



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRENSA AUTOMATIZADA
PARA COMPACTAR AL MENOS 20 BOTELLAS PLÁSTICAS POR MINUTO**

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

AUTOR: PAUL SEBASTIAN FARIAS AIMACAÑA

TUTOR: BYRON RICARDO ZAPATA CHANCUSIG

Quito – Ecuador

2024

**I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Paul Sebastian Farias Aimacaña con documento de identificación N° 1718974205 manifestamos que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 5 de marzo del año 2024

Atentamente,



Paul Sebastian Farias Aimacaña

1718974205

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

Yo, Paul Sebastian Farias Aimacaña con documento de identificación N° 1718974205, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Dispositivo tecnológico: “Diseño y Construcción de un Prototipo de Prensa Automatizada para Compactar al menos 20 Botellas Plásticas por Minuto”, 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 anteriores.

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

Quito, 5 de marzo del año 2024

Atentamente,



Paul Sebastian Farias Aimacaña

1718974205

III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Byron Ricardo Zapata Chancusig con documento de identificación N° 1723724876, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRENSA AUTOMATIZADA PARA COMPACTAR AL MENOS 20 BOTELLAS PLÁSTICAS POR MINUTO, realizado por Paul Sebastián Farias Aimacaña con documento de identificación N° 1718974205, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivos tecnológicos que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 5 de marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Byron Ricardo Zapata Chancusig MSc.

1723724876

IV. DEDICATORIA

A mis padres Alejandro y Elsa, quienes formaron parte fundamental en mi carrera profesional y siendo un pilar en mi vida, brindándome todo su amor y apoyo incondicional en cada proceso para cumplir con todos mis objetivos y metas propuestas.

Cada paso que he dado en este camino ha sido posible gracias a su aliento constante y su fe en mí. Sus palabras de aliento en momentos de duda, su paciencia cuando las cosas se volvían desafiantes y su confianza en mis habilidades me han impulsado a superar obstáculos y a perseguir mis sueños con determinación.

A mi hermano Anthony Farias por su total apoyo incondicional y aliento constante han sido la fuerza que me impulsó a alcanzar este logro. Gracias por ser mi inspiración y mi confidente a lo largo de este viaje académico. Este logro también es tuyo. Te dedico esta tesis con profundo agradecimiento y amor.

A mi increíble familia, cada logro académico lleva consigo la marca de su amor y sacrificio. Gracias por ser mi red de apoyo, por creer en mí y por alentarme a perseguir mis sueños. Esta tesis es un tributo a la familia que siempre ha sido mi refugio. Les dedico este logro con cariño y profundo agradecimiento.

A Caridad A. Tu presencia ha sido la chispa que iluminó mi camino a lo largo de este desafiante viaje académico. Cumpliste un papel importante en este proyecto, en las tomas de decisiones en su apoyo incondicional, su ayuda en momentos de angustia. Te dedico este logro con mucho amor.

V. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la sabiduría de tener vida y permitir culminar una etapa más en mis estudios siendo un profesional.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por abrirme sus puertas para ejercer mi proceso de formación profesional.

A todos mis docentes, quienes formaron parte de mi formación como profesional, compartiendo sus conocimientos durante todo el ciclo educativo.

A mis padres y mi familia por el apoyo incondicional quienes con sus palabras de aliento y consejos me ayudaron a culminar el ciclo universitario.

A mis amigos Jairo G, Jairo P, Jonathan H, Santiago A, por su amistad y compañía a lo largo de esta etapa académica.

VI. ÍNDICE DE CONTENIDO

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	i
II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	ii
III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
IV. DEDICATORIA.....	iv
V. AGRADECIMIENTOS.....	v
VI. ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
PROBLEMA DE ESTUDIO.....	16
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
CAPÍTULO I.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
1.1 Contaminación de botellas plásticas.....	18
1.2 Tipos de botellas plásticas.....	18
1.2.1 Tereftalato de polietileno (PET).....	18
1.2.2 Polietileno de alta densidad (HDPE).....	18
1.2.3 Policloruro de Vinilo (PVC).....	19

1.2.4	Polietileno de baja densidad (LDPE)	19
1.2.5	Polipropileno (PP)	19
1.2.6	Poliestireno (PS)	19
1.3	Reciclaje	19
1.4	Tipos reciclado	20
1.4.1	Reciclaje mecánico	20
1.4.2	Reciclaje químico	20
1.5	Tipos de prensados	21
1.5.1	Prensado manual	21
1.5.2	Prensado hidráulico	22
1.5.4	Prensado por rodillos	24
1.6	Tipos de acero	25
1.6.1	Acero aleado	25
1.6.2	Acero inoxidable	25
1.6.3	Acero aleación nitrurada	25
1.7	Motores	26
1.8	Formas de transmisión de movimiento	27
1.8.1	Banda	27
1.8.2	Cadena	28
1.8.3	Engranajes	28
1.9	Controladores	28
1.9.1	STM32	28
CAPÍTULO II		30
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS		30
2.1	Alternativas de elección de prensado	30
2.1.1	Alternativa 1	30
2.1.2	Alternativa 2	30

2.1.3	Alternativa 3.....	31
2.1.4	Sistema de calificación de criterios de diseño mecánico	32
2.1.5	Análisis de alternativas de diseño mecánico.....	33
2.2	Alternativas de material	33
2.2.1	Alternativa Acero aleado SAE 4140.....	34
2.2.2	Alternativa Acero inoxidable AISI 304	34
2.2.3	Calificación de alternativas para materiales	35
2.3	Alternativas de motores	35
2.3.1	Motor trifásico asíncrono.....	35
2.3.2	Motor monofásico.....	36
2.3.3	Motor reductor	36
2.3.4	Alternativas de motores	37
2.4	Alternativa de transmisión de movimiento	38
2.4.2	Cadena.....	38
2.4.3	Engranés.....	39
2.4.4	Alternativas de transmisión de movimiento	40
2.5	Alternativa de controladores.....	41
2.5.1	Arduino uno	41
2.5.2	Stm32	41
2.5.3	PLC Siemens Logo	42
2.5.4	Sistema de calificación para controladores.....	43
2.5.5	Análisis de alternativas para controladores.....	43
CAPÍTULO III.....		45
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		45
3.1	Diseño mecánico	45
3.1.1	Dispositivo Ensamblado	46
3.1.2	Estudio de la viga de los rodillos.	47

3.1.3	Cálculo de soldadura.....	49
3.2	Factor de seguridad de la máquina	51
3.3	Análisis y cálculos del par motor	51
3.4	Transmisión de movimiento	52
3.5	Control para arranque del motor	53
3.6	Implementación del prototipo de la máquina compactadora	58
CAPITULO IV		59
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....		59
4.1	Resultados de movimiento	59
4.1.1	Prueba del movimiento de los cilindros.....	59
4.1.2	Prueba de la conexión estrella triangulo	60
4.1.3	Prueba de Funcionamiento de la prensadora de botella.....	60
4.1.4	Prueba para determinar tiempo del compactado.....	61
4.2	Costos del prototipo	62
4.2.1	Costos de la Estructura Mecánica.....	62
4.2.2	Costos de elementos de electrónica	63
4.2.3	Mano de obra	64
4.2.4	Total, de costos de la prensa automatizada para la compactación de botellas...	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		65
CONCLUSIONES.....		65
RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFÍA.....		67
ANEXOS.....		71
Anexo 1		71
Anexo 2		71
Anexo 3		72
Anexo 4.....		72

Anexo 5	73
Anexo 6	73

Índice de Figuras

Figura 1. Fragmentos de botellas recicladas [9].	20
Figura 2. Aplicaciones de fuerza en los pistones [17].	22
Figura 3. Máquina de prensado neumático [20].	23
Figura 4. Máquina de prensado por rodillos [38].	30
Figura 5. Maquinaria de prensado neumático [39].	31
Figura 6. Máquina de prensado hidráulico [40].	32
Figura 7. motor trifásico asíncrono [41].	36
Figura 8. Motor monofásico [42].	36
Figura 9. Motor reductor [43].	37
Figura 10. Transmisión por bandas [44].	38
Figura 11. Transmisión de cadena [45].	39
Figura 12. Transmisión por engranes [46].	40
Figura 13. Microcontrolador Arduino Uno [47].	41
Figura 14. Microcontrolador STM32 [37].	42
Figura 15. PLC Siemens Logo [48].	42
Figura 16. Vista explosionada de la prensa de rodillos.	45
Figura 17. Modelo de la máquina ensamblada	47
Figura 18. Diagrama de la viga con sus cargas.	47
Figura 19. Diagrama del momento máximo.	48
Figura 20. Factor de seguridad de la máquina.	51
Figura 21. Sistema de transmisión por cadenas y piñones.	52
Figura 22. Conexiones del motor trifásico.	55
Figura 23. Circuito del microcontrolador STM 32.	56
Figura 24. Diagrama de flujo.	57
Figura 25. Ensamblaje de la máquina.	58

Figura 26. Movimiento de los cilindros.....	59
Figura 27. Medición de corriente en la conexión estrella triangulo.	60
Figura 28. Forma de la botella antes de ingresar (a) y después de la compactación (b).	61

Índice de Tablas

Tabla 1. El sistema de evaluación de criterios de diseño mecánico.	32
Tabla 2. Evaluación de las opciones de diseño mecánico.....	33
Tabla 3. Propiedades de los Aceros.	34
Tabla 4. El sistema de evaluación de opciones para materiales.....	35
Tabla 5. Procedimiento de evaluación de alternativas de motores.	37
Tabla 6. Sistema de calificación de alternativas transmisión de movimiento.	40
Tabla 7. Sistema de calificación de criterios de controladores.	43
Tabla 8. Alternativas para calificación de controladores.....	43
Tabla 9. Partes de la máquina de la prensa de rodillos.	46
Tabla 10. medidas de la máquina prensadora de rodillos.	46
Tabla 11. Materiales y sus pesos.....	46
Tabla 12. Características de placa del motor reductor	53
Tabla 13. Valores de velocidad obtenidos.	59
Tabla 14. Valores de la conexión obtenidos.	60
Tabla 15. Medidas y diámetros de las botellas.	61
Tabla 16. Tiempos de prensado de varias botellas.....	62
Tabla 17. Desglose de los gastos asociados a los accesorios para la construcción mecánica	63
Tabla 18. Descripción detallada de los costos asociados a los accesorios electrónicos utilizados en el proyecto.....	63
Tabla 19. Desglose de los costos relacionados con la mano de obra.....	64
Tabla 20. Precios totales de la compactadora de botellas.	64

RESUMEN

El presente documento se centra en el diseño y la construcción de un prototipo de prensa destinado a la compactación de 20 botellas plásticas por minuto. este prototipo pretende brindar una alternativa tanto rentable como efectiva para optimizar la productividad en el reciclaje de botellas plásticas.

Para llevar a cabo el diseño y la construcción de la máquina, se emprendió un estudio exhaustivo de varios métodos de prensado. este análisis incluyó la exploración de diversas alternativas de materiales, componentes mecánicos y elementos electrónicos. los datos recopilados en el primer capítulo sirvieron de base para este proceso.

Mediante el empleo de software de ingeniería, se diseñaron y simuló cada una de las piezas que conforman la estructura de la máquina. el modelo resultante fue sometido a un análisis detallado en el segundo capítulo, lo que condujo a la selección de los materiales adecuados y del método de prensado más eficiente para este trabajo.

Para comprobar el funcionamiento de la prensa se llevaron a cabo una serie de pruebas para validar su funcionamiento. estas pruebas cubren aspectos cruciales como la calidad del prensado y los tiempos de producción. los resultados obtenidos en estas pruebas son analizados, y empleados para realizar ajustes adicionales. los resultados obtenidos de las pruebas son presentados en el cuarto capítulo.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo de este trabajo.

Palabras claves: Prensa, compactación, botellas plásticas, reciclaje, alternativa rentable, productividad, componentes mecánicos, elementos electrónicos, software de ingeniería, modelo, pruebas,

ABSTRACT

The present document focuses on the design and construction of a prototype press aimed at compacting 20 plastic bottles per minute. This prototype aims to provide a cost-effective and efficient alternative to optimize productivity in plastic bottle recycling.

To carry out the design and construction of the machine, a thorough study of various pressing methods was undertaken. This analysis included exploring various alternatives for materials, mechanical components, and electronic elements. The data collected in the first chapter served as the basis for this process.

Using engineering software, each of the pieces that make up the machine's structure was designed and simulated. The resulting model underwent detailed analysis in the second chapter, leading to the selection of suitable materials and the most efficient pressing method for this task.

To verify the press's functionality, a series of tests were conducted to validate its operation. These tests covered crucial aspects such as pressing quality and production times. The results obtained in these tests are analyzed and used to make additional adjustments. The results of the tests are presented in the fourth chapter.

Finally, the conclusions and recommendations derived from the development of this work are presented.

Keywords: Press, compaction, plastic bottles, recycling, cost-effective alternative, productivity, mechanical components, electronic elements, engineering software, model, tests.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PROBLEMA DE ESTUDIO

En el caso específico de Ecuador, se identifica la ausencia de una cultura de reciclaje, lo cual dificulta la correcta separación del plástico del resto de los desechos. A pesar de esto, existen pequeñas fábricas artesanales de reciclaje de botellas en el país, donde se emplea maquinaria artesanal para prensar las botellas y disminuir su volumen, con el propósito de brindarles un segundo uso. Sin embargo, esta práctica de reciclaje requiere una inversión considerable de tiempo y mano de obra, ya que implica horas de trabajo para lograr una producción mínima.

Conscientes de estas limitaciones, algunas empresas optan por el uso de máquinas automatizadas, las cuales aumentan la velocidad de producción y prensado de botellas. No obstante, el alto costo de estas máquinas representa una barrera económica para las pequeñas empresas, lo que dificulta su adopción y pone en riesgo la viabilidad del proceso de reciclaje a gran escala.

En este contexto, resulta de ayuda plantear el siguiente problema: ¿Cómo se puede desarrollar una máquina de prensado de botellas de plástico que sea eficiente, económica y adecuada para su implementación en pequeñas empresas de reciclaje en Ecuador?

JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, existen grupos minoritarios que se dedican a la recolección artesanal de botellas plásticas, lo cual implica largas jornadas de trabajo y genera una baja eficiencia en los procesos de prensado. A diferencia de estos recolectores artesanales, las grandes empresas utilizan maquinaria automatizada, lo que les permite obtener resultados más eficientes en términos de tiempo y producción. No obstante, el elevado costo de estas máquinas automatizadas se convierte en una barrera que impide su adquisición por parte de pequeñas empresas y recolectores artesanales.

