



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

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO MECATRÓNICO PARA LA OBTENCIÓN  
DE FIBRA DE POLIÉSTER POR CENTRIFUGADO**

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

AUTORES: PEDRO JOSE RENGEL RIVERA

TUTOR: LUIS MARCELO LÓPEZ LÓPEZ

Cuenca – Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Pedro Jose Rengel Rivera, con documento de identificación N.º 0107174765 manifiesto 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 parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 21 de julio del 2023

Atentamente,



---

Pedro Jose Rengel Rivera  
0107174765

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

Yo, Pedro Jose Rengel Rivera, con documento de identificación N° 0107174765, 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 autor del Proyecto Técnico: “Diseño de un dispositivo mecatrónico para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado“, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 21 de julio del 2023

Atentamente,



---

Pedro Jose Rengel Rivera  
0107174765

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Marcelo López López, con documento de identificación N° 0102906971, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN DISPOSITIVO MECATRÓNICO PARA LA OBTENCIÓN DE FIBRA DE POLIÉSTER POR CENTRIFUGADO, realizado por Pedro Jose Rengel Rivera, con documento de identificación N° 0107174765, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 21 de julio del 2023

Atentamente,



---

Luis Marcelo López López  
0102906971

## **Dedicatoria**

***Pedro Jose***

El presente proyecto de titulación está dedicado:

Dedico este logro a mis padres, quienes siempre me han brindado apoyo incondicional, paciencia y sacrificio, ya que sin ellos no habría llegado tan lejos. A mis abuelos que han sido un pilar fundamental en mis valores como persona y estudiante. Por último, dedico este trabajo a mí mismo, por la dedicación, el esfuerzo y la perseverancia que he demostrado en cada paso de esta carrera universitaria.

---

## **Agradecimientos**

### ***Pedro Jose***

En primer lugar, agradezco profundamente el apoyo de mi familia que supieron ser el apoyo fundamental en él todo el proceso de mi carrera académica, su confianza en mí y su sacrificio han sido fundamentales en mi éxito.

De igual forma agradecer a mis amigos, quienes han sido mis compañeros en mi carrera universitaria, su apoyo moral, su comprensión, compartiendo conocimientos y experiencias.

Quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Luis López, mi tutor de proyecto de titulación, por su apoyo, dedicación y paciencia a lo largo de este tiempo.

Este documento fue realizado enteramente en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

## Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación . . . . .	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana . . . . .	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación . . . . .	III
Dedicatoria . . . . .	IV
Agradecimientos . . . . .	V
Resumen . . . . .	XIV
Abstract . . . . .	XV
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	3
2.2. Descripción del problema . . . . .	4
2.3. Importancia y alcances . . . . .	4
2.4. Delimitación . . . . .	4
2.4.1. Espacial o geográfica . . . . .	4
2.4.2. Temporal . . . . .	4
2.4.3. Sectorial o institucional . . . . .	4
2.5. Problema General . . . . .	5
2.6. Problemas Específicos . . . . .	5
<b>3. Justificación</b>	<b>6</b>
<b>4. Objetivo</b>	<b>7</b>
4.1. Objetivo General . . . . .	7
4.2. Objetivos Específicos . . . . .	7
<b>5. Hipótesis</b>	<b>8</b>
5.1. Hipótesis General . . . . .	8
5.2. Hipótesis Específicas . . . . .	8
<b>6. Marco Teórico</b>	<b>9</b>
6.1. Polímero PET . . . . .	9

6.2.	Clasificación de los polímeros . . . . .	10
6.3.	Características y propiedades del PET: . . . . .	10
6.4.	Usos del PET . . . . .	11
6.4.1.	Envases y empaques . . . . .	11
6.4.2.	Fibras o Hilos . . . . .	11
6.4.3.	PET de grado film . . . . .	11
6.4.4.	PET de grado ingeniería . . . . .	11
6.5.	Fibra de poliéster . . . . .	11
6.6.	Tecnologías en obtención de fibras de poliéster . . . . .	12
6.6.1.	Hilado por centrifugado . . . . .	12
6.6.2.	Tipos de equipos de centrifugación . . . . .	13
6.6.3.	Centrifugación de filtro . . . . .	14
<b>7.</b>	<b>Metodología</b>	<b>17</b>
7.1.	Metodología de la investigación . . . . .	17
7.1.1.	Enfoque . . . . .	17
7.1.2.	Tipo . . . . .	17
7.1.3.	Alcance . . . . .	17
7.2.	Metodología del proceso . . . . .	17
7.2.1.	Establecimiento de los parámetros iniciales de un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado . . . . .	17
7.2.1.1.	Capacidad: . . . . .	18
7.2.1.2.	Dimensiones: . . . . .	19
7.2.1.3.	Materia prima: . . . . .	20
7.2.1.4.	Capacidad de producción: . . . . .	21
7.2.1.5.	Velocidad de hilado . . . . .	22
7.2.1.6.	Material estructural: . . . . .	25
7.2.2.	Diseño del dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado . . . . .	29
7.2.2.1.	Tornillo de alimentación . . . . .	29
7.2.2.2.	Índice de material . . . . .	34
7.2.2.3.	Selección de componentes . . . . .	36
7.2.2.4.	Controladores . . . . .	46
7.2.2.5.	Diseño mecánico . . . . .	51
7.2.2.6.	Diseño Eléctrico . . . . .	55
7.2.3.	Simulación del diseño de la máquina automática para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado . . . . .	57
7.2.3.1.	Implementación en el software inventor . . . . .	57
7.2.3.2.	Simulación Numérica . . . . .	57

7.2.3.3. Diseño Final . . . . .	61
<b>8. Resultados</b>	<b>62</b>
8.1. Parámetros iniciales del dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado . . . . .	62
8.2. Diseño del dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado . . . . .	64
8.3. Simulación del diseño de la máquina automática para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado . . . . .	67
<b>9. Conclusiones</b>	<b>69</b>
<b>10. Recomendaciones</b>	<b>70</b>
Referencias . . . . .	74
ANEXOS . . . . .	75

## Lista de Tablas

7.1. Capacidad de carga en la máquina . . . . .	18
7.2. Dimensiones . . . . .	19
7.3. Punto de fusión del PET . . . . .	20
7.4. Conductividad térmica del PET . . . . .	21
7.5. Resistencia del PET . . . . .	21
7.6. Rango de tiempo . . . . .	22
7.7. Rangos de rpm . . . . .	22
7.8. Clasificación de tornillo . . . . .	23
7.9. Clasificación de tornillo . . . . .	24
7.10. Dimensiones del tornillo . . . . .	24
7.11. Resistencia a la rotura del acero al carbono . . . . .	25
7.12. Límite elástico del acero al carbono . . . . .	25
7.13. Densidad del acero al carbono . . . . .	25
7.14. Factor de seguridad . . . . .	26
7.15. Datos para el índice de material . . . . .	34
7.16. Tipos de acero al carbono . . . . .	36
7.17. Dimensiones de la cazuela térmica . . . . .	37
7.18. Modelo de cazuela . . . . .	38
7.19. Diámetro de fibra de polímeros reciclados a velocidades de rotación variadas	38
7.20. Dimensiones de resistencias . . . . .	44
7.21. Componentes de transportador helicoidal tubular . . . . .	45
7.22. Características de controlador CN740 . . . . .	49
7.23. Características de controlador CFW300 . . . . .	50
7.24. Matriz de decisión . . . . .	53
7.25. Dimensiones de tolva . . . . .	54
8.1. Capacidad . . . . .	62
8.2. Dimensiones . . . . .	62
8.3. Materia Prima . . . . .	63
8.4. Rangos de rpm . . . . .	63
8.5. Material Estructural . . . . .	64
8.6. Datos de tornillo transportador . . . . .	64

8.7. Cálculos del tornillo . . . . .	65
8.8. Acero al carbono . . . . .	65
8.9. Componentes . . . . .	66
8.10. Presión aplicada en la carcasa . . . . .	67
8.11. Desplazamiento en la carcasa . . . . .	67
8.12. Presión aplicada en el tornillo transportador . . . . .	67
8.13. Desplazamiento en el tornillo transportador . . . . .	68
8.14. Presión aplicada en la estructura . . . . .	68
8.15. Desplazamiento en la estructura . . . . .	68
10.1. Matriz de consistencia . . . . .	76
10.2. Variable dependiente . . . . .	77

## Lista de Figuras

6.1. Fórmula del Pet . . . . .	9
6.2. Centrifugado . . . . .	13
6.3. Cabezal . . . . .	13
6.4. Dispositivo manual para la elaboración de fibras de poliéster . . . . .	14
6.5. Dispositivo artesanal para el procesamiento de plásticos . . . . .	15
6.6. Prototipo 2 . . . . .	15
6.7. Prototipo 2 . . . . .	16
7.1. Altura de trabajo . . . . .	20
7.2. Tornillo de paso pequeño . . . . .	23
7.3. Dimensiones del tornillo . . . . .	24
7.4. Hojuelas de PET . . . . .	29
7.5. Dimensiones del tornillo . . . . .	30
7.6. Cazuela termica . . . . .	37
7.7. Motores comerciales . . . . .	39
7.8. Dimensiones del motor . . . . .	39
7.9. Datos de la carcasa 90L . . . . .	40
7.10. Resistencias-Cerámicas . . . . .	44
7.11. Tornillo tipo tubular . . . . .	46
7.12. Tamaños DIN de controladores de temperatura . . . . .	48
7.13. Controlador CN740 . . . . .	48
7.14. Control de Velocidad . . . . .	51
7.15. Diseño 1 y 2 de la máquina . . . . .	52
7.16. Diseño 3 . . . . .	53
7.17. Tolva . . . . .	54
7.18. Estructura de soporte . . . . .	55
7.19. Circuito de Mando . . . . .	56
7.20. Circuito de Fuerza . . . . .	56
7.21. Estructura con componentes . . . . .	57
7.22. Estructura de soporte . . . . .	58
7.23. Estructura de soporte . . . . .	58
7.24. Tornillo sin fin . . . . .	59

7.25. Tornillo sin fin . . . . .	59
7.26. Simulación de presión en la estructura . . . . .	60
7.27. Simulación de desplazamiento en la estructura . . . . .	60
7.28. Diseño Final . . . . .	61
8.1. Diseño Final . . . . .	66

## Resumen

El objetivo de este estudio es diseñar un dispositivo mecatrónico automático para la obtención de fibra de poliéster mediante el proceso de centrifugado, con el fin de mejorar la eficiencia y productividad en la producción de fibra sintética. Se ha utilizado un enfoque de diseño y desarrollo, basado en la ingeniería mecatrónica. Se ha realizado una investigación exhaustiva de los procesos de centrifugado y producción de fibra de poliéster existentes, y se han aplicado principios de diseño mecatrónico para desarrollar el dispositivo automatizado. La población objetivo de este estudio son los fabricantes y productores de fibra de poliéster, así como pequeñas empresas recicladoras. El principal instrumento utilizado en este estudio es el software de diseño asistido por computadora, específicamente Inventor, que ha sido empleado para crear y simular el diseño del dispositivo mecatrónico. Los resultados de este estudio incluyen el diseño detallado del dispositivo mecatrónico, los parámetros iniciales establecidos (capacidad, altura de trabajo, tiempos de producción, velocidad de hilado), selección de componentes, así como la simulación del funcionamiento de la máquina y la validación de los datos obtenidos.

**Palabras clave:** Fibra de poliéster, centrifugado, dispositivo mecatrónico, diseño, automatización.

## **Abstract**

**T**he objective of this study is to design an automatic mechatronic device for obtaining polyester fiber through the centrifugation process in order to enhance efficiency and productivity in synthetic fiber production. A design and development approach based on mechatronic engineering has been utilized. A comprehensive investigation of existing centrifugation processes and polyester fiber production has been conducted, and mechatronic design principles have been applied to develop the automated device. The target population comprises polyester fiber manufacturers, producers, and recycling companies. The primary tool utilized in this study is computer-aided design software, specifically Inventor, which has been employed to create and simulate the design of the mechatronic device. The results show a detailed design of the mechatronic device, the established initial parameters like the capacity, working height, production times and spinning speed. Furthermore it shows the component selection, and the simulation of machine operation and validation of the obtained data.

**Keywords:** Polyester fiber, centrifugation, mechatronic device, design, automation.

## 1. Introducción

Los residuos plásticos generados por la población se ha convertido en una problemática grave de nuestro tiempo (Santillán, Saldaña, y De-La-Torre, 2020). Ecodes (2023) menciona que “alrededor de 8 millones de toneladas de plástico son vertidas cada año a los océanos, esto equivale a vaciar un camión de basura lleno de plásticos cada minuto ”, los residuos experimentan procesos de fragmentación, degradación y desintegración, lo que resulta en su persistencia en el medio ambiente a medida que se reduce su tamaño, factores como la temperatura, la exposición a rayos ultravioleta y la acción del viento contribuyen a su desgaste mecánico, convirtiéndolo en micro y nanopartículas plásticas (Buteler, 2019; Deleón, Christoph, Hernández, y Picardo, 2017). El mundo produce el doble de residuos plásticos que hace dos décadas (Regato, Palacios, y Vázquez, 2022), la mayor parte de los cuales se usan en relleno sanitario, se incinera o se filtra en el medio ambiente, y tan solo el 9% se recicla exitosamente, de acuerdo con un reporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos “OCDE” (2022).

En Ecuador, el principal componente de los vertederos de basura son los plásticos y botellas de tipo PET, provocando contaminación del medio ambiente (Arandes, Bilbao, y López, 2004), donde la recolección y manejo inadecuado de estos plásticos por parte de los usuarios y gobiernos centrales han profundizado en el problema, Calderón y cols. (2020) mencionan que es más fácil importar resina para crear botellas PET de otros países que comprar resina reciclada donde el problema es su manejo después de ser usados (Zambrano, 2013). En el país, el 45,5% de municipios refiere la presencia de recicladores informales, y se estima que el porcentaje total de reciclaje (formal e informal) es del 14% (Bustos, 2021).

Reséndiz Franco (1980) analiza la industria textil, establece que la obtención de fibra de poliéster se ha convertido en una práctica común en la fabricación de numerosos artículos, el poliéster se emplea para confeccionar prendas de vestir como camisetas, pantalones, vestidos y chaquetas, el mismo puede mezclarse con otras fibras, como el algodón y mejorar su calidad (Bermeo, Rea, López, y Pico, 2018), también se lo usa como relleno en una variedad de productos, como almohadas, peluches y cojines, entre otros (Marjuban y cols., 2023). El reciclaje es el proceso de convertir desechos en nuevos productos o materias primas para su reutilización, en el artículo de Bolaños (2019) plantea algunas de las técnicas que incluyen el reciclaje mecánico, el reciclaje químico, mediante técnicas espectroscópicas, el reciclaje

energético, y entre ellas la producción de fibras de poliéster y estas se dividen en hilado en seco, hilado en humero, electro hilado e Hilado centrífugo (Guerra, 2021). Se centra en el diseño y desarrollo de un dispositivo mecatrónico automatizado que busca optimizar el proceso de obtención de fibra de poliéster por centrifugado. El dispositivo propuesto busca mejorar la calidad del producto final, reducir los tiempos de producción y minimizar los costos asociados.

## 2. Problema

### 2.1. Antecedentes

Según, GreenPeace (2022) desde el año 1950 dio inicio a la producción de diversos tipos de plásticos que persiste hasta el día de hoy, los cuales han producido alrededor de 8,3 millones de toneladas. Grandes empresas de bebidas producen alrededor de 500 mil millones de botellas de plástico de una sola vida cada año, por lo que se ha creado varias formas de reciclar plásticos, siendo una de estas es la obtención de fibra de poliéster. (Chacón y Paz, 2021)

Según él, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2022) cada ciudadano ecuatoriano produce en promedio cerca de 0,58 kilogramos de desechos sólidos, en el espacio urbano en el año 2016. En Ecuador los recicladores y pequeñas empresas han ido en aumento, por lo que han generado empleos en reciclaje de plásticos de un solo uso, por lo que se necesitan máquinas, herramientas y procesos de produciendo mucha inversión y poca rentabilidad.(Mansilla y Ruiz, 2009)

Guerra (2021), menciona que la gran parte de las fibras poliméricas son causadas por el proceso de extrusión, este se da por dar paso a un fluido espeso-visco por medio de orificios en una hilera para crear filamentos poliméricos semisólidos, para este proceso se han desarrollado varios métodos como se presentan a continuación:

- **Hilado en húmedo:** Se utiliza para sustancias formadoras de fibras que han sido disueltas en un disolvente. Las hileras están sumergidas en un baño químico y los filamentos que emergen precipitan de la solución y se solidifican.
- **Hilado en seco:** Se consigue mediante la evaporación del disolvente en una corriente de aire o gas inerte. Este proceso puede ser utilizado para la producción de fibras de acetato, triacetato, acrílico, modacrílicas, PBI (Polibenzimidazol), spandex y Vinyon (policloruro de vinilo).
- **Hilatura por fusión:** La sustancia de formación de fibras se funde por extrusión a través de la hilera y luego directamente solidifica por enfriamiento. Las fibras de nylon (poliamida), olefinas, poliéster, Saran y sulfar se producen mediante este proceso. Las fibras hiladas por fusión pueden ser extruidas de la hilera en diferentes formas de sección

transversal (redondo, trilobular, pentagonal, octogonal, y otros) para brindar diversas propiedades y texturas a la fibra.

- **Hilatura en gel:** También llamado como hilatura seco-húmeda, las fibras son enfriadas por medio de aire y un baño líquido, ya que los filamentos primero pasan a través de aire y luego se enfrían adicionalmente en un baño líquido. Algunas fibras de polietileno suelen llegar a ser de alta resistencia, ya que son producidas en gel.

## **2.2. Descripción del problema**

El trabajo de titulación analizará el diseño de un dispositivo para la obtención de fibra de poliéster debido a que no existe información detallada del proceso de transformación del polímero a un estado de fusión o temperatura de plastificación dentro del usillo calentador y de la boquilla que genera el perfil del hilo, por lo que es necesario definir el diseño mecánico de transporte del polímero en la zona de calefacción cuyas temperaturas deben ser controladas, al igual que la velocidad de transporte.

## **2.3. Importancia y alcances**

El alcance del proyecto solo abarcará el diseño de un dispositivo mecatrónico para la producción de fibra de poliéster por centrifugado.

La determinación de la funcionalidad se basarán únicamente en la respuesta de los movimientos dinámicos y cinemáticos por medio de simulación en software.

El análisis del material adecuado para el diseño de un dispositivo para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado se basará en software de simulación dinámico y modelado 3D.

## **2.4. Delimitación**

El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

### **2.4.1. Espacial o geográfica**

El proyecto se llevará a cabo dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, en la provincia del Azuay

### **2.4.2. Temporal**

La duración del proyecto tomará 6-7 meses después de la aprobación del ante proyecto.

### **2.4.3. Sectorial o institucional**

El proyecto será desarrollado en la Universidad Politécnica Salesiana en la sede Cuenca.

## **2.5. Problema General**

- ¿Es posible diseñar un dispositivo mecatrónico para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado?

## **2.6. Problemas Específicos**

- ¿Se podrá establecer los parámetros iniciales del diseño de un dispositivo mecatrónico para la obtención de fibra de poliéster.?
- ¿Es posible proponer el diseño un dispositivo mecatrónicos para la obtención de fibra de poliéster.?
- ¿Es factible simular el diseño, el diseño, un dispositivo mecatrónico para la obtención de fibra de poliéster?

### **3. Justificación**

Debido al uso diario y necesario de los plásticos para nuestra vida diaria, se propone el diseño de una máquina mecatrónica como un tipo de solución para el reciclaje de residuos de plásticos elaborados con PET, luego de ser desechados entraría al proceso para la obtención de fibra de poliéster por la técnica de centrifugación, está siendo un novedoso proceso reduciendo costos y buscando tener una máquina flexible y óptima para el producto final. En estos nuevos procesos para la transformación de Pet en fibras de poliéster permiten la aplicación en la industria textil para la producción de fibras de confección, es muy utilizado en mezclas de diversos porcentajes con el algodón como alfombras, rellenos de edredones o almohadas y para ser transformados en muchos nuevos productos (López, 2016).

En nuestro país el reciclaje no está correctamente regulado y aplicado en todas las provincias del país, debido a esto existe un gran porcentaje de plástico de un solo uso que es desechado, debido a esto se han generado pequeños empresarios recicladores, este proyecto está diseñado para economizar y generar más opciones de reciclado con máquinas de un bajo costo y fácil implementación de la misma. Las grandes industrias y plantas de producción poseen gran maquinaria con estándares de calidad para requisitos específicos de materia prima, necesidad de varios operadores y un espacio adecuado, el diseño de esta máquina mecatrónica es reducir los estándares de calidad y requisitos, para su aplicación en pequeñas empresas.

## **4. Objetivo**

Para realizar el diseño de un dispositivo mecatrónico para la obtención de fibras de poliéster por centrifugado que permitan procesar un tipo de plástico contaminante al medio ambiente y que es muy reciclado se plantearon los siguientes objetivos:

### **4.1. Objetivo General**

- Diseñar un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Establecer los parámetros iniciales de un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.
- Diseñar un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.
- Simular el diseño de la máquina automática para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.

## **5. Hipótesis**

Con base en los objetivos plantados del dispositivo mecatrónico para la obtención de fibras de poliéster por centrifugado, se plantearon las siguientes hipótesis:

### **5.1. Hipótesis General**

- Se diseñará un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.

### **5.2. Hipótesis Específicas**

- Los primeros parámetros están constituidos por el diseño de un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.
- Los nuevos parámetros propondrán el diseño de un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.
- Los parámetros simularán el diseño de un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.

## 6. Marco Teórico

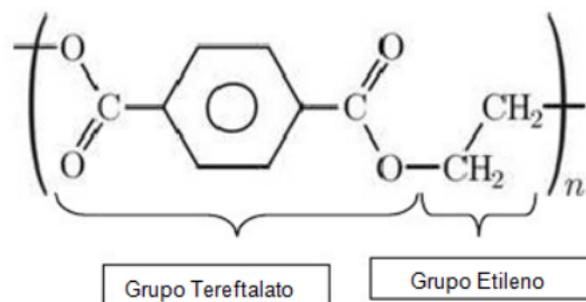
Se explicará las bases, para el estudio del estado del arte. Los principales temas a tratar se relacionan con PET y su utilización como materia prima, procesos de reciclado de botellas, principio de centrifugación para la obtención de fibra.

### 6.1. Polímero PET

El plástico de polietileno (PET) es un poliéster termoplástico y se produce a base de 2 componentes: Ácido Tereftálico y Etilenglicol, se lo puede conseguir este polímero utilizando di metil tereftalato en vez de Ácido Tereftálico, en donde estos al enlazarse en conjunto con el tereftálico, catalizadores y aditivos producen otros tipos de PET como se presenta en la figura (López, 2016).

**Figura 6.1**

*Fórmula del Pet*



**Nota:** Nomenclatura del Tereftalato de polietileno (Josue Ricardo, Carcaño).

Un plástico es un tipo de material que se clasifica como polímero debido a su estructura molecular y sus propiedades físicas, Lo que distingue a los plásticos de otros tipos de polímeros es su capacidad para deformarse bajo la influencia de un esfuerzo mecánico y mantener esa deformación incluso después de retirar el esfuerzo. Esto significa que un plástico puede ser moldeado, estirado, comprimido o modelado de diversas formas y retener esa forma una vez

que se le ha dado. Por esta razón, se puede alegar que todos los plásticos son polímeros, pero no todos los polímeros son plásticos (Labeaga Viteri, 2018).

## 6.2. Clasificación de los polímeros

Considerando la conducta de los polímeros frente al calor:

- **Polímeros termoplásticos:** Esta categoría incluye los polímeros que pueden recuperar sus propiedades anteriores tras fundirse, ablandarse o calentarse. En otras palabras, no experimentan variaciones químicas, poseen una estructura de tipo lineal, esto produce menos rigidez, resistentes y se funden a temperaturas bajas (Cardenas y Morales, 2022). También suelen ser solubles en disolventes orgánicos y no son buenos conductores térmicos ni eléctricos. El polietileno, el polipropileno, el PVC y la poliamida son algunos ejemplos de estos polímeros (Gutiérrez, 2019).
- **Resinas Termoestables:** Son polímeros reticulados que forman una red interconectada mediante enlaces covalentes. Red basada en enlaces covalentes. Este tipo de polímero solo puede moldearse en el proceso de conformado porque el enfriamiento no hace que cambie su estructura bajo la influencia del calor o la presión. Son casi insolubles, aíslan el calor y la electricidad, estas son sus principales propiedades (Gomis, 2012).

## 6.3. Características y propiedades del PET:

El tereftalato de polietileno PET, tiene algunas particularidades como:

- **Biorientación:** Posibilita alcanzar propiedades mecánicas y de barrera con optimización de densidad.
- **Cristalización:** Facilita obtener resistencia térmica para emplear bandejas termoformadas en hornos con altas temperaturas de ebullición.
- **Esterilización:** El PET tiene la capacidad de resistir la esterilización química con óxido de etileno y radiación gamma.
- **Transparencia:** La claridad del material es su estado natural.
- **Peso:** El PET es más liviano a comparación de otros polímeros.
- **Resistencia química:** Es resistente a varios químicos agresivos.
- **Degradación Térmica:** No hay deformaciones, degradaciones u otros, ya que se extrusiona a más de 250 °C y su punto de fusión es de 260 °C.

- **Conformidad sanitaria:** Este material supera a otros por sus cualidades en la conservación del producto.
- **Reciclado y recuperación:** Es fácil de reciclar gracias al proceso mecánico.

## **6.4. Usos del PET**

Al ser un recurso renovable, el PET reciclado contribuye a reducir el uso de productos derivados del petróleo. El PET tiene una amplia gama de usos, como láminas sin orientación utilizadas en bandejas de embalaje y flejes de plástico, la película de PET para aplicaciones de cintas adhesivas (Thomas, 2018), botellas de cosméticos, envases para microondas y otros usos de embalaje, las fibras de PET son empleadas en tejidos de malla así como en aplicaciones de impresión, aceite de filtro y agricultura, cintas tejidas, tela de filtro. (Padilla, 2014).

### **6.4.1. Envases y empaques**

Es implementado en la producción de botellas gracias a las características favorables de resistencia, transparencia, ligereza, menores costos, comúnmente se asocia con bebidas, también puede usarse para otro tipo de líquidos (López, 2016).

### **6.4.2. Fibras o Hilos**

Es empleado para la obtención de fibras sintéticas poliméricas, en reemplazo de materia prima como el algodón o el lino. Los plásticos PET son de los primeros en la lista de materiales textiles de polímeros, manufacturar con los tejidos industriales y otros artículos (Tobón, 2011). Actualmente, varias industrias usan botellas de PET recicladas para la fabricación de tapetes, o mezcla para bloques de construcción, entre otros.

