangos de peso en la elevación de la carga. En este caso, como se observa en la imagen, la bobina que sostiene la máquina tiene un peso aproximado de entre 20 y 25 kg, lo que evidencia que el sistema es capaz de levantar dicha carga de manera efectiva. Sin embargo, es fundamental evaluar detalladamente las limitaciones del mecanismo de elevación, compuesto por la tijera mecánica y el tornillo de potencia. Estos componentes son esenciales para garantizar la estabilidad y eficiencia del sistema, por lo que en estudios futuros sería recomendable analizar posibles mejoras en su diseño y resistencia. Una optimización en estos elementos permitiría incrementar la capacidad de carga del prototipo sin comprometer la integridad estructural de la maquinaria. Además, un refuerzo en la estructura y en los materiales empleados podría minimizar el desgaste prematuro y prevenir posibles fallos mecánicos a largo plazo. De esta manera, al mejorar el desempeño del sistema de elevación, se garantizaría una operación más segura y eficiente en el traslado de bobinas de papel, reduciendo los riesgos asociados al sobreesfuerzo de los componentes y aumentando la vida útil del equipo.

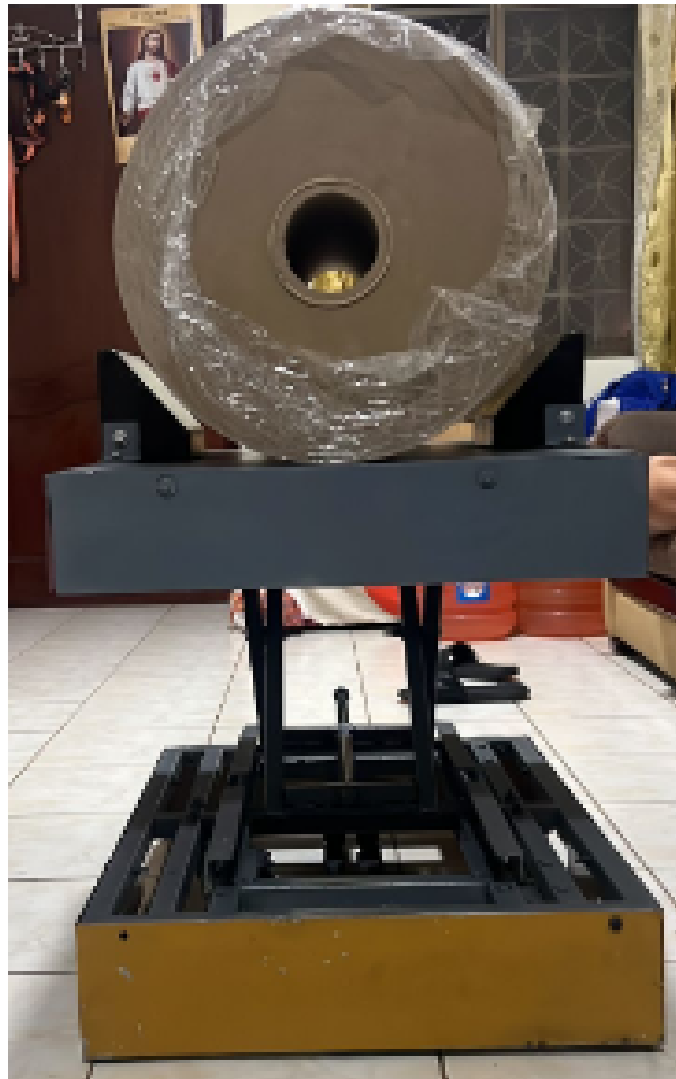


Figura 63. Evidencia de carga en elevación de la maquina

VII-B. Prueba de elevación del Robot con una carga de 12Kg

En este resultado se pudo verificar que el robot es capaz de cumplir con la elevación de su peso nominal de manera eficiente. Este peso fue determinado como el objetivo principal a alcanzar, ya que, al tratarse de un prototipo, se realizó una escala proporcional del peso real. De esta manera, se logró construir una máquina con un peso nominal más reducido, lo que permitió optimizar los costos de fabricación y facilitar su traslado sin comprometer su funcionalidad. Además, este proceso permitió obtener una respuesta real sobre el desempeño del carro de transferencia en condiciones operativas, brindando información valiosa para evaluar su comportamiento y detectar posibles áreas de mejora, entre los aspectos identificados, se destacan oportunidades para optimizar ciertos componentes y mecanismos, con el objetivo de lograr un movimiento más estable y seguro.

El análisis del funcionamiento del sistema ha sido fundamental para considerar futuras modificaciones en el diseño, como el ajuste de la estructura, la selección de materiales más eficientes y la optimización de los mecanismos de elevación y desplazamiento. Con estas mejoras, se busca no solo aumentar la precisión y seguridad del equipo, sino también garantizar una mayor durabilidad y eficiencia operativa, facilitando su implementación en aplicaciones industriales reales.