Conscientes de esta problemática, en este trabajo de titulación se propone la justificación para diseñar e implementar una máquina de prensado de botellas plásticas de bajo costo, la cual tendría la capacidad de prensar hasta 30 botellas por minuto. El objetivo principal de esta

propuesta es brindar una solución accesible y eficiente a recolectores artesanales, para mejorar sus procesos de producción y contribuir a la reducción del impacto ambiental causado por la acumulación de residuos plásticos.

La implementación de una máquina de prensado de bajo costo proporcionaría una alternativa rentable y efectiva para optimizar la productividad en el reciclaje de botellas plásticas en Ecuador. Esto permitiría reducir las largas jornadas de trabajo, mejorar la eficiencia en el proceso de prensado y fomentar la participación de recolectores artesanales en la industria del reciclaje. Además, se promovería la cultura del reciclaje y se contribuiría a la preservación del medio ambiente y el ecosistema en el país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un prototipo de prensa automatizada para compactar al menos 20 botellas plásticas por minuto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis detallado de los procesos actuales de prensado y reciclaje de botellas plásticas para identificar parámetros clave de diseño, como la fuerza requerida y el tiempo de compactación, mediante la experimentación y observaciones.
- Implementar el prototipo mediante la integración de elementos mecatrónicos, tales como sistemas de control y sensores, para lograr una automatización del proceso de compactación de botellas plásticas.
- Validar los resultados obtenidos mediante pruebas de funcionamiento, incluyendo la calidad de prensado y los de tiempo de producción del prototipo de prensa automatizada.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Esta sección presenta los antecedentes teóricos que tiene como objetivo proporcionar una comprensión de las definiciones básicas relevantes para el tema de este estudio.

1.1 Contaminación de botellas plásticas

La contaminación por botellas de plástico es un problema mundial en crecimiento. A nivel global, aproximadamente el 50% del plástico termina en vertederos. Una botella de plástico puede tardar más de mil años en degradarse. Estas botellas están compuestas principalmente de PET (Tereftalato de polietileno), un material extremadamente resistente pero también altamente contaminante, lo que lo convierte en una amenaza para el medio ambiente. La eliminación de estos residuos representa una carga significativa. Los resultados obtenidos ilustran el impacto de las botellas de plástico en la contaminación del suministro de agua potable, lo que afecta a la salud humana [1].

1.2 Tipos de botellas plásticas

1.2.1 Tereftalato de polietileno (PET)

El polímero PET es ampliamente empleado para envasar alimentos, refrescos, bebidas y agua debido a sus características. Este tipo de plástico brinda a los fabricantes la posibilidad de diseñar envases que sean estéticamente agradables, ligeros y resistentes. No obstante, es importante señalar que las botellas plásticas diseñadas con PET están concebidas para un solo uso. Además, es relevante mencionar que ninguno de estos plásticos es biodegradable y que la única forma de deshacerse de ellos es a través de tratamientos térmicos destructivos, como la combustión o la pirolisis [2].

1.2.2 Polietileno de alta densidad (HDPE)

Los plásticos HDPE son ampliamente utilizados en productos de limpieza, detergentes y artículos para el cuidado personal, como champú y acondicionadores. Además, se emplean para envasar alimentos, como botellas de leche, y en la industria automotriz para contener aceites para motores. Este material es considerablemente más resistente que el PET. Posee un nivel de reciclaje de grado 1, lo que significa que es altamente reciclable. Además de su robustez, los plásticos HDPE presentan alta resistencia a químicos y humedad. Este tipo de plástico puede ser reciclado para un segundo uso, como la fabricación de concreto, lo que lo convierte en un potencial reemplazo del material tradicional debido a sus características únicas [3].

1.2.3 Policloruro de Vinilo (PVC)

Las botellas de PVC son menos frecuentes y se emplean en ciertos envases de productos químicos y líquidos. Estos envases contienen un alto contenido de cloro y constituyen la principal fuente de cloro en el flujo de residuos plásticos, lo que potencialmente genera contaminantes orgánicos clorados peligrosos si no se tratan de forma adecuada. La dechloración resulta crucial para el reciclaje de los residuos químicos del PVC [4].

1.2.4 Polietileno de baja densidad (LDPE)

El polietileno de baja densidad (LDPE) es más flexible que el HDPE y se utiliza para envasar productos líquidos, como suavizante de telas, film adhesivo, bolsas de compras, y en la industria médica, en bolsas de suero y ampollas flexibles. Es posible reutilizarlo mediante la pirolisis, transformándolo en gases, petróleo y carbón [5].

1.2.5 Polipropileno (PP)

El plástico de polipropileno (PP) posee una estructura resistente al calor y se utiliza en productos como envases de ketchup, jarabes, pajitas, contenedores herméticos (topperwares), pañales y materiales médicos como jeringuillas y jarabes. El polipropileno puede ser empleado en la creación de ladrillos plásticos debido a su estructura altamente resistente al fuego, ofreciendo así un recurso reutilizable mediante un método de reciclaje fijo. Estos ladrillos presentan diversas ventajas en comparación con los ladrillos convencionales o estándar, entre las cuales se incluye una notable resistencia a la compresión [6].

1.2.6 Poliestireno (PS)

El poliestireno (PS) es un material termoplástico que encuentra su aplicación en una variedad de contextos. Se utiliza en la fabricación de botellas para bebidas tanto calientes como frías, envases de yogur, alimentos y en la producción de productos farmacéuticos y artículos de cuidado personal. La composición del PS, compuesta por carbono e hidrógeno, juega un papel fundamental en su degradación. Este material tiene la capacidad de descomponerse en CO₂ mediante experimentos de gasificación catalítica, lo que lo convierte en un interesante sujeto de investigación en el ámbito del reciclaje y la sostenibilidad [7].

1.3 Reciclaje

El plástico es el material más utilizado en el mundo; sin embargo, no percibimos cuán contaminante puede llegar a ser este material. Según el análisis del ciclo de vida, el reciclaje mecánico se escoge como el método más eficiente y respetuoso con el medio ambiente para tratar los residuos plásticos, debido a su impacto reducido en las emisiones indirectas de gases

de efecto invernadero y en la producción de desperdicios como en la Figura 1. Los residuos recolectados se someten a distintos procesos, ya sea mezclándolos con otros desechos o segregándolos, de acuerdo con el sistema de recolección implementado. Es posible otorgarles usos alternativos a las botellas plásticas, promoviendo la reutilización a través de conceptos creativos y educativos, como la generación de filamentos para impresoras 3D y la creación de figuras decorativas [8].



Figura 1. Fragmentos de botellas recicladas [9].

1.4 Tipos reciclado

El reciclaje de las botellas es esencial para el medio ambiente, ya que reduce la contaminación y permite transformarlas en materia prima que puede ser moldeada para su uso en nuevos procesos de fabricación, como la creación de combustibles, plásticos reutilizables, entre otros [10].

1.4.1 Reciclaje mecánico

El reciclaje mecánico de plásticos implica la separación de polímeros por tipo y su sometimiento a estrés termodinámico y extrusión, lo que permite su transformación. Este método de reciclaje mecánico es preferible por razones económicas y medioambientales, ya que utiliza cantidades relativamente bajas. [11].

1.4.2 Reciclaje químico

El reciclaje químico ofrece la posibilidad de reciclar plásticos degradados y contaminados, lo cual lo convierte en una alternativa eficaz al reciclaje mecánico para tratar los residuos plásticos que de otra manera no podrían ser procesados. Esto resulta en la obtención de productos de valor agregado y proporciona una solución a los problemas ambientales ocasionados por los plásticos [12]. El reciclaje químico se lleva a cabo de diversas maneras, que incluyen:

- La pirólisis, que implica la descomposición química de la materia orgánica mediante el calentamiento a altas temperaturas.
- La hidrogenación, que implica la descomposición a altas temperaturas en presencia de hidrógeno.
- La gasificación, que es un método para convertir plásticos en combustible mediante el uso de oxígeno e hidrógeno.

1.5 Tipos de prensados

Los prensados son utilizados de muchas maneras en diferentes empresas de manufactura que implica la aplicación controlada de fuerza sobre un material para darle forma, modificando su estado físico o unir componentes [13].

1.5.1 Prensado manual

Los prensados manuales son utilizados por los operarios, quienes aplican presión a través de una empuñadura. Al girar dicha empuñadura, el cilindro se desplaza de forma vertical, generando fuerza mediante una palanca y ejecutando un movimiento lineal. Además, el cilindro hidráulico produce alta presión. Este método de prensado se emplea para lotes pequeños o producciones simples, siendo adecuado para tareas como doblar o remachar, entre otras. La estructura de la máquina de prensado manual es sencilla y consta de un bastidor, una matriz, un asa y un carril guía. Estas máquinas son relativamente lentas y apropiadas para operaciones ligeras y puntuales [14].

El prensado manual presenta diversas características que puede cambiar dependiendo de las aplicaciones específicas y del tipo de dispositivo utilizado. Algunas de las características [15] generales incluyen:

- La fuerza humana en el prensado manual se aplica directamente mediante la acción de la persona. Las cantidades de fuerza varían de la función de las capacidades y necesidades física de los individuos.
- Las herramientas y equipos están diseñados de manera específica para el prensado manual, asegurando así una aplicación controlada de la presión.
- Tiene aplicaciones artesanales y se emplea en trabajos artesanales, como la producción de objetos pequeños o únicos. Además, se utiliza en diversas ramas y campos.
- Desde la perspectiva de los gastos, el prensado manual puede resultar más económico y simple de implementar en comparación con otros métodos.

1.5.2 Prensado hidráulico

En una prensa hidráulica, se trata de un sistema de conversión de energía que involucra energía eléctrica, energía mecánica, energía de deformación y energía hidráulica. Esta máquina está compuesta por dos cilindros interconectados que se vinculan mediante pistones de diversas superficies. Al aplicar fuerza en uno de los pistones de menor superficie, se logra ejercer una fuerza mayor en un pistón de mayor superficie, tal como se muestra en la Figura 2. El funcionamiento del sistema radica en generar presión sobre un pistón, el cual, a su vez, ejerce presión sobre un fluido hidráulico [16].

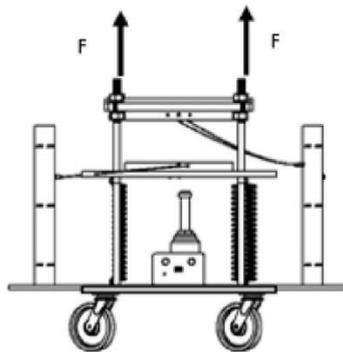


Figura 2. Aplicaciones de fuerza en los pistones [17].

El prensado hidráulico es un proceso que emplea la fuerza de un sistema con salida de aceite hidráulico para generar una gran presión sobre los materiales y darles forma o realizar otras operaciones. Las características del prensado hidráulico [18] son las siguientes:

- La fuerza aplicada en el prensado hidráulico está cuidadosamente controlada y ajustada, lo que resulta especialmente relevante en situaciones que requieren precisión.
- Estos sistemas de prensado hidráulico tienen un amplio campo de aplicación en diversas industrias, incluyendo la manufactura, la industria automotriz, la producción de plásticos y muchas otras.
- Los sistemas hidráulicos pueden emplearse con una variedad de materiales, tales como metales y plásticos, entre otros.
- Además, son altamente eficaces para llevar a cabo tareas que implican altas cargas y fuerzas.

1.5.3 Prensado neumático

El prensado neumático opera mediante aire comprimido, que se comprime y expande con el fin de incrementar la presión en el cilindro. La presión del prensado neumático se mantiene

constante a lo largo de toda la carrera y no requiere ajustes, como se ilustra en la Figura 3. La fuerza máxima de prensado se establece según la apertura del cilindro y la presión de trabajo regulada. Para evitar fallos en el sistema neumático, se emplean válvulas neumáticas de retención y dispositivos de bloqueo del eje, garantizando así la correcta ejecución del recorrido y preservando la seguridad del operador [19].



Figura 3. Máquina de prensado neumático [20].

El prensado neumático es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones de ingeniería y se aplica en casi todos los tipos de usos industriales. Este sistema emplea aire comprimido para generar la fuerza necesaria en el proceso de prensado. Algunas características [21] son las siguientes:

- La energía utilizada es aire comprimido, lo que lo convierte en una opción segura y eficiente para generar la fuerza requerida en los procesos de prensado.
- Permite un control preciso tanto de la fuerza aplicada como de la velocidad de operación.
- Se utiliza en una extensa variedad de aplicaciones, como ensamblaje, conformado, corte y más. Puede adaptarse a cualquier material y tarea.
- Este sistema ofrece una operación más rápida y puede operar a altas velocidades en comparación con otros métodos de prensado, lo que puede aumentar la producción en línea.
- Las prensas neumáticas presentan un diseño compacto que puede integrarse fácilmente en líneas de producción.
- Las fuerzas generadas por la prensa neumática pueden ajustarse regulando la presión del aire.

- Las prensas neumáticas son adecuadas para adaptarse en sistemas automatizados, lo que mejora la eficiencia y la consistencia.

1.5.4 Prensado por rodillos

Se trata de un sistema que consta de un par de rodillos en rotación contraria, los cuales ejercen presión sobre el material entre ellos. Estos rodillos están fabricados con un material altamente resistente al desgaste superficial y presentan formas como dientes, ranuras o estrías, que contribuyen a triturar y moler el material. Las altas presiones generadas por este sistema pueden comprimir los materiales, produciendo resultados más finos y homogéneos. Dada su eficacia, este método es ampliamente empleado en el ámbito industrial, siendo adecuado tanto para metales como para no metales. El resultado, del método de prensado por rodillos puede adoptar diversas formas para la compresión de materiales o el proceso de laminado de la madera [22].

El prensado por rodillos implica la trituración y el prensado de materiales mediante la aplicación de presión entre dos rodillos giratorios [23]. Algunas de las características de este método son las siguientes:

- El prensado por rodillos es más eficiente en términos de consumo energético en comparación con otros métodos de prensado.
- La prensa de rodillos ejerce una presión directa sobre el material, lo que puede conducir a su ruptura y reducción de tamaño.
- Este sistema es versátil y puede ser utilizado con una amplia variedad de materiales, incluyendo minerales, aceros, plásticos y otros.
- La prensa de rodillos tiende a tener un impacto ambiental más bajo en comparación con otros métodos de prensado.
- Encuentra aplicaciones en industrias mineras, de cemento y en otros campos donde se requiere la reducción de tamaño de materiales duros.
- La presión aplicada a los rodillos es ajustable y controlable, lo que permite adaptarla a diferentes materiales y objetos.
- El prensado por rodillos tiene la capacidad de lograr una elevada proporción de disminución, indicando su capacidad para reducir significativamente el tamaño del material en un solo paso.