### **6.4.3. PET de grado film**

El PET también se usa ampliamente en la producción de películas; de hecho, el PET se utiliza para crear todas las películas fotográficas, rayos X y de audio. (López, 2016).

### **6.4.4. PET de grado ingeniería**

Con el PET se fabrican muchos más artículos de plástico, como mangueras, cuerdas, hilos, refuerzos de neumáticos, cepillos industriales, mangos de brochas, etc (Freire, Luis, y Cristian, 2014).

## **6.5. Fibra de poliéster**

Según (Guerra, 2021), las fibras o hilos de poliéster PET sintéticas son las que se fabrican en mayor cantidad en el mundo, mantienen un bajo costo, ya que se elaboran de derivados

del petróleo, proporcionando beneficios como pueden ser:

- Fuertes
- Liviana
- Se pintan fácilmente
- Resistencia a las arrugas
- Facil cuidado

Los polímeros textiles son materiales muy versátiles debido a su capacidad de adaptarse a diversas aplicaciones. Se pueden fabricar en diferentes formas, tanto como filamento continuo como fibra cortada. Del filamento continuo, se obtienen hilos largos y continuos, lo que se aplica en procesos de tejido y para la fabricación de telas y prendas de vestir. Estos filamentos continuos permiten crear textiles resistentes, duraderos y de alta calidad. En cambio, la fibra cortada se obtienen fibras de longitud más corta. Estas fibras cortadas se utilizan comúnmente en la fabricación de materiales no tejidos, como fieltros, telas no tejidas y productos de relleno. Además, las fibras cortadas también se mezclan con otras fibras, como el algodón o la lana, para mejorar las propiedades de los tejidos, como la resistencia, la suavidad o la absorción de humedad (Amrein, 2012).

## **6.6. Tecnologías en obtención de fibras de poliéster**

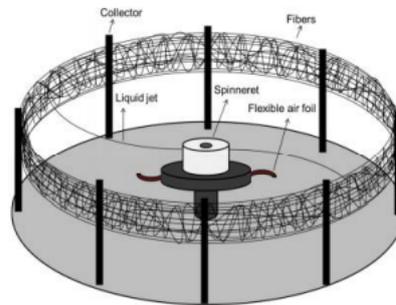
Gran parte de las fibras sintéticas poliméricas son fabricadas por el método extrusión, pero se han creado nuevas tecnologías recientes para el desarrollado para producir fibras.

### **6.6.1. Hilado por centrifugado**

La técnica de centrifugación utiliza un mecanismo giratorio de bajo coste y alta velocidad con inserción de resina para producir fibras. El proceso comienza colocando el fluido en un cabezal rotatorio. Cuando la velocidad de rotación cruza un punto crítico, la tensión superficial del fluido vence a la fuerza centrífuga para obligar al líquido a salir del cabezal giratorio. A continuación, el chorro se estira antes de depositarse en el colector, donde se solidifica en fibras (Zhang y Lu, 2014). La hilatura centrífuga es sencilla y permite producir rápidamente fibras para diversas aplicaciones. Aunque la hilatura centrífuga es una tecnología relativamente reciente, se ha empleado en la industria de la fibra de vidrio para producir fibras a gran escala.

**Figura 6.2**

*Centrifugado*



**Nota:** Proceso de centrifugado para producción de fibras.(Zhang y Lu, 2014)

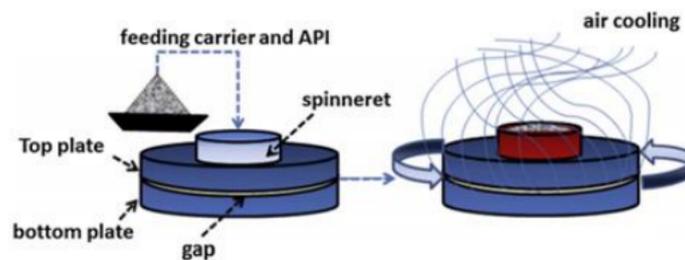
### 6.6.2. Tipos de equipos de centrifugación

#### Centrifuga de cabezal

Se distingue por un cabezal giratorio en el centro del eje; la fuerza centrífuga resultante hace que una superficie de un líquido de espesor constante choque con los muros; como resultado, la fuerza resultante es mucho mayor que la de la gravedad. Independientemente de la orientación de la unidad, la capa del líquido tiende a ser paralela al eje de rotación. Las fases menos densas ascienden en sala, mientras que las densas se hunden hacia el exterior. Los residuos pesados se acumulan en la pared y deben limpiarse de forma rutinaria y constante. (Batson y Taipe, 2012).

**Figura 6.3**

*Cabezal*



**Nota:** Producción de fibras por centrifugación de cabezal(Zhang y Lu, 2014).

### 6.6.3. Centrifugación de filtro

Esta técnica se distingue por tener una estructura de hilera formada por un tubo con orificios a lo largo, su funcionamiento es similar al del tambor giratorio de una lavadora común, la resina fundida se vacía en el cabezal giratorio, que contiene diminutos orificios en sus lados que se asemejan a una fina rejilla, y a medida que gira, el fluido es forzado hacia el exterior por la fuerza centrífuga. Cuando el cilindro gira, el fluido es forzado a atravesar las perforaciones por la fuerza centrífuga y se separa en finas hebras; al salir del cilindro, se endurecen. (Batson y Taipe, 2012), en este tipo de centrifugación al igual que las demás es necesario controlar la velocidad de giro y las temperaturas a las que se procesan los polímeros y teniendo presente la seguridad al momento de la operación del equipo. En la Figura 6.4 se observa un dispositivo manual para la elaboración de fibra de poliéster por centrifugación.

#### Figura 6.4

*Dispositivo manual para la elaboración de fibras de poliéster.*

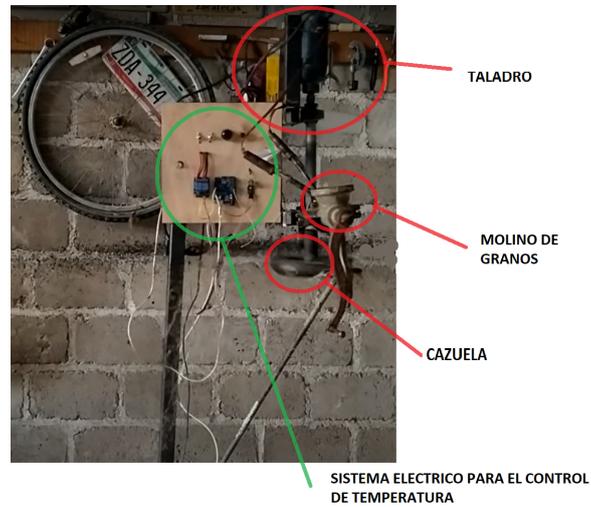


**Nota:** En la Figura se observa la operación de un equipo utilizado para la elaboración de hilos de polímeros de forma continua, de manera que los mismos puedan ser enrollados en roletes para su almacenamiento y transporte para su posterior uso en diferentes productos (Cardoso, 2015).

Otro tipo de dispositivo plantea un nuevo modelo de introducción de microplásticos previamente triturados en un molino especial de plásticos, conducido a través de un tornillo sin fin envuelto en un cilindro con una resistencia eléctrica que permite que el plástico se ablande para luego depositarse en una cazuela giratoria conectada a un motor; en las Figuras 6.5 y 6.6 se observa el proceso de forma artesanal.

## Figura 6.5

*Dispositivo artesanal para el procesamiento de plásticos.*



**Nota:** En la Figura se puede apreciar unas instalaciones electricas en mal estado al igual que un diseño rudimentario acoplado a un molino de granos y una cazuela con ciertas deficiencias, ya que se necesita un operador que gire la manivela constantemente para el traslado de la resina (Contreras, 2021).

## Figura 6.6

*Prototipo 2*

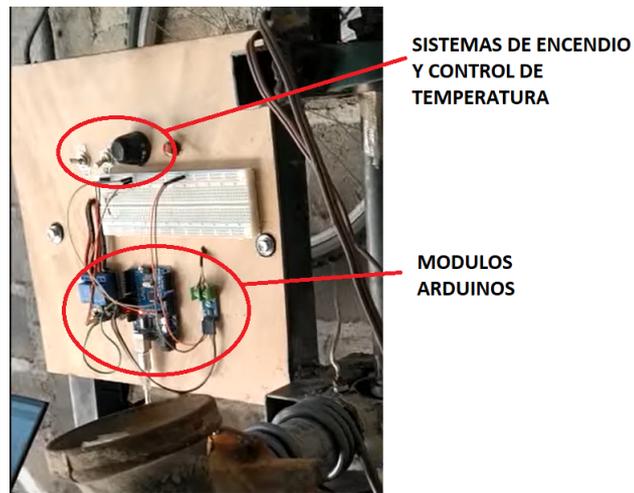


**Nota:** Se puede observar que en el deposito, previamente el material debe ser triturado o convertido a microplasticos para el mejor movimiento del molino hacia la resistencia que lo transforma en resina. Contreras (2021).

En el dispositivo 2 se nota el sistema de control de temperatura expuesto provocando tendencias a fallas o desconexiones por vibraciones del mismo dispositivo y no existe una referencia visual para la medición de temperatura.

**Figura 6.7**

*Prototipo 2*



**Nota:** Se puede notar que el sistema electrónico no se encuentra en las óptimas condiciones, de igual forma tampoco se encuentran en un circuito cerrado por lo que puede averiarse en cualquier momento y el mantenimiento de este se dificultará para futuros trabajos Contreras (2021).

## 7. Metodología

A continuación se presenta la metodología utilizada en el desarrollo del trabajo de titulación,

### 7.1. Metodología de la investigación

#### 7.1.1. Enfoque

La realización de este proyecto mecatrónico presenta un enfoque cuantitativo, ya que se analizará el resultado del diseño de un dispositivo automático para la producción de fibra de poliéster.

#### 7.1.2. Tipo

El proyecto es de tipo aplicado, representará el funcionamiento de un dispositivo mecatrónico para la obtención de fibra de poliéster.

#### 7.1.3. Alcance

Este proyecto es de carácter exploratorio debido a que se analizará distintas fuentes bibliográficas que aporten a su diseño y estrategia de producción, lo que dará una propuesta viable, solucionando un problema específico.

### 7.2. Metodología del proceso

#### 7.2.1. Establecimiento de los parámetros iniciales de un dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado

Guerra (2021) , plantea varios factores que se deben tomar en cuenta al momento de realizar el diseño de la estructura, como la selección de materiales, medidas y capacidad de la misma, entre otros criterios para cada elemento del diseño. Los cuales son:

- **Operabilidad:** La manipulación del equipo debe ser fácil uso, considerando los factores como la fuerza del operador y de propulsión inherentes al dispositivo .
- **Capacidad:** Indica la cantidad de energía que la máquina debe ser capaz de generar, almacenar o transmitir.

- **Dimensiones:** El uso de medidas y pesos se miden por ser portátiles para un mejor desplazamiento sin exceder los 2m.
- **Durabilidad:** Los materiales y componentes deben ser capaces de soportar cargas estáticas y dinámicas sin sufrir daños, aun estando expuestas a factores externos, tomando en cuenta la vida útil calculada.
- **Limpieza:** La limpieza debe ser fácil, accesible y desmontable referente a las piezas del dispositivo.
- **Obtención de repuestos:** Conseguir piezas en el mercado local y de rápido acceso para evitar paros de producción.
- **Riesgo al operario:** Se debe tener todos los implementos necesarios para el uso del dispositivo.
- **Económico:** Los parámetros principales para el dispositivo deben ser económico, factible y portable

#### 7.2.1.1. Capacidad:

En el diseño de la máquina para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado, se ha determinado una carga específica de 5 kg, este límite establece la cantidad de fibra de poliéster que la máquina puede procesar en cada ciclo de operación. Al fijar una capacidad de 5 kg, se busca alcanzar un equilibrio entre un rendimiento eficiente y la calidad de fibras de poliéster.

Este valor permite un manejo adecuado de la materia prima y garantiza la obtención de fibras de poliéster de alta calidad y uniformidad durante el proceso de centrifugado, la limitación de la carga evita la sobrecarga del sistema y ayuda a mantener una operación estable y controlada, se puede ajustar el diseño del dispositivo según las necesidades específicas del cliente y los requisitos del mercado, asegurando así la versatilidad y adaptabilidad de la máquina en diferentes escenarios de producción.

**Tabla 7.1**

*Capacidad de carga en la máquina.*

<b>Capacidad</b>	5 Kg
------------------	------

**Nota:** La Tabla presenta la capacidad de producción a considerar para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster.

### 7.2.1.2. Dimensiones:

Se llevó a cabo un análisis ergonómico para determinar las dimensiones de largo y ancho de la máquina procesadora de fibras por centrifugado, teniendo en cuenta la altura de las personas involucradas en su uso, se reconoce que la altura de los usuarios puede variar considerablemente, por lo que resulta de gran importancia establecer dimensiones que se ajusten a una amplia gama de estaturas. Esto garantiza que el objeto sea ergonómico y brinde comodidad y accesibilidad a todos los usuarios, evitando posibles problemas posturales o restricciones físicas.

Mediante el análisis de las medidas y considerando diversos rangos de altura, se logró determinar las dimensiones óptimas que permiten una experiencia de uso ergonómica y satisfactoria para cualquier individuo, independientemente de su estatura.

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para el diseño de la máquina procesadora de fibras:

- **Largo y ancho**

Para el largo y ancho del equipo, se considera que no existe restricciones para las medidas a utilizar en el diseño, debido a que el espacio donde se ubicará es amplio por la funcionalidad que debe de tener el proceso.

- **Altura**

La estatura del operador, junto con su peso y edad, son factores clave utilizados para determinar la altura de trabajo. Esto se ajusta a las normas de seguridad establecidas, garantizando condiciones óptimas en el entorno laboral. De acuerdo a Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (2023) “Para tareas de requerimiento normal (ligero) con nivel medio de fuerza y precisión y donde se manipulen objetos no muy pesados, se suele tomar la altura de los codos menos 5-10 cm”.

**Tabla 7.2**

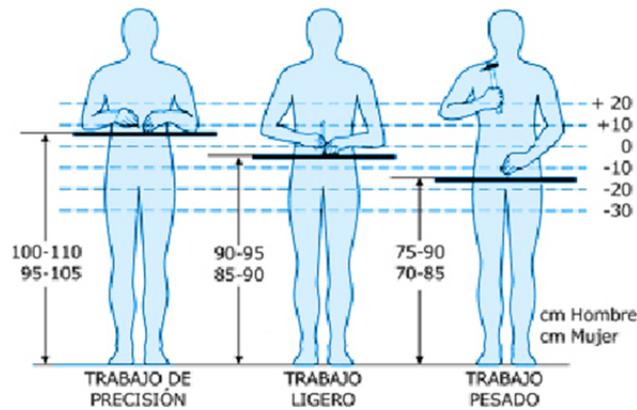
*Dimensiones.*

<b>Altura media ecuatoriana</b>	
Hombres	1,64 - 1,67 (m)
Mujeres	1.52 - 1.54 (m)
<b>Altura para trabajo ligero</b>	
Hombres	90 - 95 (cm)
Mujeres	85 - 90 (cm)

**Nota:** La Tabla presenta la altura (95cm) seleccionada para el diseño de la máquina procesadora de fibra de poliester(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2023).

## Figura 7.1

### Altura de trabajo



**Nota:** Se observa la altura de plano de trabajo en posición de pie Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (2023).

### 7.2.1.3. Materia prima:

El poliéster de tereftalato de polietileno, conocido como PET, es un material de características destacadas. Es reconocido por su dureza, rigidez y resistencia, lo que le confiere una alta durabilidad y capacidad para soportar cargas significativas. Además, es dimensionalmente estable, lo que significa que mantiene su forma y dimensiones incluso en condiciones adversas, consta de las siguientes propiedades mecánicas:

#### Punto de fusión del PET

El PET es un polímero amorfo, lo que significa que no tiene un punto de fusión definido, sino un rango de temperatura en el cual se vuelve más blando y eventualmente se funde. Se debe tener presente que estos puntos están relacionados con la presión atmosférica normalizada, el punto de fusión determina la condición en la que el sólido y el líquido pueden coexistir simultáneamente. Para muchos compuestos químicos y aleaciones, resulta desafiante determinar su punto de fusión debido a su composición como una mezcla de múltiples elementos químicos (Material Properties Org, 2018).

#### Tabla 7.3

##### Punto de fusión del PET

<b>Punto de fusión</b> 260 °C
-------------------------------

**Nota:** La Tabla presenta el punto de fusión del PET a considerar para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster (Material Properties Org, 2018).

## Conductividad térmica del PET

La conductividad térmica, también conocida como  $k$ , es una propiedad utilizada para medir las propiedades de transferencia de calor en materiales sólidos. Cada material tiene una conductividad térmica específica, que se expresa en unidades como watts por metro kelvin ( $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ) y representa la habilidad de una sustancia para conducir calor a través de un material mediante conducción térmica (Material Properties Org, 2018).

**Tabla 7.4**

*Conductividad térmica del PET*

<b>Conductividad Térmica</b>	0,3 W / (m · K)
------------------------------	-----------------

**Nota:** La Tabla presenta la conductividad térmica del PET a considerar para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster (Material Properties Org, 2018).

## Resistencia del PET

La resistencia del PET es una propiedad importante de este material, es conocido por su resistencia a la tracción, esta es su capacidad de soportar fuerzas de estiramiento sin romperse. Para la tensión máxima de tracción, la capacidad de un material o estructura para soportar cargas que prestan a alargarse se conoce como resistencia a la tracción (Material Properties Org, 2018).

**Tabla 7.5**

*Resistencia del PET*

<b>Densidad</b>	1350 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Resistencia a la tracción</b>	150 MPa
<b>Límite de elasticidad</b>	40 MPa
<b>Módulo de Young</b>	9 GPa

**Nota:** La Tabla presenta la resistencia del PET a considerar para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster (Material Properties Org, 2018).

### 7.2.1.4. Capacidad de producción:

El ciclo de trabajo es terminado por el tiempo que le toma al material PET transportarse a través de un tornillo, mismo que se encuentra restringido por factores como la velocidad del transporte y la configuración de las resistencias.

**Tabla 7.6***Rango de tiempo*

<b>Rango de tiempo de producción</b>	15 – 20 segs
--------------------------------------	--------------

**Nota:** La Tabla presenta el rango de tiempo para el transporte del material a través del tornillo.

### 7.2.1.5. Velocidad de hilado

Zander, Gillan, y Sweetser (2017), plantea el patrón de diámetros con la variación de revoluciones por minuto utilizando el método de hilado centrífugo a partir de una masa fundida en varios polímeros. Los efectos varían según la velocidad y el punto de fusión de cada material, en este caso se ha analizado del polímero PET.

**Tabla 7.7***Rangos de rpm*

<b>Polimero</b>	<b>rpm</b>	<b>Diametro (m)</b>
rPET	6000	9.41
	8000	5.84
	10000	4.68
	12000	4.56

**Nota:** La Tabla presenta Rangos de rpm a considerar para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster.

## Dimensiones del tornillo

### Clasificación

Las dimensiones de un tornillo sin fin pueden variar considerablemente para adaptarse a una amplia gama de aplicaciones y cumplir con requisitos específicos. Estas dimensiones incluyen factores cruciales como carga máxima, velocidad de funcionamiento, longitud y diámetro del tornillo, entre otros parámetros necesarios para garantizar un rendimiento óptimo. La elección adecuada de estas dimensiones es fundamental para lograr una operación eficiente y confiable del tornillo sin fin, asegurando que pueda manejar la carga requerida, funcionar a la velocidad adecuada y adaptarse a las condiciones específicas de la aplicación. Además, las dimensiones del tornillo sin fin también influyen en aspectos como la capacidad de transporte, la resistencia estructural y la eficiencia energética del sistema en el que se utiliza.

**Tabla 7.8**

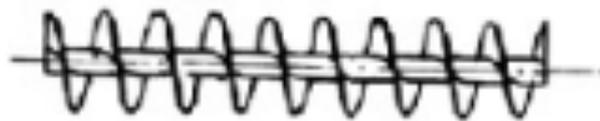
*Clasificación de tornillo*

<b>Tipo de hélice</b>	Hélice de paso pequeño
<b>Aplicación</b>	Se utiliza en los tornillos sin fin cuando se desea que el producto permanezca durante un tiempo prolongado en el transportador con el objetivo de enfriarlo, secarlo, y otros fines.

**Nota:** Se presenta la clasificación de tornillo (Cotecno, 2023)

**Figura 7.2**

*Tornillo de paso pequeño*



**Nota:** Tornillo helicoidal de paso pequeño (Thyssenkrupp Materials Ibéric, 2013).

### **Velocidad del tornillo**

La velocidad de rotación ( $n$ ) de los transportadores de tornillo puede variar ampliamente en función de varios factores, siendo uno de los más importantes la característica del material que se va a transportar. Dependiendo del tipo de material a mover, existen rangos de velocidad de rotación establecidos que son recomendados para garantizar un transporte eficiente y seguro, como se presenta en la tabla 7.9. Es importante tener en cuenta que estos rangos de velocidad son aproximados y pueden variar dependiendo del diseño específico del transportador de tornillo, las propiedades del material y los requisitos de la aplicación. Además, es esencial considerar otros factores, como la capacidad del transportador, el tamaño del tornillo, la longitud del transportador y las condiciones operativas específicas para determinar la velocidad de rotación óptima en cada caso (Rodríguez, 2023).

**Tabla 7.9**

*Clasificación de tornillo*

<b>Materiales pesados</b>	50 rpm
<b>Materiales ligeros</b>	150 rpm

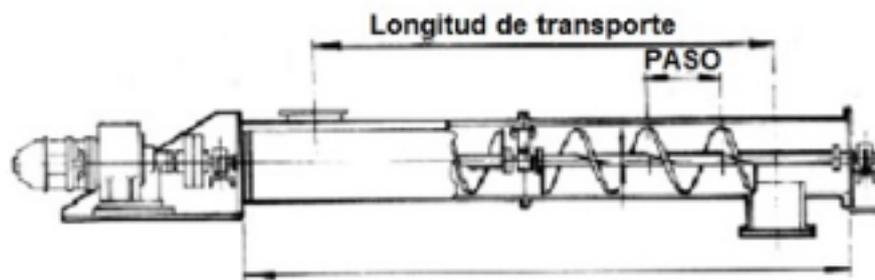
**Nota:** Clasificación de materiales a transportar por el tornillo (Rodríguez, 2023).

### **Paso y Diámetro del tornillo**

En términos generales, el paso en los tornillos transportadores suelen alternar entre 0.5 y 1 veces el diámetro del tornillo, aumentando cuando se transporta una carga más ligera. A medida que aumenta la velocidad de rotación del eje, el diámetro de la hélice del tornillo disminuye proporcionalmente. En otras palabras, a mayores velocidades de giro, se emplean hélices de menor diámetro para lograr un rendimiento óptimo.

**Figura 7.3**

*Dimensiones del tornillo*



**Nota:** Paso y dimensiones del tornillo (Rodríguez, 2023).

**Tabla 7.10**

*Dimensiones del tornillo*

<b>Diámetro</b>	120 mm
<b>Paso</b>	60 mm
<b>Longitud</b>	700 mm

**Nota:** Se presenta el paso y dimensiones del tornillo tomadas en cuenta para el diseño del dispositivo de fibra de poliéster por centrifugado.

### 7.2.1.6. Material estructural:

#### Selección del material

Se tiene que tener en cuenta las funciones de cada pieza de nuestro dispositivo como soportar carga, presión, temperaturas, etc. En el diseño, el objetivo es lograr la economía, ligereza, seguridad, para lograr estos objetivos se requiere la modificación de determinados parámetros, como la función del componente, las limitaciones impuestas, los objetivos buscados y las variables independientes, establecen los criterios para elegir un material apropiado. Las propiedades que potencia el rendimiento en un diseño específico se conoce como índice de material, se requiere un material resistente a las roturas y tenaz, para este se ha seleccionado el acero al carbono. Se procede a analizar sus propiedades.

**Tabla 7.11**

*Resistencia a la rotura del acero al carbono*

Material	Resistencia a la rotura promedio
Acero	65 kg/ mm <sup>2</sup>

**Nota:** Se presenta la tabla de resistencia a la rotura de diferentes materiales, tomado de (Nickel, 1982)

Se presenta los valores del límite elástico promedio del acero al carbono:

**Tabla 7.12**

*Límite elástico del acero al carbono*

Material	Límite elástico promedio
Acero	462 MPa

**Nota:** Se presenta la tabla de límite elástico promedio del acero al carbono, tomado de (Nickel, 1982)

Se presenta los valores de densidad promedio del acero al carbono:

**Tabla 7.13**

*Densidad del acero al carbono*

Material	Densidad promedio
Acero	8,03 kg/dm <sup>3</sup>

**Nota:** Se presenta la tabla de densidad promedio de diferentes materiales, tomado de (Nickel, 1982)

### Factor de seguridad para eje

Según (Faires, 1977) se plantea la teoría Von Mises de esfuerzo para ejes de sección transversal circular, esta no considera carga axiales, se expresa como:

$$\sigma'_{max} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\tau_{max}^2} \quad (7.1)$$

Estos esfuerzos se evalúan mediante la teoría de falla de Goodman, que se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma'_{max}}{Se} \quad (7.2)$$

Se obtuvo  $Se$  la cual es la resistencia última a la fatiga y  $N$  es el factor de seguridad, se puede observar en la tabla 7.14

**Tabla 7.14**

*Factor de seguridad*

Valor	Tipo de carga
1.25 a 2	Estructuras con carga elástica baja, con una alta certeza en los datos.
2 a 2.5	Elementos de máquinas de baja carga dinámica con un grado de certeza promedio de todos los datos del diseño.
2.5 a 4	Elementos de máquinas de baja carga, dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, características de los materiales, análisis de esfuerzos y condiciones ambientales.
4 o más	Elementos de máquinas con baja carga dinámica, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos.

**Nota:** Se presenta la tabla factores de seguridad a tomar en cuenta para el diseño del dispositivo de obtención de fibras de poliéster. (Mott, Pozo, Sánchez, Fernández, y Sánchez, 2006)

### Cálculo de soldadura

En el presente escenario, se considera el cálculo de una soldadura en una junta a tope en acero estructural de espesores de 6 mm, con la finalidad de determinar su adecuación para soportar una carga axial específica de 80 kg.

La selección del tipo de soldadura fue una soldadura de tipo filete, se toma en cuenta el acero estructural y su resistencia a la tracción de 400 MPa.