Figura 64. Elevación de tijera con carga de 12kg

VII-C. Sistema de giro para rueda

Como se puede observar en la Figura 68, se llevó a cabo la construcción del sistema de giro para las cuatro ruedas, lo que permite que la máquina ejecute movimientos tanto laterales como omnidireccionales. Para lograr esta funcionalidad, se integró un segundo motor con engranaje, el cual se encarga de transmitir el movimiento al engranaje principal de la rueda. Este mecanismo permite que las ruedas realicen un giro de hasta 180 grados, proporcionando un recorrido más amplio, estable y preciso al desplazarse de un punto a otro.

La implementación de este sistema responde a la necesidad de dotar a la máquina de una mayor maniobrabilidad, especialmente en entornos donde el espacio de movimiento es reducido. En muchas áreas de trabajo, los puntos de descarga de bobinas presentan un rango de movimiento estrecho, lo que impide realizar giros completos de manera convencional. Para superar esta limitación, se optó por el método de giro omnidireccional, permitiendo que la máquina se desplace en cualquier dirección sin la necesidad de ejecutar maniobras complejas.

Además, este diseño mejora la eficiencia operativa, ya que reduce el tiempo y el esfuerzo requeridos para repositionar la máquina dentro de espacios confinados. También contribuye a una mayor estabilidad durante los desplazamientos, minimizando el riesgo de desajustes o pérdidas de precisión en la dirección del movimiento. En futuras mejoras, se podrían evaluar materiales más ligeros y mecanismos de control avanzados para optimizar aún más el rendimiento del sistema de giro, garantizando así una operación más fluida y segura.



Figura 65. Sistema de giro para ruedas

VIII. CRONOGRAMA

A continuación se observa el cronograma

Tabla V
CRONOGRAMA

Cronograma									
Actividad	Actividad específica	Responsable	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero		
Creación de documento para tesis	Título	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa	X						
	Objetivo general y específicos	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa	X						
	Problemática y justificación	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa	X	X					
	Marco teórico y metodológico	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa	X	X					
	Cronograma y presupuesto	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa	X	X					
	Referencia	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa	X						
Diseño y creación de prototipo	Diseño de prototipo dentro del software de ingeniería	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa		X	X				
	Clasificación y compra de componentes para prototipo	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa		X	X				
	Diseño de la maqueta en físico	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa		X	X				
	Ensamblaje de componentes	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa		X	X				
	Programación dentro de software de arduino	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa		X	X				
	Primeras pruebas de funcionalidad	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa		X	X				
	Desarrollo de conexión entre la placa de programación con el prototipo	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa				X	X		
	Implementar control remoto para movilidad del prototipo	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa				X	X		
	Pruebas de funcionalidad	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa						X	X
	Pruebas físicas para conexión de prototipo	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa						X	X
Pruebas de conexiones y funcionalidad del prototipo	Comprobación de movilidad	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa						X	X
	Aplicación a escala de su funcionamiento	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa						X	X
Documentación del funcionamiento del prototipo	Documentación de construcción del prototipo	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa						X	X
	Exposición de tesis	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa						X	X
	Preparación de defensa ante el jurado	Franklin Ponce/ Santiago Hualpa						X	X

A continuación se observa el presupuesto

IX. PRESUPUESTO

Tabla VI
PRESUPUESTO

Item	Características	Cant	Valor total
Tubo cuadrado	En aluminio de 7m X 1 pulg	2	70\$
Tubo cuadrado	En aluminio de 7m X 3/4 pulg	1	40\$
SWITCH E18-D80NK	Sensor ajustable tipo switch infrarrojo de proximidad 3-80cm	2	20 \$
MÓDULO L298N 4 canales	Controlador de motores Pap de 4 canales	1	18 \$
Driver A4988	Controlador para motor paso a paso	4	15 \$
Motor alto torque	JGY370 DC12V 10RPM	4	90 \$
Motor a pasos Nema17	5v 0.8A 2.4kg.cm	4	72\$
Plancha de acero galvanizado	1220X2440X1.2MM	1	45 \$
Plancha de corrugado	cuarto de plancha de 1.2mm	1	120 \$
Rodamiento 5201-2RS	Rodamiento de bolas rígidas	4	40 \$
Garrucha fija Century	Rueda fija de 3"	4	10 \$
Garrucha doble Century	Rueda fija de 3"	4	10 \$
Batería seca recargable	12V 9A	2	80\$
ESP32 de 38 pines	tarjeta electrónica	1	15\$
Impresion 3D	Partes del prototipo	1	40\$
SUBTOTAL DE LOGÍSTICA			200\$
TOTAL(PROTOTIPO + LOGÍSTICA)			803\$

X. CONCLUSIONES

Se pudo cumplir el objetivo general que fue desarrollar un prototipo de carro de transferencia para bobinas de papel, del mismo modo se pudo desarrollar y profundizar los objetivos específicos.