1.6 Tipos de acero

Los aceros, compuestos por una combinación de diversos elementos químicos y caracterizados por una amplia gama de propiedades mecánicas, desempeñan un papel fundamental en numerosas industrias como materiales estructurales [24].

1.6.1 Acero aleado

El acero aleado está compuesto por varios elementos adicionales, como el hierro, el carbono y otros componentes, que se agregan en cantidades específicas para mejorar sus propiedades químicas y mecánicas, como la alta resistencia, la capacidad para resistir la corrosión y fortalecerse [25]. Algunas características de estos aceros son las siguientes:

- Tienen una mayor resistencia a la tracción y a la fatiga en comparación con los aceros de carbono.
- Mejoran su dureza, lo que los hace adecuados para aplicaciones de corte, resistencia y desgaste.
- Presentan una mayor resistencia a la corrosión debido a su composición química.
- La soldabilidad de los aceros aleados varía según su composición específica, lo que requiere una selección cuidadosa del proceso de soldadura.

1.6.2 Acero inoxidable

El acero inoxidable se compone de una aleación que incluye hierro en polvo, cromo y otros elementos, y posee una resistencia inherente a la corrosión y al deterioro. Los resultados han demostrado que el revestimiento de acero inoxidable presenta una mayor resistencia al desgaste y tiene una amplia variedad de aplicaciones en las cuales la durabilidad y la resistencia a la corrosión son fundamentales [26]. Algunas ventajas del acero inoxidable son las siguientes:

- Tiene un alto índice de resistencia a la corrosión.
- El acero inoxidable es un material versátil que se emplea en una gran variedad de aplicaciones.
- Resiste tanto bajas como altas temperaturas.
- Posee una gran ductilidad y tenacidad, lo que lo hace muy útil para impactos y situaciones que requieren flexibilidad.

1.6.3 Acero aleación nitrurada

El acero nitrurado se trata de un tipo de acero que ha pasado por un proceso de tratamiento térmico químico conocido como nitruración, un proceso que se ha desarrollado y utilizado

ampliamente en las últimas décadas para mejorar las propiedades superficiales del acero y otros materiales metálicos. Este proceso mejora la dureza superficial del material y su resistencia a la corrosión [27]. Algunas ventajas del acero nitrurado son las siguientes:

- La nitruración aumenta la dureza superficial del acero, lo que lo hace altamente resistente al desgaste.
- Presenta una alta resistencia a la fatiga, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones sometidas a altos niveles de estrés y cargas cíclicas.
- Ofrece una durabilidad prolongada, reduciendo así el deterioro y la abrasión, el resultado es un mantenimiento reducido y reemplazo de piezas.

1.7 Motores

Los motores eléctricos son aparatos que se caracterizan por su capacidad para convertir la energía eléctrica en energía mecánica y tiene una utilidad en diversas aplicaciones debido a su eficiencia operativa. También permiten optimizar la potencia y el rendimiento económico, manteniendo una velocidad constante [28].

1.7.1 Motor trifásico asíncrono

Los motores trifásicos asíncronos, de alto rendimiento, se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones industriales. Ofrecen un arranque automático eficiente y un control de velocidad de alto rendimiento [29]. Algunas de sus características clave son:

- Su funcionamiento se basa en principios electromagnéticos.
- Suelen ser eficientes en términos de conversión de energía eléctrica en energía mecánica.
- El control de velocidad se logra mediante el ajuste de la frecuencia suministrada.
- Requieren un mantenimiento mínimo, con tareas de mantenimiento sencillas.

1.7.2 Motor monofásico

Los motores monofásicos son de construcción muy simple, económica y confiable. Encuentran aplicaciones en una amplia variedad de motores eléctricos, tanto en entornos industriales como domésticos, como en ventiladores, bombas, transportadores y otros dispositivos. Estos motores funcionan con una sola fase de corriente alterna y suelen tener menor potencia [30]. Algunas características distintivas de los motores monofásicos son:

- Su funcionamiento se basa en la inducción electromagnética.
- Estos motores no ofrecen un control de velocidad tan preciso como los motores trifásicos.
- Requieren un mantenimiento mínimo.
- A menudo incluyen protección térmica para evitar el sobrecalentamiento.

1.7.3 Motor reductor

El motor reductor es un dispositivo que combina un motor eléctrico con un mecanismo reductor o engranajes, lo que permite la transferencia de par y velocidad sin necesidad de contacto mecánico con los engranajes, minimizando así las pérdidas de energía [31]. Se encuentra presente en una diversidad de aplicaciones que demandan su uso de movimiento controlado y una entrega de torque precisa. Algunas características del motor reductor:

- Se emplea en una amplia variedad de equipos y maquinaria.
- Existe en diversas configuraciones y tamaños para adaptarse a diferentes necesidades.
- Proporciona un mayor control de velocidad y precisión en el movimiento.

1.8 Formas de transmisión de movimiento

Las formas de transmisión son un aspecto fundamental, ya que permiten la transferencia de movimiento de un punto a otro. Las transmisiones de movimiento se utilizan ampliamente en mecanismos de precisión debido a sus ventajas [32].

1.8.1 Banda

La transmisión por bandas se utiliza ampliamente para transmitir potencia en movimiento, y es un comportamiento dinámico complejo debido a las fuerzas de tensión. Las bandas tienen una gran suma de aplicaciones en el ámbito industria de la ingeniería [33]. Algunas características de las bandas:

- Las bandas pueden deslizarse y requieren una tensión adecuada.
- Las bandas son flexibles y pueden trabajar en sistemas no alineados.
- Las bandas pueden absorber los impactos y reducir las vibraciones, lo que las hace adecuadas para aplicaciones que requieren un funcionamiento suave.
- Tienen un costo relativamente económico para reemplazar las bandas.

1.8.2 Cadena

La transmisión por cadena se aplica para la transmisión de potencia en muchos sistemas mecánicos debido a su alta eficiencia energética y a su capacidad para manejar grandes cargas y fuerzas en aplicaciones de alta potencia. Se utiliza este tipo de transmisión en maquinaria pesada y vehículos [34]. Algunas características de la transmisión por cadena son:

- Capaces de transmitir grandes cargas y soportar fuerzas significativas en aplicaciones de alta potencia.
- Alta resistencia al desgaste y una vida útil prolongada.
- Ofrecen una potencia eficiente sin pérdidas significativas.
- Adecuadas para una variedad de aplicaciones, como maquinaria industrial, equipos de construcción y vehículos.

1.8.3 Engranajes

Las transmisiones por engranajes son sistemas mecánicos que utilizan ruedas dentadas. Estos sistemas se emplean en diversas máquinas y son ampliamente utilizados en aplicaciones automotrices e industriales debido a su eficiencia y precisión en la transmisión de movimientos [35]. Algunas características de los engranajes son:

- Eficiencia en la transmisión de potencia con pérdidas muy bajas.
- Proporcionan una transmisión precisa y sincronizada.
- Ofrecen una alta eficiencia y eficacia debido a sus dientes dentados, lo que genera una potencia significativa, precisión y durabilidad.

1.9 Controladores

Los controladores son dispositivos electrónicos integrados con una escala de integración muy grande, internamente contienen una unidad central de procesamiento, una memoria de procesamiento. Los microcontroladores son utilizados para ejecutar tareas específicas en sistemas embebidos y dispositivos electrónicos [36].

1.9.1 STM32

El STM32 es un microcontrolador de 32 bits agrupado en series relacionadas que comparten el mismo núcleo del procesador. Esta amplia familia está diseñada para una variedad de aplicaciones, desde proyectos de electrónica hasta sistemas embebidos [37]. Algunas características principales son:

- Utiliza varios núcleos que proporcionan diferentes niveles de rendimiento.
- El STM32 incluye una amplia gama de periféricos integrados, como GPIO, UART, temporizadores y diversas interfaces de comunicación, incluyendo USB.
- Dispone de memoria para el almacenamiento de programas y RAM para el almacenamiento de datos.
- La velocidad del reloj varía según el modelo, oscilando desde unos pocos MHz hasta más de 200 MHz.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo, se analizan las opciones para el diseño y construcción de la máquina compactadora de botellas. Partiendo del análisis de alternativas para la selección de tipo de compactación y materiales mecatrónicos.

2.1 Alternativas de elección de prensado

2.1.1 Alternativa 1

En esta alternativa, se sugiere emplear una estructura sólida que consta de dos cilindros de acero y un motor eléctrico necesario para generar la fuerza requerida en el prensado de las botellas plásticas. Esta alternativa presenta una estructura vertical sólida que puede ser colocada cómodamente en cualquier superficie, lo que la hace muy práctica y de rápido acceso para cualquier persona como se aprecia en la Figura 4, lo que permitiría ahorrar grandes cantidades de energía y esfuerzo. Es una opción amigable con el medio ambiente, contribuyendo a tener un menor impacto en comparación con otros métodos. Además, no requiere costosos mantenimientos, lo que reduce el tiempo de inactividad. En la Figura 4 se presenta una representación de la opción descrita anteriormente.



Figura 4. Máquina de prensado por rodillos [38].

2.1.2 Alternativa 2

En esta alternativa, se plantea una estructura rectangular horizontal con dos pistones neumáticos. El primer pistón estará equipado con una placa de prensado, y el segundo se utilizará para empujar las botellas. Además, se incluirá un compresor para suministrar el aire a presión. Esta opción presentará una estructura altamente resistente a la fuerza y al movimiento

de los pistones, junto con una base de acero muy resistente al desgaste y a las colisiones de la Figura 5. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los cilindros neumáticos pueden resultar costosos. Sin embargo, de ser potencialmente ruidosas y causar vibraciones, lo cual podría ser perjudicial para el operario.



Figura 5. Maquinaria de prensado neumático [39].

2.1.3 Alternativa 3

La última opción sugiere la implementación de una estructura muy fuerte y resistente que incluirá una bomba hidráulica, un tanque de almacenamiento de aceite y dos cilindros. Un cilindro se empleará para el prensado y otro para el empuje como se representa en la Figura 6. Sin embargo, esta opción conlleva un consumo considerable de energía y un peso muy significativo. Además, requiere estar ubicada en un sitio adecuado para la protección del medio ambiente. Para evitar la corrosión en la estructura y la base, esta alternativa sería fabricada con acero inoxidable y requeriría una limpieza constante en el área de uso.



Figura 6. Máquina de prensado hidráulico [40].

2.1.4 Sistema de calificación de criterios de diseño mecánico

La Tabla 1 presenta las distintas calificaciones que ayudan a identificar los criterios más destacados de cada alternativa, priorizando aquellas con mayor posibilidad para su implementación.

Tabla 1. El sistema de evaluación de criterios de diseño mecánico.

CRITERIO	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
Costo de construcción	Económica	Compleja	Costosa
Implementación	Compleja	Normal	Normal
Operación	Normal	Baja	Normal
Confiability	Excelente	Normal	Norma
Compactación	Excelente	Buena	Excelente

2.1.5 Análisis de alternativas de diseño mecánico

La Tabla 2 Presenta los distintos criterios acompañados de sus respectivos porcentajes, utilizando una escala que abarca del 1 al 10, donde el 1 indica la puntuación más baja y el 10 la más alta en el análisis, acompañado de la opinión adecuada.

Tabla 2. Evaluación de las opciones de diseño mecánico.

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	3	
CALIFICACIÓN					
1	Costo de la construcción	8	5	8	10
2	Implementación	9	6	6	10
3	Operación	8	6	6	10
4	Confiabilidad	10	7	7	10
5	Prensado	10	7	10	10
Sumatorio C.		45	31	37	50
Catálogo porcentual		0.90	0.62	0,74	1
Orden de selección		90%	62%	74%	100%

Esta alternativa 1 es la mejor opción para el prototipo, debido a su facilidad de uso y su rapidez al momento de prensar las botellas. No es una estructura muy pesada y puede adaptarse a cualquier superficie. En si tenemos un 90% debido a sus operaciones y confiabilidad son muy buenas que las demás alternativas.

2.2 Alternativas de material

Los elementos directos cual se escogerá en la fabricación de una compactadora de rodillos son elementos mecatrónicos, los cuales se presenta a continuación.

2.2.1 Alternativa Acero aleado SAE 4140

El acero aleado tiene varios elementos aleados adicionales, los elementos que pueden incluir son vanadio, níquel, magnesio, silicio, entre otros. Tienen una fuerte resistencia, la tenacidad a la corrosión y al calor, estos aceros para equipos son altamente resistentes.

2.2.2 Alternativa Acero inoxidable AISI 304

Este material posee una resistencia superior tanto a la corrosión como a los ácidos no oxidantes. Se emplea en diversas formas para la producción de piezas y componentes en sectores como la industria celulosa, textil, ejes de hélices y sus conexiones, destacando su uso en la industria alimentaria.

En la Tabla 3 se detalla las propiedades de cada recurso de acero inoxidable.

Tabla 3. Propiedades de los Aceros.

Características del acero inoxidable y aleado		Serie 300-4000		
		Acero al cromo Níquel	Cromo Magnesio Silicio	
Designación	Tipo AISI/SAE	304	4140	
	Estructura Química		C ≤ 0,08%	C 0.33% - 1.10%
		SI ≤ 1.00%	Mn 0.75 - 1.00%	
		Mn ≤ 2.00%	Si 0.15 - 0.25%	
		Cr 18% - 20%	P ≤ 0.035%	
		Ni 8% - 10.5%/*	Cr 0.80% - 1.10%	
Propiedades físicas	Peso específico	(g/cm ²)	7.9	7.8
	Modulo de elasticidad	(N/mm)	193.00	200
	Calor específico	(j/kg K)	500	460
	Conductividad termica	(W/m K)	15/16	46
	Intervalo de fucion	(C)	13981454	1416
Características eléctricas	La conductividad eléctrica en una fase soluble		Amagnetico	1.008
	La capacidad para resistir	(μΩm)	0,72 – 0,73	0,22 – 0,65
Características mecánicas	Resistencia de atraccion	MPa	460 - 110	900 - 1000
	Modulo de elasticidad	Gpa	190 - 210	210
	Dureza Brinell	HBW	160 – 190	260 - 360
Otras propiedades	Soldabilidad		Muy buena	Muy buena

2.2.3 Calificación de alternativas para materiales

En la Tabla 4, se muestran las alternativas de materiales, utilizando el número 1 como la calificación más baja y el número 10 como la calificación más alta en el análisis, con relación a cada criterio

En la Tabla 4, se muestran las alternativas de materiales, utilizando el número 1 como la calificación más baja y el dígito 10 como una calificación más alta en el análisis, con relación a cada norma.

Tabla 4. El sistema de evaluación de opciones para materiales.