Para el cálculo del tamaño mínimo del cordón de soldadura ( $S$ ) se toma en cuenta la siguiente fórmula:

$$s = 0.7 \cdot t \quad (7.3)$$

Donde:

- **S:** Tamaño del cordón
- **t:** Espesor del material

Mediante la utilización de una fórmula establecida, se determina el tamaño mínimo del cordón de soldadura (s), siendo este igual a 0.7 veces el espesor del material (t), se obtiene un tamaño de 4.2 mm, el cual se aproxima a un cordón de soldadura de 4 mm.

$$S = 4.2mm \approx 4mm$$

Para la determinación de la longitud de soldadura requerida es necesario definir la función de la carga aplicada y las propiedades mecánicas del material, se asume una longitud requerida de 100 mm. Se aplica la siguiente fórmula para calcular la resistencia del cordón de soldadura (R):

$$R = 0.7 \cdot s \cdot L \cdot \sigma \quad (7.4)$$

Donde:

- **R:** Resistencia del cordón de soldadura
- **s:** Tamaño del cordón de soldadura.
- **L:** Longitud de soldadura.
- **$\sigma$ :** Resistencia a la tracción del material.

$$R = 0.7 \cdot 4 \cdot 100 \cdot 400$$

$$R = 112000$$

En este caso, se obtiene una resistencia de 112,000 N.

A continuación, se compara la resistencia de la soldadura (R) con la carga axial de 80 kg, la cual se convierte a 784 N.

Si la resistencia de la soldadura es mayor o igual a la carga axial, se puede concluir que la soldadura es adecuada para soportar la carga, en este contexto se verifica que 112,000 N es mayor a 784 N, lo cual indica que la resistencia de la soldadura es suficiente para soportar la carga axial de 80 kg.

## Esfuerzo en el eje

En el diseño del elemento, según plantea Mott y cols. (2006), pueden existir diferentes tipos de esfuerzos, como flexión, torsión o axiales. Por lo tanto, para analizar estos esfuerzos, se aplicará la teoría de Von Mises, que se define mediante las siguientes ecuaciones

$$\sigma_{max} = K f \frac{M_{max} C}{I} \quad (7.5)$$

$$\tau_{max} = k f_s \frac{T_{max} C}{J} \quad (7.6)$$

Donde:

- **Kf y Kf<sub>s</sub>** : Coeficientes de concentración del esfuerzo.
- **M** : Momento del flector.
- **T** : Par de torsión.

Para la sección transversal circular se usaron las siguientes ecuaciones

$$\sigma_{max} = K f \frac{32 M_{max}}{\pi d^3} \quad (7.7)$$

$$\tau_{max} = K f_s \frac{16 T_{max}}{\pi d^3} \quad (7.8)$$

Donde:

- d es el diámetro de la sección circular

## Descripción del proceso de producción de fibras

El proceso de fabricación es el conjunto de técnicas utilizadas para la producción de bienes y servicios a partir de materiales, y se define como la transformación de un conjunto de materiales para convertirlos en productos mediante una función de producción específica (López, 2016), en este caso para la obtención de fibra de poliéster. El proceso consta de 3 etapas:

### ■ **Etapa 1: Tratamiento de la materia prima**

En esta fase son recolectadas y recicladas las botellas de PET que serán procesadas de la siguiente manera:

- Recepción y descarga de botellas.
- Verificar que las botellas son de PET.
- Comprobar que las botellas no presenten manchas o restos de aceites, pinturas u otros materiales similares.
- Comprobar que las botellas no contengan ningún líquido.
- Comprobar que todo sea de un tipo de material.

### ■ **Etapa 2: Trituración de materia prima**

En esta etapa las botellas seleccionadas y tratadas son transformadas en escamas u hojuelas pequeñas de un tamaño adecuado para el ingreso posterior.

**Figura 7.4**

*Hojuelas de PET*



**Nota:** Hojuelas de botellas.San Miguel Industrias (2016).

### ■ **Etapa 3: Proceso de hilado**

En esta etapa se da el proceso de hilado en donde se concentra en el método de la centrifugación por medio de una solución polimérica, donde está, es ingresada a una cazuela térmica giratoria donde por medio de la fuerza centrífuga y dependiendo de la configuración del cabezal se dan las fibras con las características previamente definidas.

## **7.2.2. Diseño del dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado**

### **7.2.2.1. Tornillo de alimentación**

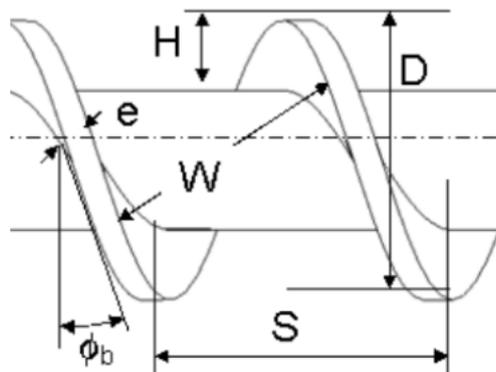
#### ■ **Cálculo de tornillo**

A continuación se presentan los datos a tomar en cuenta para la selección del tornillo

en cuanto al las dimensiones requeridas para el correcto funcionamiento con junto con los demás componentes de la máquina procesadora de fibras.

**Figura 7.5**

*Dimensiones del tornillo*



**Nota:** Dimensiones del tornillo.San Miguel Industrias (2016).

- **e**= espesor de filete, la normalización establece que es  $0.1D$
- **D**= diámetro nominal correspondiente al exterior
- **S**= es el paso del tornillo
- **W**= ancho del canal
- **H**= la altura del filete
- $\theta = \text{anglo de paso} = \text{tipodepaso}$
- **ht**= diámetro eje

$$D = 120mm$$

$$tt = 0.5$$

$$S = tt \cdot D = 60mm$$

$$e = 0.1 \cdot D$$

$$e = 12mm$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{1}{\frac{s}{\pi \cdot D}}\right) \cdot \left(\frac{180}{\pi}\right)$$

$$\theta = 80.957$$

$$W = \left(\frac{s}{\cos\theta}\right) - e$$

$$W = 68.123mm$$

$$ht = 0.5 \cdot D$$

$$H = D - ht$$

$$H = 60mm$$

#### ■ Cálculo de carcasa

La presión generada en el tornillo de extrusión se puede calcular utilizando la ley de conservación del flujo volumétrico. Esta ley establece que el flujo de masa de entrada debe ser igual al flujo de masa de salida en un sistema establecido. La presión se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q \cdot L}{A \cdot 60} \quad (7.9)$$

Donde:

- **P** es la presión en psi o Pa
- **Q** es el flujo de masa (kg/s o lb/s) del material extruido.
- **L** es la longitud del tornillo (metros) en el que se genera la presión.
- **A** es el área de sección transversal (m<sup>2</sup>) del flujo de material.

Calculamos el área de sección transversal restando el área nominal y área de eje tornillo  
Área del tornillo:

$$D = 60mm$$

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = 30mm$$

Ahora que tenemos el radio, podemos calcular el área utilizando la fórmula del área de la circunferencia:

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (7.10)$$

$$A = \pi \cdot (30mm)^2$$

$$A = 2827.43mm^2$$

Por lo tanto, el área de una circunferencia con un diámetro de 60 mm es aproximadamente, 2827.43 mm<sup>2</sup>.

Área de la sección nominal

$$D = 120mm$$

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = 60mm$$

Ahora que tenemos el radio, podemos calcular el área utilizando la fórmula de la ecuación 7.10

$$A_2 = \pi \cdot (60mm)^2$$

$$A_2 = 11309.73(mm)^2$$

Por lo tanto, el área de una circunferencia con un diámetro de 120 mm es aproximadamente, 11309.73 mm<sup>2</sup>

Por lo tanto, el área de sección transversal es:

$$A_{st} = A_1 - A_2$$

$$11309.73 - 2257.43 = 8482.3mm^2$$

Por lo tanto, la resta de 11,309.73 mm<sup>2</sup> menos 2,827.43 mm<sup>2</sup> es igual a 8,482.30 mm<sup>2</sup>.

#### ■ Cálculo de la presión

$$Q = \frac{5Kg}{20s}$$

$$A = 8482.3mm^2$$

$$L = 700mm$$

Sin embargo, debemos asegurarnos de que todas las unidades estén en el mismo sistema. En este caso, convertiremos las unidades a metros:

$$Q = \frac{5Kg}{20s} = 0.25Kg/s$$

$$A = 8482.3mm^2$$

$$A = 8482.3 \cdot (1m^2/1000000mm^2)$$

$$A = 0.0084823m^2$$

$$L = 700mm = 0.7m$$

Ahora podemos calcular P con la ecuación 7.9:

$$P = \frac{Q \cdot L}{A \cdot 60}$$

$$P = \frac{(0.25kg/s \cdot 0.7m)}{(0.0084823m^2 \cdot 60)}$$

$$P = 0.03696kg/(m \cdot s)$$

Para convertirlo a MPa, haremos lo siguiente:

$$P = (0.03696kg/(m \cdot s)) \cdot \left(\frac{1000000Pa}{1MPa}\right)$$

$$P = 36.96MPa$$

Por lo tanto, el valor de P es aproximadamente 36.96 MPa.

#### ■ Cálculo de Factor de seguridad

$$\tau_{max} = \frac{16T_{max}}{\pi d^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{16(2.02Nm)}{\pi(0.0254MPa)}$$

$$\tau_{max} = 0.627MPa$$

Se obtiene la torsión pura con la ecuación 7.1

$$\partial'_{max} = \sqrt{\partial_{max}^2 + 3\tau_{max}^2}$$

$$\partial'_{max} = \sqrt{3\tau_{max}^2}$$

$$\partial'_{max} = \sqrt{3(0.627MPa)}$$

$$\partial'_{max} = 1.085MPa$$

Se evalúan en la ecuación 7.2

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma'_{max}}{Se}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{1.085MPa}{89.53MPa}$$

$$N = 82.51$$

### 7.2.2.2. Índice de material

El índice de material es una herramienta que evalúa y compara las propiedades de diferentes materiales para seleccionar el más apropiado para una aplicación específica.

Esta se basa en una fórmula matemática que combina los valores de las propiedades relevantes, ponderadas por sus respectivos pesos, para conseguir un valor numérico que represente la idoneidad del material para la aplicación deseada (Nickel, 1982).

El diseño mecánico que se realizó fue de un material resistente, para lograr esta necesidad se realizó los respectivos cálculos: Este debe resistir una fuerza de tracción  $F^*$  sin ninguna fractura. Se establece una Longitud ( $L$ ) determinada, pero no se especifica el área de la sección transversal ( $A$ ). Por lo tanto, cuando se habla de "maximizar el rendimiento", se está refiriendo a "minimizar la masa mientras se transporta la carga  $F^*$ ". Para elegir el material utilizamos la siguiente ecuación llamada función objetivo, en donde se representa la masa del dispositivo:

$$m = A \cdot L \cdot \rho$$

**Tabla 7.15**

*Datos para el índice de material*

<b>Área de la sección transversal</b>	A	?
<b>Densidad del material</b>	$\rho$	8,03 kg/dm <sup>3</sup>
<b>Longitud</b>	L	0,7 m
<b>Fuerza</b>	F	?

**Nota:** Se presenta la tabla de datos necesarios para la obtención del índice de material adecuado. (Nickel, 1982)

Podemos reducir la masa por la sección transversal, pero hay una restricción:  $A$  debe ser suficiente para llevar  $F^*$ , requiriendo que:

$$\frac{F^*}{A} \leq \sigma_f$$

Definimos este como el índice del material, procedemos a sustituir las propiedades del acero:

$$m = A \cdot L \cdot p$$

$$L = 0,7m$$

$$A = 0,0084823m^2$$

$$p = 8,03 \frac{kg}{dm^2}$$

$$p = 8030 \frac{kg}{m^2}$$

$$m = A \cdot L \cdot p$$

$$m = 0,0084823m^2 \cdot 0,7m \cdot 8030 \frac{kg}{m^2}$$

$$m = 4.76 \frac{kg}{m}$$

Entonces podemos verificar si la magnitud del elemento, no sobre, pasa la resistencia a la rotura promedio del acero.

Carga máxima (CM) que debe soportar

$$CM = M_c + M_{pet}$$

$$CM = 0,65Kg + 5kg$$

$$CM = 5,65kg$$

Obtenemos la fuerza

$$F = C_m \cdot a$$

$$F = 5,65 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 55,4265N$$

Remplazamos

$$\frac{F^*}{A} \leq \phi_f$$

$$\frac{55,4265N}{0,282743m^2} \leq 65.000.000$$

$$6534,371 \frac{N}{m^2} \leq 65.000.000 \frac{kg}{m^2}$$

El resultado muestra que la magnitud del elemento no es capaz de superar la rotura promedio del acero, por lo que es el adecuado para soportar las cargas en el dispositivo.

Según Thyssenkrupp Materials Ibéric (2013) se presentan los tipos de acero comerciales según las normas vigentes.

**Tabla 7.16**

*Tipos de acero al carbono*

MARCA	NORMAS NACIONALES				CAMPO DE APLICACIÓN
	UNE	AFNOR	DIN	AISI/SAE	
C25E	F112 / F1120	XC 25	Ck 25	1025	Acero al carbono con una buena soldabilidad para piezas de bajo límite elástico (250 - 400 N/mm <sup>2</sup> )
C35E	F113 / F1130	XC32 / XC38	Ck 35	1035 / 1038	Acero al carbono para piezas que requieren un límite elástico de 400 a 500 N/mm <sup>2</sup>
C45E	F114 / F1140	XC45 / XC48	Ck 45	1045	Acero al carbono de uso general, para piezas con una resistencia media (650-800 N/mm <sup>2</sup> )
C55E	F115 / F1150	XC 55H1	Ck 55	1055	Para piezas que deben poseer una resistencia de 700 a 900 N/mm <sup>2</sup>
C60E	-	XC 60	Ck 60	1060 / 1064	Acero al carbono para piezas con una resistencia 750 a 950 N/mm <sup>2</sup>

**Nota:** Se presenta la tabla de tipos de acero al carbono, tomado de (Thyssenkrupp Materials Ibéric, 2013)

El material seleccionado para el diseño de la máquina procesadora de fibras de poliéster fue el Acero 1035

### 7.2.2.3. Selección de componentes

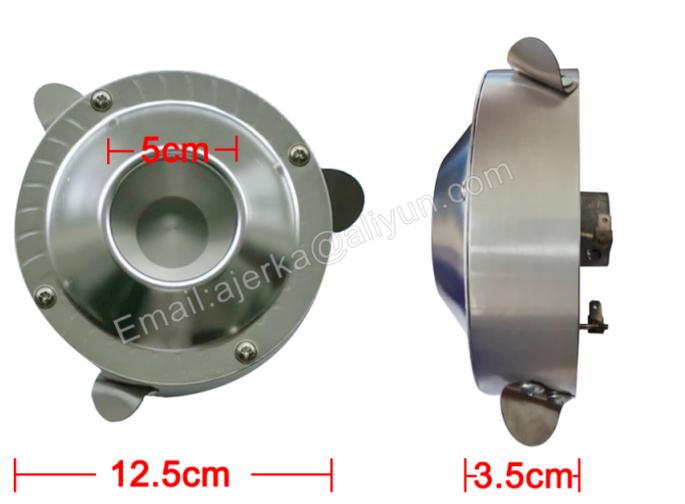
#### Selección de cazuela térmica

La cazuela térmica es un recipiente de metal que se coloca en la parte superior del dispositivo y se calienta mediante una fuente de calor, como un quemador de gas o una resistencia eléctrica. El PET fundido se coloca dentro de la cazuela de calor, creando un líquido viscoso que se extruye a través de pequeños orificios en la parte inferior de la cazuela.

Teniendo en cuenta los factores necesarios como tamaño, material, tipo de fuente, accesorios, se seleccionó la cazuela del proveedor (Erka, 2022) con las siguientes características como se muestra en la tabla 7.18

**Figura 7.6**

*Cazuela termica*



**Nota:** Cabezales de calefacción 110v (Erka, 2022).

**Diámetro del cabezal giratorio:**

El cabezal posee un diámetro de 125 mm, es diseñado para que las fibras cumplan con las propiedades requeridas según destino de la misma, es un factor indispensable para conocer la estructura de las fibras de poliéster. La fuerza centrífuga se puede describe por una ecuación que nos dice, cuando no hay variación en la velocidad de rotación, La fuerza centrífuga se intensifica a medida que se amplía el diámetro del cabezal giratorio. Por lo tanto, es más fácil expulsar el chorro de líquido de un cabezal giratorio que tiene un mayor diámetro, también se puede formar fibras más delgadas con un diámetro de cabeza giratoria más grande al ejercer un mayor estiramiento y alargamiento del chorro de líquido (Guerra, 2021).

**Tabla 7.17**

*Dimensiones de la cazuela térmica*

<b>Diámetro Mayor</b>	125 mm
<b>Diámetro Menor</b>	50 mm
<b>Altura</b>	35 mm

**Nota:** Dimensiones de la cazuela térmica (Erka, 2022).

**Tabla 7.18***Modelo de cazuela*

<b>Model</b>	Most cotton candy machines model
<b>Name</b>	Cotton candy machine heating heads
<b>Machine size</b>	L12.5*D3.5 cm
<b>Voltaje/Power</b>	110V / 1000W
<b>Packing size</b>	L20*D18*H10cm
<b>N.W./G.W.</b>	0.5KG / 0.65KG

**Nota:** Se presenta la tabla características de la cazuela (Erka, 2022)

### Selección de Motor

#### Cálculo del torque

En el estudio de Zander y cols. (2017) se formaron fibras de tamaño micrométrico mediante el proceso de hilatura centrífuga a partir de la masa fundida. Se varió la velocidad de rotación entre 6.000 y 12.000 rpm para examinar el efecto sobre el diámetro y la morfología de las fibras. El diámetro de la fibra era mayor en las fibras formadas a la velocidad de rotación más lenta (9,41  $\pm$  4,2  $\mu$ m, n = 252) y se redujo significativamente a 5,84  $\pm$  3,1  $\mu$ m a 8000 rpm (n = 353). El diámetro de la fibra se redujo aún más a 10.000 rpm, pero no fue significativamente diferente del de las fibras hiladas a 12.000 rpm. fibras hiladas a 12.000 rpm (4,68  $\pm$  4,0  $\mu$ m (n = 313) y 4,56  $\pm$  3,0  $\mu$ m).

**Tabla 7.19***Diámetro de fibra de polímeros reciclados a velocidades de rotación variadas*

Polymer	rpm	Temperature(°C)	Cauge <sup>1</sup>	Diameter( $\mu$ m)	Standard Deviation ( $\mu$ m)	n <sup>2</sup>
rPP	6000	220	20	5.98	2.93	187
	8000			3.93	2.38	185
	10000			2.65	1.64	105
	12000			1.92	0.87	96
rPP	6000	220	30	1.67	1.14	175
	8000			2.09	1.34	463
	10000			1.90	1.20	447
	12000			1.07	0.72	699
rPET	6000	300	20	9.41	4.25	252
	8000			5.84	3.07	353
	10000			4.68	4.04	313
	12000			4.56	2.97	377
rPS	6000	260	20	8.10	5.26	178
	8000			6.13	5.23	330
	10000			4.74	3.07	329
	12000			3.00	3.02	151

**Nota:** Se presenta la tabla diámetro de fibra de polímeros reciclados a velocidades de rotación variadas(Zander y cols., 2017).

Según la tabla se entiende que a mayores revoluciones por minuto se obtiene menor diámetro en la fibra de PET, se presentan motores WEG disponibles en el mercado, por tanto, en esta investigación se seleccionará un motor de 2 Hp y 3520 rpm

**Figura 7.7**

*Motores comerciales*

W22 Monofásico - Con condensador de arranque o arranque y permanente - 60 Hz																			
Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>l</sub> /I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado T <sub>l</sub> /T <sub>n</sub>	Par Máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)	Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	% de la potencia nominal						Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)	
kW	HP											Rendimiento			Factor de potencia			220 V	440 V
												50	75	100	50	75	100		
II Polos																			
0,12	0,16	63	0,034	5,9	2,0	2,9	0,0002	6	10,0	50	3490	35,8	44,4	49,9	0,52	0,60	0,68	1,61	0,804
0,18	0,25	63	0,050	6,1	2,2	2,8	0,0003	6	10,7	50	3490	42,3	50,8	55,8	0,51	0,61	0,69	2,12	1,06
0,25	0,33	63	0,071	4,6	2,4	2,4	0,0002	6	10,7	50	3440	48,0	55,6	59,0	0,51	0,62	0,72	2,68	1,34
0,37	0,5	71	0,102	7,2	2	3,1	0,0005	7	13,0	60	3520	51,7	59,9	64,2	0,50	0,61	0,72	3,64	1,82
0,55	0,75	80	0,152	7,7	2,1	3	0,0008	10	16,5	65	3525	60,7	69,8	72,8	0,77	0,85	0,91	3,78	1,89
0,75	1	80	0,208	7,0	2,3	2,7	0,0009	9	17,5	65	3520	60,0	68,0	71,0	0,75	0,83	0,88	5,46	2,73
1,1	1,5	90S	0,303	9,1	2,1	2,9	0,0020	9	24,0	69	3535	70,8	77,2	79,8	0,77	0,85	0,89	7,04	3,52
1,5	2	90L	0,415	8,4	2,1	2,7	0,0022	8	25,0	69	3520	68,4	74,9	77,7	0,81	0,87	0,90	9,76	4,88
2,2	3	100L	0,608	8,7	2,3	3	0,0064	9	37,0	72	3525	72,7	79,2	81,8	0,92	0,95	0,98	12,5	6,25
3	4	112M	0,830	8,0	2,6	2,5	0,0081	6	45,0	72	3520	76,4	81,6	82,1	0,91	0,94	0,95	17,5	8,74

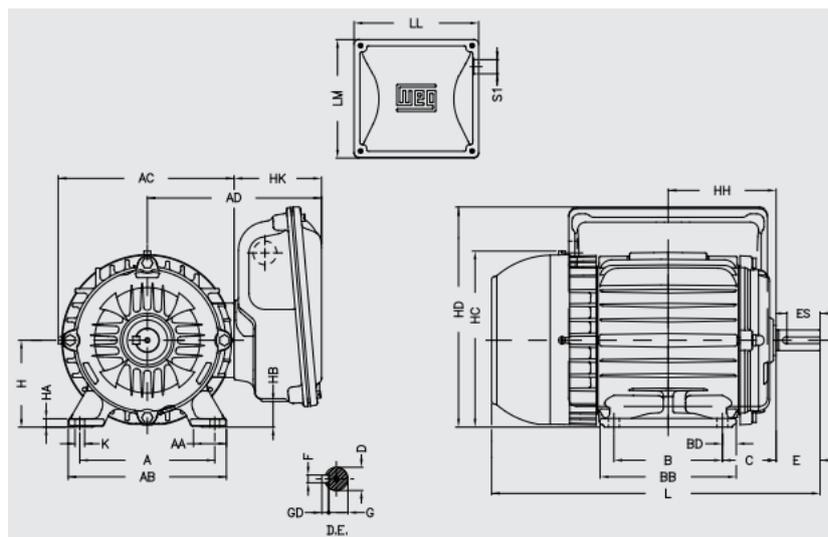
**Fuente:** Tabla de motores comerciales (Weg, 2021).

### Dimensiones del motor

Según la figura 7.7 las dimensiones se limita a la carcasa tipo 90L

**Figura 7.8**

*Dimensiones del motor*



**Fuente:** Dimensiones del motor respecto a la carcasa 90L(Weg, 2021).

Se presenta en la figura 7.9 las medidas de la carcasa 90L

**Figura 7.9**

*Datos de la carcasa 90L*

Carcasa	A	AA	AB	AC	AD	B	BB	BD	C	Eje						
										D	E	ES	F	G	GD	
63	100	25.5	116	125	128	80	95	7.5	40	11j6	23	14	4	8.5	4	
71	112	28.5	132	141	136	90	113.5	11.75	45	14j6	30	18	5	11	5	
80	125	30.5	149	159	145	100	125.5	12.75	50	19j6	40	28	6	15.5	6	
90S	140	37	164	179	155		131	15.5	56	24j6	50	36	8	20	7	
90L					181	156										
100L	160	40	188	206	191	140	173	16.5	63	28j6	60	45	24	8		
112M	190	40.5	220	226	206		177	18.5	70							
132S	216	45.5	248	272	234	178/203	187	23.5	89	38k6	80	63	10	33	8	
132M							178									225
132ML							178/203									250

Carcasa	H	HA	HB	HC	HD	HH	HK	K	L <sup>1</sup>	L <sup>2</sup>	LL	LM	S1	Rodamientos	
														Delantero	Trasero
63	63	7	23	130	156.3	80	65	7	256	230	184	135	1xM20	6201 ZZ	6201 ZZ
71	71		31	145	163.8	90			293	250				6202 ZZ	6202 ZZ
80	80	8	41	163	174.3	100	10	10	326	277	221	206	1xM25	6204 ZZ	6203 ZZ
90S	90	9	45	182	182.4	106			334	305					
90L		26	118.5			358	329								
100L	100	10	43	203	244	133	91	12	418	-	246	232	1xM32	6206 ZZ	6206 ZZ
112M	112		40	226	280	140			423						
132S	132	16	60	274	319	159	94	12	451	246/286 <sup>3</sup>	232	1xM32	6308 ZZ	6206 ZZ	
132M						178			489						
132ML						190.5			514						

**Nota:** Se presenta los datos de las dimensiones del motor respecto a la carcasa 90L(Weg, 2021).

### Eje

La función principal consiste en transferir el movimiento angular del motor al dispositivo, lo que permite la rotación de la cazuela. Además, debe tener la capacidad de soportar las cargas generadas por los componentes(Shigley, Mischke, Bocanegra, y Correa, 1990).

Al diseñar ejes, es necesario considerar tanto los esfuerzos como las deflexiones. Para lograr esto, el primer paso consiste en determinar la potencia transmitida, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$P = T\omega \tag{7.11}$$

Donde  $\omega$  es la velocidad angular y  $T$  es el par de torsión.

Se seleccionó un motor de 1 Hp y 3520 RPM del catálogo de (Weg, 2021), se aplica en la ecuación 7.11

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{1Hp}{3520rpm} \left| \frac{746W}{1Hp} \right| \cdot \frac{1rpm}{\frac{\pi rad}{30s}}$$

$$T = 2.02Nm$$

Se eligió el acero AISI 1035 como material para la flecha o eje en las piezas generales de maquinaria de baja carga. Este acero presenta una resistencia mecánica de 410-520 *Mpa* según la tabla 7.12 y un punto de fluencia de 235 *Mpa*. Se emplea un coeficiente de seguridad de 2, como se muestra en la tabla 7.14. A partir de estos datos se obtiene:

$$\tau_{max} \leq \frac{\tau_{ut}}{N} \quad (7.12)$$

$$\tau_{max} \leq \frac{410MPa}{2}$$

$$\tau_{max} = 205MPa$$

### Selección Resistencias eléctricas

La aplicación de las resistencias de tipo abrazadera consiste en generar calor hacia el tornillo sin fin, aumentando su temperatura hasta su punto de fusión, el cual es manejado mediante un control.

### Punto de Fusión del PET

El punto de fusión del PET es aproximadamente de 245 a 255 grados Celsius (473 a 491 grados Fahrenheit). Una vez que el PET se funde, puede ser moldeado y conformado en diversas formas antes de enfriarse y solidificarse nuevamente.