El carro de transferencia de bobinas de papel es una solución con respecto al uso de puente grúa al momento de mover las bobinas de papel ya que dichas bobinas pesan 12 Toneladas o más, lo cual debe transportarse de manera segura y con sumo cuidado al momento trasladarlas al lugar indicado.

Al usar el carro de transferencia permite reducir y aligerar la movilización de las bobinas de papel, haciendo que el proceso sea más rápido. También disminuye los riesgos de accidentes y lesiones, permitiendo un entorno de trabajo más seguro y cómodo para los trabajadores.

Otra ventaja es que agiliza la actividad logística de la empresa al mejorar el flujo de materiales, ya que permite ahorrar tiempo optimizando el espacio haciendo que las actividades sean más organizadas y eficientes. La facilidad del carro de transferencia a los diferentes tamaños y pesos de las bobinas lo convierte en una herramienta muy versátil y útil.

En resumen tener un carro de transferencia inteligente, no solo permite mejorar la seguridad laboral y bienestar de los trabajadores, sino que permite que el transporte de las bobinas de papel sean más rápidas e eficientes.

XI. RECOMENDACIONES

Mejorar el diseño del carro de transferencia, para que se adapte, al pesos mayores de lo que tiene, así como para transportar otros materiales aparte de las bobinas de papel. Permitted implementar el carro a diferentes áreas de trabajo donde se lo requiera, maximizando la utilidad del mismo. Es importante seleccionar un carro de transferencia que se adapte al peso, tamaño y características de las bobinas de papel que se transportarán. Un diseño personalizado garantizará mayor estabilidad y seguridad en el traslado.

Implementar medidas de seguridad como el incluir sistemas de frenado, sensores de proximidad y protecciones laterales para evitar caídas o desplazamientos inesperados de las bobinas. Además, capacitar al personal en el uso correcto del equipo reducirá riesgos de accidentes.

Se recomienda un mantenimiento preventivo para asegurar el buen funcionamiento y prolongar la vida útil del carro, es clave realizar inspecciones periódicas, lubricar las piezas móviles y revisar el estado de las ruedas y los sistemas eléctricos o mecánicos.

Optimizar la ruta de traslado, esto es, definir un recorrido eficiente dentro de la planta ayudará a reducir tiempos y evitar obstrucciones en la logística interna. También es recomendable señalar correctamente las áreas de operación del carro. Se recomienda capacitar al personal para asegurarse de que los operarios conozcan el uso adecuado del

carro de transferencia, incluyendo procedimientos de carga y descarga, normas de seguridad y respuesta ante posibles fallas.

REFERENCIAS

- [1] F Espinosa, C Santos y J. Sierra-García, «Transporte multi-AGV de una carga: estado del arte y propuesta centralizada,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 18, n.º 1, págs. 82-91, 2020.
- [2] RoboCT, *Robot de automatización AGV*, Accedido: 4-11-2024, 2017. dirección: <https://es.roboct-tech.com/mobile-robot/agy-robot/automation-agv-robot.html>.
- [3] A. Löcklin, F. Dettinger, M. Artelt, N. Jazdi y M. Weyrich, «Trajectory prediction of workers to improve AGV and AMR operation based on the manufacturing schedule,» *Procedia CIRP*, vol. 107, págs. 283-288, 2022.
- [4] Á. Cservenák y J. Husár, «A Multidisciplinary Learning Model Using AGV and AMR for Industry 4.0/5.0 Laboratory Courses: A Study,» *Applied Sciences*, vol. 14, n.º 17, pág. 7965, 2024.
- [5] ATRIA, «AGV, AMR, AIV en la industria ¿cómo implementarlos y cómo benefician en el trabajo?» *ATRIA*, 2020.
- [6] S. Khan y J. Guivant, «Fast nonlinear model predictive planner and control for an unmanned ground vehicle in the presence of disturbances and dynamic obstacles,» *Scientific Reports*, vol. 12, n.º 1, pág. 12 135, 2022.
- [7] C. E. Infante Mejia y J. A. Navarrete Burgos, «Diseño de un controlador inteligente para un sistema inestable tipo péndulo invertido con monitorio remoto por IoT,» B.S. thesis, 2024.
- [8] I. Ramos Ipanaque, «Diseño de un sistema de transmisión con motorreductor trifásico para disminuir los costos operativos en trimovil de pasajeros,» 2023.
- [9] C. H. Chávez Salas, «Estudio del efecto a desgaste en los materiales usados para engranajes en un motorreductor por medio de inspección visual,» 2022.
- [10] Y. Ji, H. Zhang, Z. Zhang y M. Liu, «CNN-based encoder-decoder networks for salient object detection: A comprehensive review and recent advances,» *Information Sciences*, vol. 546, págs. 835-857, 2021.
- [11] A. Wieckowski, J. Brandenburg, T. Hinz et al., «VVenC: An open and optimized VVC encoder implementation,» en *2021 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)*, IEEE, 2021, págs. 1-2.
- [12] L. G. de Farias y M. H. C. de Vasconcelos Catão, «Uso do laser de baixa intensidade e LED no processo de cicatrização de feridas: uma revisão,» *Research, Society and Development*, vol. 11, n.º 4, e55811427722-e55811427722, 2022.
- [13] J. FRAILE VILARRASA y A. GAGO CALDERON, *Iluminación con tecnología LED*. Ediciones Paraninfo, SA, 2012.
- [14] M. Pilla Barroso et al., «Propuesta de control de formación de robots para transporte de carga única,» 2022.
- [15] S. A. M. Moreno y N. D. M. Ceballos, «Vehículos de guiado autónomo (AGV) en aplicaciones industriales: una revisión,» *Revista Politécnica*, vol. 15, n.º 28, págs. 117-137, 2019.
- [16] «Design of remote monitored solar powered grasscutter robot with obstacle avoidance using IoT,» *Global Transitions Proceedings*, vol. 3, n.º 1, págs. 109-113, 2022.
- [17] A. P. Dubey, S. M. Pattnaik, A. Banerjee, R. Sarkar y Saravana Kumar R., «Autonomous Control and Implementation of Coconut Tree Climbing and Harvesting Robot,» *Procedia Computer Science*, vol. 85, págs. 755-766, 2016.
- [18] P. Zhang, «1 - Sensors and Actuators for Industrial Control,» en *Industrial Control Technology*, P. Zhang, ed., Norwich, NY: William Andrew Publishing, 2008, págs. 1-186.
- [19] C. A. Martinazzo y T. Orlando, «Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com arduíno,» 2016.
- [20] L. Huang, S. Wang, K. Zhang et al., «Research progress of multifunctional flexible proximity sensors,» *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 360, pág. 114 500, 2023, ISSN: 0924-4247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2023.114500>. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424723003497>.
- [21] L. A. Castro-Romero, H. N. Garcia-Lozano, J. Santiaguillo-Salinas, N. Pérez-Castro et al., «Control-observador para seguimiento en un robot diferencial de segundo orden,» *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, vol. 12, n.º Especial2, págs. 1-7, 2024.