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	
		Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
1	Costo	8	7	10
2	Implementación	8	7	10
3	Operación	7	7	10
4	Confiabilidad	8	8	10
5	Aplicación	7	6	10
Acumulado C.		38	35	50
Catalogo porcentual		0.76	0.70	1
Orden de selección		76%	70%	100%

Con base en los resultados conseguidos en las opciones, la alternativa 1 del elemento se considera la situación ideal por caracterizar y exhibir un porcentaje significativamente superior al de la otra alternativa, con un 76% en comparación con el 6% de la alternativa más cercana. Esta elección destaca por sus fortalezas en cuanto a operatividad, confiabilidad y aplicabilidad industrial.

2.3 Alternativas de motores

2.3.1 Motor trifásico asíncrono

El motor trifásico asíncrono, representado en la Figura 7, destaca por su capacidad de rendimiento, pero requiere un control preciso de velocidad. Al iniciar su funcionamiento, experimenta un pico de corriente inicial alto, lo que puede plantear desafíos en lugares donde la energía trifásica no está disponible. Este tipo de motor puede experimentar una disminución

parcial en su rendimiento, lo que resulta en una eficiencia reducida, especialmente cuando la carga no es constante.



Figura 7. motor trifásico asíncrono [41].

2.3.2 Motor monofásico

Los motores monofásicos de la Figura 8 tienden a ser menos eficientes que los motores trifásicos, especialmente en cargas pesadas, ya que convierten menos energía eléctrica en energía mecánica y pueden generar más calor. Estos motores son adecuados para baja y mediana potencia, pero no son ideales para altas potencias. Al igual que los motores trifásicos, experimentan un pico inicial alto de corriente al arrancar. Además, tienen un control de velocidad limitado en situaciones que requieren precisión y variabilidad de velocidad.



Figura 8. Motor monofásico [42].

2.3.3 Motor reductor

Los motores reductores representado en la Figura 9, tienen un aumento de torque, lo que resulta útil en situaciones en las que se requiere mover o levantar cargas pesadas. Estos motores permiten un control preciso de la velocidad y la posición, por lo que son ideales para aplicaciones en robótica, sistemas de transporte y maquinaria. En algunas situaciones, la velocidad reducida puede lograrse con motores más pequeños y eficientes en términos energéticos, lo cual contribuye a la conservación de energía y la disminución de costos. Los

motores reductores protegen el motor al reducir las fuerzas y cargas, lo que aumenta la vida útil del motor. Además, operan de manera silenciosa, lo que es beneficioso tanto para los operarios como para el medio ambiente.

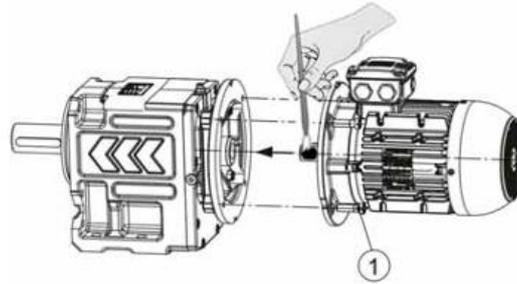


Figura 9. Motor reductor [43].

2.3.4 Alternativas de motores

En la Tabla 5, evaluamos motores según varios criterios con calificaciones del 1 al 10. Esto proporciona una visión detallada de su rendimiento y características en relación con cada criterio.

En la Tabla 5, evaluamos los motores según varios criterios y sus características, asignando calificaciones de 1 (menor) a 10 (mejor) para cada criterio. Esta evaluación proporciona una visión detallada de sus desempeños y capacidades.

Tabla 5. Procedimiento de evaluación de alternativas de motores.

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	3	
CALIFICACIÓN					
1	Costo	6	6	9	10
2	Fuerza	5	6	7	10
3	Velocidad	5	6	8	10
4	Aplicación	7	7	10	10
Sumatorio C.		23	25	34	40
Índice porcentual		0.57	0.62	0,85	1
Orden de selección		57%	62%	85%	100%

Tras un análisis detenido, la Alternativa 3 se destaca como la opción óptima debido a sus beneficios en cuanto a costos, fuerza, velocidad y aplicabilidad. De los tres motores considerados, el motor reductor se posiciona como la elección más adecuada gracias a sus características, las cuales cumplen de manera efectiva con los requisitos de aplicación.

2.4 Alternativa de transmisión de movimiento

2.4.1 Banda

La transmisión por bandas y poleas, representada en la Figura 10, constituye un método común para transmitir movimiento y potencia entre ejes no alineados. Este sistema, relativamente simple, actúa eficientemente como amortiguador, absorbiendo vibraciones y reduciendo la transmisión de fuerzas de impacto. En comparación con otros sistemas, la transmisión por bandas tiende a generar menos ruido. Además, destaca por su facilidad de mantenimiento, ya que cambiar o reemplazar la banda o polea resulta más sencillo que trabajar con otros componentes de transmisión. Los componentes asociados, como las bandas y las poleas, suelen ser más económicos. A pesar de su mantenimiento sencillo, estas transmisiones requieren inspecciones regulares, como la lubricación y la verificación de desgastes. Es esencial mantener la tensión adecuada en las bandas para garantizar un rendimiento óptimo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este sistema puede ocupar más espacio y ser más pesado en comparación con algunas alternativas.



Figura 10. Transmisión por bandas [44].

2.4.2 Cadena

La transmisión por cadenas y piñones, que se visualiza en la Figura 11, es un sistema ampliamente utilizado para la transferencia de potencia en diversos equipos y maquinarias. Por su capacidad para manejar cargas pesadas y resistir fuerzas significativas, resulta adecuada para aplicaciones industriales. Los piñones y las cadenas están diseñados para ser duraderos y resistentes al desgaste, proporcionando una vida útil prolongada incluso en condiciones de

trabajo exigentes. Ofrece una eficiencia de transmisión de potencia relativamente alta, garantizando una transferencia eficaz de energía mecánica y minimizando las pérdidas. Este sistema es utilizado la multiplicidad de funciones, a partir de maquinaria industrial hasta sistemas de transporte y bicicletas. Es apto para aplicaciones que requieren altas velocidades, permitiendo una transmisión eficiente de potencia incluso en condiciones de operación rápida. Es importante considerar que, aunque son duraderas, las cadenas y los piñones requieren un mantenimiento regular, incluyendo lubricación e inspección para prevenir el desgaste prematuro. A altas velocidades, la transmisión puede generar ruido y vibraciones, por lo que en ciertos entornos puede ser necesario implementar medidas de reducción de ruido y aislamiento. En cuanto a las consideraciones espaciales y de peso, el sistema de transmisión puede ocupar un espacio significativo y tener un peso considerable. No obstante, se debe tener en cuenta que el costo inicial de adquisición y el reemplazo pueden ser considerables.

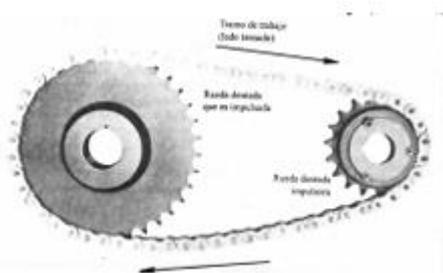


Figura 11. Transmisión de cadena [45].

2.4.3 Engranés

La transmisión por engranes, representada en la Figura 12, constituye un sistema mecánico que emplea ruedas dentadas para transferir movimiento y potencia entre ejes. Esta alternativa destaca por su extraordinaria eficiencia en la transmisión de potencia, minimizando las pérdidas energéticas durante la transferencia. Además, asegura una transmisión precisa y sincronizada del movimiento entre las ruedas dentadas, aspecto crucial en diversas aplicaciones. Los dientes dentados, diseñados para optimizar la eficiencia y la durabilidad, respaldan su extenso uso en aplicaciones automotrices e industriales. No obstante, es imperativo realizar un mantenimiento regular, incluyendo lubricación y control de desgaste. Es importante señalar que, en aplicaciones de altas velocidades, esta transmisión puede generar ruido y vibraciones. Además, suelen ser componentes pesados que ocupan un espacio considerable. A pesar de sus notables beneficios en eficiencia y durabilidad, es esencial considerar que los costos iniciales asociados con los componentes de transmisión por engranes pueden ser sustanciales en comparación con otras alternativas.



Figura 12. Transmisión por engranes [46].

2.4.4 Alternativas de transmisión de movimiento

En la Tabla 6, detallan los diversos criterios junto con sus respectivos porcentajes, asignando el valor más bajo al número 1 y el más alto al número 10, en el análisis de cada criterio.

Tabla 6. Sistema de calificación de alternativas transmisión de movimiento.

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	3	
CALIFICACIÓN					
1	Costo	7	6	4	10
2	Fuerza	4	8	7	10
3	Tiempo de vida	7	7	7	10
4	Velocidad	9	8	7	10
Sumatorio C.		27	29	25	40
Índice porcentual		0.67	0.72	0,62	1
Orden de selección		67%	72%	62%	100%

La alternativa 2 es la mejor opción con un 87% a diferencia de las demás alternativas. Esta opción resulta de mejor aplicación debido a su bajo costo, calidad y mantenimientos.

2.5 Alternativa de controladores.

2.5.1 Arduino uno

El Arduino Uno que se muestra en la Figura 13, es un dispositivo muy accesible y ampliamente disponible, y su uso y programación son muy sencillos. Sin embargo, tiene limitaciones en cuanto a potencia de procesamiento y memoria en comparación con microcontroladores más avanzados. La placa tiene un número limitado de pines de entrada y salida, lo que puede ser un problema en proyectos que requieren muchas conexiones. Además, el Arduino Uno estándar no tiene conectividad inalámbrica incorporada.

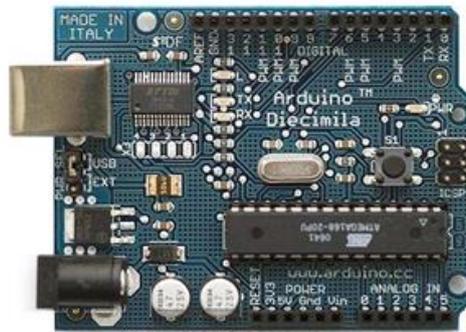


Figura 13. Microcontrolador Arduino Uno [47].

2.5.2 Stm32

El STM32 que se muestra en la Figura 14 es un microcontrolador utilizado en diversas aplicaciones. Ofrece una amplia gama de opciones con diferentes núcleos y velocidades de reloj, lo que lo hace adecuado para la potencia y el procesamiento requeridos. Tiene varios puertos, como GPIO, UART, SPI, entre otros, lo que facilita la conexión y el control de dispositivos externos. Además, existen varios entornos de desarrollo, como el STM32CubeIDE y el Keil, que permiten una mejor adaptación. Estos microprocesadores son potentes y versátiles, lo que los hace ideales para una variedad de aplicaciones.

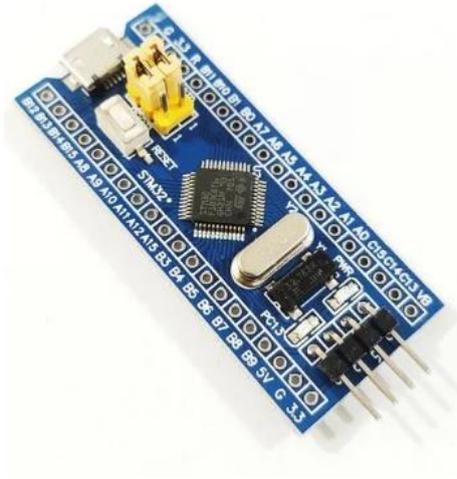


Figura 14.Microcontrolador STM32 [37].

2.5.3 PLC Siemens Logo

Los PLC Siemens Logo, representados en la Figura 15, destacan por su diseño compacto y se consideran ideales para aplicaciones de automatización de nivel básico. No obstante, en proyectos de mayor envergadura, el costo inicial de implementación puede plantear un desafío financiero. Además, a medida que las aplicaciones se tornan más avanzadas, la programación de estos PLC puede adquirir un nivel de complejidad adicional. El dispositivo tiene una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo el control de bombas, la automatización de edificios y maquinaria industrial. También incorpora una pantalla que facilita la visualización de datos y mensajes, lo que permite una supervisión efectiva en tiempo real.

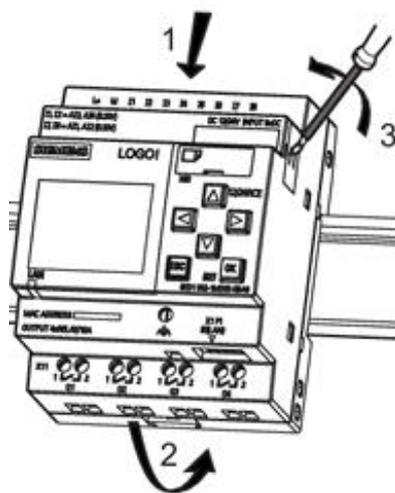


Figura 15. PLC Siemens Logo [48].

2.5.4 Sistema de calificación para controladores

En la Tabla 7, se detallan las calificaciones correspondientes a los criterios de los controladores, abordando específicamente sus características y funciones respectivas.

Tabla 7. Sistema de calificación de criterios de controladores.

CRITERIO	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
Precio de construcción	Costosa	Normal	Costosa
Implementación	Compleja	Normal	Difícil
Operación	Difícil	Normal	Normal
Confiabilidad	Mala	Normal	Buena
Robusto	Normal	Pequeño	Normal

2.5.5 Análisis de alternativas para controladores

En la Tabla 8, analizamos los controladores conforme a criterios particulares, otorgándoles calificaciones en una escala del 1 al 10.

Tabla 8. Alternativas para calificación de controladores.

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	3	
CALIFICACIÓN					
1	Costo	6	8	4	10
2	Facilidad de uso	7	9	6	10
3	Aplicación	8	9	8	10
4	Robustes	6	5	10	10
Sumatorio C.		27	31	28	40
Índice porcentual		0.67	0.77	0,70	1
Orden de selección		67%	77%	70%	100%

La alternativa 2 es la mejor opción en la clasificación de los controladores, esta opción se distingue por tener el porcentaje más favorable, respaldado por sus puntos positivos en cuanto a la implementación y costos. Con este controlador tenemos una capacidad y potencia para su funcionamiento adecuado.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se especifica el diseño e implementación de la compactadora de rodillos. Partiendo del análisis del diseño mecánico y mecatrónico para garantizar el funcionamiento de la máquina.

3.1 Diseño mecánico

Una vez realizado los estudios de las diferentes alternativas para la implementación y diseño de la máquina, se escogió por una selección inicial la cual se llevará a cabo su construcción. Esta máquina será desarrollada a través de la utilización de una aplicación CAM para diseñar en SolidWorks.