A continuación se explica el cálculo empleado para determinar el flujo de calor requerido para alcanzar el punto de fusión del PET en el tiempo deseado.

- **Masa de plástico**

$$Masa_{Pet} = 1.5Kg$$

- **Calor específico**

$$c_{PPet} = 1200 \frac{J}{Kg} * ^\circ K$$

- **Temperatura de fusión del PET**

$$T_f = 260^\circ C$$

- **Temperatura ambiente**

$$T_a = 16^\circ C$$

- **Calor teórico necesario para elevar la temperatura del Pet a su punto de fusión.**

$$Q_f = M_{pet} \times cp_{pet} \times (T_f - T_a)$$

Donde:

$Q_f$  = Calor necesario para elevar, la temperatura

$m$  = Masa del PET

$c_p$  = Calor específico del polímero

$T_a$  = Temperatura inicial

$T_f$  = Temperatura final

$$Q_f = 1.5kg \times 1200 \frac{J}{Kg \times \check{r}C} \times (260 - 16)\check{r}C$$

$$Q_f = 439,200 \times 10^3 \text{ Joules}$$

- **Tiempo propuesto para elevar, la temperatura**

$$t_f = 600s = 10min$$

- **Flujo de calor requerido hacia el plástico**

$$Q_f = \frac{Q_f}{t_f}$$

$$Q_f = \frac{439,200J}{600s}$$

$$Q_f = 732 \text{ Watts}$$

## **Energía necesaria calculada**

Para lograr la transferencia de calor requerida en el proceso, las resistencias eléctricas deben generar la cantidad de calor necesaria para llegar al punto de fusión del plástico. Por ello se realizó el cálculo de la energía necesaria que debe generar.

$$P = 732 \text{ Watts}$$

## **Tipos de Resistencias eléctricas**

La resistencia es la posible obstrucción que tiene un material al momento de ser transformado por una corriente eléctrica. En cambio, la resistencia térmica son los dispositivos que con un estímulo de energía eléctrica logran convertir el material en calor (SG Electro Industrial, 2023).

Si aplicamos cierta cantidad de corriente eléctrica, la energía cinética contenida en los electrones del material se transforma en calor, esto se debe al movimiento que causa la electricidad, provocando que los átomos del material conductor choquen y eleven la temperatura del material conductor.

## **Resistencia tipo banda cerámica**

Los elementos calefactores Tipo Banda con aislamiento de Cerámica son capaces de conservar la energía, lo que puede reducir el costo de operación hasta en un 30 por ciento en comparación con otros elementos calefactores con aislamiento mineral, cuando se utilizan para aplicaciones de calentamiento de superficies cilíndricas. Estos calefactores están hechos de bloques de alúmina para asegurar su resistencia a la flexión y a las cargas mecánicas. El aislamiento térmico consiste en una capa de fibra de cerámica, lo que les permite mantener y aprovechar al máximo la temperatura en el barril. Al ser bloques huecos, permiten un mayor alambre por construcción, lo que significa que se pueden fabricar con alta densidad de potencia. Además, estos elementos de calefacción tienen la capacidad de realizar transferencia de calor tanto por conducción como por radiación, lo que significa que el espesor o los agujeros en su superficie son menos críticos y son menos propensos a problemas de expansión (SG Electro Industrial, 2023).

**Tabla 7.20**

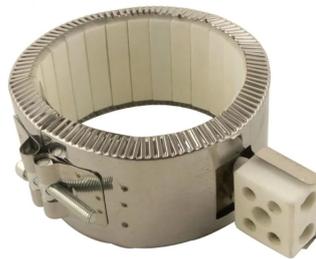
*Dimensiones de resistencias*

<b>Diámetro</b>	120 mm
<b>Altura</b>	200 mm

**Nota:** Se presenta la tabla de dimensiones de las resistencias (SG Electro Industrial, 2023)

**Figura 7.10**

*Resistencias-Cerámicas*



**Nota:** Resistencias comerciales (SG Electro Industrial, 2023).

### **Selección de tornillo transportador**

Un tornillo transportador es un dispositivo mecánico utilizado en la industria para transportar materiales granulares, en polvo o líquidos. Consiste en un eje central con una hélice continua montada en su superficie exterior que gira dentro de un tubo cerrado. A medida que el tornillo gira, los materiales son recogidos en la entrada del tornillo y se desplazan por el eje hacia la salida. El diseño del tornillo puede variar en función del tipo de material que se está transportando y las condiciones de operación, como la distancia y el ángulo de transporte. Los tornillos transportadores se utilizan comúnmente en la industria alimentaria, química, agrícola, minera y de procesamiento de materiales a granel.

### **Transportadores de tornillo tipo tubular**

Los transportadores de tornillo se emplean en distintos sectores para alimentar, transportar y dosificar materiales sólidos a granel. Los transportadores estándar de la marca OZB se fabrican en diferentes configuraciones, como tubulares, en forma de U y verticales. Además de estos modelos, existen transportadores especiales diseñados para satisfacer las necesidades específicas de diversas industrias y clientes(Cotecno, 2023).

Según Ozb (2023) podemos destacar las ventajas de los transportadores de tornillo que son:

- Existen muchas alternativas para entradas y salidas como las juntas universales, cilíndricas, cónicas, cuadradas, rectangulares, de goma y más diseños específicos.
- Bridas para válvula conveniente para diferentes variedades de entradas y salidas.
- Se manejan muchas opciones de motor y cajas reductoras de mucha eficacia y minúsculo ruido.
- Se llevan a cabo pruebas de montaje y funcionamiento para asegurar su correcto rendimiento.
- Bajo mantenimiento, implica un menor tiempo y fácil limpieza en comparación con otros sistemas de transporte.
- Pueden funcionar de manera continua, lo que garantiza un flujo constante y consistente de materiales durante el proceso de transporte.

### Componentes

**Tabla 7.21**

*Componentes de transportador helicoidal tubular*

<b>Componentes</b>	
<b>Motor eléctrico</b>	Trademark - 50 Hz
<b>Reductor</b>	MHE tipo(i=1/16, 1/22, 1/30)
<b>Helices</b>	Acero inoxidable
<b>Cojinete de suspensión</b>	SCIB.P (SIV)
<b>Cojinete del cabezal</b>	SCEB.P (ST)
<b>Entrada y salida</b>	Juntas universales, cilíndricas, cónicas, cuadradas, rectangulares, etc.

**Nota:** Se presenta la tabla de Componentes de transportador helicoidal tubular (Bega Helicoidales, 2023)

**Figura 7.11**

*Tornillo tipo tubular*



**Nota:** Se preseta el tornillo helicoidal a considerara pra el diseño de la maquina procesadora de fibras. (Bega Helicoidales, 2023).

#### **7.2.2.4. Controladores**

##### **Control de Temperatura**

Un control de temperatura es un dispositivo o sistema diseñado para regular y mantener una temperatura específica en un entorno determinado. Su función principal es medir la temperatura actual y ajustarla automáticamente a los parámetros de un sistema, como la energía de calentamiento o enfriamiento. El sistema de control de temperatura se basa en un regulador para no depender de la intervención permanente de un operador, pero este es solo una parte de sistema de control. Aprueba sensores de temperatura como los termopares o RTD como entrada. Se pone a comparación la temperatura real con la de control deseada y así se facilita una salida a un elemento de control. Existen diversos tipos de controles que deben ser considerados al momento de elegir uno:

- Tipo de sensor de entrada y rango de temperatura.
- Tipo de salida requerida.
- Algoritmo de control necesario.
- Número y tipo de salidas.
- Tipo de comunicacion.

Para Omega (2023), existen tres tipos de control de temperatura básicos: controlador PID, ON/OFF y proporcional. Teniendo en cuenta el diseño del dispositivo para la obtención de fibra de poliéster, se toma en cuenta que el operador deberá ser capaz de utilizar uno u otro tipo para controlar la temperatura del proceso.

- **Controlador de temperatura On / Off:**

El controlador ON/OFF es un método simple de control de temperatura en el que la salida se enciende o apaga sin un estado intermedio. Este también es utilizado en sistemas donde no se requiere un control preciso, o con cambios lentos de temperatura y para alarmas de temperatura. Existe un tipo de controlador de límite que utiliza un relé de enclavamiento y se reinicia manualmente para cerrar un proceso cuando se alcanza una temperatura específica.

- **Controlador de temperatura proporcional:**

El control de temperatura proporcional reduce la potencia suministrada al calentador a medida que la temperatura se acerca al punto de ajuste, evitando que lo supere y manteniendo una temperatura estable. Esto se logra mediante la variación de la relación de tiempo “encendido” y tiempo “apagado” de la salida. El controlador se comporta como una unidad ON / OFF fuera de una “banda proporcional” alrededor de la temperatura objetiva. Dentro de la banda, la salida se enciende y apaga en proporción a la diferencia de temperatura respecto al punto de ajuste.

- **Controlador de temperatura PID:**

Este tipo de control usa el proporcional con ajustes integral y derivativo. Estos ajustes compensan los cambios en el sistema y se adaptan mediante prueba y error. El controlador PID es especialmente adecuado para sistemas con masa pequeña que reaccionan rápidamente a cambios en la energía del proceso.

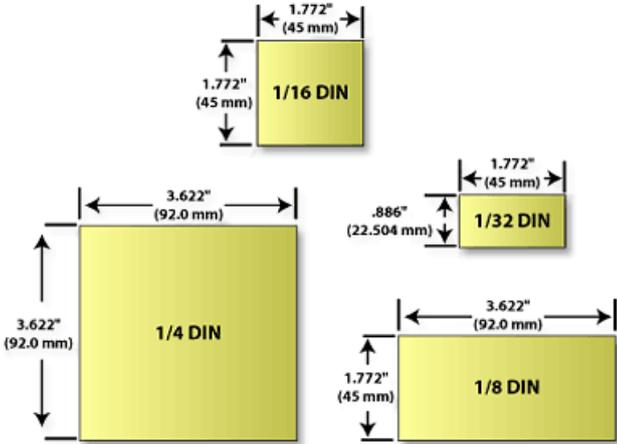
### **Tamaños DIN estándar**

Cuando se instalan controladores de temperatura en un sistema, es importante considerar su ubicación y montaje adecuados. Por lo general, los controladores de temperatura se montan en el interior de un panel de instrumentos, por lo que es necesario adaptar el panel para acomodar el controlador de temperatura. Esto implica tener en cuenta el espacio disponible, la ubicación de otros componentes y las conexiones eléctricas necesarias.

Para facilitar el intercambio y la compatibilidad entre diferentes controladores de temperatura, la mayoría de ellos están diseñados para cumplir con los estándares de tamaño DIN. Estos estándares aseguran que los controladores de temperatura puedan adaptarse fácilmente a los recortes y espacios predefinidos en los paneles de instrumentos. Los tamaños DIN más comunes utilizados para los controladores de temperatura se denominan DIN 1/4, DIN 1/8 y DIN 1/16, DIN 1/32, al diseñar o seleccionar un controlador de temperatura, es esencial considerar el tamaño DIN adecuado para garantizar una instalación y compatibilidad sin problemas dentro del panel de instrumentos(Omega, 2023).

**Figura 7.12**

*Tamaños DIN de controladores de temperatura*



**Fuente:** Tamaños DIN de controladores de temperatura (Omega, 2023).

**Selección de control de temperatura**

Se seleccionó el modelo CN740 del catálogo Omega (2023), este brinda mediciones de alto grado de confianza de la temperatura, se puede manejar mediante una programación ON/OFF simple o un control PID para funciones más complejas. La línea CN740 poseen varias entradas de RTD y termopar, poseen un ajuste automático, las unidades técnicas (°F o °C) En la unidad se incluyen 12 salidas de alarma con 12 funciones de alarma preprogramadas.

**Figura 7.13**

*Controlador CN740*



**Nota:** Controlador CN740 (Omega, 2023).

**Tabla 7.22***Características de controlador CN740*

<b>Características</b>	
<b>Entradas</b>	Termopar, RTD
<b>Pantalla</b>	Dos LED de 4 dígitos, 7 segmentos, 6,35 mm de alto
<b>PV</b>	Rojo
<b>SV</b>	Verde
<b>Precisión</b>	Intervalo de $\pm 0,25$ , $\pm 1$ dígito menos significativo
<b>Voltaje de suministro</b>	100 a 240 V, 50/60 Hz..
<b>Consumo de energía</b>	5 VA
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	0 a 50°C (32 a 122 °F)
<b>Copia de seguridad</b>	Memoria no volátil
<b>Rele</b>	SPST, 5A
<b>Corriente</b>	4 a 20 Ma
<b>Corte del panel</b>	45 mm <sup>2</sup>
<b>Marco frontal</b>	48 mm <sup>2</sup>
<b>Peso</b>	114g
<b>Máximo grosor de panel</b>	9,50 mm
<b>Profundidad del panel</b>	80 mm
<b>Especificación de panel frontal</b>	IP66

**Nota:** Se presenta la tabla de características de controlador CN740 (Omega, 2023)

### **Controles de Velocidad**

El objetivo principal de un control es mantener una velocidad constante, controlar y ajustar la velocidad de forma precisa o cambiar la misma según las demandas del sistema. Esto se logra mediante la modulación de la cantidad de energía suministrada al motor o dispositivo, ya sea mediante la regulación de la tensión, la frecuencia, la corriente o la potencia. Para el diseño se consideró el siguiente tipo control de velocidad.

#### **■ Control de velocidad mediante variadores de frecuencia (VFD)**

Estos dispositivos controlan la velocidad de los motores eléctricos al variar la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

#### **Selección de control de velocidad**

Seleccionamos el variador de frecuencia trifásico CFW300 1 HP. El CFW 300 de 1 HP permite alimentar motores trifásicos ( 3 x 220 V) desde una instalación monofásica. Cuenta

con entrada analógica para conectar directo un potenciómetro. El convertidor de frecuencia CFW300 permite son solo cerrar un circuito, cambiar el sentido del motor conectado; estas es solo una de las múltiples ventajas de este dispositivo.

### Principales características

**Tabla 7.23**

*Características de controlador CFW300*

<b>Características</b>	
<b>Corriente nominal de salida</b>	4,2 A
<b>Tensión de alimentación</b>	200-240 V monofásica 50-60 Hz
<b>Enlace CC</b>	280-340 V CC
<b>Nro. De entradas</b>	4 digitales seleccionables NPN/PNP (0-24 V CC)
<b>Salida</b>	1 a relé (0,5 A-250 V CA)
<b>Entrada analógica</b>	1 analógica (0-10 V CC o 0/4-20 mA)
<b>Instalación</b>	Simple, estilo contactor
<b>Interfaz</b>	IHM, incorporada
<b>Temperatura de operación</b>	0 °C a 50 °C
<b>Fijación</b>	Riel o tornillos
<b>Grado de protección</b>	IP20
<b>Software</b>	WPS gratuito - integrada programación, monitoreo y SoftPLC

**Nota:** Se presenta la tabla de características de controlador CFW300 (Weg, 2021)

### Ventajas

Según (Weg, 2021) las ventajas de utilizar un convertidor de frecuencia, en lugar de arranque directo / estrella-triángulo:

- Ahorro de energía que el uso de convertidor posibilita
- Control más preciso de la velocidad
- Mayor disponibilidad del sistema
- Coordinación con la automatización de todo el proceso, a través de comunicación en red
- Automatización de aplicaciones simple, debido al SoftPLC, que dispensa el uso de PLC externo
- Fácil montaje, ya que los módulos plugins tornan al producto versátil

- Fácil operación, ya que tiene la IHM embutida para programar el drive
- Fácil mantenimiento, ya que el ventilador es extraíble
- Fácil instalación, ya que la comunicación puede ser adicionada independiente de la expansión de I/Os
- Fácil monitoreo y comunicación, ya que tiene diferentes protocolos disponibles.

**Figura 7.14**

*Control de Velocidad*



**Fuente:** Control de Velocidad(Weg, 2021).

### 7.2.2.5. Diseño mecánico

#### Análisis

Para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado, se ofrecen tres diseños. Estos diseños se evaluarán en función de su rendimiento, eficacia, coste, seguridad, rendimiento, fiabilidad, facilidad de mantenimiento, capacidad de fabricación, adaptabilidad y robustez. El objetivo final es identificar áreas de mejora y aplicar estrategias para aumentar la eficiencia y minimizar los gastos.

#### Selección de prototipos

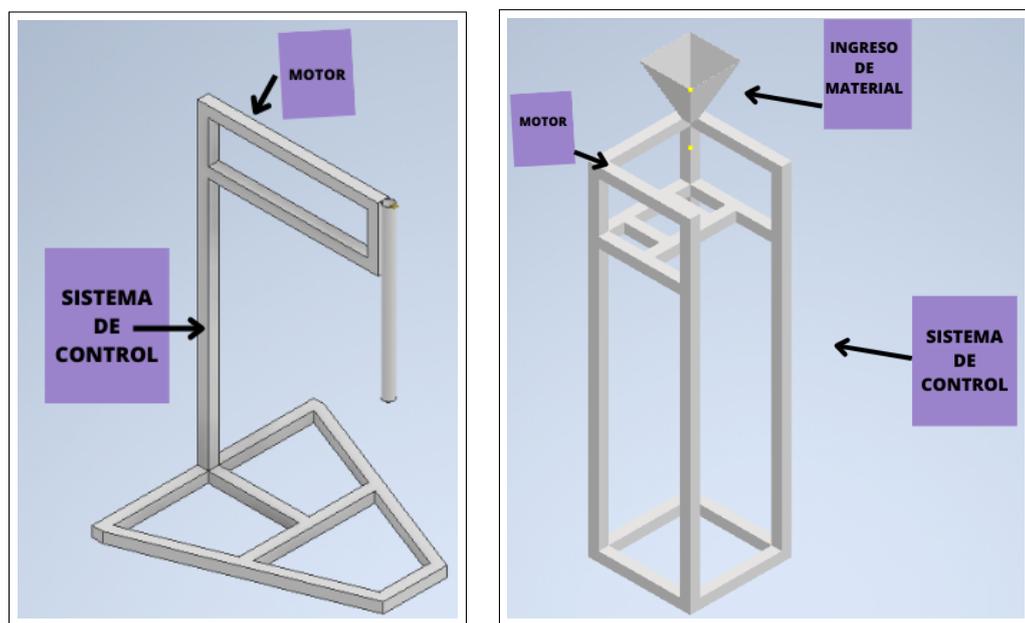
Se llevará a cabo una fase de selección, ya que se han presentado varios diseños que podrían ser viables para cumplir con el objetivo del análisis. Esta etapa consiste en un análisis comparativo de las diferentes soluciones disponibles, lo que permitirá crear una matriz de

decisión que ayude a identificar la opción más viable al obligar a considerar algunos factores de manera sistemática.

- **Diseño 1:** Consiste en una estructura con base triangular, donde estará sujetado el motor en la parte superior, conectada por medio de una banda hacia tubo que irá conectado a la cazuela para dar la fuerza de centrifugación, el control se encontrara en la base de estructura.

**Figura 7.15**

*Diseño 1 y 2 de la máquina*

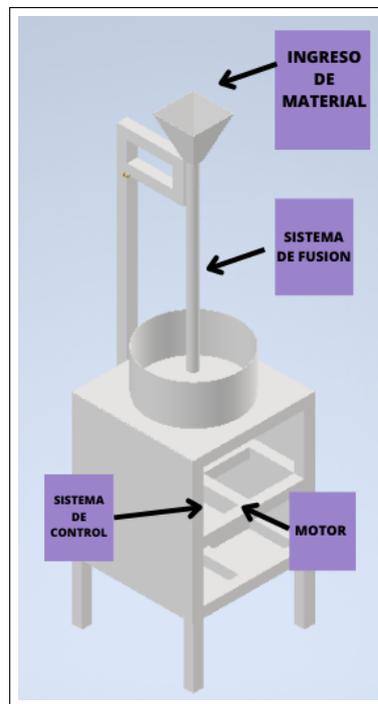


**Nota:** la Figura presenta los dos primeros diseños del dispositivo para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.

- **Diseño 2:** Presenta una estructura rectangular, donde estará sujetado el motor en la parte superior, conectada por medio de una banda hacia tubo que irá conectado a la cazuela para dar la fuerza de centrifugación, para el ingreso de material se encuentra una tolva fijada en parte superior de la estructura que se conecta al tubo para la centrifugación.
- **Diseño 3:** El diseño consiste en una estructura con base cuadrada, donde estará sujetado el motor en la parte inferior, conectada directamente a la cazuela para dar la fuerza de centrifugación, el control se encontrara dentro de la estructura, para el ingreso de material se encuentra una tolva fijada en parte superior de la estructura que se conecta a un tornillo sin fin que a su vez está conectado con resistencias que llevaran hasta el punto de fusión del PET.

**Figura 7.16**

*Diseño 3*



**Nota:** Tercer diseño de dispositivo para la obtencion de fibra de poliéster por centrifugado.

### Matriz de decisión

Según (Norton, 2016) primero se deben identificar las diferentes opciones de decisión disponibles y los criterios que son relevantes para evaluarlas. Luego, se asignan pesos a cada uno de los criterios para indicar su importancia relativa en la toma de decisiones.

Se analizan los diseños y clasificarlo cada uno, estas se multiplican por factores de ponderación de modo que sumando todo de un número conveniente tal como 1. Finalmente, las clasificaciones ponderadas reciben una clasificación en factor de las características establecidas previamente (Berrezueta y Brito, 2023). Se presenta en la tabla 7.24

**Tabla 7.24**

*Matriz de decisión*

Factor de ponderación	Costo	Seguridad	Desempeño	Confiabilidad	Mantenimiento	Manufacturabilidad	Flexibilidad	Robustez	Rango
	0.05	0.1	0.23	0.15	0.05	0.1	0.17	0.15	1.0
<b>Diseño 1</b>	4 / 0.2	6 / 0.6	4 / 0.92	7 / 1.05	7 / 0.35	6 / 0.6	3 / 0.51	3 / 0.45	4.68
<b>Diseño 2</b>	5 / 0.25	6 / 0.6	6 / 1.38	7 / 1.05	7 / 0.35	6 / 0.6	3 / 0.51	4 / 0.6	5.34
<b>Diseño 3</b>	8 / 0.4	7 / 0.7	9 / 2.07	9 / 1.35	9 / 0.45	6 / 0.6	9 / 1.53	9 / 1.35	8.45

**Nota:** Se presenta la matriz de decision para la seleccion de diseño Berrezueta y Brito (2023)

## Propuesta de diseño mecánico

Con el objetivo de obtener una visión más precisa sobre el diseño mecánico del dispositivo, se ha procedido a dividirlo en sus elementos constituyentes para poder examinar cada uno de ellos con mayor detalle. En este sentido, se describen detalladamente características como las dimensiones, el peso y el material de cada elemento, así como información sobre su funcionamiento mecánico y cálculos, en caso de ser necesarios.

### ■ Tolva de recepción de material

Se seleccionó una tolva redonda para evitar el acumulamiento de material en las aristas. La primera etapa para la producción de fibra de poliéster por centrifugado, se determina el sistema de ingreso de material por el cual se da el ingreso de las hojuelas de PET previamente seleccionadas y trituradas, se establece una tolva con las medidas presentadas en la tabla 7.25.

**Tabla 7.25**

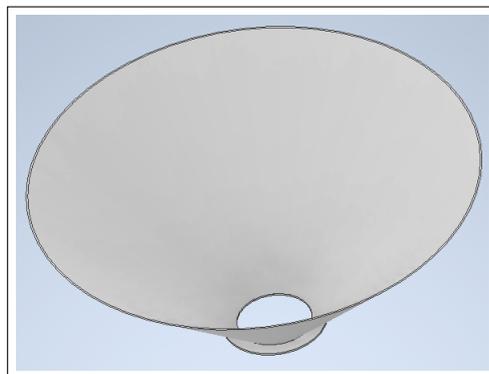
*Dimensiones de tolva*

<b>Diámetro Superior</b>	726 mm
<b>Diámetro inferior</b>	120 mm
<b>Altura</b>	303 mm

**Nota:** La Tabla presenta las dimensiones de tolva para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster.

**Figura 7.17**

*Tolva*



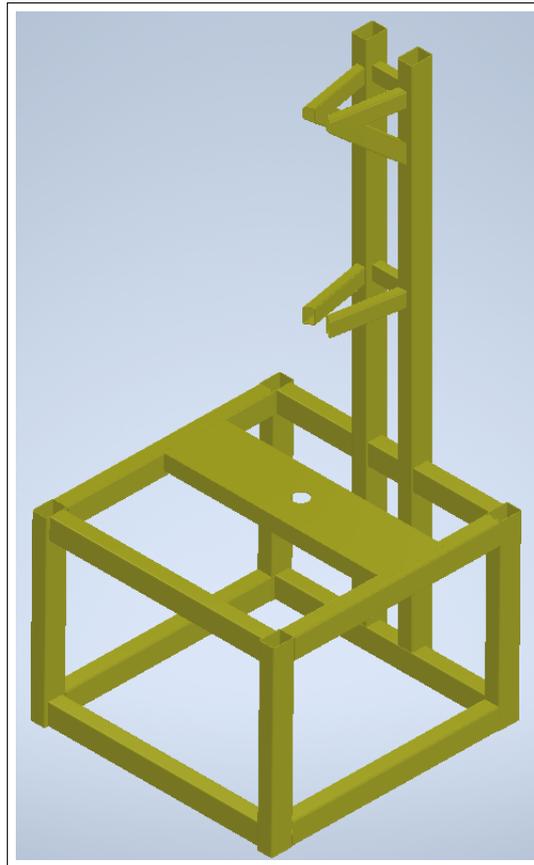
**Nota:** Diseño en inventor de la tolva para el ingreso de material.

- **Estructura de soporte**

Se presenta la estructura de soporte del sistema, esta resistirá la carga total del dispositivo, además de su propia carga, proporcionando un diseño más robusto, seguro y confiable, como se observa en la figura 7.18

**Figura 7.18**

*Estructura de soporte*



**Nota:** Se presenta la estructura de soporte realizada en inventor a considerar para el diseño de la maquina procesadora de fibras por centrifugado.