- [22] R. Núñez, A. Nicolella, L. Armesto, A. González y A. Sala, «Diseño de controladores H-infinito para el seguimiento de trayectorias con robots móviles con ruedas,» *Jornadas de Automática*, n.º 45, 2024.
- [23] R. S. Ortigoza, E. R. Ramos-Silvestre y R. Morales-Guerrero, «Modelado, simulación y construcción de un robot móvil de ruedas tipo diferencial,» *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 4, n.º 3, pág. 39, 2010.
- [24] L. F. O. Arroyave, M. V. Carvajal y N. D. M. Ceballos, «Navegación de robots móviles en entornos con discontinuidades: una revisión,» *Revista Politécnica*, vol. 14, n.º 27, págs. 103-115, 2018.
- [25] R. d. D. de Tensión, «Reguladores Conmutados,»
- [26] D. R. Tilinchana Simbaña, «Implementación de un robot móvil para medir parámetros de calidad del aire,» B.S. thesis, Quito, 2019., 2019.
- [27] C. A. Hernández Ledezma et al., «Control de vehículo terrestre en maniobras de posicionamiento autónomo de precisión,» 2022.
- [28] V. Morales Muñoz, «Desarrollo de un controlador básico de impresión 3D,» Tesis doct., Universitat Politècnica de València, 2017.
- [29] C. P. Jiménez, U. Aguilar, J. V. B. de la Paz et al., «Trampa sustentable para plagas en cultivos agrícolas con control electrónico y energía solar fotovoltaica,» *REVISTA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UAS*, n.º 7, 2024.
- [30] S. B. Marreros, A. C. Alcántara, M. C. Alcántara et al., «Situación de manejo de las baterías de plomo ácido en el Perú,» *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 25, n.º 50, págs. 345-352, 2022.

ANEXO A CÓDIGO

Es el código de nuestro robot el cual nos permitirá controlarlo, fue elaborado en el software ARDUINO IDE

```
1 // Pines del receptor Flysky i6B
2 #define CH1_PIN 32 // Motor 1
3 #define CH2_PIN 33 // Motor 2
4 #define CH3_PIN 34 // Motor 3
5 #define CH4_PIN 35 // Motor 4
6 #define CH5_PIN 36 // Para activar/desactivar el relé
7
8 // Pin del relé
9 #define RELAY_PIN 26
10
11 // Pines del módulo L298N
12 #define ENA1 13
13 #define IN1 15
14 #define IN2 2
15 #define ENB1 12
16 #define IN3 4
17 #define IN4 16
18 #define ENA2 14
19 #define IN5 17
20 #define IN6 5
21 #define ENB2 27
22 #define IN7 18
23 #define IN8 19
24
25 // Pines de los sensores 18-D80NK
26 #define SENSOR1_PIN 25 // Sensor 1 (Frontal)
27 #define SENSOR2_PIN 23 // Sensor 2 (Trasero)
28
29 // Configuración PWM ESP32
30 #define PWM_FREQ 5000
31 #define PWM_RES 8
32 #define PWM_CHANNEL 1 0
```