El software desempeña un papel crucial en la creación detallada de las piezas de nuestra máquina, permitiéndonos visualizar cada componente con precisión y proyectar sus dimensiones de manera efectiva. Además, se ha generado una representación en vista explosionada de la maquinaria, la cual se presenta en la Figura 16.

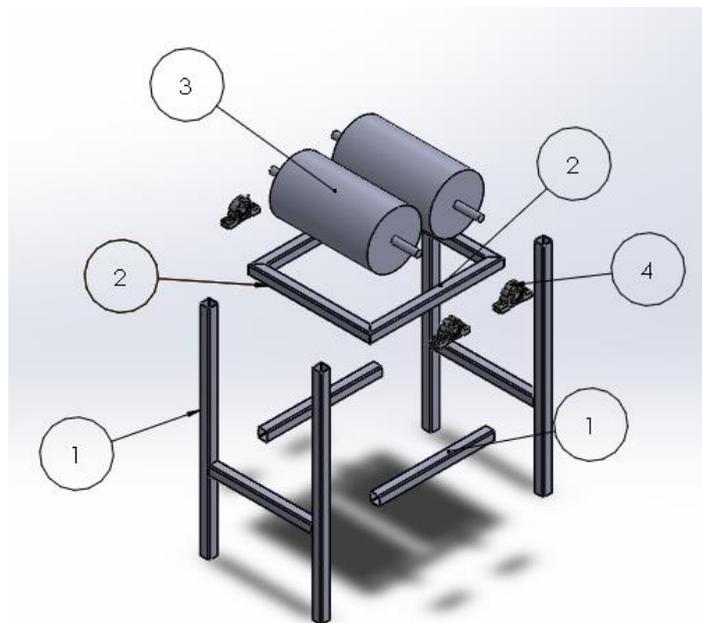


Figura 16. Vista explosionada de la prensa de rodillos.

En la Tabla 9, se especifican los elementos que conforman la prensa de rodillos utilizada para compactar botellas de plástico.

Tabla 9. Partes de la máquina de la prensa de rodillos.

Número	Parte	Detalle
1	Base de la estructura de los tubos cuadrados	Constituye la estructura de la mesa de trabajo de la máquina.
2	Base de asentamiento de los rodillos	Es el soporte en el que están asentados los rodillos y las chumaceras.
3	Rodillos	Son los elementos de compactación
4	Chumaceras	Soportes de los ejes de los rodillos

3.1.1 Dispositivo Ensamblado

Tras el diseño de las piezas de la máquina, se procede a iniciar la elaboración del ensamblaje, incorporando las dimensiones de la máquina con la aplicación CAM SolidWorks, como se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10. medidas de la máquina prensadora de rodillos.

Media	Unidad en (mm)
Largo	500
Ancho	550
Alto	940

En la Tabla 11 se representan los pesos de la máquina diseñada.

Tabla 11. Materiales y sus pesos.

Material	Peso [Kg]
Rodillos	20
Motor reductor	9.98
Estructura	30
Total	60

En la Figura 17, se observa el modelo en 3D ya ensamblado con todos los componentes de la prensadora de rodillos automatizada.

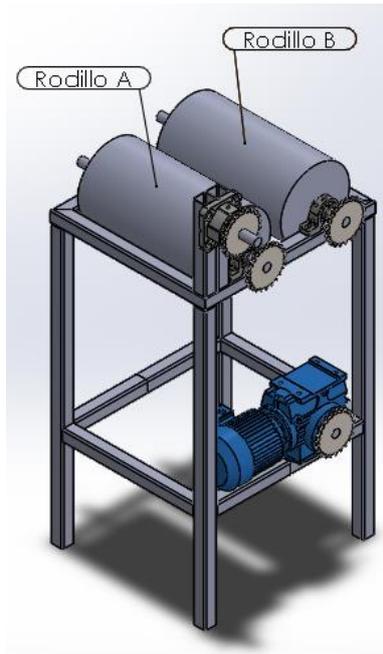


Figura 17. Modelo de la máquina ensamblada

3.1.2 Estudio de la viga de los rodillos.

Para efectuar los cálculos pertinentes al diagrama de la Figura 18 y determinar el momento máximo presente en la viga cuadrada, se llevará a cabo un análisis detallado de la estructura.

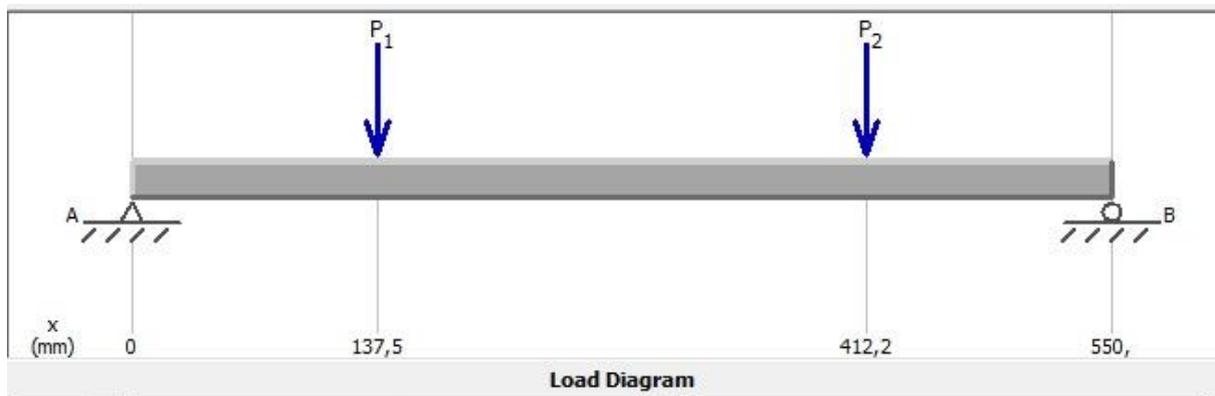


Figura 18. Diagrama de la viga con sus cargas.

Para calcular la carga en newtons aplicada a los rodillos, se recurre a la Ecuación (1).

$$P = \frac{P_r * G}{2}$$

$$P = \frac{20[kg] * 9.8}{2} \tag{1}$$

$$P = 98 [N]$$

Donde:

- P = Carga de fuerza medida en [N]
- P_r =Peso de los rodillos en [kg]
- G =Constante de la gravedad

Con el dato adquirido, se emplea un software especializado para calcular el momento máximo. La representación gráfica en la Figura 19 muestra un punto culminante con un valor de 13.50 [MPa].

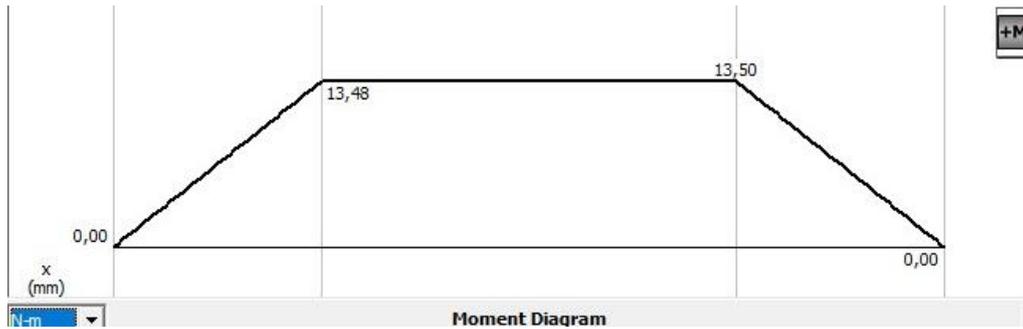


Figura 19. Diagrama del momento máximo.

En la Ecuación (2) siguiente, se calcula el valor del módulo de sección correspondiente al tubo cuadrado.

$$\sigma = \frac{M_{max}}{\dot{S}} = 0,6 * S_y$$

$$\dot{S} = \frac{M_{max}}{0.6 * S_y} \quad (2)$$

$$\dot{S} = \frac{13,50 [n - m]}{0.6 * 248 MPa}$$

$$\dot{S} = 0.09 cm^3$$

Donde:

- \dot{S} =Valor mínimo del módulo de sección del tubo cuadrado [cm^3]
- M_{max} =Momento máximo [n-m]
- S_y =Modulo de elasticidad del material [MPa]
- σ = Esfuerzo máximo en la sección transversal del material.

Después de determinar el valor mínimo del módulo de sección requerido para el trabajo como 0.09 cm^3 , se opta por seleccionar un perfil de DIPAC con un módulo de sección de 2.74 cm^3 . Este perfil presenta dimensiones de $40 \times 40 \text{ [mm]}$ con un espesor de 1.5 [mm] , como se detalla en el Anexo 1.

3.1.3 Cálculo de soldadura

En el proceso de calcular las uniones, a pesar de que la estructura esté constituida por el mismo material, se opta por considerar un solo cordón de soldadura para llevar a cabo los cálculos en la Ecuación (3) y determinar el esfuerzo cortante. En este contexto, la fuerza nominal asciende a 98 [N] , mientras que el área calculada se cifra en $4.08 \times 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]}$.

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau' = \frac{0.098 \text{ kN}}{4.08 * 10^{-3} \text{ m}^2} \quad (3)$$

$$\tau' = 24.04 \text{ MPa}$$

Donde:

- τ' = Esfuerzo cortante [MPa]
- V = Fuerza nominal [kN]
- A = Área [m^2]

Al emplear la Ecuación (4), se evalúa el esfuerzo del electrodo 6011, calculando así el esfuerzo cortante del electrodo para su posterior comparación con el esfuerzo cortante de la soldadura.

$$V = \frac{P}{A}$$

$$V = \frac{0.060 \text{ kN}}{4.08 * 10^{-3} \text{ m}^2} \quad (4)$$

$$V = 14.70 \text{ MPa}$$

Donde:

- V = Esfuerzo cortante [MPa]
- P = Fuerza nominal [kN]
- A = Área [m^2]

Para el esfuerzo cortante total se emplea la ecuación (5).

$$\sigma = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2}$$

$$\sigma = \sqrt{24,04^2 + 14,70^2} \text{ [MPa]}$$

$$\sigma = 27.8 \text{ [MPa]} \quad (5)$$

Donde:

- σ = Esfuerzo cortante total [MPa]
- τ' = Esfuerzo cortante 1 [MPa]
- τ'' = Esfuerzo cortante 2 [MPa]

Mediante la ecuación (6) se obtiene el esfuerzo admisible para obtener el factor de seguridad.

$$\sigma = 0.33 * S_y$$

$$\sigma = 0.33 * 413.7 \text{ [MPa]} \quad (6)$$

$$\sigma = 136.3 \text{ [MPa]}$$

Donde:

- σ = Esfuerzo cortante [MPa]
- S_y = Resistencia a la tensión [MPa]

A continuación, se determina el factor de seguridad del cordón de soldadura mediante la Ecuación (7).

$$FS = \frac{\tau}{\tau_{\text{trad}}}$$

$$FS = \frac{136.3 \text{ [MPa]}}{27.8 \text{ [MPa]}} \quad (7)$$

$$FS = 4.9 \approx FS = 5$$

Donde:

- FS = Factor de seguridad
- τ = Esfuerzo calculado [MPa]
- τ_{trad} = Esfuerzo total [MPa]

Con el resultado obtenido del factor de seguridad igual a 5 se comprueba que la junta de soldadura es altamente favorable para las uniones de la estructura.

3.2 Factor de seguridad de la máquina

El cálculo del factor de seguridad de la máquina se realiza a través de un análisis de software, donde se introducen las cargas puntuales de 98 [N] sobre las vigas, según se muestra en la Figura 20. Además, se implementa una carga puntual adicional de 97 [N] en la viga que soporta el motor.

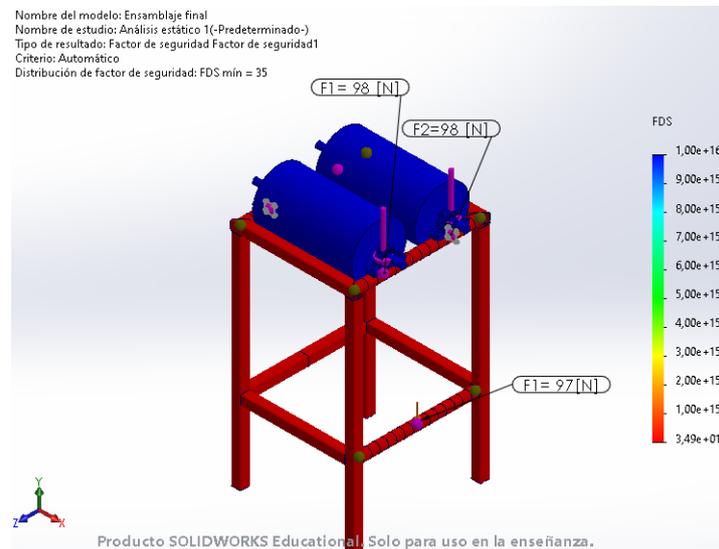


Figura 20. Factor de seguridad de la máquina.

Después del análisis, se determina un factor de seguridad de 35, indicando una considerable margen de seguridad en el sistema.

3.3 Análisis y cálculos del par motor

Para determinar la fuerza generada por el motor reductor que impulsa el sistema de transmisión por cadena, encargado del desplazamiento de los rodillos, se utiliza la Ecuación (8) para calcular el par motor.

$$T = \frac{Hp * 716}{rpm}$$
$$T = \frac{1/2[Hp] * 716}{92 [rpm]} \quad (8)$$
$$T = 3.891 [kgm]$$

Donde:

- T =Par motor.
- Hp =Potencia del motor [KW].
- rpm = Revoluciones por minuto [rpm]

3.4 Transmisión de movimiento

Para efectuar la transmisión de movimiento desde el motor hacia los rodillos, se implementa un sistema que involucra engranajes y cadena, tal como se presenta en la Figura 21.

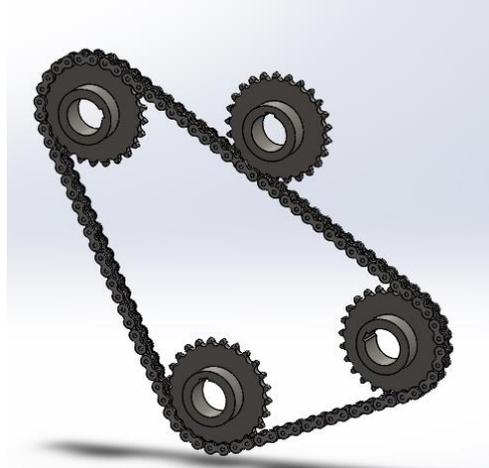


Figura 21. Sistema de transmisión por cadenas y piñones.