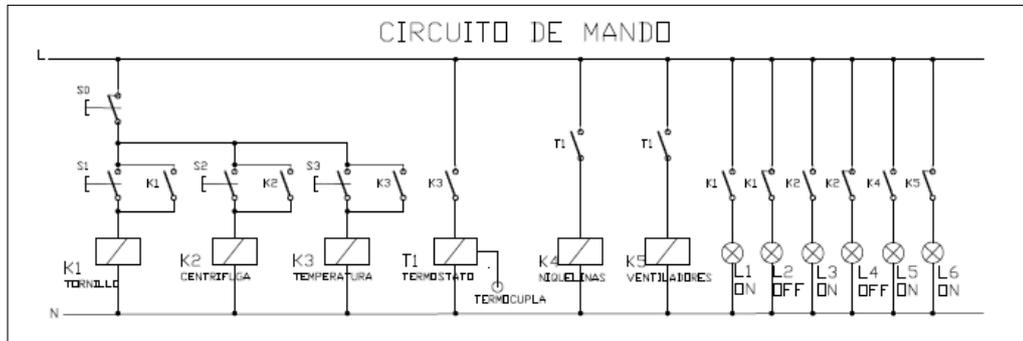
#### **7.2.2.6. Diseño Eléctrico**

Se presenta el diseño eléctrico del dispositivo para la obtención de fibra de poliéster. Este diseño incluye tanto un circuito de mando como un circuito de fuerza, los cuales desempeñan roles fundamentales en el funcionamiento del dispositivo, mediante la integración y sincronización adecuada de ambos circuitos, se logra un diseño eléctrico completo y eficiente que permite la producción óptima de fibra de poliéster. Estos circuitos están diseñados para gestionar la secuencia de operaciones, monitorear y garantizar un control preciso de la producción.

## Circuito de Mando

Figura 7.19

*Circuito de Mando*

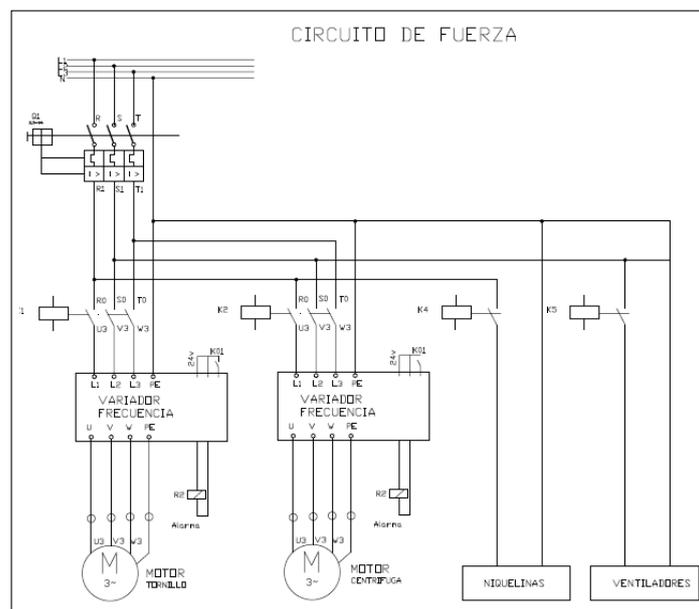


**Nota:** Se presenta el circuito de mando para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster.

## Circuito de Fuerza

Figura 7.20

*Circuito de Fuerza*



**Nota:** Se presenta el circuito de Fuerza para el diseño de máquina procesadora de fibras de poliéster.

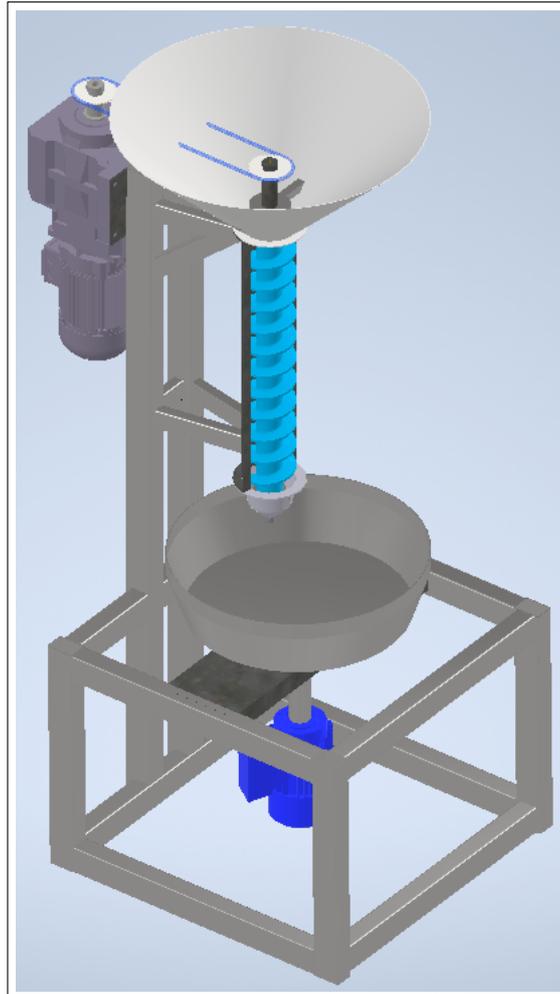
### 7.2.3. Simulación del diseño de la máquina automática para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado

#### 7.2.3.1. Implementación en el software inventor

Se implementaron los componentes en la estructura en el software inventor.

**Figura 7.21**

*Estructura con componentes*



**Nota:** Se presneta la implemetacion de componentes en el software inventor.

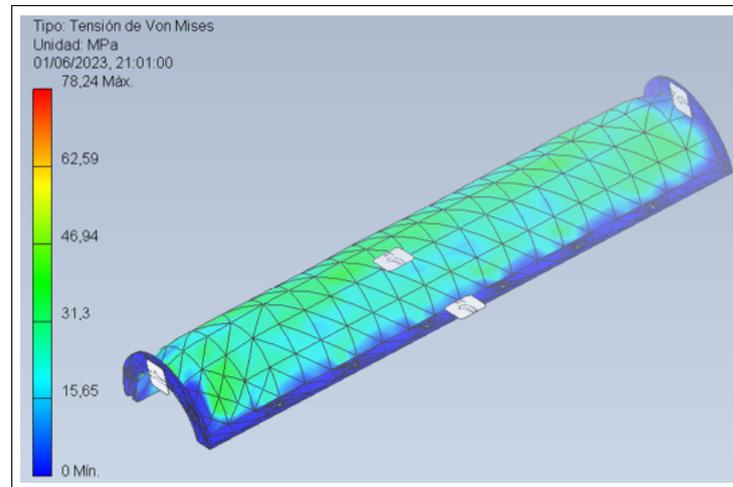
#### 7.2.3.2. Simulación Numérica

##### **Simulación de presión en carcasa**

Se obtiene una presión aplicada= 37 MPa, se considera juntas atornilladas consideradas como empotramiento como se observa en la figura 7.22

**Figura 7.22**

*Estructura de soporte*



**Nota:** Se presneta la simulacion de presion aplicada en la carcasa del tornillo.

**Simulación de desplazamiento en carcasa**

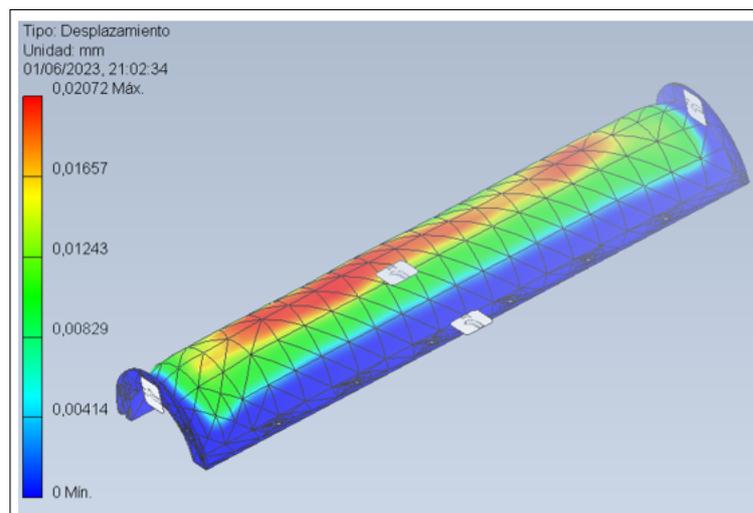
Esfuerzo máximo = 78.24 MPa

Desplazamiento máximo= 0.02 mm

No supera el esfuerzo permisible como se puede apreciar en la figura 7.23

**Figura 7.23**

*Estructura de soporte*



**Nota:** Se presenta la simulacion de desplazamiento en la carcasa del tornillo.

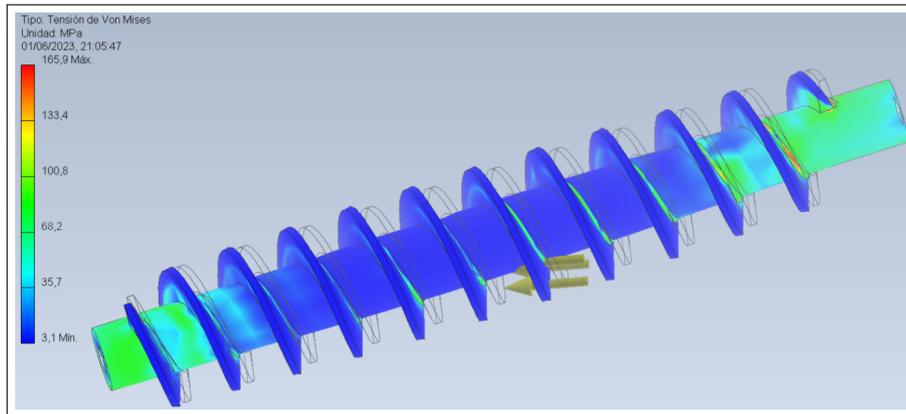
### Simulación de esfuerzos en el tornillo transportador

Presión aplicada= 37 MPa

Se considera para las juntas atornilladas como empotramiento

**Figura 7.24**

*Tornillo sin fin*



**Nota:** Se presenta la simulacion de esfuerzos en el tornillo sin fin.

### Simulación de desplazamiento en el tornillo transportador

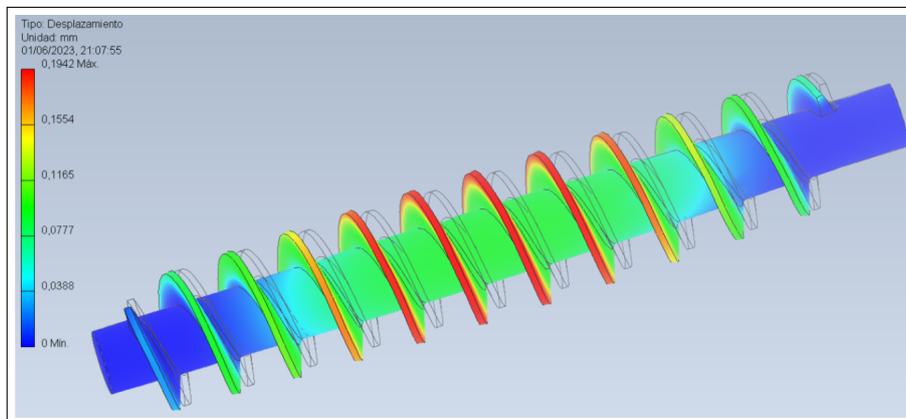
Esfuerzo máximo = 165.9 MPa

Desplazamiento máximo= 0.19 mm

El diseño no supera el esfuerzo permisible como se observa en la figura 7.25

**Figura 7.25**

*Tornillo sin fin*



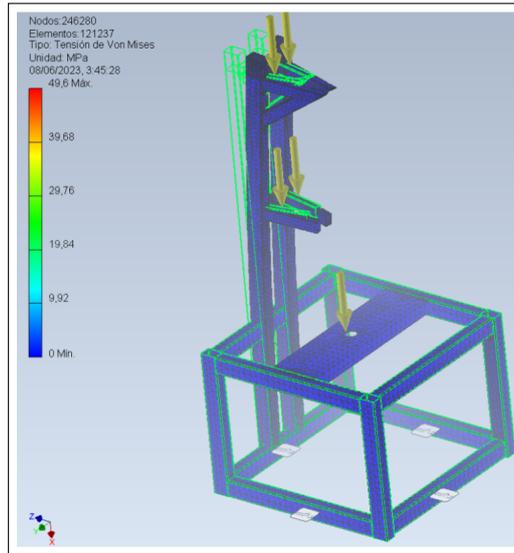
**Nota:** Se presenta la simulacion de desplazamiento en el tornillo sin fin.

### Simulación de presión en la estructura

La carga que se aplicó para la simulación de la presión fue de 784 Newtons, se obtuvo el esfuerzo máximo de 49 MPa.

**Figura 7.26**

*Simulación de presión en la estructura*



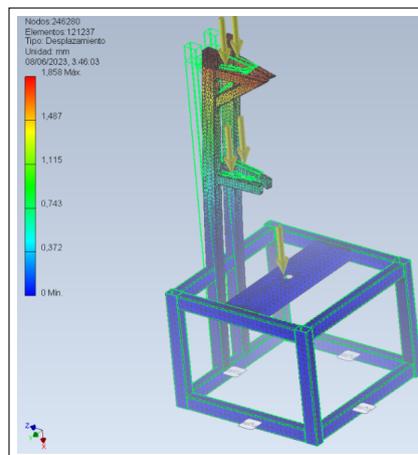
**Nota:** Se presenta la simulacion de presion en la estructura.

### Simulación de desplazamiento en la estructura

Se obtuvo un desplazamiento máximo de 1.84 mm.

**Figura 7.27**

*Simulación de desplazamiento en la estructura*



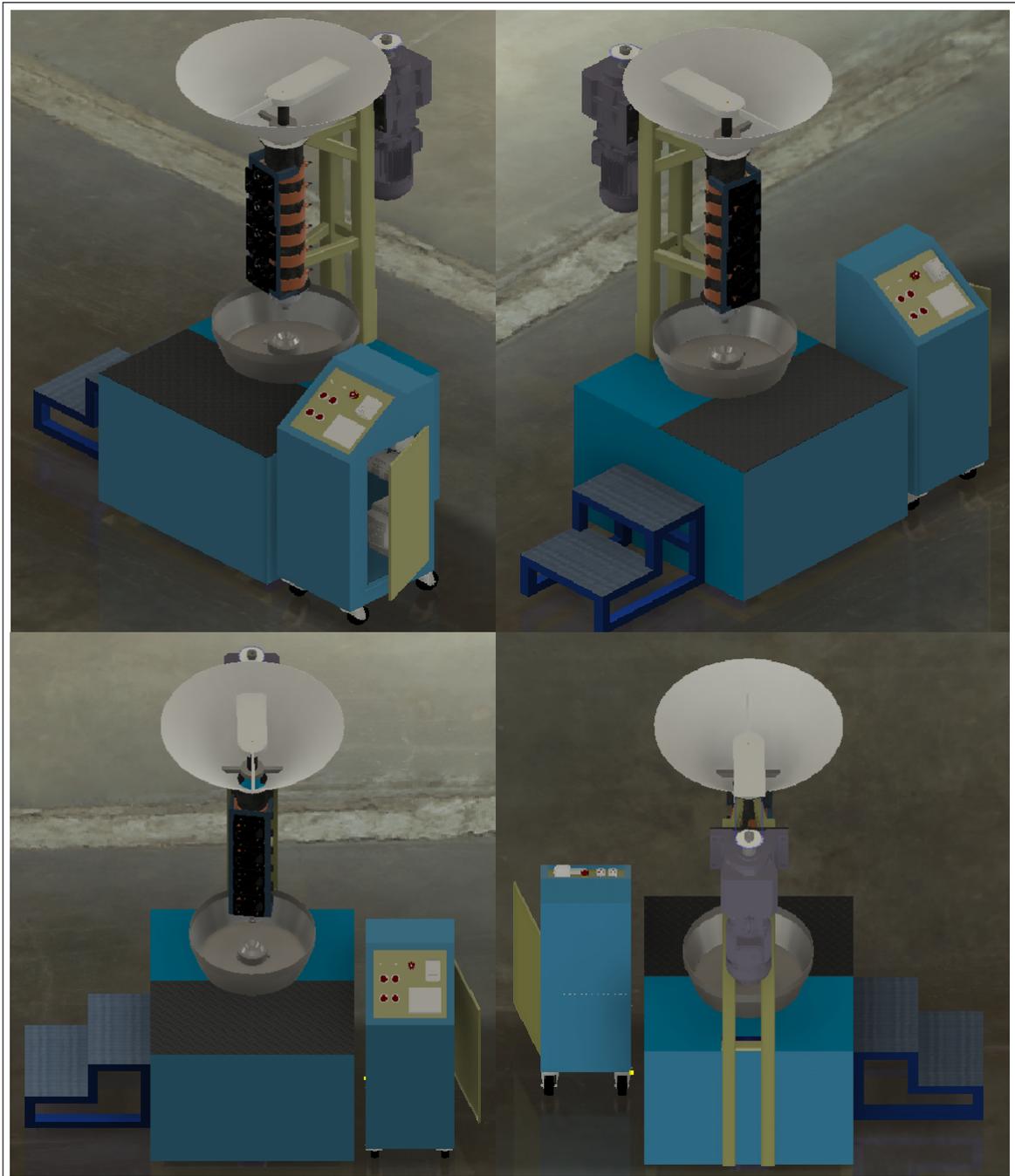
**Nota:** Se preseta la simulacion de desplazamiento en la estructura.

### 7.2.3.3. Diseño Final

Se presenta el diseño final del dispositivo para la obtención de fibra de poliéster implementado en inventor, como se puede observar en la figura 7.28

**Figura 7.28**

*Diseño Final*



**Nota:** Se presenta diseño final implementado en inventor

## 8. Resultados

### 8.1. Parámetros iniciales del dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado

#### Capacidad

La capacidad establecida para el dispositivo es:

**Tabla 8.1**

*capacidad*

<b>Capacidad</b>	5 Kg
------------------	------

**Nota:** La Tabla presenta la capacidad de producción de la máquina procesadora de fibras de poliéster.

#### Altura de trabajo

Se determinó la altura de trabajo a utilizar para el diseño de la máquina:

**Tabla 8.2**

*Dimensiones*

<b>Altura para trabajo ligero</b>	
Hombres	90 - 95 (cm)
Mujeres	85 - 90 (cm)

**Nota:** La tabla presenta la altura (95cm) seleccionada para el diseño de la máquina procesadora de fibra de poliéster(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2023).

#### Materia Prima

Se presenta la tabla de propiedades del PET que se estableció para el diseño de la máquina de fibra de poliéster.

**Tabla 8.3***Materia Prima*

<b>Materia Prima</b>	
<b>Materia Prima:</b>	PET
<b>Punto de fusión</b>	260°C
<b>Conductividad Térmica</b>	0,3W/m*K
<b>Resistencia max a la tracción</b>	50 MPa
<b>Límite Elástico</b>	40 MPa
<b>Módulo de Young</b>	9 GPa

**Nota:** La tabla presenta las propiedades del PET seleccionada para el diseño de la máquina procesadora de fibra de poliéster(Material Properties Org, 2018).

### **Capacidad de Producción**

Se presenta la tabla de resultados del tiempo de producción establecido para el diseño de la máquina de fibra de poliéster.

<b>Rango de tiempo de producción</b>	<b>Capacidad</b>
15- 20 seg	5 Kg

### **Velocidad de Hilado**

Se presenta la tabla de velocidades requeridas para la formación de fibra de poliéster.

**Tabla 8.4***Rangos de rpm*

<b>Polimero</b>	<b>rpm</b>	<b>Diametro (m)</b>
rPET	6000	9.41
	8000	5.84
	10000	4.68
	12000	4.56

**Nota:** La Tabla presenta Rangos de rpm seleccionados para la máquina procesadora de fibras de poliéster.

### **Material Estructural**

Se presenta la tabla del material estructural seleccionado para la máquina procesadora de fibras de poliéster.

**Tabla 8.5***Material Estructural*

<b>Selección de Material</b>	Acero al Carbono
<b>Resistencia a la rotura promedio</b>	65 kg/mm <sup>2</sup>
<b>Limite elástico promedio</b>	462 MPa
<b>Densidad Promedio</b>	8,03 kg/mm <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad</b>	2 a 2,5

**Nota:** La Tabla presenta datos del material estructural para la máquina procesadora de fibras de poliéster.

## 8.2. Diseño del dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado

### Tornillo transportador

Se presenta la información sobre las características y especificaciones del tornillo, asegurando una elección adecuada y precisa para la aplicación requerida, estas incluyen un diámetro de hélice, un paso de hélice, una longitud y un material de eje que se ajustan a los requisitos del proceso.

A continuación, se presenta la tabla 8.6 de datos del tornillo transportador seleccionado para la máquina procesadora de fibras de poliéster.

**Tabla 8.6***Datos de tornillo transportador*

<b>Tornillo Transportador</b>		
<b>v</b>	Velocidad de giro	50 rpm
<b>L</b>	Longitud de transporte	700 mm
<b>D</b>	Diámetro del tornillo	120 mm
<b>S</b>	Paso	60 mm
<b>e</b>	Espesor del filete	0,1D
<b>w</b>	Ancho del canal	68.123 mm
<b>H</b>	Altura del filete	60 mm
	Ángulo de paso	80,957
<b>ht</b>	Diámetro del eje	0,5D

**Nota:** La Tabla presenta datos del tornillo transportador para la máquina procesadora de fibras de poliéster.

### Cálculos del tornillo

**Tabla 8.7***Cálculos del tornillo*

<b>P</b>	Presión ejercida en la carcasa	36,96 MPa
<b>Q</b>	Flujo de masa	0,25 kg/s
<b>L</b>	Longitud	700 mm
<b>A</b>	Área de la circunferencia	2827,43 mm <sup>2</sup>
<b>A2</b>	Área de la sección nominal	8482,3 mm <sup>2</sup>

**Nota:** La Tabla presenta datos de la carcasa del tornillo transportador para la máquina procesadora de fibras de poliéster.

### Índice de Material

la Tabla presenta los resultados del índice de material de la máquina procesadora de fibras de poliéster.

Índice de material		
<b>A</b>	Área de la sección transversal	8482,3 mm <sup>2</sup>
<b>p</b>	Densidad del material	8.03 Kg/dm <sup>3</sup>
<b>M</b>	Masa	4,76 kg/m
<b>F</b>	Fuerza	55,4265N

**Nota:** La Tabla presenta datos indice de material para la máquina procesadora de fibras de poliéster.

Se presenta el acero al carbono comercial, este material ha sido escogido en base en sus propiedades y características para cumplir con los requisitos específicos del proyecto.

**Tabla 8.8***Acero al carbono*

MARCA	NORMAS NACIONALES				CAMPO DE APLICACIÓN
	UNE	AFNOR	DIN	AISI/SAE	
C35E	F113 / F1130	XC32 / XC38	Ck 35	1035 / 1038	Acero al carbono para piezas que requieren un límite elástico de 400 a 500 N/mm <sup>2</sup>

**Nota:** La Tabla presenta el material seleccionado para la máquina procesadora de fibras de poliéster. (Thyssenkrupp Materials Ibéric, 2013)

## Selección de Componentes

Se presenta la tabla de componentes seleccionados para el diseño de la máquina procesadora de fibras de poliéster

**Tabla 8.9**

*Componentes*

Componente	Marca	Modelo
Cazuela térmica	ERKA	Cotton candy model
Motor Monofásico	WEG	W22
Resistencias térmicas	Electroindustria	Tipo banda 1000w
Tornillo transportador	Cotecno	Transportador
Control de temperatura	Omega	CN740
Variador de Frecuencia	WEG	CFW300

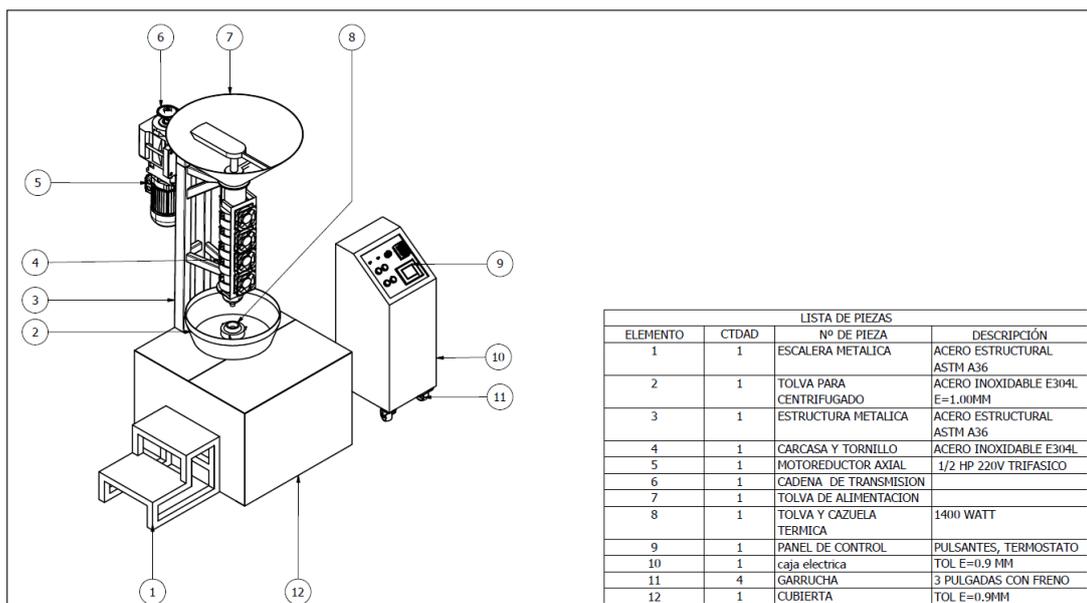
**Nota:** La Tabla presenta los componentes seleccionados para la máquina procesadora de fibras de poliester.

## Diseño Final

Se presenta el diseño final del dispositivo para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado.

**Figura 8.1**

*Diseño Final*



**Nota:** Se presenta diseño final.

### 8.3. Simulación del diseño de la máquina automática para la obtención de fibra de poliéster por centrifugado

#### Simulación Numérica

- **Simulación de presión en la carcasa**

Se presenta los resultados de la simulación de cargas aplicadas en la carcasa del tornillo.

**Tabla 8.10**

*Presión aplicada en la carcasa*

<b>Presión Aplicada</b>	37 MPa
-------------------------	--------

**Nota:** Se presenta los resultados de la simulacion de presion en la carcasa.

- **Simulación de desplazamiento en la carcasa**

Se presenta los resultados de la simulación de cargas aplicadas para el desplazamiento en la carcasa del tornillo.

**Tabla 8.11**

*Desplazamiento en la carcasa*

<b>Esfuerzo Máximo</b>	78.24 MPa
<b>Desplazamiento Máximo</b>	0.02 mm

**Nota:** Se presenta los resultados de la simulacion de desplazamiento en la carcasa.

- **Simulación de presión en el tornillo transportador**

Se presenta los resultados de la simulación de cargas aplicadas para determinar los esfuerzos en el tornillo transportador.

**Tabla 8.12**

*Presión aplicada en el tornillo transportador*

<b>Presión Aplicada</b>	37MPa
-------------------------	-------

**Nota:** Se presenta los resultados de la simulacion de presion en el tornillo transportador.

- **Simulación de en el tornillo transportador**

Se presenta los resultados de la simulación de cargas aplicadas para el desplazamiento en el tornillo transportador.

### Tabla 8.13

*Desplazamiento en el tornillo transportador*

<b>Esfuerzo Máximo</b>	165.9 MPa
<b>Desplazamiento Máximo</b>	0.19 mm

**Nota:** Se presenta los resultados de la simulacion de desplazamiento en el tornillo transportador.

- **Simulación de presión en la estructura**

Se presenta los resultados de la simulación de presión en la estructura con una carga de 784 Newtons.

### Tabla 8.14

*Presión aplicada en la estructura*

<b>Presión Aplicada</b>	49MPa
-------------------------	-------

**Nota:** Se presenta los resultados de la simulacion de presion en la estructura.

- **Simulación de desplazamiento en la estructura**

Se presenta los resultados de la simulación de cargas aplicadas para el desplazamiento en la estructura.

### Tabla 8.15

*Desplazamiento en la estructura*

<b>Desplazamiento Máximo</b>	1.84 mm
------------------------------	---------

**Nota:** Se presenta los resultados de la simulacion de desplazamiento en la estructura.

## 9. Conclusiones

Los parámetros iniciales establecidos para el diseño de una máquina de fibras de poliéster por centrifugado fueron la capacidad de producción de  $4\frac{g}{s}$ , con una velocidad de hilado de 6000 a 12000 rpm, una altura de trabajo de 95 cm para la ergonomía del operador, la materia prima seleccionada fue Polyethylene Terephthalate (PET), el rango de tiempo de producción por ciclo de trabajo fue 15 - 20 segundos, el material estructural seleccionado fue el acero al carbono 1035.

En el diseño del dispositivo automático para la obtención de fibra de poliéster se consideró una correcta selección de componentes, aplicación de fuerzas, así como desplazamientos y movimientos que con las herramientas que proporciono el software Inventor y funcionalidades avanzadas facilitaron la creación de un diseño preciso y optimizado y adaptación de los componentes seleccionados que validan los conceptos planteados.

Las simulaciones del dispositivo diseñado obtuvieron valores como la presión ejercida sobre la carcasa es de 37 MPa, el desplazamiento máximo fue de 0.02 mm con un esfuerzo máximo de 78.24 MPa. Para el tornillo se obtuvieron valores de la presión aplicada de 37 MPa, un desplazamiento máximo de 0.19 mm con un esfuerzo máximo de 165.9 MPa, finalmente el desplazamiento de la estructura fue de 1.84 mm. Estos valores verifican el buen funcionamiento y diseño del equipo.

## **10. Recomendaciones**

Para trabajos futuros en diseño de estos equipos se recomienda instalar dispuestos de protección incorporada al equipo, durante el proceso de hilado.

Se recomienda no sobrepasar la capacidad de producción establecida de acuerdo al diseño propuesto, con el fin de evitar residuos alrededor del tornillo al momento de llegar a la resina a la cazuela y evitar paros en la producción.

Se debe considerar que el lugar de implementación del dispositivo tenga una buena ventilación debido a los gases emitidos por el material a trabajar.

## Referencias Bibliográficas

- Amrein, M. (2012). Estudio de la viabilidad del uso de una mezcla fenol/agua en el ensayo de solubilidad diferencial del poliéster.
- Arandes, J., Bilbao, J., y López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 5(1), 28–45.
- Batson, E., y Taípe, O. (2012). Diseño y construcción de una máquina centrífuga con un mecanismo de giro de marcos de 180 grados para la extracción de miel de abeja con capacidad de 20kg/h. *Escuela Politécnica del Ejército*.
- Bega Helicoidales. (2023). *Fabricación de transportadores helicoidales montados y soldados en eje tubular o sólido a medida, con ejes motriz y terminal*. [Disponible en: <https://www.begahelicoidales.com/transportador-helicoidal-tubo>; Accedido el: 29 de mayo del 2023].
- Bermeo, J., Rea, V., López, R., y Pico, M. (2018). El reciclaje la industria del futuro en Ecuador. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 22(87), 8–8.
- Berrezueta, E., y Brito, M. (2023). Diseño de un dispositivo mecatrónico para conteo automático en mquinas transportadoras de cartón [B.S. thesis].
- Bolaños, J. (2019). Reciclado de plástico pet. *Universidad Católica San Pablo*.
- Bustos, J. (2021). Regulación de plásticos de un solo uso en Ecuador. análisis comparativo con Chile, Panamá y México. *Quito: UCE*.
- Buteler, M. (2019). ¿ qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? *Universidad Nacional del Comahue. Centro Regional Universitario Bariloche*.
- Calderón, T., y cols. (2020). Estrategias didácticas de aprendizaje para estudiantes del ciclo 3 generadoras de conciencia para el adecuado manejo de los desechos y residuos plásticos al interior del colegio Manuela Beltrán (Ied) jornada nocturna.
- Cardenas, P., y Morales, I. (2022). *Diseño y construcción de una máquina para la obtención de fibra de poliéster a partir de botellas recicladas pet, con una capacidad de 5 kg/h*. [Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23450>; Accedido el: 25 de octubre del 2022].
- Cardoso, J. (2015). *Reciclado de botellas de pet*. [Disponible en: <https://www.youtube.com/shorts/8pFafDXmcOA>; Accedido el: 22 de octubre del 2022].
- Chacón, N., y Paz, G. (2021). Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta productora de frazadas de poliéster a partir de plástico pet reciclado. *Universidad de Lima*.

- Contreras, A. (2021). *Fibras de pet*. [Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=7CQK\\_ZXzcWM](https://www.youtube.com/watch?v=7CQK_ZXzcWM); Accedido él: 26 de octubre del 2022].
- Cotecno. (2023). *Transportador de tornillo sin fin*. [Disponible en: <https://www.cotecno.cl/transportadores-de-tornillo-para-cemento-2/>; Accedido él: 20 de mayo del 2023].
- Deleón, A., Christoph, R., Hernández, A., y Picardo, O. (2017). Medición de micro partículas de plástico en las costas salvadoreñas, playa los cóbanos (uso de manta trawl). *AKADEMOS*, 1(18).
- Ecodes. (2023). *Contaminación por plásticos. uno de los mayores desafíos ambientales del siglo xxi*. [Disponible en: <https://ecodes.org/hacemos/cultura-para-la-sostenibilidad/salud-y-medioambiente/observatorio-de-salud-y-medio-ambiente/contaminacion-por-plasticos-uno-de-los-mayores-desafios-ambientales-del-siglo-xxi>; Accedido él: 13 de junio del 2023].
- Erka. (2022). *Cabezal de calor para máquina de algodón de azúcar*. [Disponible en: [https://erka.es.aliexpress.com/store/910445269?spm=a2g0o.store\\_pc\\_home.pcShopHead\\_6000106431265.0](https://erka.es.aliexpress.com/store/910445269?spm=a2g0o.store_pc_home.pcShopHead_6000106431265.0); Accedido él: 10 de abril del 2023].
- Faires, V. (1977). Diseño de elementos de máquinas.
- Freire, C., Luis, G., y Cristian, J. (2014). Diseño y construcción de un equipo triturador de botellas plásticas tipo pet. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- Gomis, A. (2012). *Tecnología de polímeros. procesado y propiedades*. Universidad de Alicante.
- GreenPeace. (2022). *Datos sobre la producción de plásticos*. [Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>; Accedido él: 22 de octubre del 2022].
- Guerra, L. (2021). Diseño y construcción de un prototipo de procesadora de botellas plásticas pet recicladas para la obtención de fibra de poliéster. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- Gutiérrez, T. (2019). *Polímeros: Generalidades y tendencias de investigación en colombia*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Según la última estadística de información ambiental: Cada ecuatoriano produce 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día*. [Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica-de-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/>; Accedido el: 22 de octubre del 2022].
- Labeaga Viteri, A. (2018). Polímeros biodegradables. importancia y potenciales aplicaciones. *Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Facultad de Ciencias*.
- López, C. (2016). *Reciclado del plástico pet para la obtención de fibra textil*. [Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/trabajo\\_final/reciclado\\_PET.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/trabajo_final/reciclado_PET.pdf); Accedido el: 25 de octubre del 2022].
- Mansilla, P., y Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de pet para obtener fibra de poliéster.

- Ingeniería industrial*(027), 123–137.
- Marjuban, S., Rahman, M., Duza, S., Ahmed, M., Patel, D., Rahman, M., y Lozano, K. (2023). Recent advances in centrifugal spinning and their applications in tissue engineering. *Polymers*, 15(5), 1253.
- Material Properties Org. (2018). *Pet – tabla de materiales – aplicaciones – precio*. [Disponible en: <https://material-properties.org/es/pet-tabla-de-materiales-aplicaciones-precio/>; Accedido él: 29 de mayo del 2023].
- Mott, R., Pozo, V., Sánchez, S., Fernández, A., y Sánchez, J. (2006). Diseño de elementos de máquinas. *Pearson educación México*.
- Nickel, C. (1982). *Properties of some metals and alloys*. [Disponible en: [https://nickel.institute.org/media/1771/properties\\_of\\_somemetal\\_sandalloys\\_297\\_.pdf](https://nickel.institute.org/media/1771/properties_of_somemetal_sandalloys_297_.pdf); Accedido él: 20 de mayo del 2023].
- Norton, R. L. (2016). *Diseño de maquinaria*.
- Omega. (2023). *Controladores din 1/32 1/16*. [Disponible en: [https://es.omega.com/pptst/CN740\\_SERIES.html](https://es.omega.com/pptst/CN740_SERIES.html); Accedido él: 20 de mayo del 2023].
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos “OCDE”. (2022). *La contaminación por plástico crece sin cesar, en tanto que la gestión de residuos y el reciclaje se quedan cortos, dice la ocde*. [Disponible en: <https://www.oecd.org/espanol/noticias/perspectivas-globales-del-plastico.htm>; Accedido él: 13 de junio del 2023].
- Ozb. (2023). *Transportadores de tornillo tipo tubular*. [Disponible en: <https://ozb.com.tr/es/productos/transportadores-de-tornillo/transportadores-de-tornillo-tipo-tubular>; Accedido él: 27 de mayo del 2023].
- Padilla, A. (2014). *Diseño del proceso para la obtención de resina poliéster insaturada mediante el reciclaje químico de desechos de polietilentereftalato (pet)* (B.S. thesis). Quito, 2014.
- Regato, A., Palacios, A., y Vázquez, M. (2022). Estrategia educativa para prevenir la contaminación por desechos plásticos. *Revista Conrado*, 18(88), 166–174.
- Reséndiz Franco, B. (1980). La fibra de poliéster en la industria textil.
- Rodríguez, H. (2023). *Cálculo de transportadores de tornillo sin fin*. [Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>; Accedido él: 27 de mayo del 2023].
- San Miguel Industrias. (2016). *Hojuelas de pet*. [Disponible en: <https://www.smi.com.pe/es/Producto/hojuela-pet-reciclado>; Accedido él: 20 de mayo del 2023].
- Santillán, L., Saldaña, M., y De-La-Torre, G. (2020). First record of microplastics in the endangered marine otter (lontra felina). *Mastozoología neotropical*, 27(1), 211–215.
- SG Electro Industrial. (2023). *Resistencias eléctricas*. [Disponible en: <http://www.sgelectroindustrial.com/dm>; Accedido él: 20 de mayo del 2023].
- Shigley, J., Mischke, C., Bocanegra, F., y Correa, C. (1990). *Diseño en ingeniería mecánica*.

McGraw-Hill México.

- Thomas, J. (2018). Importance and applications of polyethylene terephthalate wastes in the coating industry: A review. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*.
- Thyssenkrupp Materials Ibéric. (2013). *Aceros de construcción*. [Disponible en: [https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/aceros\\_construccion\\_ThyssenKrupp.pdf](https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/aceros_construccion_ThyssenKrupp.pdf); Accedido él: 20 de mayo del 2023.
- Tobón, H. (2011). Usos industriales y comercio internacional del material reciclable pet. *Institución Universitaria Esumer*.
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (2023). *Altura de plano de trabajo en posición de pie*. [Disponible en: <https://www.ulpgc.es/sprlyupr/trabajodepie>; Accedido él: 22 de mayo del 2023.
- Weg. (2021). *Motor eléctrico catálogo comercial mercado latinoamericano*. [Disponible en: <https://www.weg.net/institucional/ES/es/>; Accedido el: 10 de abril del 2023].
- Zambrano, E. (2013). *Análisis del impacto económico ambiental en las industrias plásticas del ecuador: Diseño de una planta reprocesadora de residuos plásticos pet que impulse el consumo local* (Tesis de Master no publicada).
- Zander, N., Gillan, M., y Sweetser, D. (2017). Composite fibers from recycled plastics using melt centrifugal spinning. *MDPI Materials*, 10.
- Zhang, X., y Lu, Y. (2014). Centrifugal spinning: an alternative approach to fabricate nanofibers at high speed and low cost. *Polymer Reviews*, 54(4), 677–701.

# **ANEXOS**

## Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

**Tabla 10.1**

*Matriz de consistencia.*

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible diseñar una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado?	Diseñar una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	Se diseñara una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	- <b>VI</b> : Parametros. - <b>VD</b> : Diseño mecatronico.	Diseño mecatronico Fibra de poliester
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Se podrá establecer parámetros iniciales para el diseño de una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado?	Establecer parámetros iniciales para el diseño de una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	Los parámetros iniciales estableceran el diseño de una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	- <b>VI</b> : Parametros. - <b>VD</b> : Diseño mecatronico.	Maquina automatica de fibra de poliester
¿Es posible proponer el diseño de una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado?	Proponer el diseño de una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	Los nuevos parametros propondran el diseño de una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	- <b>VI</b> : Diseño.	
¿Es factible simular el diseño de una maquina mecatronicapara la obtencion de fibra de poliester por centrifugado?	Simular el diseño de una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	Se simulará el diseño una maquina mecatronica para la obtencion de fibra de poliester por centrifugado.	- <b>VI</b> : Diseño.	Selecccion de materiales

**Nota:** La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de como se relaciona con el marco teórico referencial.

## Anexo B: Operacionalización de Variables

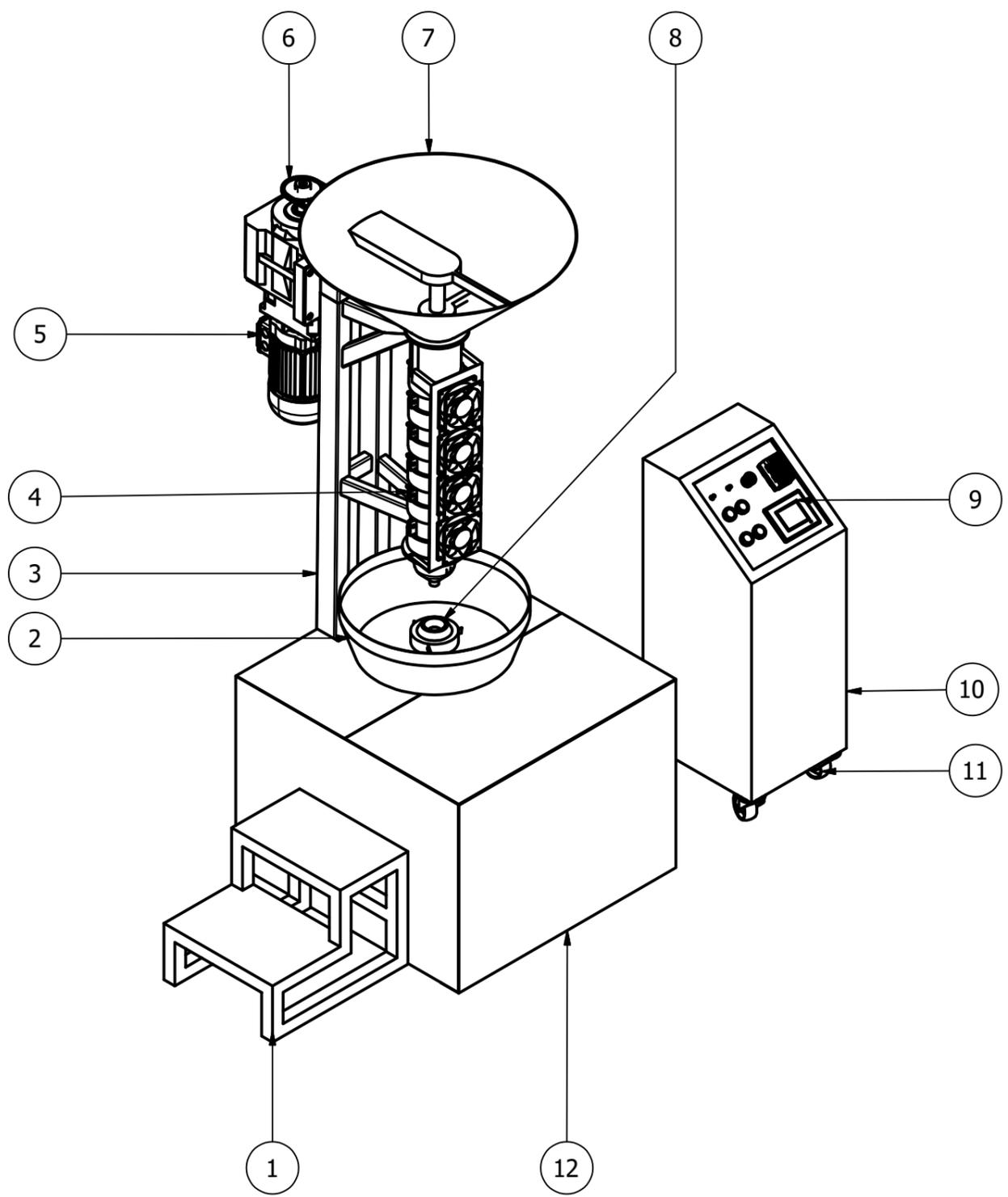
La tabla 10.2 presenta la operacionalización de la variable dependiente: tiempo de operación.

**Tabla 10.2**

*Variable dependiente.*

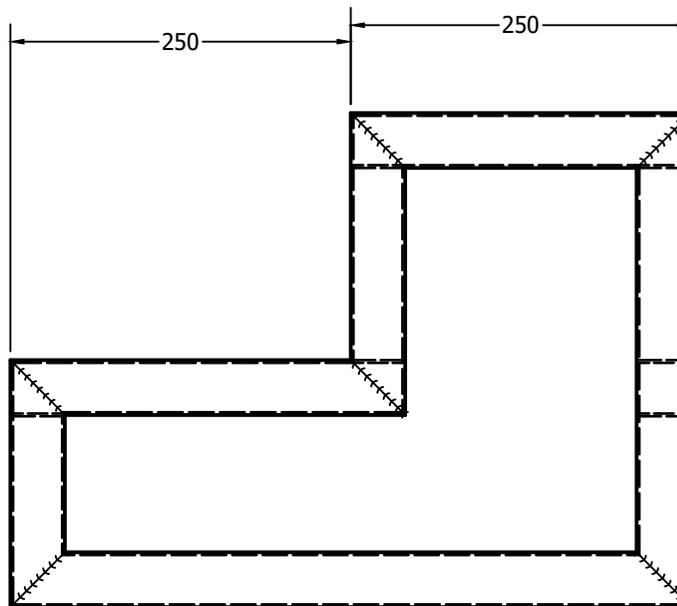
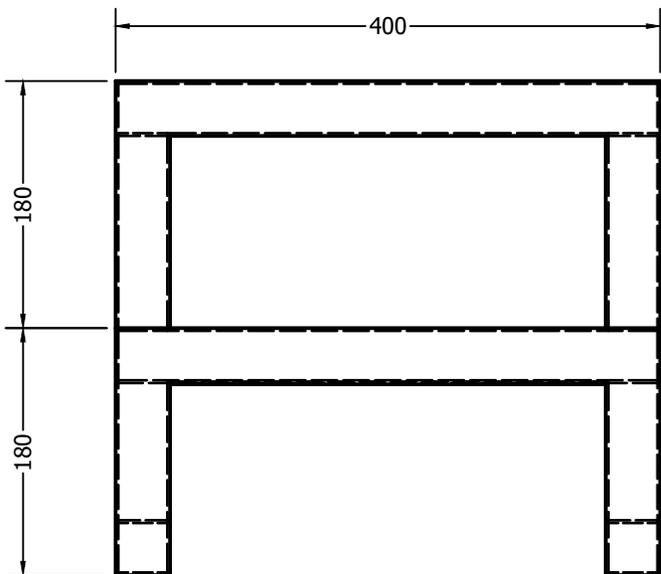
VARIABLE DEPENDIENTE: TIEMPO DE OPERACIÓN				
Dimensiones	Definiciones	Indicador	Magnitud	Instrumento de medición o Fuente
<b>Tiempo procesamiento del PET</b>	<b>Definición conceptual:</b> Permite determinar la duración del procesamiento de transformación de resina de PET en fibras por ciclo de trabajo, establecidas por condiciones determinadas. <b>Definición operacional:</b> Es la duración en segundo que tarda el material en la producción de fibras.	Tiempo	Segundos	Cronómetro

**Nota:** La tabla presenta las definiciones de la variable dependiente utilizada en la investigación de un dispositivo para la obtención de fibras



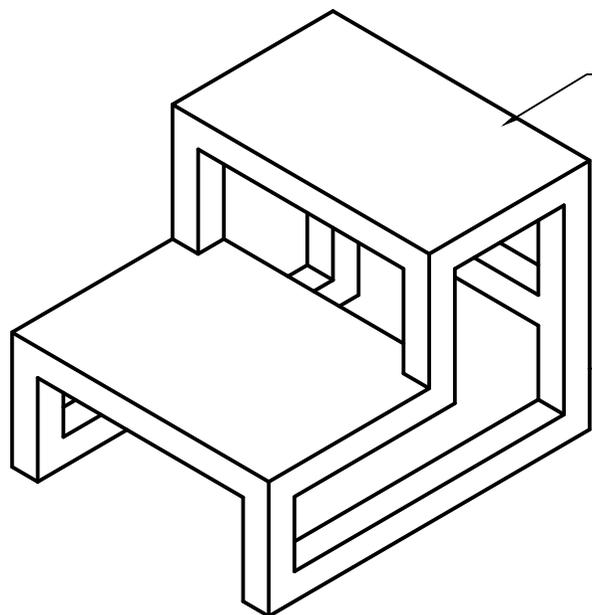
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	ESCALERA METALICA	ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36
2	1	TOLVA PARA CENTRIFUGADO	ACERO INOXIDABLE E304L E=1.00MM
3	1	ESTRUCTURA METALICA	ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36
4	1	CARCASA Y TORNILLO	ACERO INOXIDABLE E304L
5	1	MOTOREDUCTOR AXIAL	1/2 HP 220V TRIFASICO
6	1	CADENA DE TRANSMISION	
7	1	TOLVA DE ALIMENTACION	
8	1	TOLVA Y CAZUELA TERMICA	1400 WATT
9	1	PANEL DE CONTROL	PULSANTES, TERMOSTATO
10	1	caja electrica	TOL E=0.9 MM
11	4	GARRUCHA	3 PULGADAS CON FRENO
12	1	CUBIERTA	TOL E=0.9MM

CICLO	Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p>
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			<p><b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecatrónica</p>
Escala: <i>1:15</i>	Tol. gen.: <i>ISO</i>	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina:	<i>1</i>		



(4) ↘

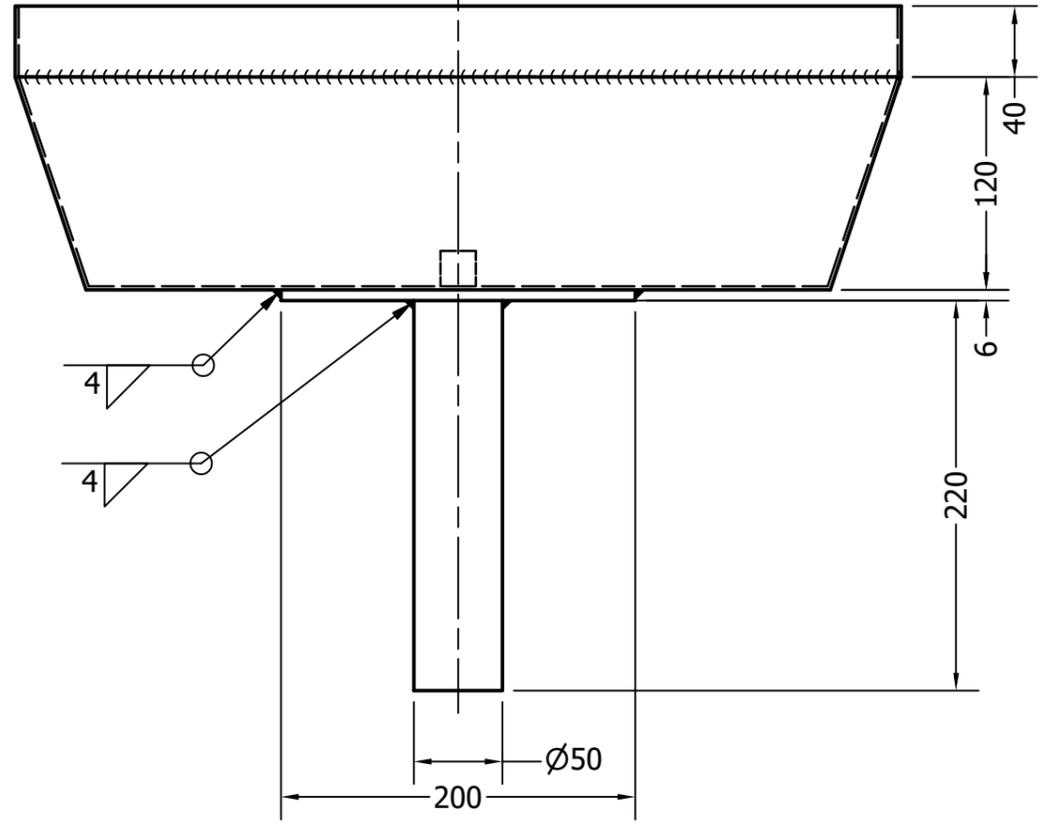
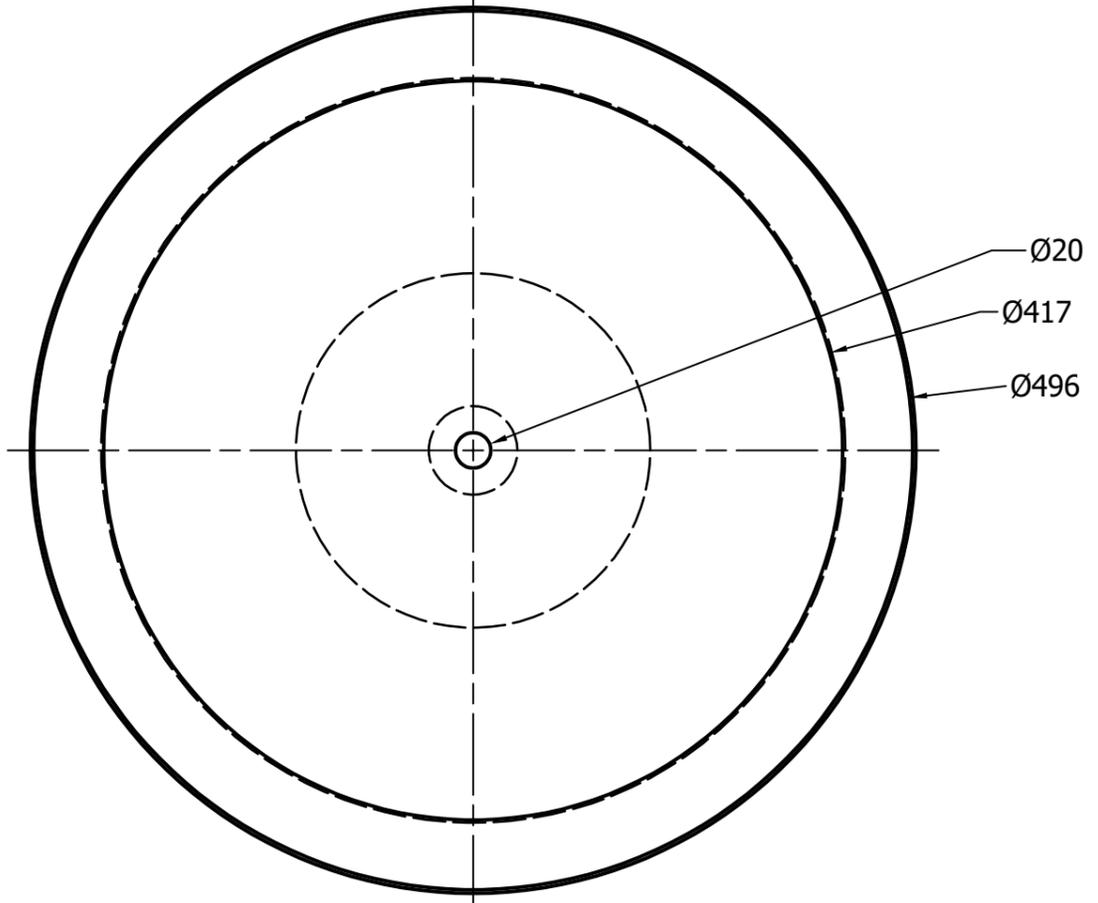
VISTA ISOMETRICA



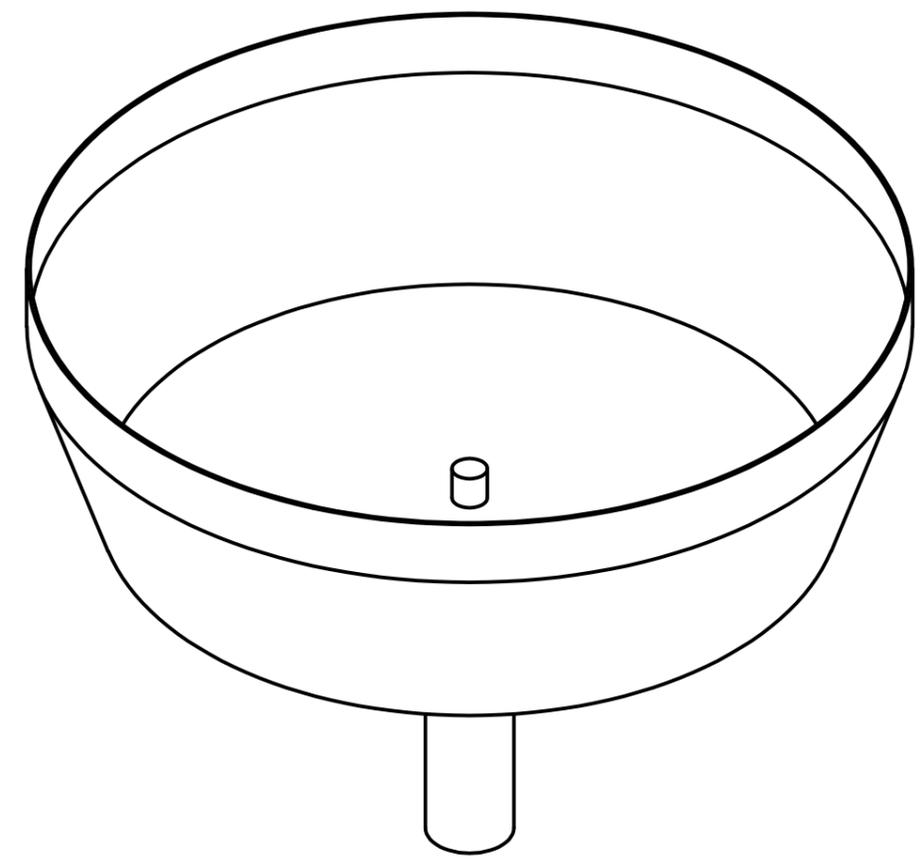
PLANCHA DE ACERO ANTIDESLIZANTE  
2 mm DE ESPESOR

TUBO CUADRADO  
30mm X 30mm X 2mm

<input type="text" value="CICLO"/>	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica
Dibujado:		P. Rengel	
Comprobado:		Ing. López	
Dibujo Industrial			
Escala: 1:15	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina: 2			

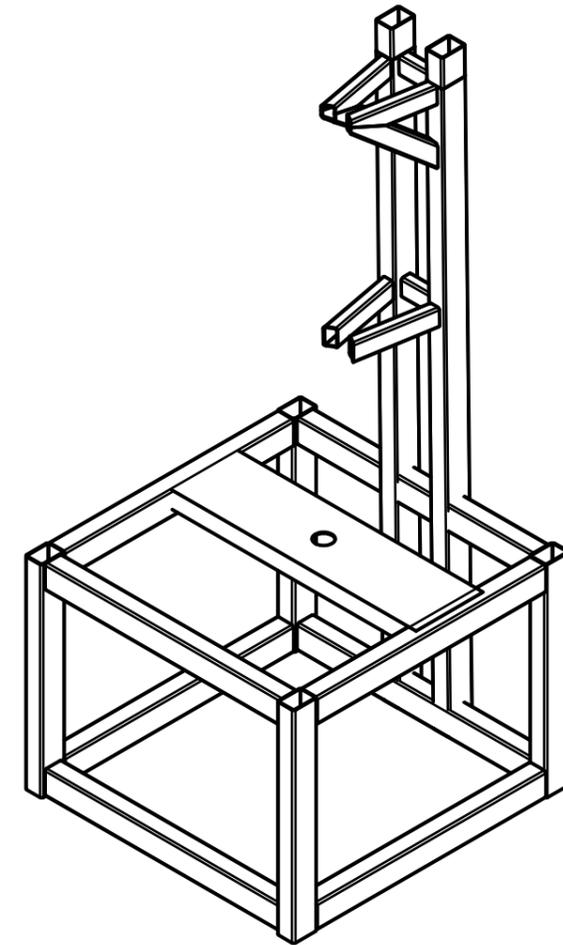
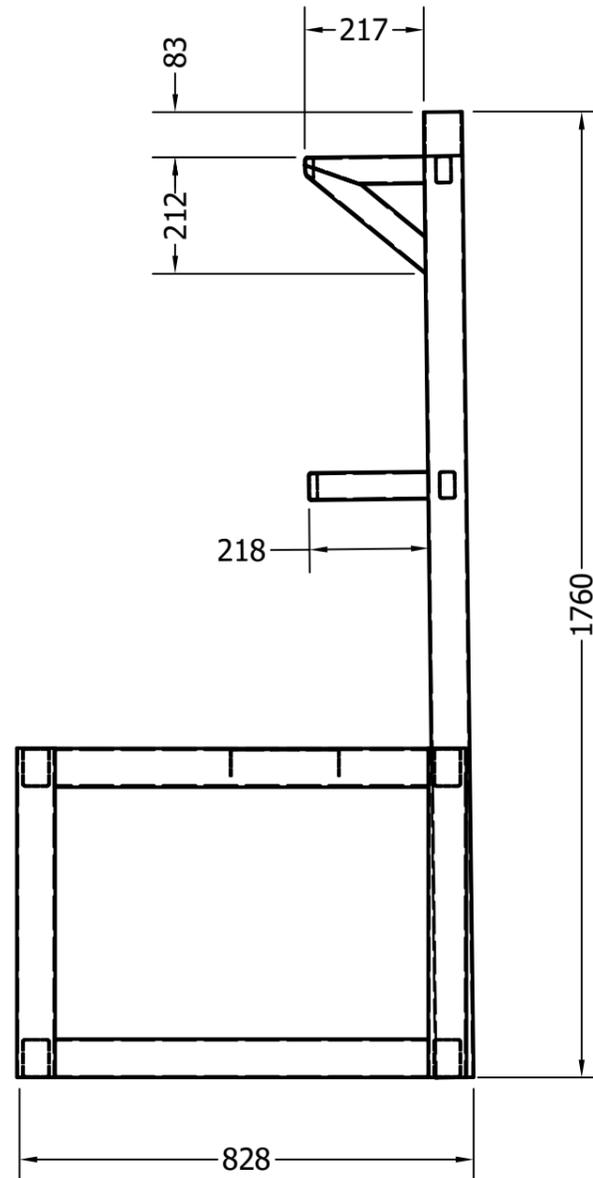
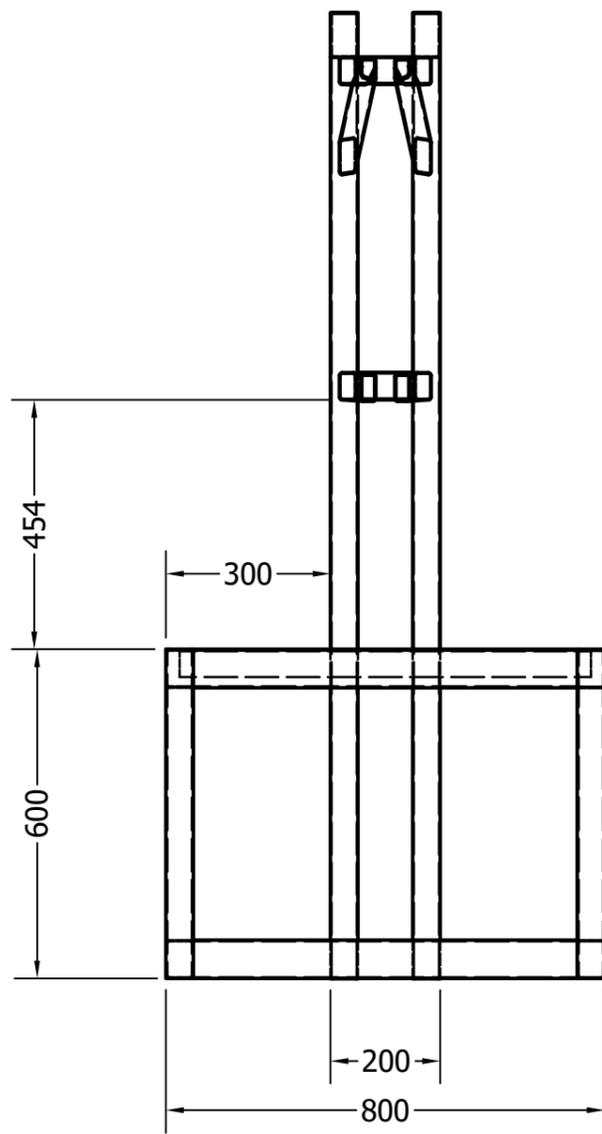
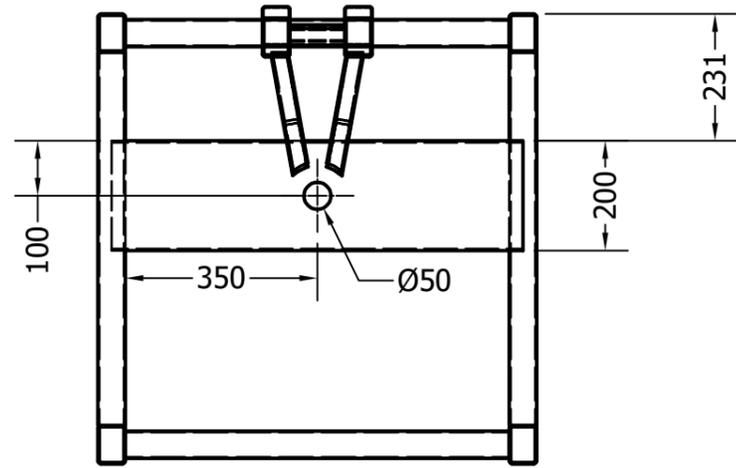


VISTA ISOMETRICA



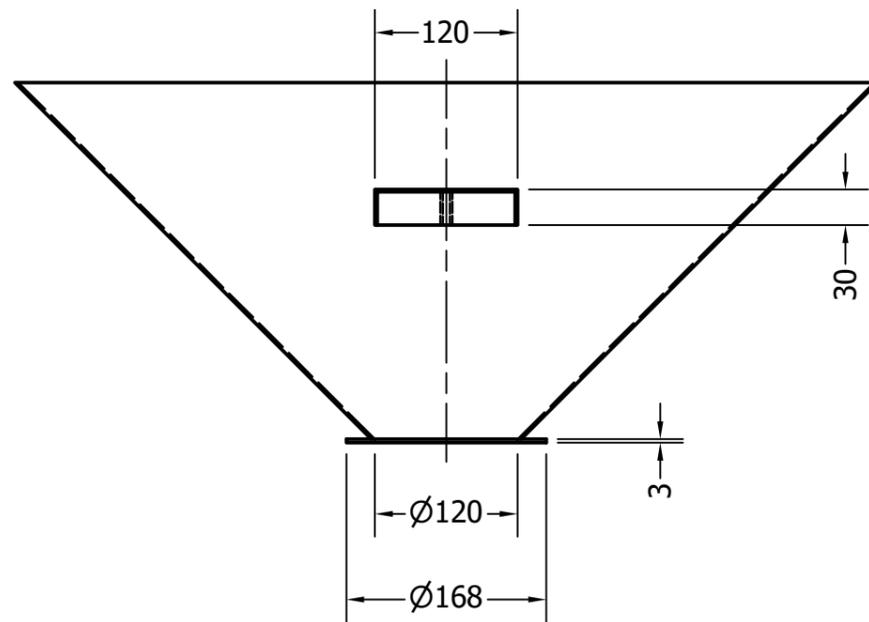
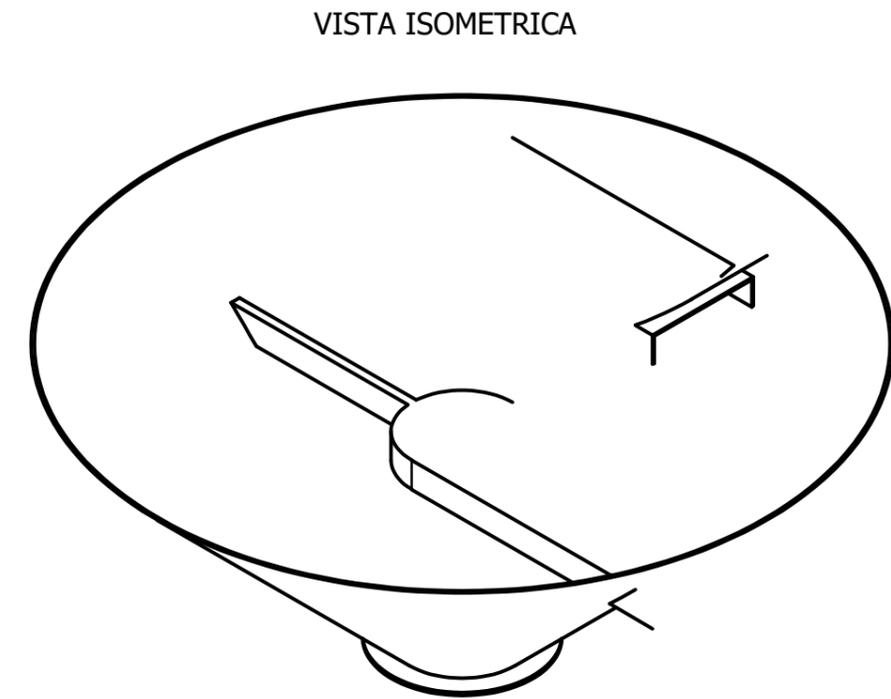
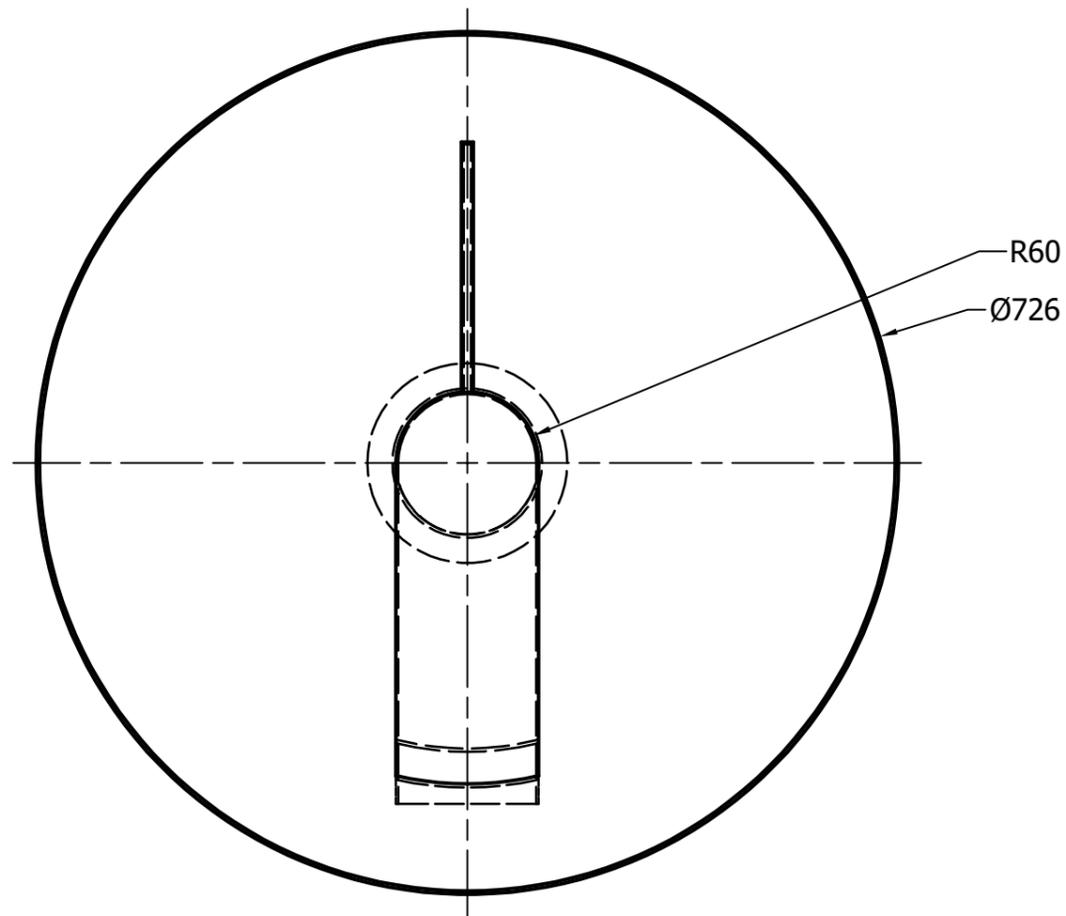
MATERIAL ACERO INOXIDABLE E3040L  
 PLANCHA DE ESPESOR 1.5 mm

CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			
Escala: <i>1:15</i>	Tol. gen.: <i>ISO</i>	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina:	<i>3</i>		



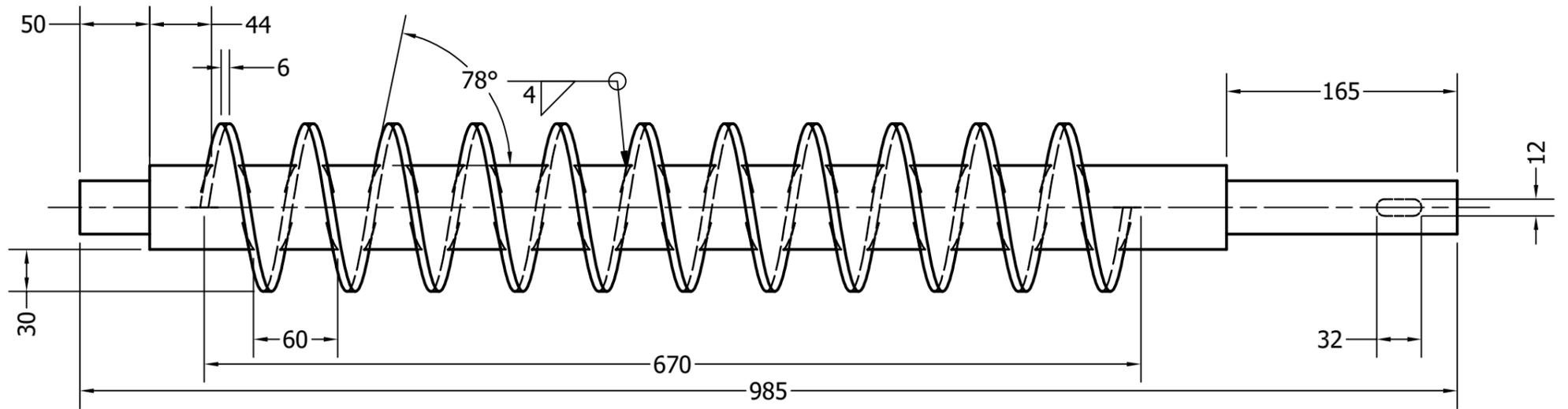
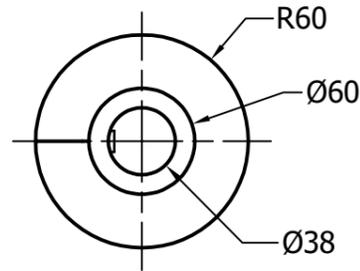
MATERIAL: TUBO RECTANGULAR ESTRUCTURAL ASTM A36

CICLO	Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p><b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecatrónica</p>
Dibujado:		P. Rengel	
Comprobado:		Ing. López	
Dibujo Industrial			
Escala: 1:15	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina: 4			

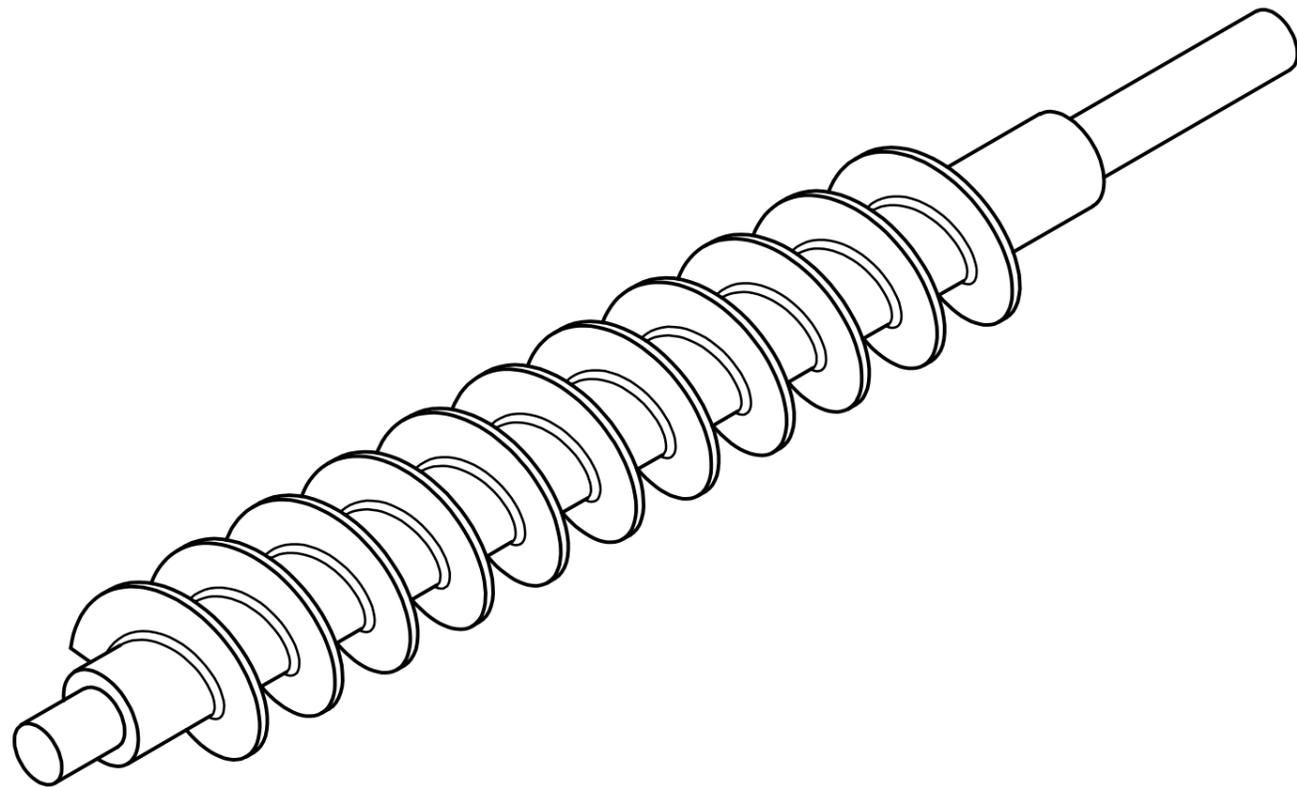


MATERIAL: PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE E304L  
 ESPESOR: 2 mm

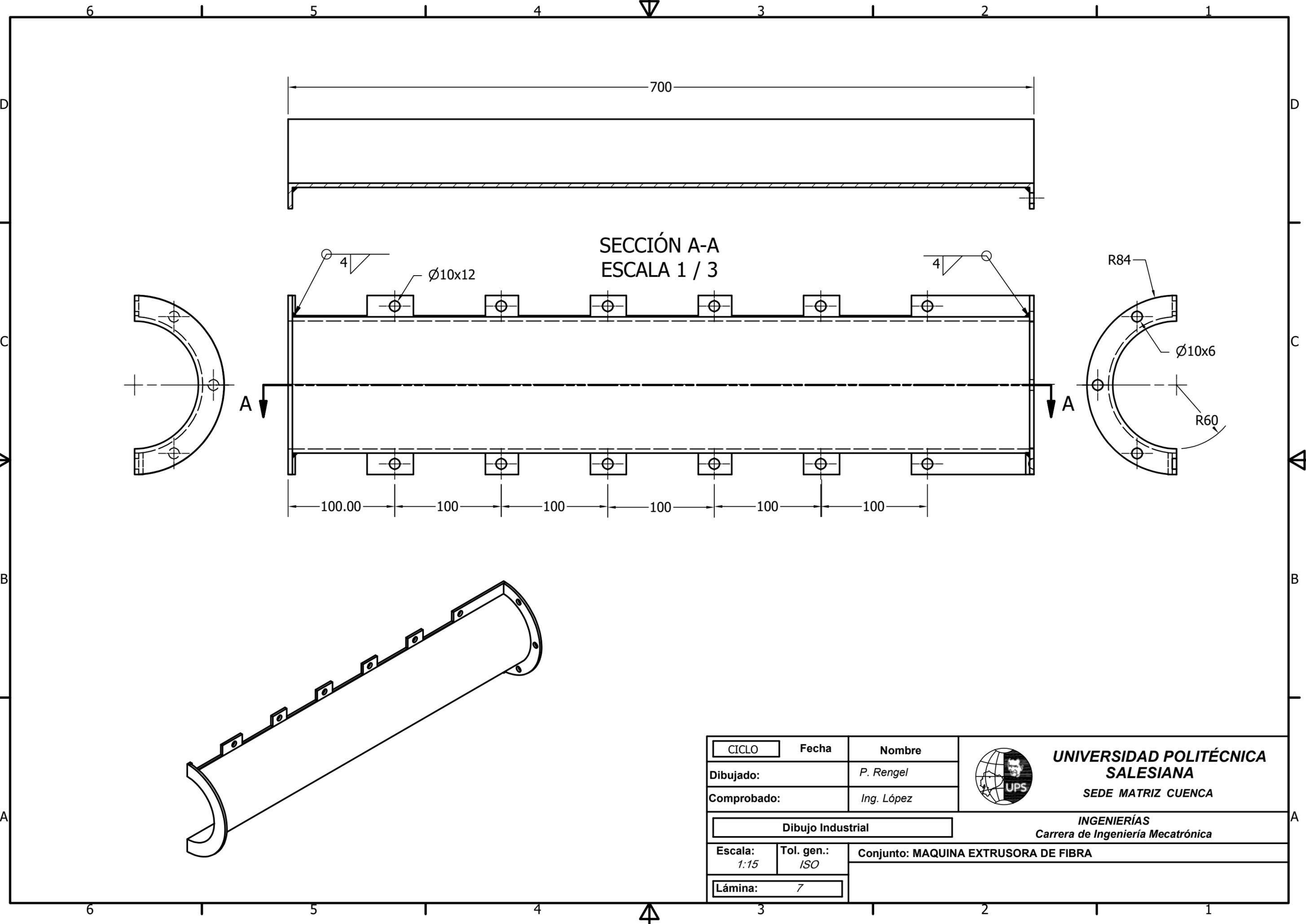
CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			<b>INGENIERÍAS</b> <i>Carrera de Ingeniería Mecatrónica</i>
Escala: <i>1:15</i>	Tol. gen.: <i>ISO</i>	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina:	<i>5</i>		



VISTA ISOMETRICA

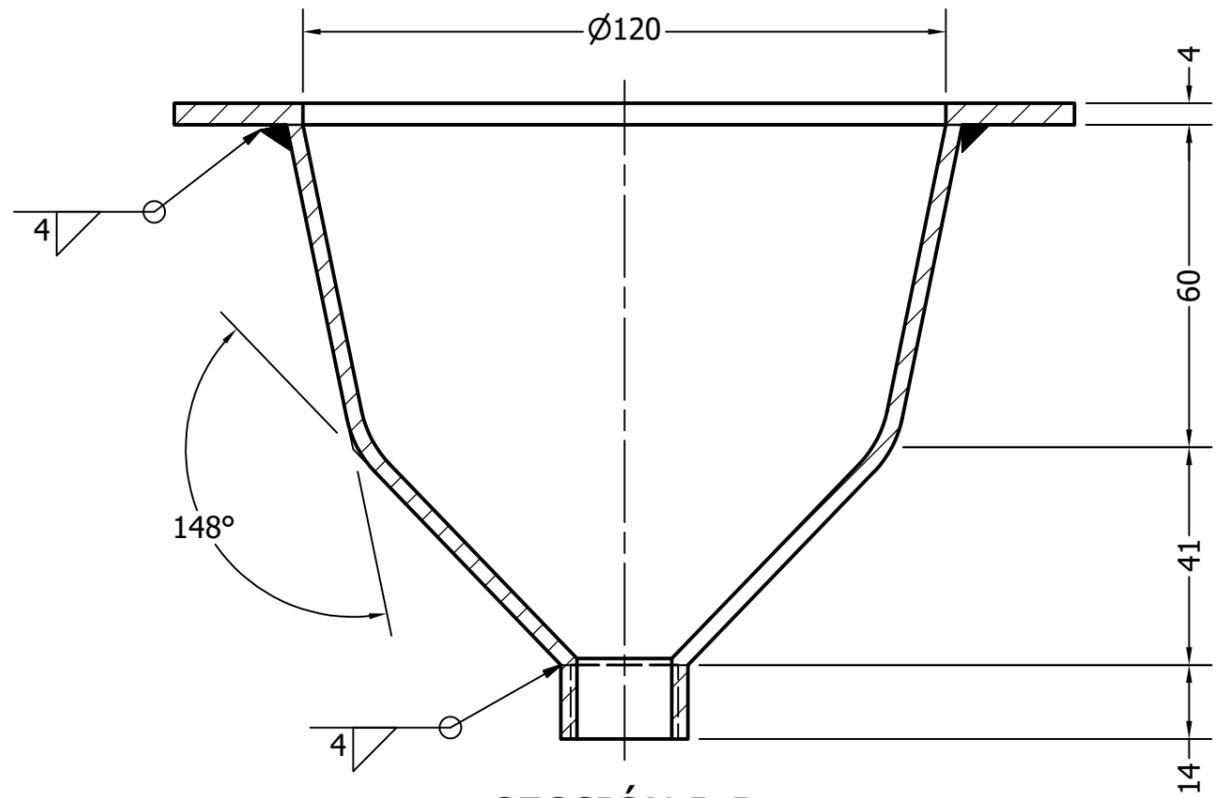


CICLO	Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p>
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			<p><b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecatrónica</p>
Escala: <i>1:15</i>	Tol. gen.: <i>ISO</i>	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina:	<i>6</i>		

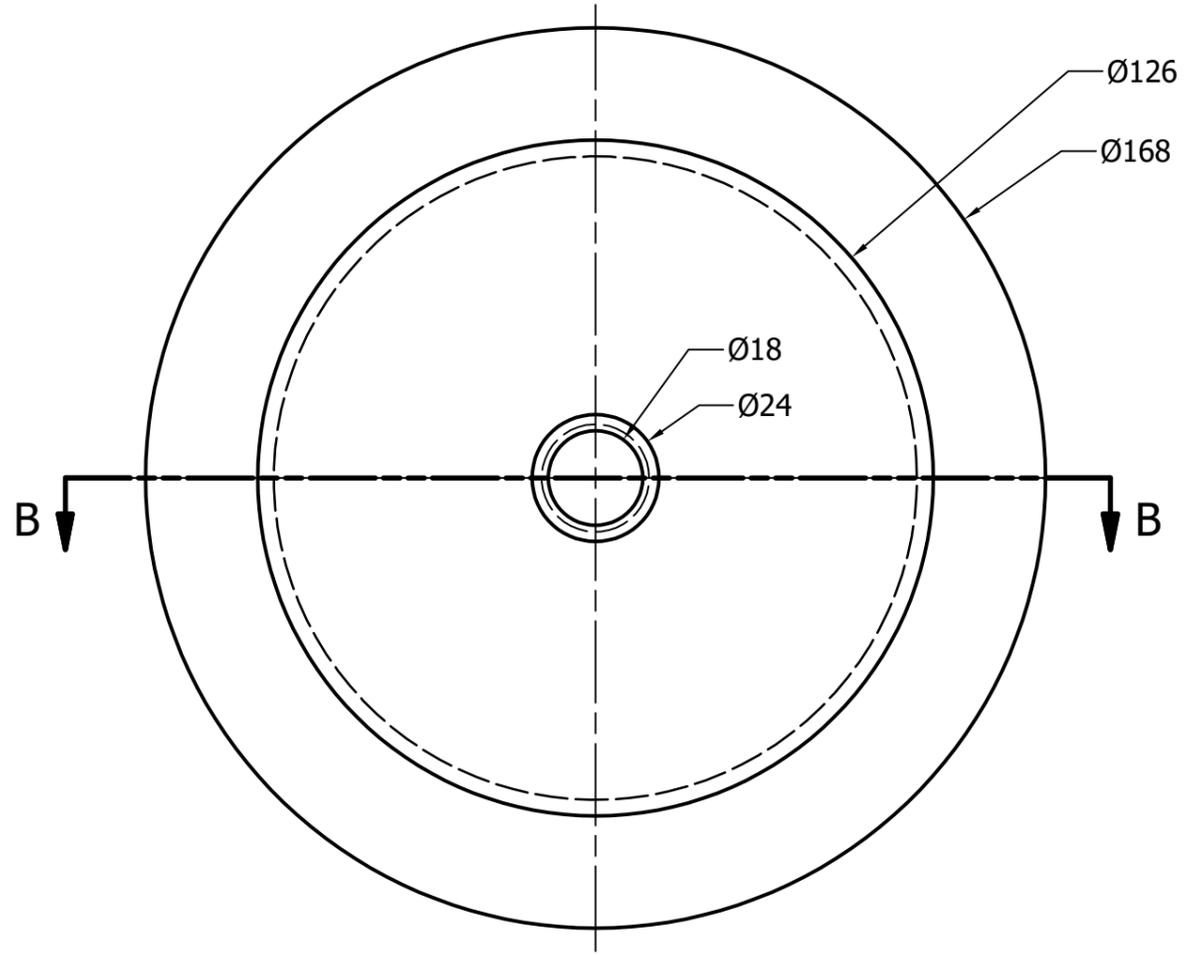


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 3

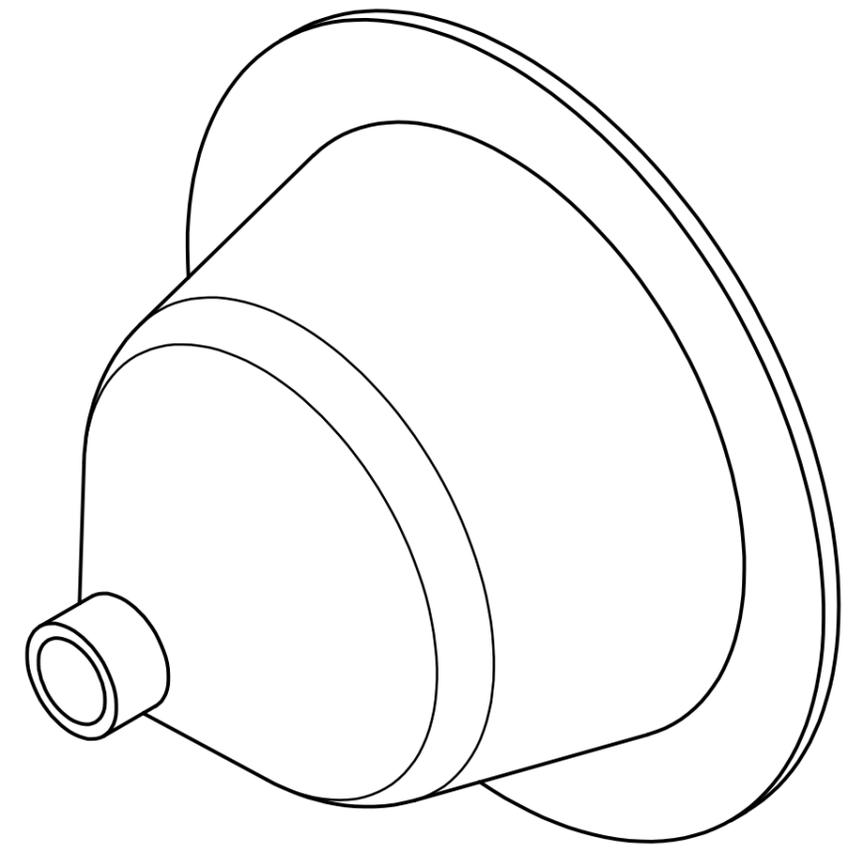
CICLO	Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p>
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			<p><b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecatrónica</p>
Escala: 1:15	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina: 7			



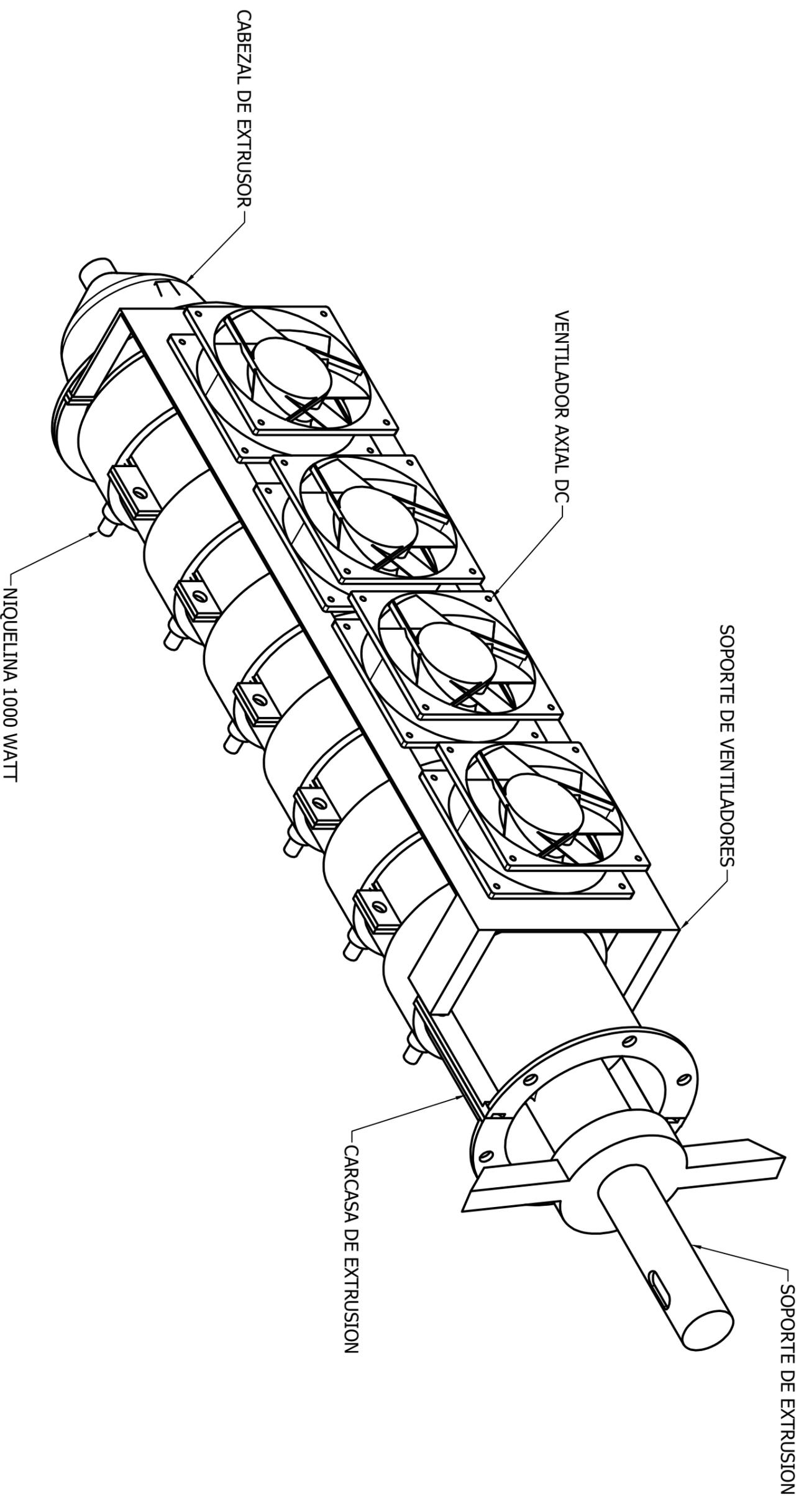
SECCIÓN B-B  
ESCALA 0.75 / 1



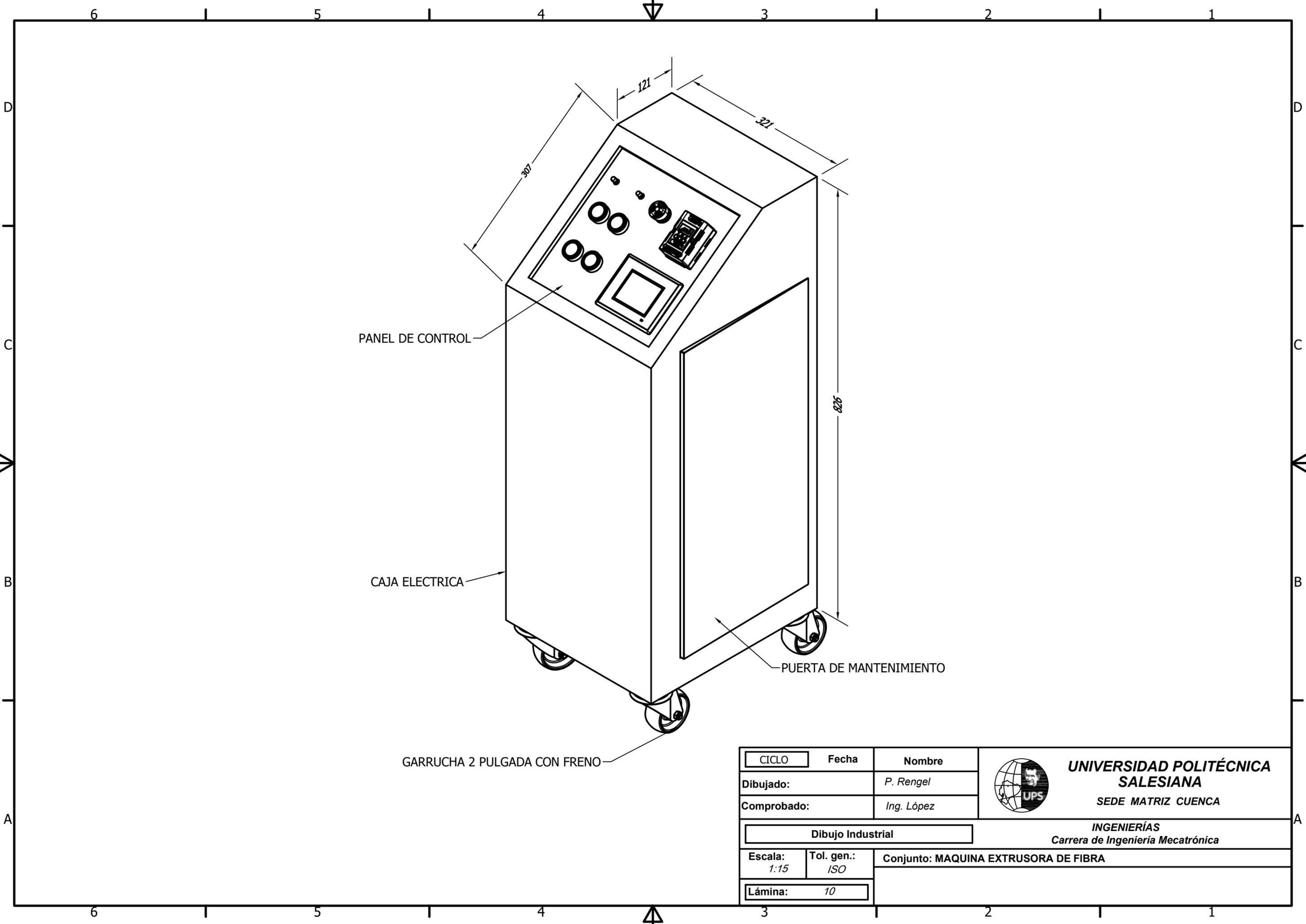
VISTA ISOMETRICA



CICLO	Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p>
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			<p><b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecatrónica</p>
Escala: <i>1:15</i>	Tol. gen.: <i>ISO</i>	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina:	<i>8</i>		



CICLO	Fecha	Nombre	 <p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica</p>
Dibujado:	P. Rengel		
Comprobado:	Ing. López		
Dibujo Industrial			
Escala: 1:15	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina: 9			



PANEL DE CONTROL

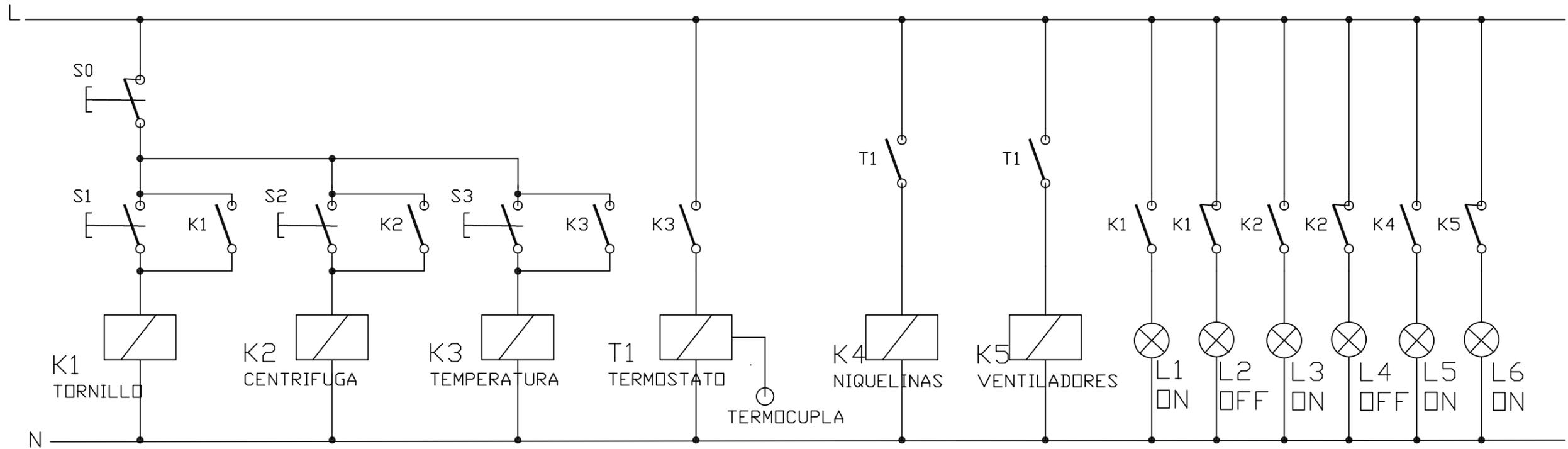
CAJA ELECTRICA

PUERTA DE MANTENIMIENTO

GARRUCHA 2 PULGADA CON FRENO

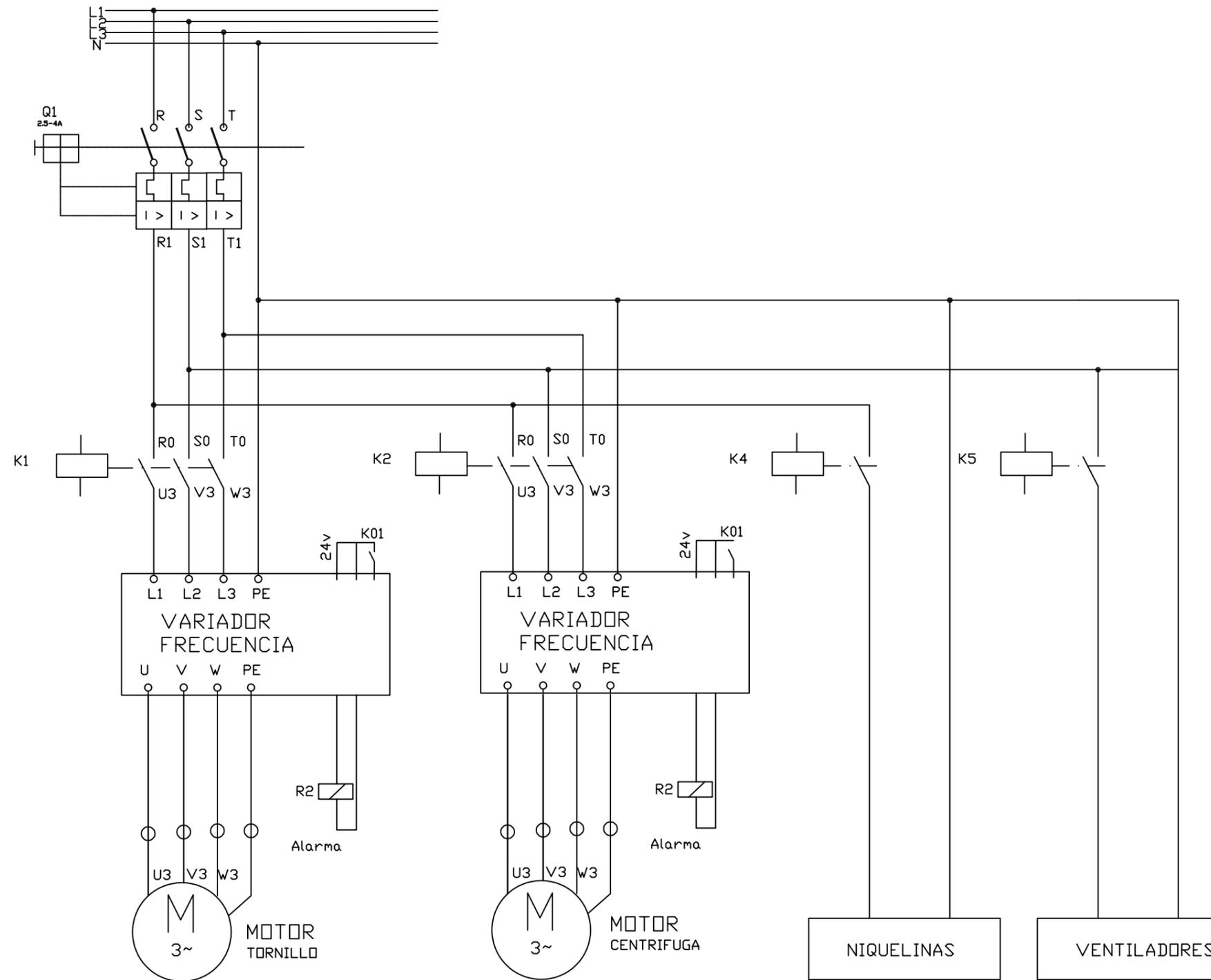
CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			
Escala: <i>1:15</i>	Tol. gen.: <i>ISO</i>	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina:	<i>10</i>		

# CIRCUITO DE MANDO



<b>CICLO</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>
Dibujado:		P. Rengel		<b>SEDE MATRIZ CUENCA</b>
Comprobado:		Ing. López		
<b>Dibujo Industrial</b>			<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecatrónica	
<b>Escala:</b> 1:15	<b>Tol. gen.:</b> ISO	<b>Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA</b>		
<b>Lámina:</b>	11			

# CIRCUITO DE FUERZA



CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado:		<i>P. Rengel</i>	
Comprobado:		<i>Ing. López</i>	
Dibujo Industrial			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica
Escala: 1:15	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MAQUINA EXTRUSORA DE FIBRA	
Lámina:	12		