Figura 66. Código del Robot

```

31 #define PWM_RES 8
32 #define PWM_CHANNEL_1 0
33 #define PWM_CHANNEL_2 1
34 #define PWM_CHANNEL_3 2
35 #define PWM_CHANNEL_4 3
36
37 void setup() {
38     Serial.begin(115200);
39
40     // Configurar pines de entrada del receptor
41     pinMode(CH1_PIN, INPUT);
42     pinMode(CH2_PIN, INPUT);
43     pinMode(CH3_PIN, INPUT);
44     pinMode(CH4_PIN, INPUT);
45     pinMode(CH5_PIN, INPUT);
46
47     // Configurar pin del relé como salida
48     pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
49     digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
50
51     // Configurar pines del L298N
52     pinMode(IN1, OUTPUT); pinMode(IN2, OUTPUT);
53     pinMode(IN3, OUTPUT); pinMode(IN4, OUTPUT);
54     pinMode(IN5, OUTPUT); pinMode(IN6, OUTPUT);
55     pinMode(IN7, OUTPUT); pinMode(IN8, OUTPUT);
56
57     // Configurar sensores como entrada
58     pinMode(SENSOR1_PIN, INPUT);
59     pinMode(SENSOR2_PIN, INPUT);
60
61     // Configurar PWM en ESP32
62     ledcSetup(PWM_CHANNEL_1, PWM_FREQ, PWM_RES);

```

Figura 67. Código del Robot parte 2

```

61 // Configurar PWM en ESP32
62 ledcSetup(PWM_CHANNEL_1, PWM_FREQ, PWM_RES);
63 ledcSetup(PWM_CHANNEL_2, PWM_FREQ, PWM_RES);
64 ledcSetup(PWM_CHANNEL_3, PWM_FREQ, PWM_RES);
65 ledcSetup(PWM_CHANNEL_4, PWM_FREQ, PWM_RES);
66
67 ledcAttachPin(ENA1, PWM_CHANNEL_1);
68 ledcAttachPin(ENB1, PWM_CHANNEL_2);
69 ledcAttachPin(ENA2, PWM_CHANNEL_3);
70 ledcAttachPin(ENB2, PWM_CHANNEL_4);
71 }
72
73 void loop() {
74 // Leer PWM de los canales del receptor
75 int ch1 = pulseIn(CH1_PIN, HIGH, 25000);
76 int ch2 = pulseIn(CH2_PIN, HIGH, 25000);
77 int ch3 = pulseIn(CH3_PIN, HIGH, 25000);
78 int ch4 = pulseIn(CH4_PIN, HIGH, 25000);
79 int ch5 = pulseIn(CH5_PIN, HIGH, 25000);
80
81 // Leer sensores
82 bool obj_frente = digitalRead(SENSOR1_PIN);
83 bool obj_atras = digitalRead(SENSOR2_PIN);
84
85 // Mapear PWM (1000-2000) a rango de velocidad (-255 a 255)
86 int speed1 = map(ch1, 1000, 2000, -255, 255);
87 int speed2 = map(ch2, 1000, 2000, -255, 255);
88 int speed3 = map(ch3, 1000, 2000, -255, 255);
89 int speed4 = map(ch4, 1000, 2000, -255, 255);
90
91 // Si un sensor detecta un objeto, bloquear los motores
92 if (obj_frente) {

```

Figura 68. Código del robot parte 3

```

90
91 // Si un sensor detecta un objeto, bloquear los motores
92 if (obj_frente) {
93     speed1 = speed2 = 0; // Bloquear motores delanteros
94 }
95 if (obj_atras) {
96     speed3 = speed4 = 0; // Bloquear motores traseros
97 }
98
99 // Controlar motores
100 controlMotor(PWM_CHANNEL_1, IN1, IN2, speed1);
101 controlMotor(PWM_CHANNEL_2, IN3, IN4, speed2);
102 controlMotor(PWM_CHANNEL_3, IN5, IN6, speed3);
103 controlMotor(PWM_CHANNEL_4, IN7, IN8, speed4);
104
105 // Control del relé según el estado del canal CH5
106 digitalWrite(RELAY_PIN, (ch5 > 1500) ? HIGH : LOW);
107 }
108
109 void controlMotor(int pwmChannel, int pA, int pB, int speed) {
110     if (speed > 0) {
111         digitalWrite(pA, HIGH);
112         digitalWrite(pB, LOW);
113     } else if (speed < 0) {
114         digitalWrite(pA, LOW);
115         digitalWrite(pB, HIGH);
116         speed = -speed;
117     } else {
118         digitalWrite(pA, LOW);
119         digitalWrite(pB, LOW);
120     }
121 }