Con el fin de determinar la relación de transmisión entre el eje del motor y los ejes de los rodillos, se recurre al empleo de la Ecuación (9).

$$R_T = \frac{rpm_E}{rpm_S}$$
$$R_T = \frac{92}{92} \quad (9)$$
$$R_T = 1$$

Donde:

- R_T =Relación de transmisión
- rpm_E = Revoluciones por minuto de entrada
- rpm_S =Revoluciones por minuto de salida

Con los valores determinados se procede a la selección de un número de dientes de acuerdo con la norma DIN 8193, optando por 23 dientes. Simultáneamente, se elige el Factor de Servicio mediante la consulta de tabla del catálogo SKF la cual se adjunta en el Anexo 2.

En la tabla ISO 606-1982 y DIN 8187, se busca la potencia en uno de los ejes, y en el eje "X", se identifican las rpm, que en este caso ascienden a 92 [rpm]. Como resultado, se determina que la cadena 10B es la opción más idónea, según las recomendaciones del Anexo 2.

En la fase de diseño de los engranajes, se implementa la Ecuación (10) con el propósito de calcular el diámetro exterior.

$$\begin{aligned}
 D_{ex} &= P \left[0.6 + \cot\left(\frac{180}{Z}\right) \right] \\
 D_{ex} &= 15.88 \left[0.6 + \cot\left(\frac{180}{23}\right) \right] \\
 D_{ex} &= 15.88[0.6 + 7.281] \\
 D_{ex} &= 15.88[7.88] \\
 D_{ex} &= 125.16
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Donde:

- D_{ex} = Diámetro exterior
- P = Paso de cadena
- Z = Número de dientes

3.5 Control para arranque del motor

El método de arranque estrella-triángulo tiene como objetivo principal la reducción significativa de la corriente durante la fase inicial del arranque del motor eléctrico. Este enfoque busca mitigar los picos de corriente que podrían ocurrir durante el arranque.

Para determinar la corriente y el voltaje en configuración estrella, se inicia con la obtención de los datos de la placa del motor, los cuales se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Características de placa del motor reductor

MUTIVAC				
MNR 22214 2		GNr. 921894		VDE 0530
Δ 230V	λ V	1.8 A	KW	0.37
N1= 1390	1/min	N2= 92	1/min	S1
Cos phi 0.7	IP 66	IKL.F	50 Hz	BAUF. Alle
CLP H1 VG320 / 0.07 L				

Con los valores de placa del motor se determina la corriente y voltaje en estrella. Como se presenta en las Ecuaciones (11) y (12) respectivamente.

$$I_l = \sqrt{3} * I_{fase}$$

$$I_l = \sqrt{3} * 1.8 \text{ [A]} \quad (11)$$

$$I_l = 3.12 \text{ [A]}$$

$$V_l = V_{fase}$$

$$V_l = 230 \text{ [V]} \quad (12)$$

Para determinar los voltajes y corrientes en la configuración Triangulo se emplean las ecuaciones (13) y (14) respectivamente.

$$I_l = I_{fase}$$

$$I_l = 1.8 \text{ [A]} \quad (13)$$

$$V_l = \sqrt{3} * V_{fase}$$

$$V_l = \sqrt{3} * 230 \text{ [V]} \quad (14)$$

$$V_l = 398.37 \text{ [V]}$$

Donde:

- I_l = Corriente de línea
- I_{fase} = Corriente de fase
- V_l = Voltaje de línea
- V_{fase} = Voltaje de fase

En la Figura 22 se presenta el esquemático del circuito de potencia diseñado para la implementación del arranque estrella-triángulo.

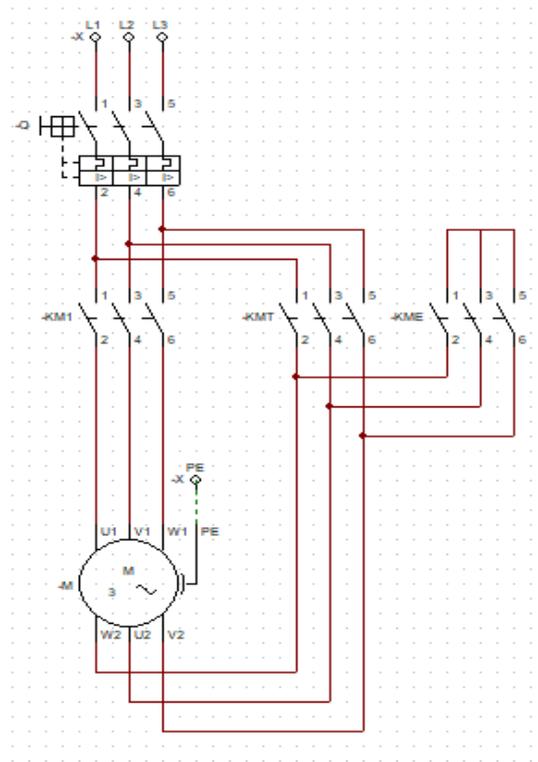


Figura 22. Conexiones del motor trifásico.

El circuito de potencia se encuentra compuesto por:

- Breaker trifásico (-Q): Actúa como protector para cortos circuitos.
- Primer contactor (-KM1): Este contactor permite la circulación de la corriente hacia la entrada del motor trifásico en respuesta al flujo eléctrico.
- Segundo contactor (-KMT): Este contactor se encuentra conectado en configuración triángulo, y permite energizar al motor trifásico.
- Tercer contactor (-KME): Este contactor se encuentra en configuración estrella, el cual permite cambiar de configuración para el arranque del motor.
- Motor reductor (-M): El motor genera el movimiento de los rodillos A y B para la compactación de las botellas.

Para el control del circuito de arranque estrella triángulo se emplea el esquemático que se muestra en la Figura 23.

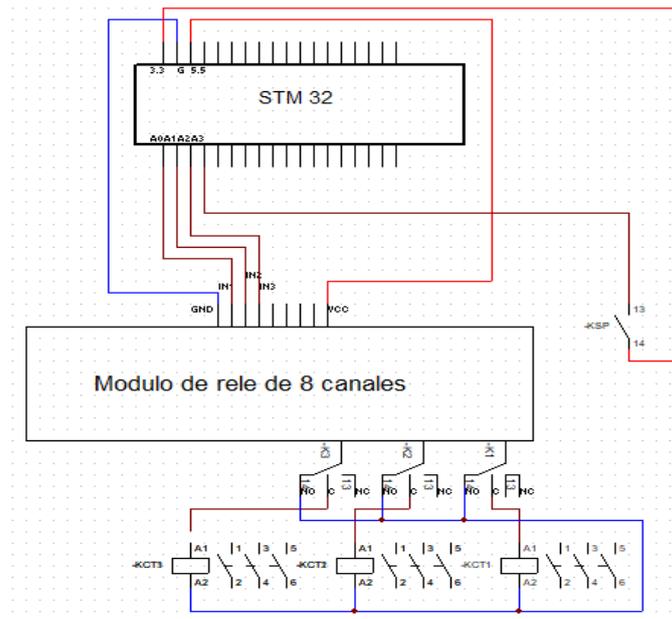


Figura 23. Circuito del microcontrolador STM 32.

El circuito de control se encuentra compuesto por:

- Microcontrolador (STM32): Se encarga de recibir las señales del pedal de activación y enviar las señales para pasar de configuración estrella a triángulo.
- Módulo de relé de 8 canales (-K1, -K2, -K3): Permite activar y desactivar los contactores, para genera el arranque del motor.
- Switch de pedal (-KSP): Su función es activar y desactivar el arranque del motor.
- Primer contactor (-KCT1): Este contactor da inicio al accionamiento del motor y se encuentra activado en todo momento.
- Segundo contactor (-KCT2): Este contactor funciona dentro de algunos segundos, al desactivarse el tercer contactor.
- Tercer contactor (-KCT3): Funciona al momento de activar -KSP.

Para el control basado en STM32 se realiza el algoritmo que se representa con el diagrama de flujo de la Figura 24.

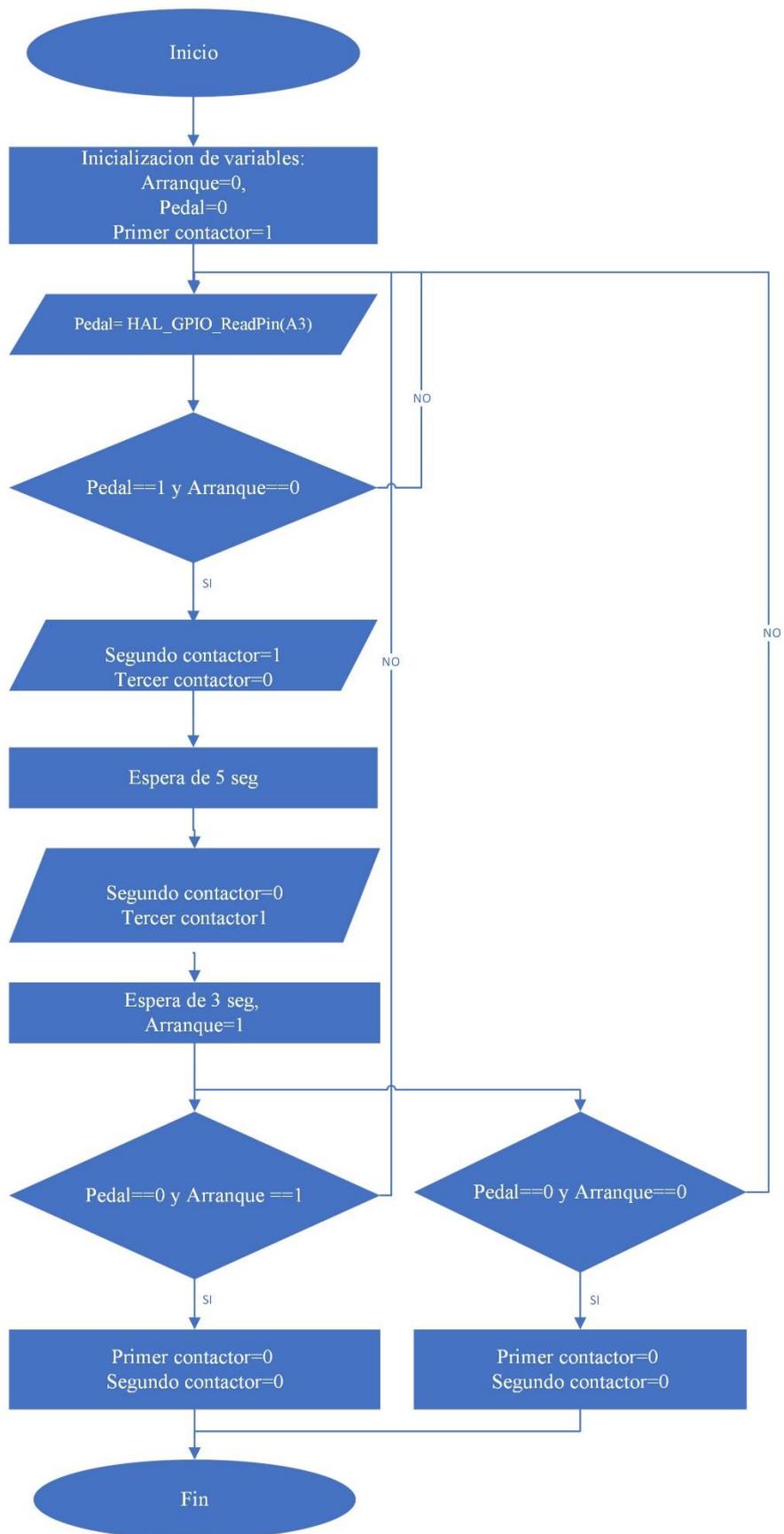


Figura 24. Diagrama de flujo.

En el proceso de la máquina prensadora de botellas se lleva a cabo la siguiente secuencia:

- Para iniciar la operación, se activa el switch de pedal y se mantiene enclavado para que continúen los demás procesos.
- Posteriormente, se mantiene accionado en el pin A0 del STM32 en todo el proceso para dar energía al motor.
- La operación continúa al momento de accionar el switch de pedal, activando el pin A1 del STM32 el cual permite la activación del contactor para generar el arranque en configuración estrella. Después de un tiempo de 5 segundos, este contactor se desactiva.
- Al finalizar el tiempo establecido para la activación del pin A1, se espera un periodo de 1,5 segundos y se acciona el pin A2, el cual permite la activación de la configuración en triángulo.

3.6 Implementación del prototipo de la máquina compactadora

Después de realizar los cálculos de la parte mecánica y electrónica, se procede a realizar la construcción y ensamblaje del prototipo de la máquina compactadora de botellas, la cual se presenta en la Figura 25.



Figura 25. Ensamblaje de la máquina.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo, se verifica el funcionamiento de la máquina compactadora de botellas, para lo cual se llevan a cabo diversas pruebas de funcionamiento.

4.1 Resultados de movimiento

4.1.1 Prueba del movimiento de los cilindros

La prueba es realizada utilizando un tacómetro, lo que posibilita la observación de la velocidad real a la que giran el motor y los rodillos, como se observa en la Figura 26.



Figura 26. Movimiento de los cilindros.

En la Tabla 13 se presentan los valores de velocidad obtenidos durante la prueba.

Tabla 13. Valores de velocidad obtenidos.

Medida	Velocidad real en rpm	Velocidad teórica en rpm
Motor	75	92
Rodillo A	74.5	92
Rodillo B	73.5	92

Como resultado, se evidencia una reducción en la velocidad tanto en los rodamientos como en la parte mecánica, esto debido a las diferentes fuerzas de rodamiento en las partes mecánicas.

4.1.2 Prueba de la conexión estrella triángulo

En esta prueba se realiza la medición de la corriente en estrella y en triángulo, para comprobar la disminución de la corriente de arranque. En la Figura 27, se muestra la medición de corriente realizada a la conexión del motor.



Figura 27. Medición de corriente en la conexión estrella triángulo.

La tabla 14 exhibe los valores obtenidos durante la ejecución de la mencionada prueba.

Tabla 14. Valores de la conexión obtenidos.

Configuración	Corriente Medida (A)	Corriente Calculada (A)
Estrella	2.47	3.12
Triángulo	1	1.8

Con los resultados de la Tabla 14 se puede observar la disminución de la corriente en un porcentaje de 58% de la corriente en triángulo con respecto a la corriente en estrella.

4.1.3 Prueba de Funcionamiento de la prensadora de botella.

En esta prueba se determina la disminución del diámetro de la botella antes y después del proceso de presentado. En la Figura 28 se muestra el ingreso y la salida de la botella.



(a)



(b)

Figura 28. Forma de la botella antes de ingresar (a) y después de la compactación (b).