```

Figura 69. Código del robot parte 4

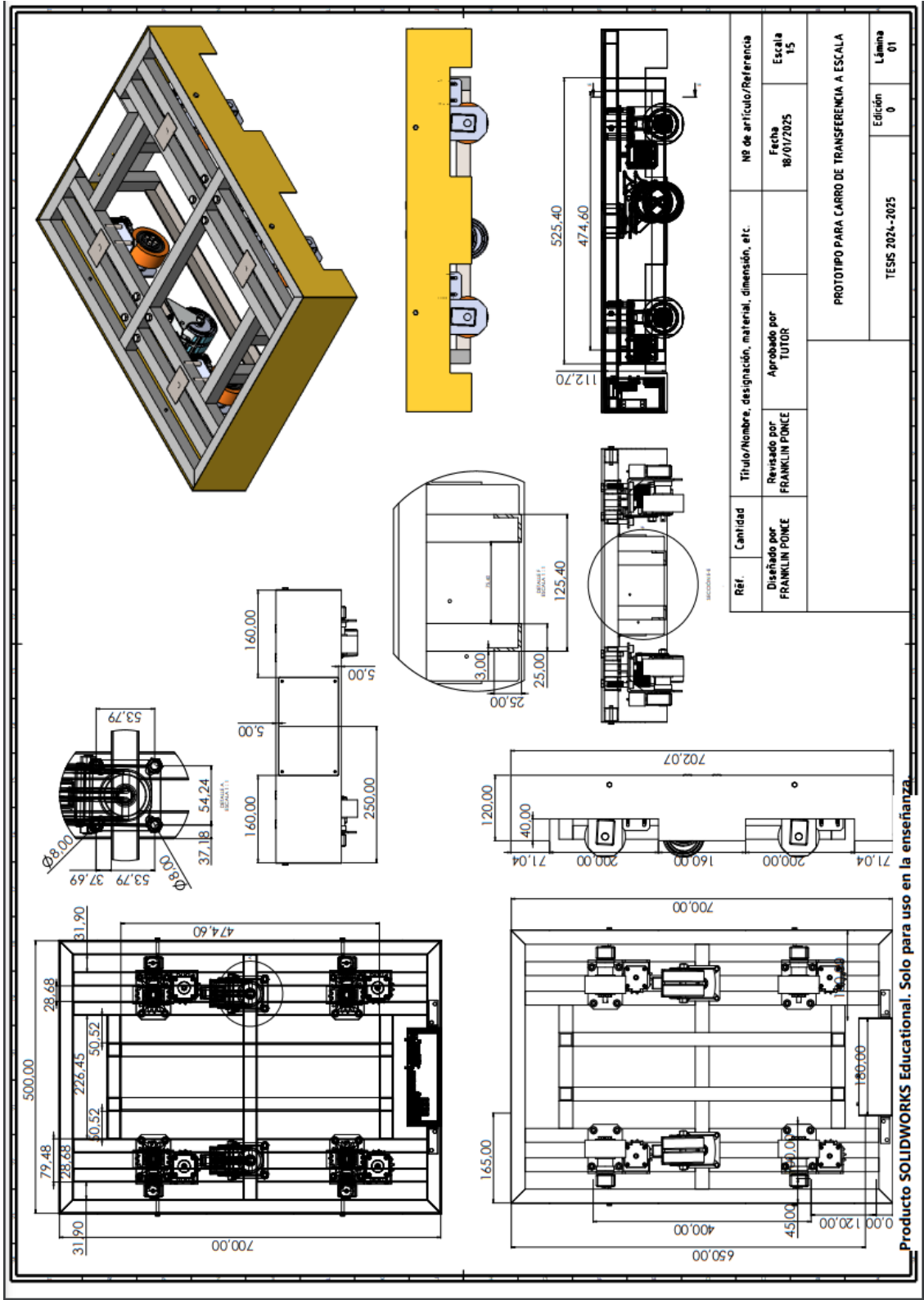
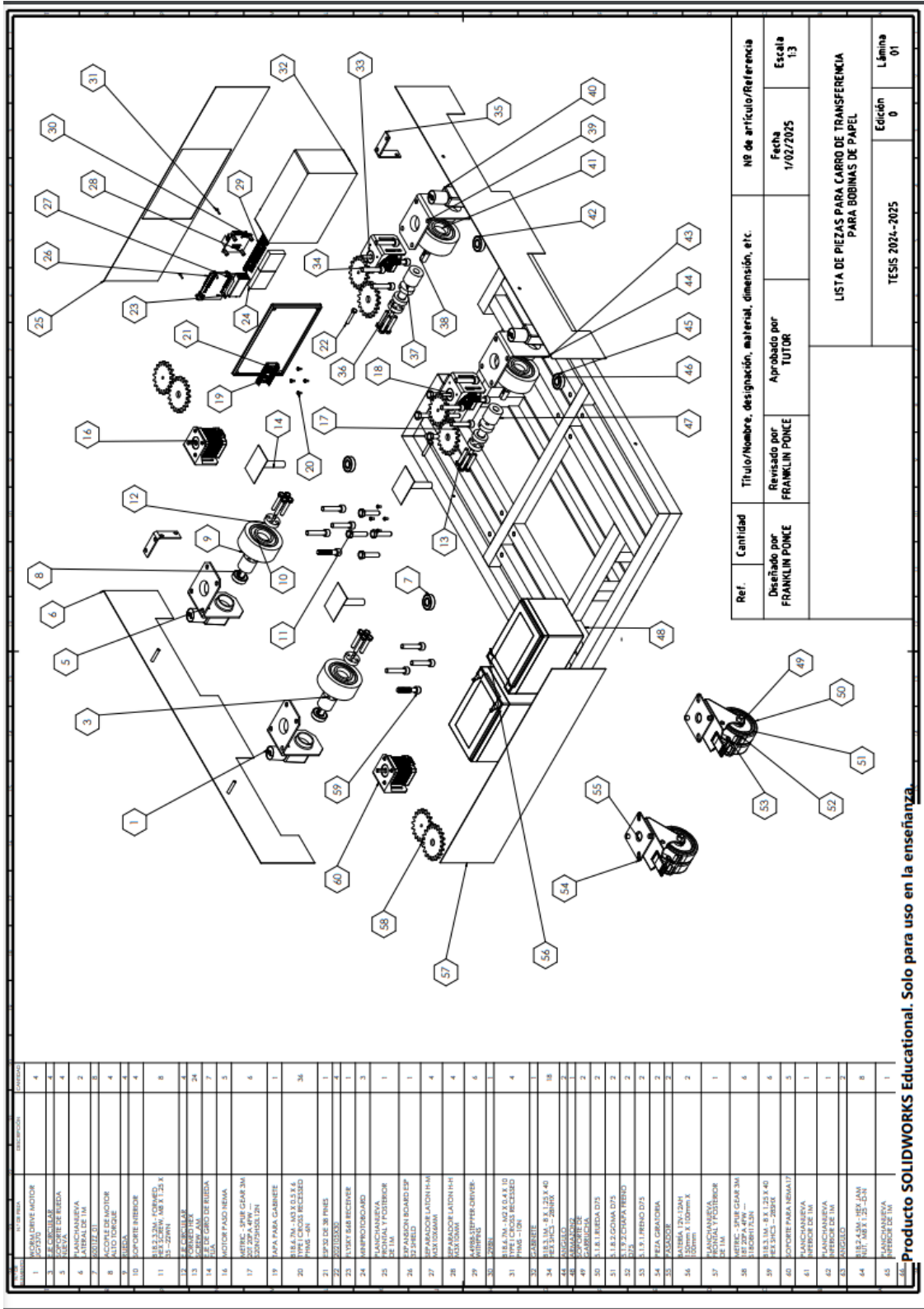


Figura 72. Plano general de la maquina

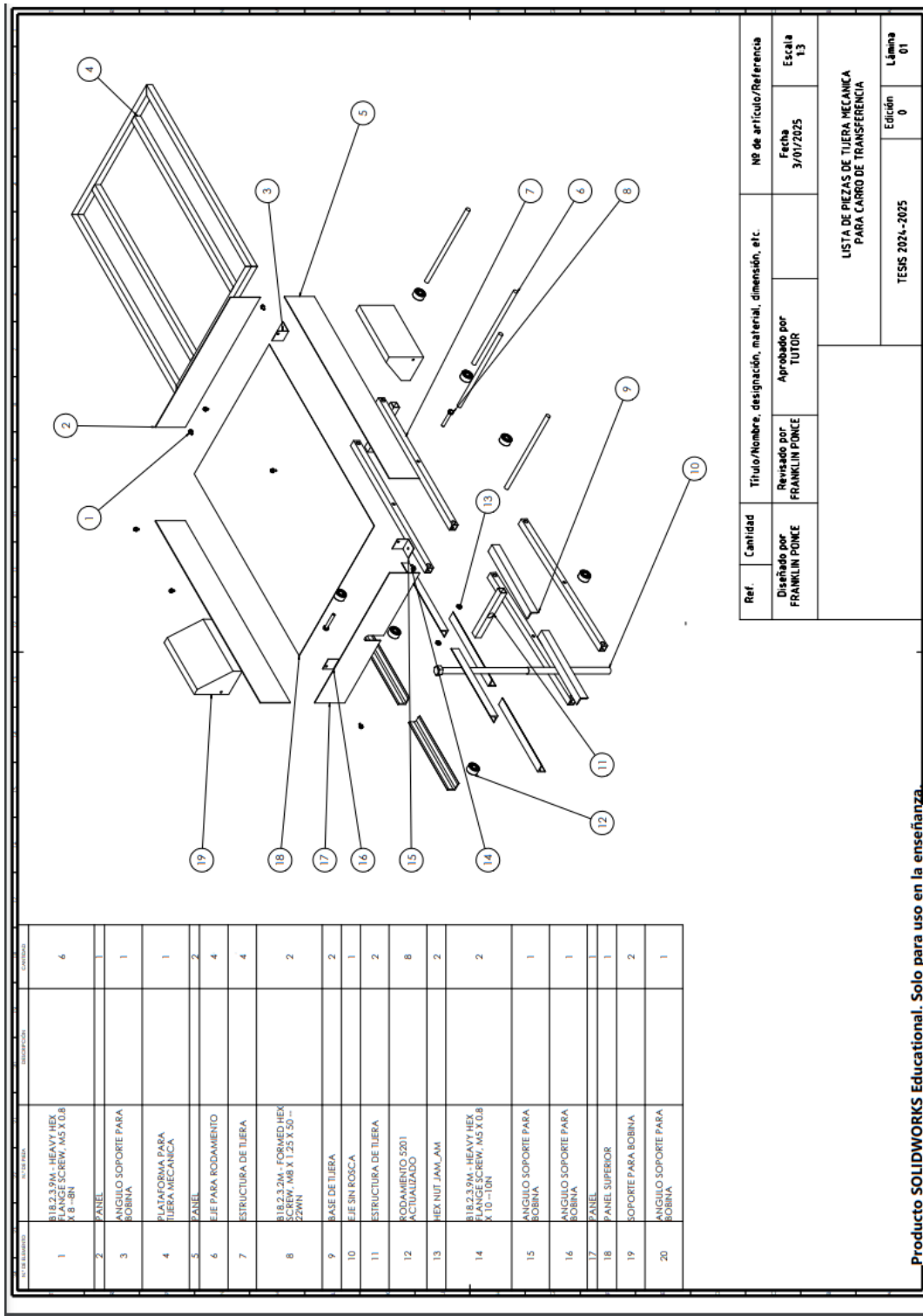


ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	MOTOR DRIVE MOTOR CORTED	4
2	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
3	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
4	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
5	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
6	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
7	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
8	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
9	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
10	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
11	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
12	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
13	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
14	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
15	SEAL O-RING 1/2" X 1/4" X 1/4"	4
16	MOTOR PASO NEMA 17	3
17	MOTOR PASO NEMA 17	3
18	MOTOR PASO NEMA 17	3
19	MOTOR PASO NEMA 17	3
20	MOTOR PASO NEMA 17	3
21	MOTOR PASO NEMA 17	3
22	MOTOR PASO NEMA 17	3
23	MOTOR PASO NEMA 17	3
24	MOTOR PASO NEMA 17	3
25	MOTOR PASO NEMA 17	3
26	MOTOR PASO NEMA 17	3
27	MOTOR PASO NEMA 17	3
28	MOTOR PASO NEMA 17	3
29	MOTOR PASO NEMA 17	3
30	MOTOR PASO NEMA 17	3
31	MOTOR PASO NEMA 17	3
32	MOTOR PASO NEMA 17	3
33	MOTOR PASO NEMA 17	3
34	MOTOR PASO NEMA 17	3
35	MOTOR PASO NEMA 17	3
36	MOTOR PASO NEMA 17	3
37	MOTOR PASO NEMA 17	3
38	MOTOR PASO NEMA 17	3
39	MOTOR PASO NEMA 17	3
40	MOTOR PASO NEMA 17	3
41	MOTOR PASO NEMA 17	3
42	MOTOR PASO NEMA 17	3
43	MOTOR PASO NEMA 17	3
44	MOTOR PASO NEMA 17	3
45	MOTOR PASO NEMA 17	3
46	MOTOR PASO NEMA 17	3
47	MOTOR PASO NEMA 17	3
48	MOTOR PASO NEMA 17	3
49	MOTOR PASO NEMA 17	3
50	MOTOR PASO NEMA 17	3
51	MOTOR PASO NEMA 17	3
52	MOTOR PASO NEMA 17	3
53	MOTOR PASO NEMA 17	3
54	MOTOR PASO NEMA 17	3
55	MOTOR PASO NEMA 17	3
56	MOTOR PASO NEMA 17	3
57	MOTOR PASO NEMA 17	3
58	MOTOR PASO NEMA 17	3
59	MOTOR PASO NEMA 17	3
60	MOTOR PASO NEMA 17	3

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.	№ de artículo/Referencia
Revisado por FRANKLIN PONCE	Aprobado por TUTOR	Fecha 1/02/2025	Escala 1:3
LISTA DE PIEZAS PARA CARRO DE TRANSFERENCIA PARA BOBINAS DE PAPEL			Lámina 01
TESIS 2024-2025			Edición 0

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 73. Eje pasante, por Juan Espinoza



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 74. Eje pasante, por Juan Espinoza