En la tabla 15 se presenta las medidas de las diferentes botellas que se emplearon para el proceso de compactación. De las mismas se obtiene el volumen de las botellas al ingresar y al salir del proceso de compactación.

Tabla 15. Medidas y diámetros de las botellas.

Tipo de botella	Tamaño	Volumen	Reducción del volumen después del proceso
Botella de 3 [L]	36 (cm)	3 (L)	1.9 (L)
Botella de 1 [L]	30.4 (cm)	1 (L)	0.85 (L)
Botella de 625 [ml]	25 (cm)	625 (ml)	471 (ml)
Botella de 300 [ml]	17 (cm)	300 (ml)	229 (ml)

4.1.4 Prueba para determinar tiempo del compactado

En la Tabla 16 presentamos los tiempos que se demora en presar varias botellas de distintos tamaños.

Tabla 16. Tiempos de prensado de varias botellas.

Botellas	Características botella	Tiempo (s)
Botella 1	1 L	1
Botella 2	3 L	3
Botella 3	1 L	1
Botella 4	625 ML	0,5
Botella 5	3 L	3
Botella 6	3 L	3
Botella 7	330 ML	0,5
Botella 8	1 L	1
Botella 9	3 L	3
Botella 10	1 L	1
Botella 11	1 L	1
Botella 12	330 ML	0,5
Botella 13	1 L	1
Botella 14	625 ML	0,5
Botella 15	3 L	3
Botella 16	625 ML	0,5
Botella 17	3 L	3
Botella 18	1 L	1
Botella 19	1 L	1
Botella 20	1 L	1
TOTAL		30

Como resultado, se evidencia que el tiempo requerido para la compactación de 20 botellas es aproximadamente de 30 segundos.

4.2 Costos del prototipo

Durante el proceso construcción de la máquina prensadora, se han considerado diversos costos, tanto económicos destinados a la construcción de la estructura mecánica, como aquellos relacionados con el desarrollo del sistema eléctrico.

4.2.1 Costos de la Estructura Mecánica

En la Tabla 17 se presenta un desglose técnico de los diversos materiales esenciales requeridos para la construcción de la estructura.

Tabla 17. Desglose de los gastos asociados a los accesorios para la construcción mecánica

Cantidad	Descripción	Precio por unidad (USD)	Precio total (USD)
2	Tubo cuadrado galvanizado	18,40	36,80
2	Rodillo	144,00	288,00
4	Ejes	14,61	58,44
6	Chumaceras	8,00	48,00
1	Hierro cuadrado	5,20	5,20
4	Piñones sencillos Translink TL 50B x 23T Cadena trnslink ASA 050.10 (5/8 in)	11,21	44,84
1	3.05m	29,93	29,93
1	Acero SAE 1018 EJE 1 1/4"	3,35	3,35
1	Gabinete metálico 40*30*15 doble fondo	34,60	34,60
TOTAL:			549,16

4.2.2 Costos de elementos de electrónica

En la Tabla 18 se proporciona una especificación técnica de los diversos componentes electrónicos empleados para el control de la máquina.

Tabla 18. Descripción detallada de los costos asociados a los accesorios electrónicos utilizados en el proyecto.

Cantidad	Descripción	Precio por unidad (USD)	Precio total (USD)
40	Terminal Pin 16-14 azul	0,08	3,20
1	Breaker P/Riel 3P-32	9,20	9,20
1	Pulsador hongo C/Retención 22MM	3,83	3,83
3	Contactador NXC323P220/ 110V 32AMP 10HP	31,08	93,24
3	Cable Flexible THHN	0,55	1,65
3	Cable Concent 3X14 THHN/THWN	1,28	3,84
2	Cable Concent 2X14 THHN/THWN	0,91	1,82
1	Cable USB Tlf V8 Carg	3,99	3,99
1	STM 32	12,00	12,00
1	Fuente de 5 V	6,00	6,00
2	Luz Piloto Plástico Led 220V	5,00	10,00
1	Swicht Interruptor con llave Ebc	5,95	5,95
2	Pulsador rasante 1NA	2,50	5,00
1	Motor reductor	130,00	130,00
1	Módulo Relé de 8 canales 5 V	8,00	8,00
1	Regleta de conexión eléctrica 12 ES	3,50	3,50
1	Riel din longitud 1MT	1,99	1,99
TOTAL:			303,21

4.2.3 Mano de obra

Con el propósito de determinar la tarifa de la mano de obra en el proyecto, se considera el valor de un salario básico, estimado en alrededor de 700 dólares según las pautas establecidas por el Ministerio del Trabajo. Además, se considera el valor de servicios de terceros por prestación de equipos y herramientas. Estos valores se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Desglose de los costos relacionados con la mano de obra.

Horas	Mano de Obra	Valor por Hora (USD)	Total (USD)
120	Diseño de la estructura	1,88	350,00
240	Construcción	1,88	451,20
180	Servicios de terceros	0,67	120,60
TOTAL:			921,80

4.2.4 Total, de costos de la prensa automatizada para la compactación de botellas.

Para obtener el costo total de la prensa automatizada para la compactación de botellas, se lleva a cabo la suma de los valores totales de las Tablas 17, 18 y 19, tal como se indica en la Tabla 20.

Tabla 20. Precios totales de la compactadora de botellas.

Nombre del Costo	Valor (USD)
Construcción Mecánica	549,16
Construcción Electrónica	303,21
Mano de Obra	921,80
TOTAL:	1.774,17

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado, se muestra las recomendaciones y conclusiones resultantes de los procedimientos respectivos durante el diseño y construcción de la máquina compactadora de botellas.

CONCLUSIONES

- En este estudio se realizó la identificación de diversos tipos de prensados con el fin de establecer los parámetros tanto del diseño como del funcionamiento de la máquina, este análisis proporcionó un entendimiento del proceso automatizado que utiliza una prensadora de rodillos, el cual tiene como ventaja la reducción significativa del tiempo de prensado de botellas en comparación con los métodos manuales y otros métodos basados en compactación semi automática.
- Para el diseño de la máquina compactadora de botellas, se llevó a cabo un análisis basado en software CAD para obtener los valores de la estructura mecánica, donde el factor de seguridad de la estructura total es de 35, este factor de seguridad se obtiene tras someter la simulación a la distribución de cargas puntuales. Con lo cual se llevó a cabo la construcción de la máquina.
- Para la generación del movimiento de los rodillos, se empleó un sistema de transmisión 1:1 basado en cadena y piñones, lo cual permite transmitir el movimiento del motor trifásico a los rodillos A y B. En la prueba de movimiento se comprueba que la velocidad del motor es de 75 rpm y la velocidad en los rodillos de 74.5 rpm y 73.5 rpm respectivamente, demostrando la relación 1:1 de transmisión.
- Para el control del motor se empleó un sistema de arranque estrella-triángulo mediante un microcontrolador STM32, esta configuración permite la reducción de la corriente de arranque en un 58%, con esto se reduce el pico de corriente de arranque.
- Mediante las pruebas realizadas de compactación se pudo comprobar que con la velocidad de 74.5 rpm en el rodillo A y 73.5 rpm en el rodillo B, se logra un total de compactación de 20 botellas en 30 segundos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda un mantenimiento preventivo anual para el correcto funcionamiento de la máquina prensadora de botellas, realizando lubricación de rodamientos, cadena y ajustes eléctricos en la caja térmica con el objetivo de asegurar la durabilidad de la máquina y su eficaz funcionamiento.
- En el diseño estructural se debe añadir una tolva en la máquina prensadora para brindar mayor seguridad y evitar posibles accidentes.
- Para la mejora del proyecto se recomienda añadir una etapa automática para el abastecimiento de botellas, con lo cual permita reducir el riesgo de los operarios.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Kankanige and S. Babel, "Smaller-sized micro-plastics (MPs) contamination in single-use PET-bottled water in Thailand," *Sci. Total Environ.*, vol. 717, p. 137232, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137232.
- [2] A. Caverzan, P. Negro, C. Senaldi, and G. Ceccone, "Use of irradiated PET plastic waste for partially replacing cement in concrete ?," vol. 170, no. August, pp. 193–203, 2023, doi: 10.1016/j.wasman.2023.08.012.
- [3] R. Vinod Kumar and D. D. Rupesh Kumar, "Recycled plastic (HDPE) coarse aggregate manufacturing method and performance in concrete," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.05.489.
- [4] L. Lu, W. Li, Y. Cheng, and M. Liu, "Chemical recycling technologies for PVC waste and PVC-containing plastic waste: A review," *Waste Manag.*, vol. 166, no. April, pp. 245–258, 2023, doi: 10.1016/j.wasman.2023.05.012.
- [5] D. Hariadi, S. M. Saleh, R. Anwar Yamin, and S. Aprilia, "Utilization of LDPE plastic waste on the quality of pyrolysis oil as an asphalt solvent alternative," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 23, p. 100872, 2021, doi: 10.1016/j.tsep.2021.100872.
- [6] P. Kulkarni, V. Ravekar, P. Rama Rao, S. Waigokar, and S. Hingankar, "Recycling of waste HDPE and PP plastic in preparation of plastic brick and its mechanical properties," *Clean. Mater.*, vol. 5, no. July, p. 100113, 2022, doi: 10.1016/j.clema.2022.100113.
- [7] S. Zhao, C. Wang, B. Bai, H. Jin, and W. Wei, "Study on the polystyrene plastic degradation in supercritical water/CO₂ mixed environment and carbon fixation of polystyrene plastic in CO₂ environment," *J. Hazard. Mater.*, vol. 421, no. June 2021, p. 126763, 2022, doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.126763.
- [8] X. Chen, N. Kroell, M. Althaus, T. Pretz, R. Pomberger, and K. Greiff, "Enabling mechanical recycling of plastic bottles with shrink sleeves through near-infrared spectroscopy and machine learning algorithms," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 188, no. October 2022, p. 106719, 2023, doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106719.
- [9] Y. Guo *et al.*, "Ignored microplastic sources from plastic bottle recycling," *Sci. Total Environ.*, vol. 838, no. April, p. 156038, 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.156038.
- [10] A. H. Zulkafli, H. Hassan, M. A. Ahmad, A. T. Mohd Din, and S. M. Wasli, "Co-pyrolysis of biomass and waste plastics for production of chemicals and liquid fuel: A review on the role of plastics and catalyst types," *Arab. J. Chem.*, vol. 16, no. 1, p. 104389, 2023, doi: 10.1016/j.arabjc.2022.104389.
- [11] B. Goshayeshi, M. S. Abbas-Abadi, M. Kusenber, A. Lemonidou, and K. M. Van Geem, "Prospects of physical, mechanical, and advanced recycling of end-of-life polystyrenes: Towards full recyclability," *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.*, vol. 42, p. 100821, 2023, doi: 10.1016/j.cogsc.2023.100821.
- [12] S. Chen and Y. H. Hu, "Science of the Total Environment Chemical recycling of plastic wastes with alkaline earth metal oxides : A review," *Sci. Total Environ.*, vol. 905, no.

- July, p. 167251, 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167251.
- [13] T. M. Campos, H. A. Petit, R. O. Freitas, and L. M. Tavares, “Online prediction of pressing iron ore concentrates in an industrial HPGR. Part 1: Modeling approach,” *Miner. Eng.*, vol. 201, no. December 2022, p. 108206, 2023, doi: 10.1016/j.mineng.2023.108206.
- [14] R. Dindorf, “Measurement of Pneumatic Valve Flow Parameters on the Test Bench with Interchangeable Venturi Tubes and Their Practical Use,” *Sensors*, vol. 23, no. 13, p. 6042, 2023, doi: 10.3390/s23136042.
- [15] R. Figueroa-Jacinto, T. J. Armstrong, and W. Zhou, “Normal force distribution and posture of a hand pressing on a flat surface,” *J. Biomech.*, vol. 79, pp. 164–172, 2018, doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.08.002.
- [16] X. Yan and B. Chen, “Analysis of a novel energy-efficient system with 3-D vertical structure for hydraulic press,” *Energy*, vol. 218, p. 119518, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2020.119518.
- [17] P. C. Okolie, E. N. Obika, B. S. Oluwadare, O. N. Ezenwa, and C. S. Udensi, “Steel work design and analysis of a 40-ton constant temperature hydraulic press,” *Heliyon*, vol. 6, no. 9, p. e04783, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04783.
- [18] X. Yan, B. Chen, F. Yin, H. Ji, Z. Ma, and S. Nie, “Energy optimization of main hydraulic system in a forging press by simulation and experimental methods,” *Energy*, vol. 277, no. May 2022, p. 127620, 2023, doi: 10.1016/j.energy.2023.127620.
- [19] R. Singh and H. K. Verma, “Development of PLC-Based Controller for Pneumatic Pressing Machine in Engine-Bearing Manufacturing Plant,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 125, pp. 449–458, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2017.12.059.
- [20] T. Deich, S. L. Hahn, S. Both, K. P. Birke, and A. Bund, “Validation of an actively-controlled pneumatic press to simulate automotive module stiffness for mechanically representative lithium-ion cell aging,” *J. Energy Storage*, vol. 28, no. January, p. 101192, 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101192.
- [21] O. A. Gaheen, E. Benini, M. A. Khalifa, and M. A. Aziz, “Pneumatic cylinder speed and force control using controlled pulsating flow,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 35, p. 101213, 2022, doi: 10.1016/j.jestch.2022.101213.
- [22] Q. Gao, Q. Lin, Y. Huang, J. Hu, and W. Yu, “High-performance wood scrimber prepared by a roller-pressing impregnation method,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 368, no. December 2022, p. 130404, 2023, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2023.130404.
- [23] L. Hrabovsky, V. Molnar, G. Fedorko, J. Tkac, and K. Frydrysek, “Experimental determination of force acting on a sandwich conveyor’s pressure roller in transport of bulk materials for the needs of failure analysis,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 202, no. April, p. 111832, 2022, doi: 10.1016/j.measurement.2022.111832.
- [24] J. Liu *et al.*, “Microstructure, properties and fracture failure mechanism of MAG welded joints of four types of stainless steels,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 150, no. May, p. 107326, 2023, doi: 10.1016/j.engfailanal.2023.107326.
- [25] D. Bin, H. Rin, W. Keun, and S. Jin, “Effect of alloying (Cr , Mo , and V) on corrosion

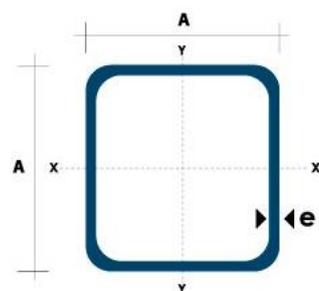
- behaviors of API- grade steel in CO₂-saturated aqueous solutions with different pH,” *J. Ind. Eng. Chem.*, 2023, doi: 10.1016/j.jiec.2023.09.003.
- [26] A. S. Kumar, P. A. Jeeva, and S. Karthikeyan, “Materials Today : Proceedings Evaluation of wear resistance and microstructural properties of laser clad martensitic and austenitic stainless steel,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.07.124.
- [27] J. B. Niu, M. Waqas Qureshi, Z. F. Ding, X. X. Ma, and Y. He, “Effect of nitriding on the transformation of alloy carbides (VC and Mo₂C) in 8Cr₄Mo₄V steel,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 610, no. November 2022, 2023, doi: 10.1016/j.apsusc.2022.155561.
- [28] S. Wang *et al.*, “Co-optimization energy management strategy for a novel dual-motor drive system of electric tractor considering efficiency and stability,” *Energy*, vol. 281, no. June, p. 128074, 2023, doi: 10.1016/j.energy.2023.128074.
- [29] B. Zhong and L. L. Ma, “Active disturbance rejection control and energy consumption of three-phase asynchronous motor based on dynamic system’s decoupling,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 47, no. June, 2021, doi: 10.1016/j.seta.2021.101338.
- [30] A. Glowacz, “Fault diagnosis of single-phase induction motor based on acoustic signals,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 117, pp. 65–80, 2019, doi: 10.1016/j.ymsp.2018.07.044.
- [31] X. Xi *et al.*, “Sliding mode control of an outer-rotor magnetic-gear-integrated motor with a Halbach array,” *Control Eng. Pract.*, vol. 137, no. October 2022, p. 105561, 2023, doi: 10.1016/j.conengprac.2023.105561.
- [32] K. Liang, D. Zhu, and J. Liu, “Topology optimization of a spatial compliant parallel mechanism based on constant motion transmission characteristic matrix,” *Mech. Mach. Theory*, vol. 180, no. August 2022, p. 105125, 2023, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2022.105125.
- [33] M. Dakel, L. Jézéquel, and J. L. Sortais, “Stationary and transient analyses of a pulley-belt system based on an Eulerian approach,” *Mech. Mach. Theory*, vol. 128, pp. 682–707, 2018, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2018.07.002.
- [34] Y. Wang, D. Ji, and K. Zhan, “Modified sprocket tooth profile of roller chain drives,” *Mech. Mach. Theory*, vol. 70, pp. 380–393, 2013, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2013.08.006.
- [35] J. Liu, X. Li, R. Pang, and M. Xia, “Dynamic modeling and vibration analysis of a flexible gear transmission system,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 197, no. October 2022, p. 110367, 2023, doi: 10.1016/j.ymsp.2023.110367.
- [36] M. C. Felipe and S. Espinosa, . “INTRODUCCIÓN A LOS MICROCONTROLADORES Microcontroladores,” pp. 15–118, 2019.
- [37] E. Tolocka, “La familia de microcontroladores STM32,” *Profe tolocka*, 2021. <https://www.profetolocka.com.ar/2021/03/29/la-familia-de-microcontroladores-stm32/>
- [38] By Allan Flamholz, “Encontrando el punto óptimo para la roladora de placa de dos rodillos,” *The fabrication en español*. <https://www.thefabricator.com/thefabricatorenspanol/article/bending/encontrando-el->

punto-optimo-para-la-roladora-de-placa-de-dos-rodillos

- [39] “Prensa Neumatica PR,” *Segura llunell S.A.* <https://segurallunell.es/products/prensa-neumatica-pr/>
- [40] “Prensa de papel línea,” *Proimpel*. <https://www.proimpel.es/maquinaria/maquinas-productos-papel/prensa-de-papel-linea-pp-30-50-ton/>
- [41] F. De la Torre, “Motor Asíncrono o de Inducción,” *Accionamientos Electromecánicos*, pp. 0–25, 2019, [Online]. Available: [https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16747/21505-19 ACCIONAMIENTOS ELECTROMECA%CC%81NICOS Motor Asíncrono o de Inducción.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16747/21505-19_ACCIONAMIENTOS_ELECTROMECA%CC%81NICOS_Motor_Asincronico_o_de_Induccion.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- [42] F. de la Torre, “Motor de Inducción Monofásico,” pp. 0–17, 2019, [Online]. Available: [https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16748/21506-19 ACCIONAMIENTOS ELECTROMECA%CC%81NICOS Motor de Inducción monofásico.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16748/21506-19_ACCIONAMIENTOS_ELECTROMECA%CC%81NICOS_Motor_de_Induccion_monofasico.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- [43] ATEX incluido, “Manual de montaje con indicaciones para el funcionamiento y el mantenimiento,” *Reductores y Mot. MAS*, 2018, [Online]. Available: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h1e/hfd/ba-ma-gt-001-026-06-16-ba26-spanish-web.pdf>
- [44] M. Abasolo, J. Corral, and E. Iriondo, “Transmisión por Correas,” *Univ. del País Vasco*, vol. 11, no. 1, pp. 14–15, 2016.
- [45] N. E. Helwig, S. Hong, and E. T. Hsiao-wecksler, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title”.
- [46] Gémina, “Principio De Funcionamiento,” *GÉMINA Procesos Aliment. S.L.*, 2017, [Online]. Available: https://www.gemina.es/files/catalogue/pdf/21_Molino_Martillo.pdf
- [47] M. Ruiz Guti, “Manual de Programación Arduino Arduino : Manual de Programación,” *Arduino Noteb.*, vol. 1, pp. 3–70, 2007.
- [48] P. Logo, P. Logo, and S. Logo, “LOGO ! LOGO !,” 2016.

ANEXOS

Anexo 1



El diagrama muestra un perfil cuadrado con espesores. Las dimensiones A y Y indican el ancho y alto del perfil. Los ejes X-Xe e Y-Y indican los ejes de referencia. El espesor e se muestra en la parte inferior derecha del perfil.

A mm	Dimensiones		Área cm ²	Ejes X-Xe Y-Y		
	Espesor mm (e)	Peso Kg/m		I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
--	--	--	--	--	--	--

Anexo 2

Detalles de la cadena

Potencia de entrada:	P = 0,37 kilovatios	Paso:	pag = 12,7 mm
Velocidad de entrada:	norte = 92 rpm	Carga de rotura ISO:	Fb = 17800 N
Velocidad lineal de la cadena:	v = 0,4 m/s	Presión del rodamiento:	pr = 23,273 N/mm ²
Esfuerzo de torsión:	T = 38,408 Nm	Área de rodamiento:	f = 0,5 cm ²
Fuerza estática:	F = 826,1 norte	Peso:	q = 0,7 kg/m
Fuerza dinámica:	Fd = 1163,5N	Longitud de la cadena:	largo = 1701,8 mm
Fuerza centrífuga:	Ff = 0,14 N	Distancia al centro:	a = 704,85 mm
Fuerza total:	Fg = 1163,7N	Número de enlaces:	X = 134
Factores de seguridad de la cadena:	estático = 21,5 dinámico = 15,3		

Transmisión por cadena

Rueda de espigas	Conducción (Z1)	Conducido (Z2)	
Numero de dientes:	23	23	Relación: yo = 1
Diámetro del círculo:	93,268 milímetros	93,268 milímetros	
Clasificación de carga:	Carrera tranquila	Choques moderados	

Condiciones ambientales

Condiciones ambientales:	Interior, Normal
Condiciones de servicio:	Lubricación inadecuada (en relación con la lubricación)
Lubricación recomendada:	Lubricación Manual

Anexo 3



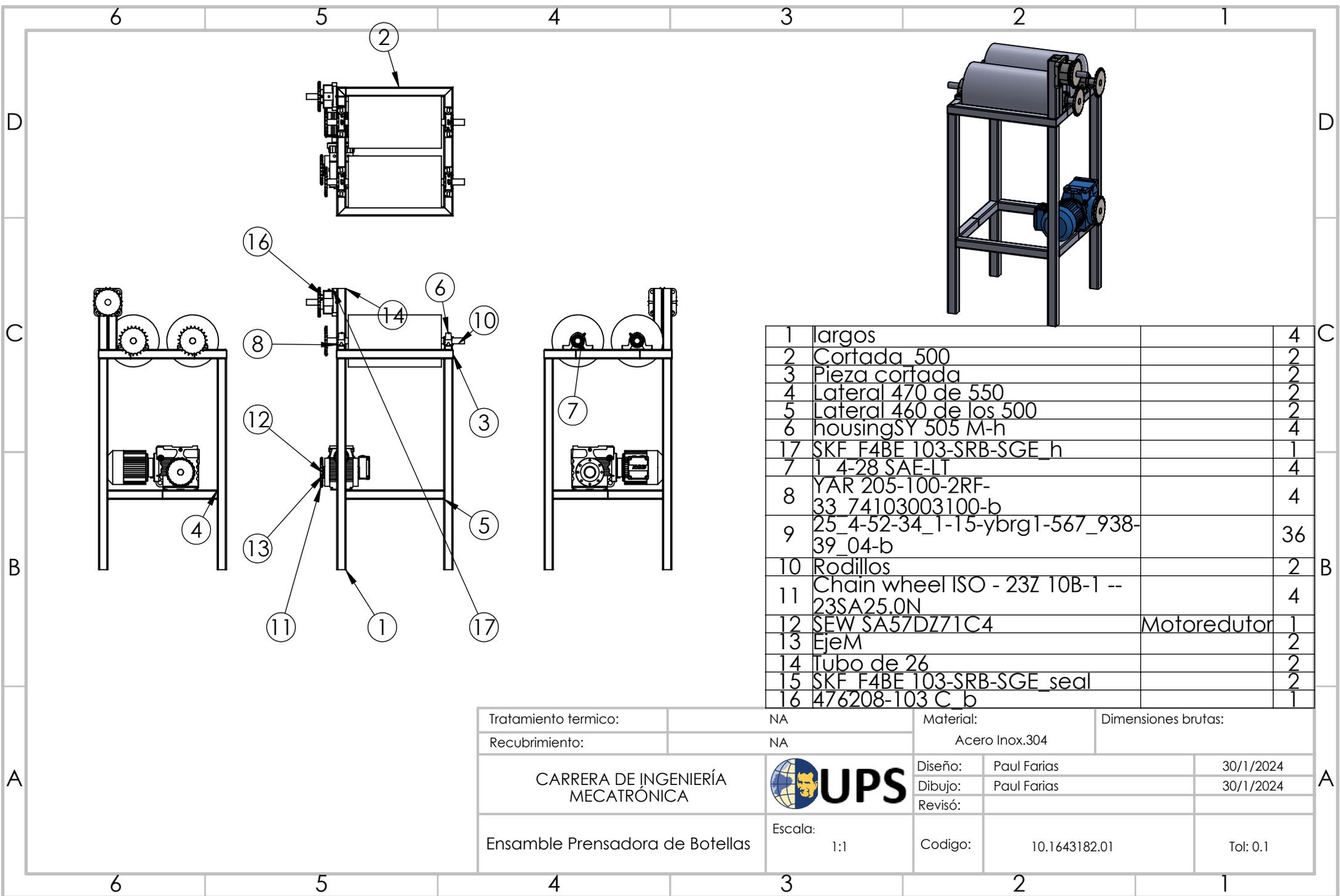
Anexo 4



Anexo 5



Anexo 6



1	largos	4
2	Cortada_500	2
3	Pieza cortada	2
4	Lateral 470 de 550	2
5	Lateral 460 de los 500	2
6	housingSY 505 M-h	4
17	SKF F4BE 103-SRB-SGE_h	1
7	1 4-28 SAE-LT	4
8	YAR 205-100-2RF-33 74103003100-b	4
9	25_4-52-34_1-15-ybrgl-567_938-39_04-b	36
10	Rodillos	2
11	Chain wheel ISO - 23Z 10B-1 -- 23SA25.0N	4
12	SEW SA57DZ71C4	Motoredutor
13	EjeM	2
14	Tubo de 26	2
15	SKF F4BE 103-SRB-SGE_seal	2
16	476208-103 C_b	1

Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero Inox.304	Dimensiones brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Paul Farias	30/1/2024
		Dibujo:	Paul Farias	30/1/2024
		Revisó:		
Ensamble Prensadora de Botellas	Escala:	1:1	Codigo:	10.1643182.01
				Tol: 0.1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

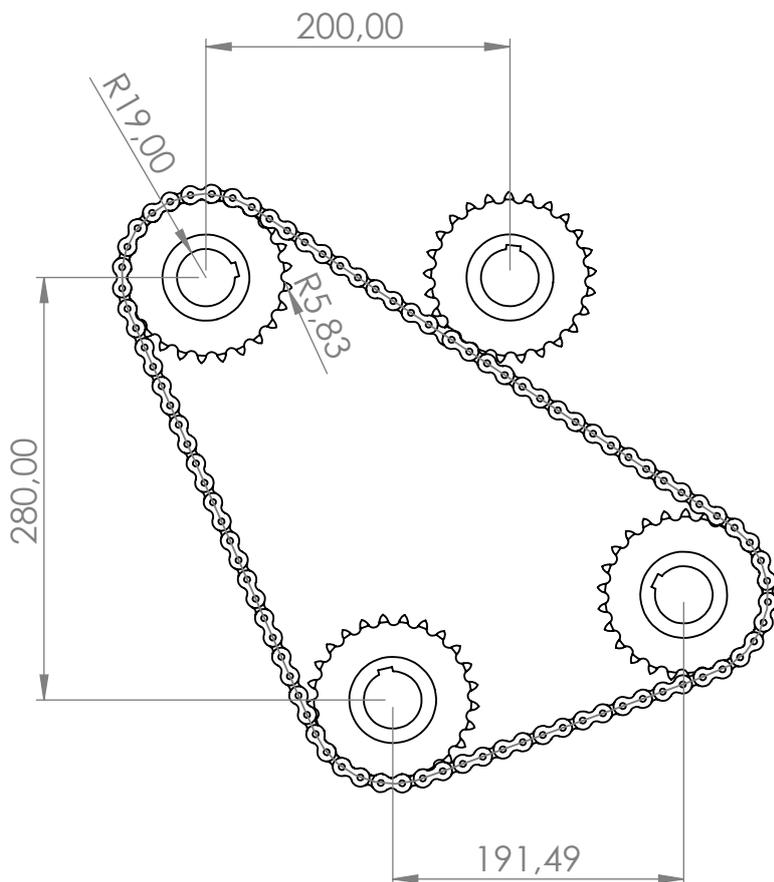
D

C

C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	Dimensiones brutas:
Recubrimiento:	NA		NA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Paul Farias	30/01/2024
		Dibujo:	Paul Farias	30/01/2024
		Revisión:		
	Escala:	1:1	Codigo:	10.1643182.01
				Tol. Gral.: