



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECHANICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE FILAMENTO PLA  
AUTOMATIZADA PARA EL RECICLAJE DE IMPRESIONES 3D PARA LA  
EMPRESA INPRONIC SOLUTIONS**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECHANICO**

**AUTORES:**

Josua Ricardo Calderón Guamán  
Brandon Noe Rodríguez Romero

**TUTOR:**

MsC. Navarrete López Luis Miguel

**LATACUNGA, OCTUBRE 2024**

Latacunga, 5 de agosto del 2025

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Calderón Guamán Josua Ricardo y Rodríguez Romero Brandon Noe declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE FILAMENTO PLA AUTOMATIZADA PARA EL RECICLAJE DE IMPRESIONES 3D PARA LA EMPRESA INPRONIC SOLUTIONS”, siendo MsC. Luis Miguel Navarrete López tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Rodríguez Romero Brandon Noe  
CC:1726729575

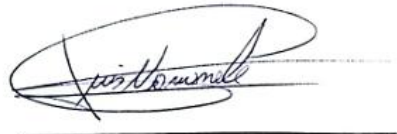


Calderón Guamán Josua Ricardo  
CC:1751278035

Latacunga, 5 de agosto del 2025

### **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE FILAMENTO PLA AUTOMATIZADA PARA EL RECICLAJE DE IMPRESIONES 3D PARA LA EMPRESA INPRONIC SOLUTIONS”**, propuesto por los estudiantes Calderón Guamán Josua Ricardo y Rodríguez Romero Brandon Noe de la Carrera de Ingeniería Electromecánica considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



---

MsC. Navarrete López Luis Miguel.  
C.C. 1803747284  
TUTOR

Latacunga, 5 de agosto del 2025


### AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “ **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE FILAMENTO PLA AUTOMATIZADA PARA EL RECICLAJE DE IMPRESIONES 3D PARA LA EMPRESA INPRONIC SOLUTIONS**”, propuesto por los estudiantes **Calderón Guamán Josua Ricardo y Rodríguez Romero Brandon Noe** de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, me permito indicar que los estudiantes ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta tecnológica, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Presencial en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

  
Lector 1 (Presidente)  
Alban Andrade Efrén Damian  
CC: 0502529514

  
Lector 2  
Moreano Martínez Edwin Homero  
CC: 0502607500

  
Lector 3  
Reinoso Penaherrera Hector Raul  
CC:0502150855

Latacunga, 6 de agosto del 2025

### **AVAL DE IMPLEMENTACIÓN**

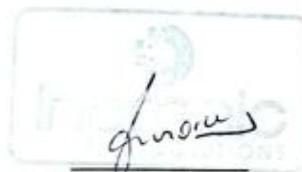
Mediante la presente pongo a consideración que los señores Calderón Guamán Josua Ricardo con C.I. 1751278035 y Rodríguez Romero Brandon Noe con C.I. 1726729575 realizan la entrega del prototipo de Titulación con el título "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE FILAMENTO PLA AUTOMATIZADA PARA EL RECICLAJE DE IMPRESIONES 3D PARA LA EMPRESA INPRONIC SOLUTIONS", la empresa INPRONIC SOLUTIONS contribuyó al desarrollo del presente prototipo mediante la entrega de los siguientes componentes:

- Driver para el motor Nema 23
- Impresiones 3D de componentes
- Asesoría técnica
- Fuente de alimentación

Los demás elementos y componentes necesarios para la construcción del prototipo fueron proporcionados por los autores del proyecto.

Con base en lo expuesto, la empresa INPRONIC SOLUTIONS manifiesta su conformidad y cede el prototipo a los autores del trabajo, quienes podrán disponer del mismo para fines académicos, demostrativos o de emprendimiento.

Atentamente



Ing. Sebastián Amores  
CC: 1805061757

## **AGRADECIMIENTO**

Inicialmente, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por permitirme alcanzar este logro y por bendecirme en cada paso del camino hacia esta meta, a mis padres Cicerón Calderón y Rocío Guamán cuyo esfuerzo, sacrificio y amor han sido fundamentales para que hoy pueda cumplir este sueño.

A mis hermanos Francisco, Mariuxy, Diego y Yael, por su apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado, tanto en los momentos de alegría como en los desafíos que he enfrentado a lo largo de mi vida.

A todos ustedes gracias por ser parte de este logro

**Josua Calderón**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser mi guía en este camino y permitirme lograr con este objetivo.

A mis padres Fany Romero y Mario Rodríguez que son mis pilares inquebrantables de mi vida. Gracias por su amor, por enseñarme que todo con esfuerzo se puede lograr, a nunca rendirme y por estar siempre a mi lado.

A mi hermana Yadira Rodríguez, porque sin ella, sin sus consejos, sin su constante “hermano, tú puedes” este logro no habría sido posible. Gracias por ser mi apoyo incondicional y nunca dejarme solo. Tu presencia marcó la diferencia en cada paso de este camino.

A mis familiares, amigos y los que hoy ya no están físicamente, pero siguen presentes en mi corazón. Gracias por creer en mí, por sus palabras de aliento, sus consejos, por las risas compartidas y su cariño. Su compañía fue parte esencial para alcanzar este objetivo.

**Brandon Rodríguez**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Cicerón Calderón y Rocío Guamán por su sacrificio y por ser mi mayor fuente de inspiración, gracias por darme la fortaleza para superar cada obstáculo y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos Francisco Mariuxi, Diego y Yael, por ser un pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional y por motivarme a seguir adelante en la búsqueda de mis sueños.

A mis demás familiares por su ayuda desinteresada y por estar presentes en cada paso de mi vida. De manera especial dedico este logro a aquellos seres queridos que aunque ya no están físicamente conmigo, sé que desde el cielo comparten mi alegría y orgullo por este triunfo.

También dedico este trabajo a mis amigos Brandon y Pollo que han estado a mi lado en esta etapa de mi vida.

**Josua Calderón**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, con todo mi corazón a quienes han sido mi fuerza, mi motor y mi refugio. A todos aquellos que caminaron conmigo en este largo y desafiante camino. A usted mi cuchita preciosa, a mi madre Fany Romero a ti, que con amor intentaste comprenderme en mis días difíciles, la que me enseñó el poder del “si se puede, mijo”, a la que siempre me esperaba con una comidita caliente, a la que le mataba de iras y me dio paciencia cuando yo no la tenía, por todo lo que has hecho por mí, este logro también es tuyo, te quiero.

A usted mi querido padre Mario Rodríguez a ti, que nunca permitiste que me faltara nada, velaste siempre por mí incluso en silencio, aunque tus preguntas frecuentes eran “¿Cómo te fue?” o “¿Ya comiste?”, a ti que te preocupaste sin decir mucho, pero lo diste todo sin pedir nada a cambio, este logro es más tuyo que mío porque sin tu esfuerzo constante nada de esto habría sido posible.

A mi hermana Yadira Rodríguez o como le se llamar “Mayor” por acompañarme en risas, malos momentos, por tu cariño incondicional, sus consejos y por recordarme siempre, con esas palabras sencillas pero poderosas que si puedo.

A mis amigos de la universidad Josua y Pollo porque gracias a sus risas, juegos

charlas y por todos los momentos juntos, esta etapa de mi vida fue mucho más alegre y sin ninguna duda inolvidables, gracias por estar y apoyarme en todo.

A mis amigos de la vida hermanos de otra madre a Daniel que a pesar que estes en otro país nunca me faltaron mensajes diciéndome “que fue, como vas en la u”, “tú puedes rey” o “No te rindas” que me motivaron a seguir a delante, a ti Andrés que siempre en nuestras charlas nunca faltaron “negro, hecha le ganas”, “tú no estás solo”, el clásico “salgamos a voltear”, gracias por estar siempre conmigo este logro también es para ustedes.

A todos ustedes, con todo mi cariño: esta meta alcanzada también es suya.

**Brandon Rodríguez**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TEMA:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE FILAMENTO PLA AUTOMATIZADA PARA EL RECICLAJE DE IMPRESIONES 3D PARA LA EMPRESA INPRONIC SOLUTIONS”

**Autores:** Calderón Guamán Josua Ricardo  
Rodríguez Romero Brandon Noe

### RESUMEN

El presente trabajo abordó el diseño y construcción de una extrusora de filamento PLA automatizada para el reciclaje de residuos de impresiones 3D en la empresa Inpronic Solutions, la investigación se desarrolló en respuesta a la problemática del manejo ineficiente de desechos plásticos generados por la manufactura aditiva, lo que representó un impacto ambiental significativo y una oportunidad para reciclar los residuos generados, para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo una investigación de campo mediante la observación directa de los procesos de producción, complementada con un estudio bibliográfico que permitió determinar los componentes esenciales de la extrusora con base en estos análisis, se diseñó y construyó un prototipo que incluyó un sistema de extrusión con un motor paso a paso NEMA 23 para el tornillo extrusor, fabricado en acero inoxidable por su alta resistencia mecánica y térmica, adicionalmente se implementaron dos motores paso a paso NEMA 17 para el sistema de recolección del filamento extruido, garantizando una manipulación precisa y eficiente del material reciclado, las pruebas de funcionamiento permitieron evaluar los principales parámetros operativos de la extrusora, estableciendo una temperatura óptima de extrusión de 165°C, una velocidad del tornillo de 15 RPM y un diámetro final del filamento reciclado de 1.7 mm. Los resultados obtenidos evidenciaron que la extrusora logró procesar con éxito los residuos de PLA, transformándolos en un filamento reciclado, lo que contribuyó a la reducción del impacto ambiental. Finalmente, este estudio demostró la viabilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de reciclaje de filamento PLA a través de una extrusora automatizada, proponiendo una solución accesible para pequeñas y medianas empresas que emplean manufactura aditiva. De este modo, el proyecto aportó al desarrollo de tecnologías sostenibles en el país, promoviendo la reutilización de materiales plásticos y fomentando prácticas industriales más responsables con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Extrusora, PLA, reciclaje, manufactura aditiva, automatización, sostenibilidad.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**THEME:** "Design and Construction of an Automated PLA Filament Extruder Recycl 3D Prints for Inpronic Solutions Company "

### **Authors:**

Calderón Guamán Josua Ricardo

Rodríguez Romero Brandon Noe

### **ABSTRACT**

This study addressed the design and construction of an automated PLA filament extruder for recycling 3D printing waste at Inpronic Solutions. The research was conducted in response to the inefficient management of plastic waste generated by additive manufacturing, which posed a significant environmental impact and an opportunity to recycle the resulting waste. To develop the project, a field investigation was carried out through direct observation of production processes, complemented by a bibliographic study that identified essential components of the extruder. Based on these analyses, a prototype was designed and built, incorporating an extrusion system driven by a NEMA 23 stepper motor for the extruder screw, made of stainless steel due to its high mechanical and thermal resistance. Additionally, two NEMA 17 stepper motors were implemented for system collection, ensuring precise and efficient handling of the recycled material. Performance tests were conducted to evaluate the main operating parameters of the extruder, establishing an optimal extrusion temperature of 165°C, a screw speed of 15 RPM, and a final recycled filament diameter of 1.7 mm. The results showed that the extruder successfully processed PLA waste, transforming it into recycled filament, which contributed to reduce environmental impact. Finally, this study demonstrated technical and economic feasibility of implementing a PLA filament recycling system through an automated extruder, proposing an accessible solution for small and medium-sized enterprises engaged in additive manufacturing. Thus, the project contributed to develop of sustainable technologies in the country, promoting the reuse of plastic materials and encouraging more environmentally responsible industrial practices.

**Keywords:** Extruder, PLA, recycling, additive manufacturing, automation, sustain

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	XI
<b>ABSTRACT</b> .....	XII
ÍNDICE GENERAL .....	1
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	9
2. INTRODUCCIÓN.....	10
2.1 Situación problemática .....	11
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	11
2.3.1 Objeto de Investigación .....	11
2.3.2 Campo de Acción: .....	11
2.3 BENEFICIARIOS .....	12
2.3.1 Directo .....	12
2.3.2 Indirecto.....	12
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	12
2.5 OBJETIVOS.....	12
2.5.1 General.....	12
2.5.2 Especifico .....	12
2.5.3 Sistemas de Tareas.....	13
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	14
3.1 ANTECEDENTES .....	14
3.2 POLIMEROS .....	15
3.2.1 Termoplásticos.....	16
3.3 RECICLAJE DE LOS TERMOPLÁSTICOS.....	18

3.4 PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PLASTICO.....	19
3.5 EXTRUSORA DE FILAMENTO .....	19
3.5.1 Extrusoras de tornillo simple.....	20
3.5.2 Parámetros De La Extrusión Del Filamento.....	20
3.6 COMPONENTES DE LA EXTRUSORA .....	21
3.6.1 Zona de alimentación.....	21
3.6.2 Zona de Extrusión.....	22
3.6.3 Zona de recolección.....	25
3.6.4 Zona de Control.....	25
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	26
4.1 Datos de Entrada.....	27
4.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
4.3 ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA MAQUINA EXTRUSORA .....	28
4.3.1 Zona de Alimentación.....	28
4.3.2 Zona de Extrusión.....	29
4.3.3 Zona de Recolección .....	33
4.3.4 Zona de Control.....	34
4.3.5 Estructura.....	35
4.4 Matriz Ponderada de Selección de Componentes de la Extrusora .....	35
5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	36
5.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES .....	38
5.1.1 Componentes en 3D.....	38
5.1.2 Zona de alimentación.....	39
5.1.3 Zona de Extrusión.....	40
5.1.4 Zona de Recolección .....	42
5.1.5 Zona de Control.....	44

5.1.6 Estructura.....	50
5.1.7 Selección de pernos .....	51
5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA .....	55
5.2.1 Impresión de piezas en 3D .....	55
5.2.2 Estructura Mecánica .....	56
5.2.3 Zona de Alimentación.....	57
5.2.4 Zona de Extrusión.....	57
5.2.5 Zona de Recolección .....	59
5.2.6 Zona de Control .....	61
5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	64
5.3.1 Pruebas Operativas .....	64
5.3.2 Validación de Resultados.....	67
5.3.4 Calculo de Reducción de Volumen en los Residuos de Filamento.....	67
5.4 ANÁLISIS ECONÓMICOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	69
5.4.1 Costos Totales.....	69
5.4.2 VAN y TIR.....	69
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	71
6.1 CONCLUSIONES.....	71
6.2 RECOMENDACIONES .....	71
7. REFERENCIAS .....	72
8. ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Sistema de Tareas.....	13
Tabla 4. 1 Ejemplo de la Matriz de Ponderación.....	35
Tabla 5. 1 Limitaciones del Proyecto .....	36
Tabla 5. 2 Características de la Tolva .....	39
Tabla 5. 3 Características del Tornillo Extrusor .....	40
Tabla 5. 4 Características del Cilindro.....	41
Tabla 5. 5 Características del Sistema de Calentamiento .....	42
Tabla 5. 6 Características del sistema de refrigeración .....	43
Tabla 5. 7 Características del Motor Nema 17 .....	44
Tabla 5. 8 Características del Nema 23 .....	44
Tabla 5. 9 Alimentación.....	45
Tabla 5. 10 Pruebas Operativas .....	65
Tabla 5. 11 Validación del Diámetro .....	67
Tabla 5. 12 Costos Totales .....	69
Tabla 5. 13 Datos del VAN.....	69
Tabla 5. 14 Tabla de Flujo .....	70
Tabla 8. 1 Comparativa de Termoplásticos.....	86
Tabla 8. 2 Tornillo Extrusor.....	86
Tabla 8. 3 Metales.....	87
Tabla 8. 4 Comparación de Cartuchos Calefactores.....	87
Tabla 8. 5 Tipo de Ventilador 50x50.....	88
Tabla 8. 6 Tipo de ventilador 60x60 .....	88
Tabla 8. 7 Motor paso a paso para el Bobinado.....	88
Tabla 8. 8 Comparación de motores paso a paso para el tornillo extrusor .....	89
Tabla 8. 9 Tipos de Interfaz con el usuario.....	89

Tabla 8. 10 Drivers para el Nema 17 .....	90
Tabla 8. 11 Tipos de Drivers para el Nema 23 .....	90
Tabla 8. 12 Tipos de Termistor .....	91
Tabla 8. 13 Sistema de Control y Automatización .....	91
Tabla 8. 14 Selección de sensores .....	92
Tabla 8. 15 Corrientes de componentes Electrónicos.....	93
Tabla 8. 16 Materiales de Aluminio.....	94
Tabla 8. 17 Materiales de Acero Inoxidable .....	94
Tabla 8. 18 Piezas impresas en 3D .....	95
Tabla 8. 19 Costos de Equipos Electrónicos.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1 Clasificación de Plásticos.....	15
Figura 3. 2. Ácido Poli láctico [11]. .....	16
Figura 3. 3 Tipos de Termoplásticos.....	17
Figura 3. 4 Clasificación de los Termoplásticos según la Dificultad de Reciclaje [12]. .....	18
Figura 3. 5 Tipos de reciclaje del PLA .....	18
Figura 3. 6 Procesos de Extrusión .....	19
Figura 3. 7 Tipos de Extrusoras .....	19
Figura 3. 8.Tornillo extrusor de extrusoras de tornillo simple [15].....	20
Figura 3. 9 Zona de la extrusión.....	21
Figura 3. 10 Tipos de tolvas [19].....	22
Figura 3. 11. Tornillo Extrusor [19].....	22
Figura 3. 12.Cilindro [20].....	23
Figura 3. 13 Resistencias Eléctricas [22].....	23
Figura 3. 14 Proceso de Fundición [23]. .....	24
Figura 3. 15 Adaptador [24]. .....	24
Figura 3. 16 Boquilla [25]. .....	25
Figura 3. 17 Sistema de Enfriado [27].....	25
Figura 3. 18 Sistema de bobinado [27].....	25
Figura 4. 1 Lineamientos de Operación.....	27
Figura 4. 2 Datos de Entrada .....	27
Figura 4. 3 Diagrama de Variables. ....	28
Figura 4. 4 Datos de Entrada .....	37
Figura 5. 1 Zonas de la Extrusora.....	38
Figura 5. 2 Impresiones en 3D.....	39
Figura 5. 3 Diseño de tolva.....	39
Figura 5. 4 Simulación de Torción .....	40
Figura 5. 5 Factor de Seguridad del Tornillo Extrusor .....	41
Figura 5. 6 Tornillo Extrusor .....	41

Figura 5. 7 Diseño del Cilindro .....	42
Figura 5. 8 Cartucho Calefactor Metálico .....	42
Figura 5. 9 Ventilador 60x60 .....	43
Figura 5. 10 Ventilador 50x50 .....	43
Figura 5. 11 Motor Nema 17 .....	44
Figura 5. 12 Motor Nema 23 .....	45
Figura 5. 13 Alimentación .....	45
Figura 5. 14 LCD.....	46
Figura 5. 15 Drivers TMC2209 .....	47
Figura 5. 16 Driver DM332T .....	47
Figura 5. 17 Termistor .....	48
Figura 5. 18 MKS GEN L V1.0.....	48
Figura 5. 19 Sensor Final de Carrera Óptico .....	49
Figura 5. 20 Tabla de cables AWG [30].....	49
Figura 5. 21 Tabla de cables AWG [30].....	50
Figura 5. 22 Perfil de Aluminio 31 x 31.....	50
Figura 5. 23 Simulación de la deformación de la Estructura .....	51
Figura 5. 24 Factor de seguridad de la Estructura .....	51
Figura 5. 25 Catalogo de pernos Hexagonales .....	52
Figura 5. 26 Diagrama del Motor Nema 23 [31].....	52
Figura 5. 27 Catalogo de pernos Allen [32]. .....	53
Figura 5. 28 Diagrama del Motor Nema 17 [33].....	53
Figura 5. 29 Catalogo de pernos Allen [32]. .....	54
Figura 5. 30 Tuerca en T M4 .....	54
Figura 5. 31 Proceso de impresión de las piezas diseñadas.....	55
Figura 5. 32 Proceso de recubrimiento de las piezas impresas. ....	55
Figura 5. 33 Piezas recubiertas con resina epoxica .....	56
Figura 5. 34 Soporte con puntos de apoyo para la estructura de la maquina .....	56
Figura 5. 35 Instalación de la tolva con cilindro .....	57
Figura 5. 36 Sistema de Extrusión.....	57
Figura 5. 37 Sistema de Calentamiento.....	58
Figura 5. 38 Sistema de calentamiento.....	58
Figura 5. 39 Matriz .....	59

Figura 5. 40 Sistema de refrigeración.....	59
Figura 5. 41 acoplamiento de guía y Nema 17 .....	60
Figura 5. 42 Parte deslizante.....	60
Figura 5. 43 Banda transportadora y piezas para carrete.....	61
Figura 5. 44 Circuito Electrónico .....	61
Figura 5. 45 Instalación del sistema de Control .....	62
Figura 5. 46 Instalación del Sistema de Control.....	62
Figura 5. 47 Ubicación de partes del Sistema de Control .....	63
Figura 5. 48 Maquina Extrusora .....	63
Figura 5. 49 Proceso de Trituración de Material .....	64
Figura 5. 50 Material utilizado para el proceso de extrusión .....	64
Figura 5. 51 Calculo de Van y TIR.....	70

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Tema del proyecto:** Diseño Y Construcción De Una Extrusora De Filamento PLA Automatizada Para El Reciclaje De Impresiones 3D Para La Empresa Inpronic Solutions.

**Modalidad de Titulación:**

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	X
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Exámen de indicadores de RDA		

**Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:** Modelo de gestión de activos en sistemas electromecánicos en el sector multisectorial de la provincia de Cotopaxi.

**Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:** Calderón Guamán Josua Ricardo, Rodríguez Romero Brandon Noe, Ing. Luis Miguel Navarrete López.

**Área de Conocimiento:** 0714 Electrónica y Automatización

**Línea de investigación:** Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgos y seguridad laboral.

**Sublíneas de investigación de la Carrera:** Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

## **2. INTRODUCCIÓN**

En el mundo moderno la tecnología de las impresiones en 3D también conocida como manufactura aditiva ha experimentado un acelerado crecimiento, desarrollándose como una herramienta eficiente, esta consiste en la fabricación de objetos físicos como prototipos, componentes simples o la elaboración de productos con una alta complejidad mediante la superposición de capas de filamento fundido como el ácido poliláctico (PLA), polietileno (PETG) u otros termoplásticos a partir de un diseño computarizado[1].

Una de las ventajas de las impresiones 3D es la considerable reducción en el uso del material sin embargo durante este proceso se añade unas estructuras de soporte estrictamente necesarias para garantizar la impresión de piezas complicadas como los voladizos pronunciados, arcos, cavidades internas entre otros, estos soportes con el tiempo resultan en un desperdicio de material, la ventaja es que son potencialmente reciclables[2].

En este contexto la empresa Inpron Solutions afronta una acumulación de residuos generados por la manufactura aditiva planteando como solución a esta problemática la construcción de una extrusora de filamento destinada a reducir el volumen ocupado por los residuos la cual estará adaptada a las necesidades de la empresa siendo una extrusora semi automática de un tamaño compacto.

El proceso de reciclaje de filamento PLA ofrece importantes beneficios como la reducción de volumen y la optimización de espacio minimizando el impacto ambiental, esto es atractivo para las pequeñas y medianas empresas que emplean la tecnología de manufactura aditiva, permitiendo manejar de una manera más eficiente los residuos de impresiones en 3D [2].

Para el desarrollo del prototipo se enfocará en la transformación de PLA anteriormente triturado con el objetivo de disminuir el espacio ocupado por los residuos, el cual se desarrollará a través de una variable dependiente: diámetro y calidad superficial del filamento extruido el mismo que se vera alterado por las siguientes variables independientes: temperatura de extrusión, velocidad del tornillo extrusor, presión de extrusión y la matriz o boquilla de salida.

Con el fin de llevar a cabo la construcción del prototipo de la extrusora de filamento se desarrolló una investigación teórica la cual brindo los conocimientos necesarios para elaborar el diseño en software CAD y la selección adecuada de los componentes para el ensamblaje del prototipo, para finalmente realizar pruebas operativas con el objetivo de determinar las condiciones de operación optimas, garantizando que los valores obtenidos correspondan con los esperados o que se encuentra dentro del margen de error permitido.

En el presente documento se detalla el desarrollo y construcción de una extrusora de filamento para el reciclaje del PLA

## **2.1 Situación problemática**

En nuestro país el termoplástico se ha consolidado como uno de los materiales más utilizados por la población debido a su versatilidad y capacidad para la fabricación de una amplia variedad de productos, solo el 5% tiene un adecuado manejo de los residuos es por esta situación que dichos desperdicios presentan una preocupación ambiental[4] por lo que en la actualidad existe la necesidad de ideas innovadoras que gestionen los desechos de una manera adecuada, en el caso de la empresa Inpronic Solutions ubicada en Latacunga, en las calles Algarrobos y El Cholan forma parte de esta problemática ya que al ser una empresa dedicada a la manufactura aditiva alrededor de 10 años cuenta con cinco impresoras las cuales realizan al menos cinco impresiones al día cada una que generan un 20% de residuos produciendo aproximadamente 300 gramos en estructuras de soportes plásticos y piezas defectuosas las cuales con el tiempo ocupan una área significativa dentro de la empresa afectando la disponibilidad del espacio eficiente debido a la ausencia de manejo adecuado de los residuos.

## **2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La implementación de una extrusora de filamento de PLA puede mejorar la gestión sostenible de los residuos plásticos generados por la manufactura aditiva en la empresa Inpronic Solutions.

## **2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1 Objeto de Investigación**

Extrusora de Filamento de PLA para el reciclaje de residuos de filamento y las piezas defectuosas producidas mediante las impresiones 3D en la empresa Inpronic Solutions.

### **2.3.2 Campo de Acción:**

0714 Electrónica y Automatización.

## **2.3 BENEFICIARIOS**

### **2.3.1 Directo**

La empresa Inpronic Solutions.

### **2.3.2 Indirecto**

Empresas o instituciones que se dedican a la manufactura aditiva.

## **2.4 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad la empresa Inpronic Solutions no cuenta con un manejo adecuado de residuos de impresiones de 3D por esta razón se implementará una extrusora de filamento PLA cuyo propósito principal es reducir el volumen de los residuos optimizando el espacio productivo disponible en la empresa la cual impulsara el desarrollo de tecnologías sostenibles.

Desde un enfoque académico el desarrollo de este proyecto tiene un impacto al proporcionar conocimientos nuevos acerca del reciclaje del PLA a través de un proceso de extrusión de manera automatizada, adaptando tecnología desarrollada en otros países para potenciar así los procesos de extrusión existentes en el país, siendo este proyecto replicable en varias industrias a diferentes escalas.

## **2.5 OBJETIVOS**

### **2.5.1 General**

- Implementar una extrusora de filamento de PLA destinada al reciclaje de residuos generados por impresiones 3D a través de un proceso de extrusión automatizada.

### **2.5.2 Especifico**

- Investigar los componentes clave necesarios en diferentes fuentes documentales primarias para la sustentación de la extrusora de filamento de PLA.
- Diseñar un prototipo de extrusora de filamento de PLA para el reciclaje de residuos de impresiones 3D.
- Ejecutar pruebas operativas para evaluar el desempeño del prototipo de la extrusora de filamento a través de su extrusión continua, con el fin de reducir su volumen.

## 2.5.3 Sistemas de Tareas

Tabla 2. 1 Sistema de Tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar los componentes clave necesarios en diferentes fuentes documentales primarias para la sustentación de la extrusora de filamento de PLA.	Revisión técnica y científica sobre métodos del reciclaje del PLA	Identificar los procesos que se realizan para reciclar el PLA	Fuentes bibliográficas, artículos técnicos y videos educativos.
	Examinar las bibliografías científicas acerca de tipos y componente de una extrusora	Reconocer los componentes y principio de funcionamiento de una extrusora de filamento PLA.	
	Identificación de variables presentes en el proceso de extrusión de PLA	Reconocer su rango y operación, su impacto en el proceso	
Diseñar un prototipo de extrusora de filamento de PLA para el reciclaje de residuos de impresiones 3D	Diseñar un prototipo de extrusora de filamento de PLA reciclado.	Planos y diagramas de la extrusora de filamento de PLA.	Software CAD
	Simular el prototipo de extrusora de filamento.	Comprobación de la funcionalidad de la extrusora de filamento de PLA.	Software de simulación CAD
	Seleccionar los componentes mecánicos y electrónicos para la extrusora.	Lista técnica de materiales y una matriz de justificación de criterio técnico, y funcional.	Revisión de catálogos técnicos y datasheets de componentes
Ejecutar pruebas operativas para evaluar el desempeño del prototipo de la extrusora de filamento a través de su extrusión continua, con el fin de reducir su volumen.	Fabricar o adquirir las piezas individuales utilizando el proceso adecuado para cada una.	Obtención de piezas individuales para la extrusora	Impresión en 3d, fresado, torneado y ensamblaje
	Realizar el montaje y ensamblaje de los componentes del prototipo.	Extrusora de filamento PLA automatizada para el reciclaje de impresiones 3D.	Herramientas Adecuadas (desarmador, llaves hexagonales, pinzas, llaves Allen, entre otros)

	Evaluación de las pruebas operativas de la extrusora y del filamento reciclado obtenido.	Tabla de resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas junto a los parámetros de operación.	Instrumentación adecuada para cada proceso específico (calibrador pie de rey)
--	--	--	---

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 ANTECEDENTES

Como antecedentes del actual proyecto fueron analizados las siguientes investigaciones entre las que se encuentra el “Diseño de una maquina trituradora-extrusora de residuos de impresiones 3D para la empresa Alium Ec ubicada en la ciudad de Cuenca” realizada por Renato Avilez y Santiago Ochoa en que los autores concluyeron que al realizar el prototipo requería técnicas de modelamiento y dimensionamiento partiendo de fundamentos en el área de mecánica y resistencias de materiales, teniendo que manejar en el proceso variables como la velocidad, temperatura y presión, mediante la teoría de control y modelamiento de sistemas, se implementaron controladores que requerían procesamiento de datos, adquisición de señales y control de actuadores la cual con ayuda de algoritmos microprocesados se obtuvo la programación requerida cumpliendo con el objetivo, obteniendo así la trituración y extrusión de filamento en un mismo modulo[5].

En la investigación titulada “Implementación de un sistema de recuperación de residuos generados en la impresión 3D”, elaborada por Richard Sebastián Almeida Gavilanes, se concluye que la reutilización de los desechos derivados del proceso de manufactura aditiva mediante una extrusora presenta una alta rentabilidad, logrando reducir en un 50% el material utilizado en las impresiones, demostrando que la implementación de esta tecnología no solo es una estrategia eficiente para optimizar recursos, sino también una decisión inteligente para las empresas que buscan reducir costos y mejorar su sostenibilidad.[4]

Según la investigación de “Fabricación de material biodegradable a base de polímeros termoplásticos combinados con fibras cortas de lino” realizada por Luis Torres Gallegos y Andrés Ortega Espín, se determinó que emplear un material con un tamaño de partícula de 3 mm y aplicar una temperatura de fusión optimizada definida a partir de análisis calorimétrico permitía lograr un proceso de extrusión satisfactorio, en otras palabras el control preciso tanto

del tamaño del material como de la temperatura de fusión resulta crucial para obtener una extrusión eficiente y de calidad[6].

Las extrusoras desarrolladas en investigaciones y tesis previas han demostrado ser óptimas en el manejo y procesamiento del volumen del material, el cual sirvieron como guía para el desarrollo óptimo de este proyecto.

### 3.2 POLIMEROS

La formación de un polímero requiere la repetición de pequeñas unidades químicas llamadas monómeros, mediante un proceso conocido como polimerización, que puede generar estructuras lineales o ramificadas. Desde las civilizaciones antiguas, el ser humano ha utilizado polímeros naturales, como la brea de abedul y la resina del árbol de caucho, sin embargo, no fue hasta 1839 que comenzaron a sintetizar polímeros artificiales, los cuales han evolucionado hasta convertirse en materiales esenciales en la vida moderna [7].

Según su comportamiento al calor se clasifican en tres tipos mencionados a continuación como Termoplásticos, Termoestables y Elastómeros.

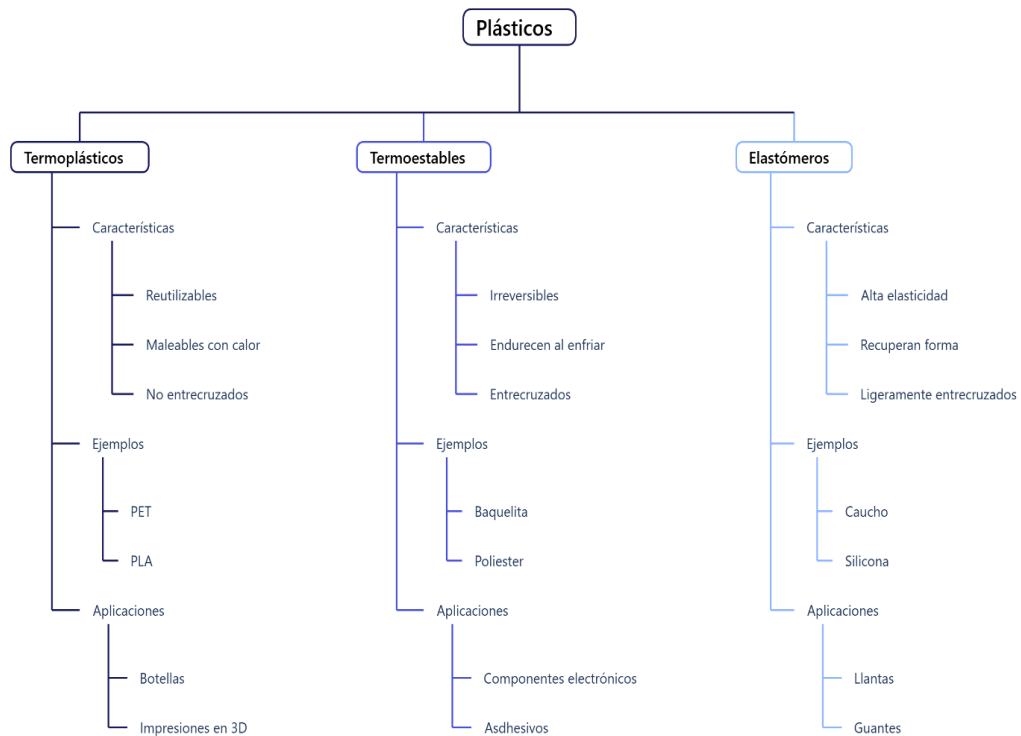


Figura 3. 1 Clasificación de Plásticos

### 3.2.1 Termoplásticos

Los polímeros termoplásticos tienen un comportamiento térmico variable ya que cuando estos son calentados adquieren características maleables y flexibles, las cuales al enfriarse se pierden y recobra su rigidez, este proceso puede llevarse a cabo en varias ocasiones sin que ocurra cambios significativos en sus propiedades mecánicas[8] .

#### *Propiedades de los Termoplásticos*

- Pueden ser fundidos y reutilizados múltiples veces sin sufrir una degradación importante.
- Su Flexibilidad o rigidez depende de su formulación.
- Son capaces de aislar térmica y eléctricamente
- Resisten tanto las condiciones de temperatura ambiente como diversos factores externos.
- Se puede moldear en diversas formas y tamaños [9].

Los termoplásticos pueden ser clasificados como se muestran en la figura 3.2.

#### *Ácido Poliláctico (PLA)*

El filamento PLA es un polímero biodegradable procedente del ácido láctico inodoro, este polímero se lo realiza a partir de recursos 100 % renovables como la remolacha, el trigo y otros productos altos en almidón, este polímero es incluso mejor que plásticos de origen petroquímico por lo que es eficiente al poder ser utilizado en diferentes usos, la elasticidad y extensibilidad del filamento PLA son comparadas con el polietileno no obstante el ácido poliláctico es más hidrofílico y su densidad es baja [10].



Figura 3. 2. Ácido Poli láctico [11].

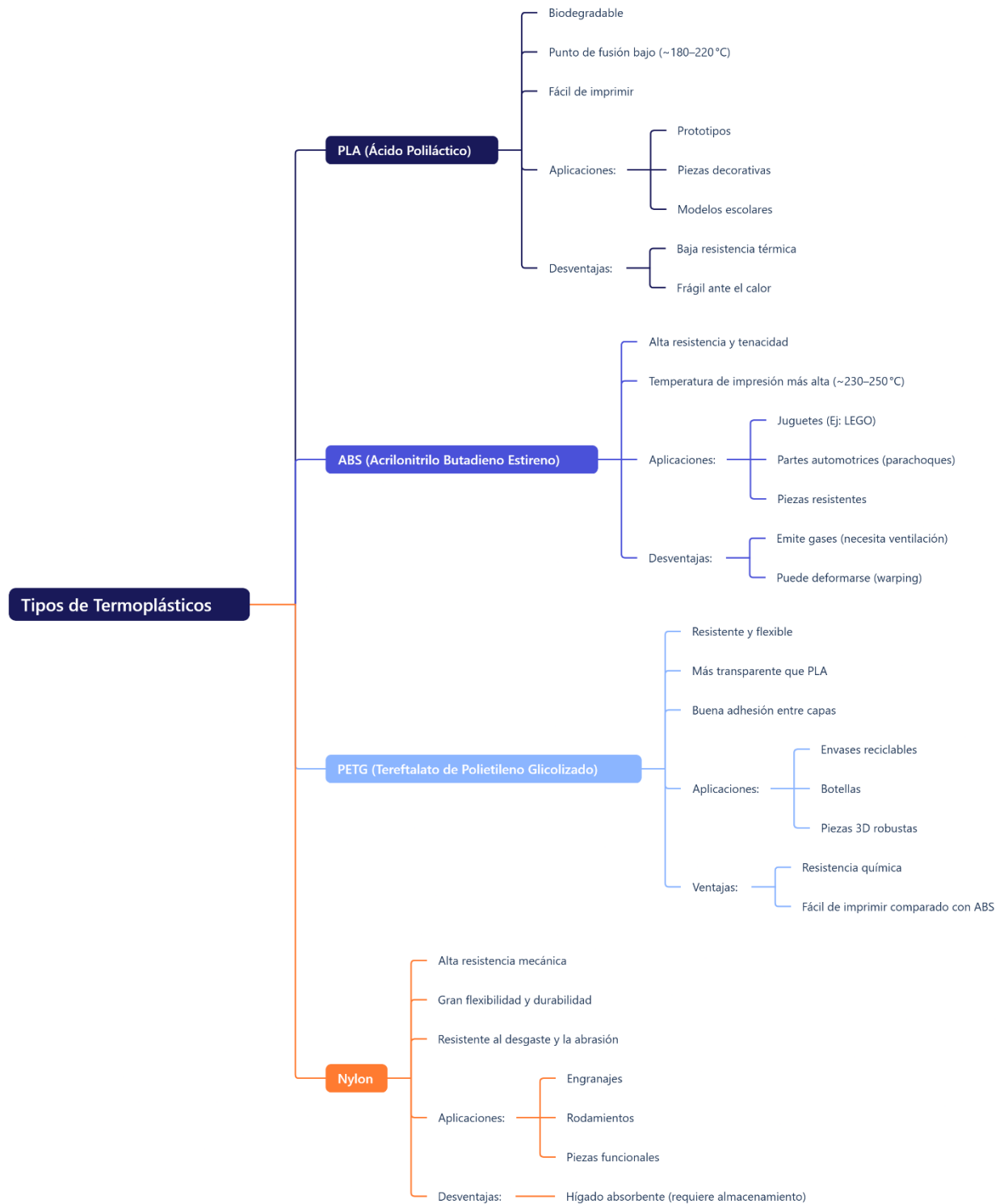


Figura 3. 3 Tipos de Termoplásticos

### 3.3 RECICLAJE DE LOS TERMOPLÁSTICOS

Existen variedad de plásticos y no todos pueden ser reciclados pero la mayoría de termoplásticos pueden ser procesados para adquirir nuevas formas mediante técnicas como la extrusión, inyección, termoformado y compresión, este proceso de reciclaje no solo reduce la cantidad de residuos plásticos, sino que también ayuda a la conservación de recursos naturales[12]. En este contexto el PLA pertenece al grupo 7 “otros”.

SÍMBOLO	NOMBRE	DIFICULTAD	USO
	Tereftalato de polietileno	Fácil de reciclar	Botellas de bebida, tarros de comida, botes de champú, fibras de ropa y de alfombra, etc.
	Polietileno de alta densidad	Fácil de reciclar	Botellas de detergente y de leche, envases de comida, cajas de almacenaje, cubos, tiestos, muebles de jardín
	Policloruro de vinilo	Muy difícil de reciclar	Tarjetas de crédito, marcos de puertas y ventanas, tuberías, revestimiento de cable.
	Polietileno de baja densidad	Factible de reciclar	Papel film, bolsas de la compra, aislante de cableado, etc.
	Polipropileno	Factible de reciclar	Tapas de botellas, pajitas, fibras de tejidos, lonas, pañales
	Poliestireno	Difícil de reciclar	Vasos térmicos, hueveras, bandejas de comida, relleno para embalaje, envases de yogurt, perchas, aislantes.
	Otros	Muy difícil de reciclar	Fibras de nailon, biberones, discos compactos, envases para uso médico, piezas de coches, garrafas de fuentes de agua.

Figura 3. 4 Clasificación de los Termoplásticos según la Dificultad de Reciclaje [12].

En el reciclaje del PLA existen dos métodos principales para su reutilización:

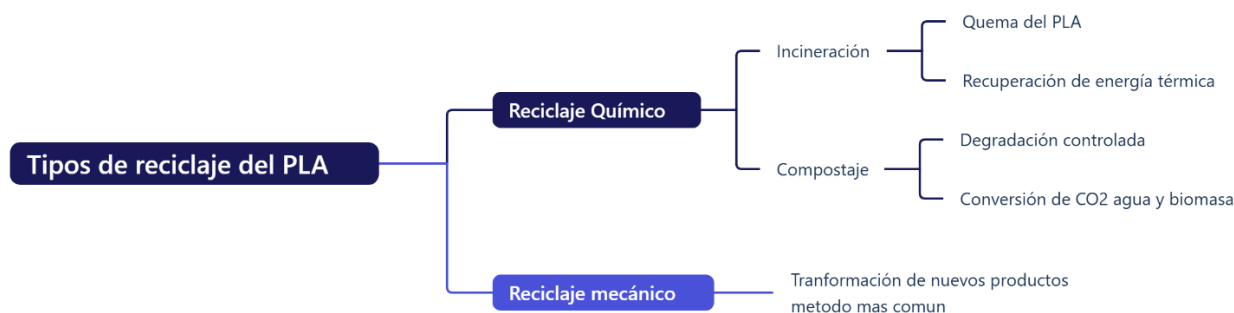


Figura 3. 5 Tipos de reciclaje del PLA

El reciclaje mecánico del PLA involucra en triturar residuos para luego extruirlas para generar un filamento reciclado usando extrusoras caseras o industriales, es crucial conocer que el PLA reciclado sufre deterioro de sus propiedades mecánicas por las múltiples exposiciones térmicas, las sesiones claves de este método son triturador de plástico, extrusora de filamento y un sistema de secado[13].

### 3.4 PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PLASTICO

La extrusión de plástico es una técnica de fabricación continua que consiste en forzar a pasar un termoplástico fundido a través de una matriz la cual establece la forma final del producto, según el tipo de matriz se puede obtener diferente tipo de producto deseado, que se clasifican en:

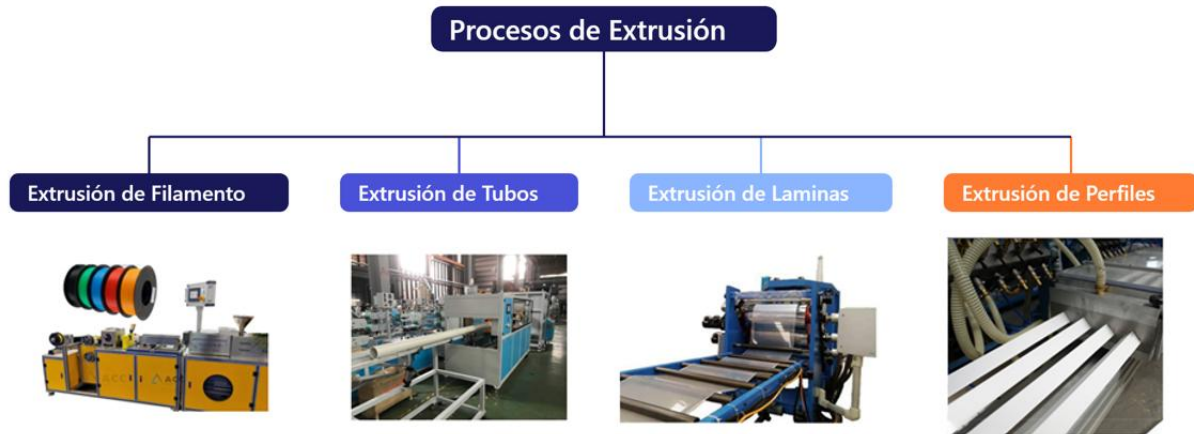


Figura 3. 6 Procesos de Extrusión

### 3.5 EXTRUSORA DE FILAMENTO

Las extrusora poseen características que le confiere una amplia versatilidad y un gran uso en múltiples industrias especialmente en el procesamiento de plásticos, existen diversos tipos de extrusoras como son: Extrusoras de tornillo simple, Extrusoras de doble tornillo, Extrusoras de disco, Extrusoras de pistón.

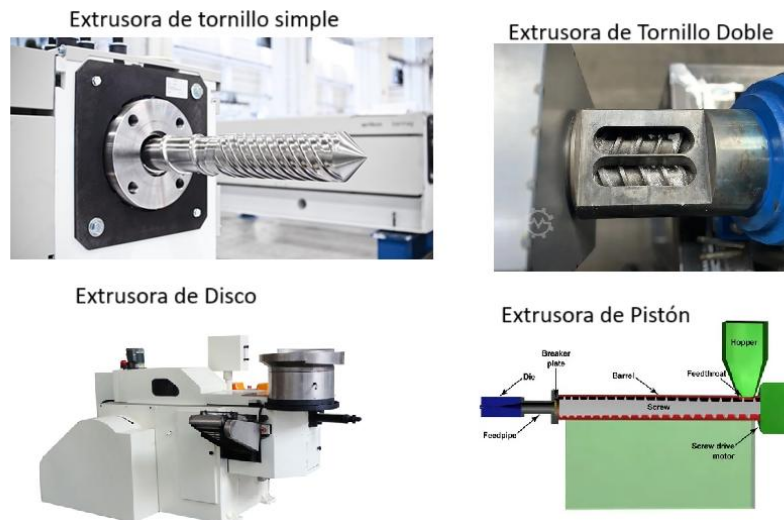


Figura 3. 7 Tipos de Extrusoras

### 3.5.1 Extrusoras de tornillo simple

La extrusora de tornillo simple es el tipo de extrusora más utilizada en la industria debido a su sencillez y su costo reducido, la característica principal de esta extrusora es su tornillo extrusor el cual posee 3 secciones de diferentes formas las cuales tienen como objetivo principal que el material se vaya calentando y comprimiendo conforme va llegando a la matriz de extrusión, dependiendo esto de la hondura del conducto del tornillo que se va reduciendo de forma lineal.

El funcionamiento de la extrusora consiste en que el material es depositado en el embudo para que este alimente al barril del extrusor ubicándose en el canal del tornillo que junto al calor producido en el barril, el material es empujado mediante el movimiento del tornillo hacia la boquilla de la extrusora[14].

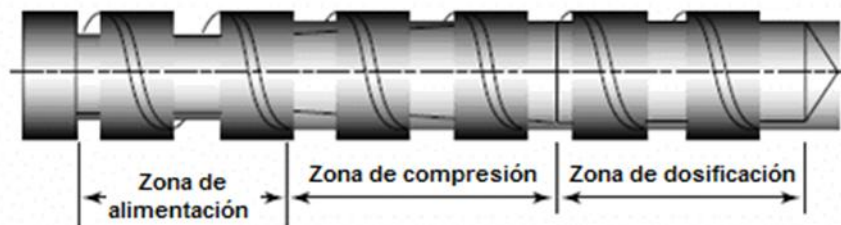


Figura 3. 8. Tornillo extrusor de extrusoras de tornillo simple [15].

### 3.5.2 Parámetros De La Extrusión Del Filamento

En el proceso de extrusión del filamento influyen varias especificaciones importantes que requieren un control para asegurar que el producto final posea una calidad y propiedades físicas óptimas para su uso y así asegurar su correcto funcionamiento.

#### *Temperatura de extrusión*

Mantener una temperatura adecuada en el proceso de extrusión del material es de vital importancia debido a que un mal manejo de la misma provocaría un deterioro de PLA por lo que se debe conservar una temperatura entre los 160 °C a 200 °C, una de las consecuencias de mantener una temperatura mayor a estas es que genera una degradación térmica del producto, mientras que por el contrario el mantener temperaturas inferiores de 160 °C afectan a la extrusión uniforme[16].

#### *Velocidad del tornillo extrusor*

Un factor crucial en la calidad del filamento creado por la extrusora es la velocidad del tornillo extrusor ya que de este depende las características que obtenga el material, siendo las idóneas

entre 10 y 30 rpm, siendo que las velocidades altas provocan un filamento discontinuo, mientras que las velocidades bajas una forma irregular del mismo, estas velocidades dependen de las características del material como el tipo de extrusión, la temperatura, relación de compresión.[17]

### ***Presión de extrusión***

La presión en el proceso de extrusión determina la calidad del elemento extruido, la presión utilizada mayormente para procesar filamento va desde los 10 hasta los 20 MPa siendo este valor variable dependiendo del material que se desea extruir, una presión demasiada alta un burbujeo en el filamento y por el otro lado una presión demasiada baja disminuye la calidad del producto.[17]

## **3.6 COMPONENTES DE LA EXTRUSORA**

Para el proceso de extrusión se puede clasificar en 4 grupos los cuales nos ayudaran a comprender su funcionamiento que se identifican a continuación:

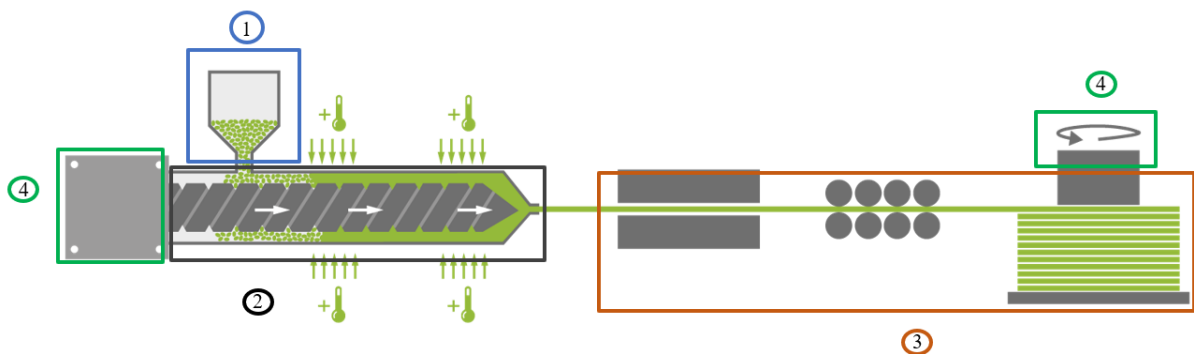


Figura 3. 9 Zona de la extrusión

1. Zona de Alimentación
2. Zona de extrusión
3. Zona de recolección
4. Zona de Control

### **3.6.1 Zona de alimentación**

Dentro de la zona de alimentación podemos encontrar el siguiente componente:

## ***Tolva***

Tolva de alimentación es el contenedor el cual permite ingresar el material reciclado de las impresiones en 3D en la extrusora esta debe ser diseñada de una manera que permita que el material fluya constantemente, en su parte inferior contiene un orificio que conecta a la entrada del tornillo de extrusión [18].

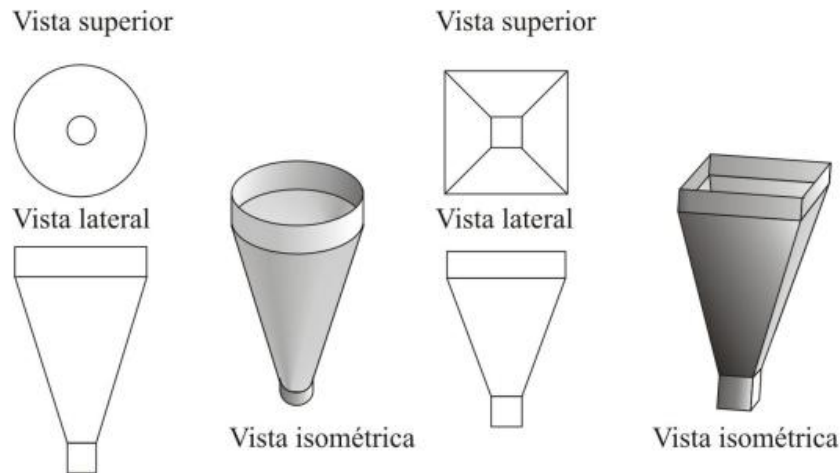


Figura 3. 10 Tipos de tolvas [19].

### **3.6.2 Zona de Extrusión**

#### ***Tornillo extrusor***

El tornillo de extrusión es el elemento más fundamental ya que se responsabiliza en transportar, calentar, fundir y mezclar el material, la calidad del producto se obtiene dependiendo al tipo de diseño del tornillo ya que cada material tiene diferentes características algunas de ellas son el calor específico, temperatura de fusión, viscosidad del fluido, elasticidad, al diseñar el tornillo se debe considerar estas principales características como su longitud, diámetro, el ángulo del filete y el paso de rosca, [19].

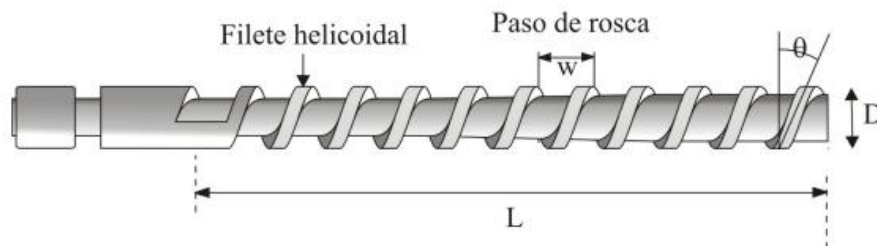


Figura 3. 11. Tornillo Extrusor [19].

### ***Cilindro***

El cilindro de una extrusora es hueco de un espesor considerable ya que de soportar altas temperaturas ya que se encarga de transmitir el calor al material para poder fundirlo, el cual en su interior contiene el tornillo extrusor conjunto a este logran el proceso de fundición del plástico[18].



Figura 3. 12.Cilindro [20].

### ***Sistema de Calentamiento***

El sistema de calentamiento es el encargado de proporcionar la temperatura necesaria para fundir el material plástico y permitir su correcta extrusión, este calor es generado mediante resistencias eléctricas, que pueden estar en contacto directo con el cilindro de extrusión o utilizar un flujo de aire caliente dirigido estratégicamente sobre la superficie del cilindro[21].



Figura 3. 13 Resistencias Eléctricas [22].

La zona de fusión comenzara como resultado del calor conducido desde la superficie del cilindro y la del tornillo extrusor, en la mayoría de casos se genera por calor de fricción, en algunos casos es posible iniciar la fusión sin aplicar calor externo[19].

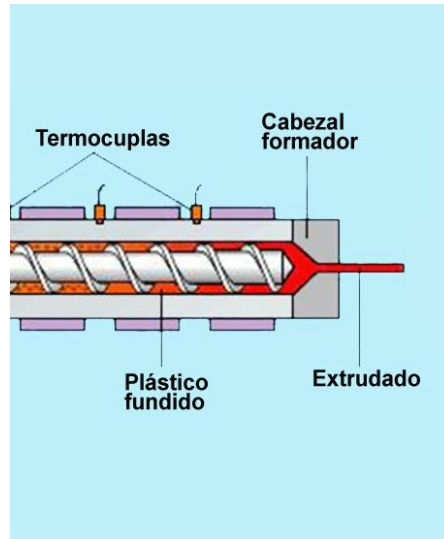


Figura 3. 14 Proceso de Fundición [23].

### ***Matriz***

El adaptador es la pieza ubicada al final del cilindro esta se encuentra sujetando la boquilla, esta va atornillada al cilindro, el adaptador debe facilitar lo más posible el paso de flujo del material hacia la boquilla[19].



Figura 3. 15 Adaptador [24].

La Boquilla es la que logra moldear el plástico para obtener el diámetro requerido para filamento de 1.7mm el cual es mayormente usado en la manufactura aditiva[18].



Figura 3. 16 Boquilla [25].

### 3.6.3 Zona de recolección

*El sistema de enfriamiento* de una extrusora es importante como el sistema de calefacción ya que permite controlar la temperatura del material plástico durante y después de la extrusión, este control es esencial para garantizarla producción continua del filamento[26].



Figura 3. 17 Sistema de Enfriado [27].

*Bobinado*, opera generalmente mediante un motor eléctrico controlado que activa un carrete giratorio sobre el cual se enrolla el filamento.

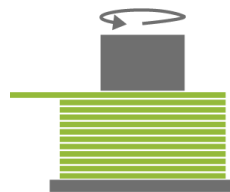


Figura 3. 18 Sistema de bobinado [27].

### 3.6.4 Zona de Control

Es un sistema que regula y monitorea todos los parámetros de la extrusora, como temperaturas, velocidades, presión y caudal de material, también puede estar conectado a sensores y actuadores para la automatización del proceso y ajustar los parámetros en tiempo real [28].

### ***Componentes de la Zona de Control***

- Placa Controladora: es la encargada de gestionar y coordinar las señales enviadas por la interfaz del usuario para controlar el funcionamiento de los elementos electrónicos, se utilizan placas o controladores como: Arduino Mega 2560, RAMPS 1.4 o MKS GEN L, las que permiten controlar varios motores, sensores y funciones sincronizadas, su programación se desarrolla mediante los softwares Arduino IDE o Marlin Firmware.
- Motores paso a paso: encargados de controlar el movimiento del tornillo extrusor y de la zona de recolección por su precisión y facilidad de control, ofreciendo un torque adecuado para ejecutar su fusión, están clasificados por su tamaño nominal como Nema 17 y Nema 23.
- Drivers para motores paso a paso: cumplen con la función de controlar los motores mediante la señal que entrega la placa controladora y ofreciendo funciones adicionales como protección contra sobrecorriente.
- Sensores de temperatura: encargados de medir la temperatura del sistema y evitar fallos por sobrecalentamiento.
- Pantalla LCD: interfaz con el usuario utilizada para monitorear y ajustar parámetros de la extrusión como: temperatura, velocidad de extrusión, velocidad de bobinado y sistema de refrigeración.
- Fuente de alimentación: suministra la energía necesaria a todos los componentes electrónicos del sistema.
- Cables: se encargan de transportar señales y alimentar componentes, siendo fundamental el buen dimensionamiento de los mismos para evitar fallas.
- Protecciones: se encargan de garantizar la seguridad en el sistema y proteger los componentes alargando su vida útil.

## **4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

Dentro del proceso del diseño de la extrusora es necesario desarrollar una investigación de campo, donde se planteará una solución técnica adecuada a través de los siguientes procesos:

Mediante un método cualitativo se desarrollará una entrevista en la empresa en la cual se buscará determinar los lineamientos de operación a través de los siguientes parámetros:



Figura 4. 1 Lineamientos de Operación

#### 4.1 Datos de Entrada

A través de una entrevista con la empresa se determinará todos los factores técnicos y de configuración que establecerán el funcionamiento del sistema durante el proceso de extrusión, los cuales son:

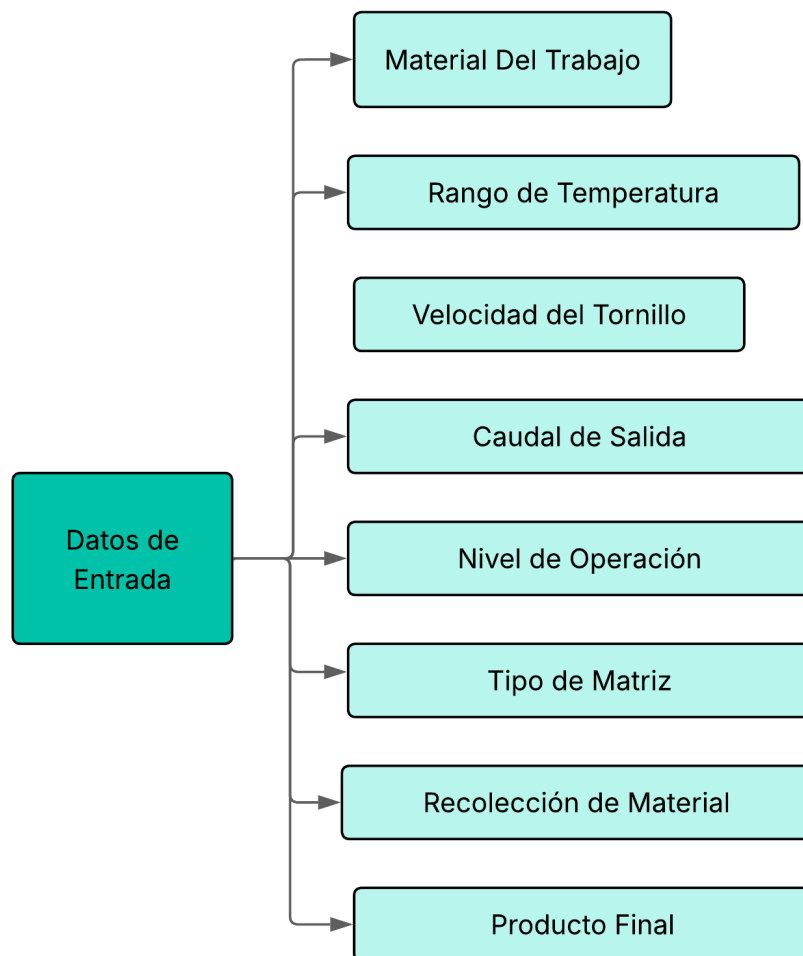


Figura 4. 2 Datos de Entrada

## 4.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Mediante estas variables que se muestran en la figura 4.1 se evaluará el diámetro y calidad superficial del filamento.

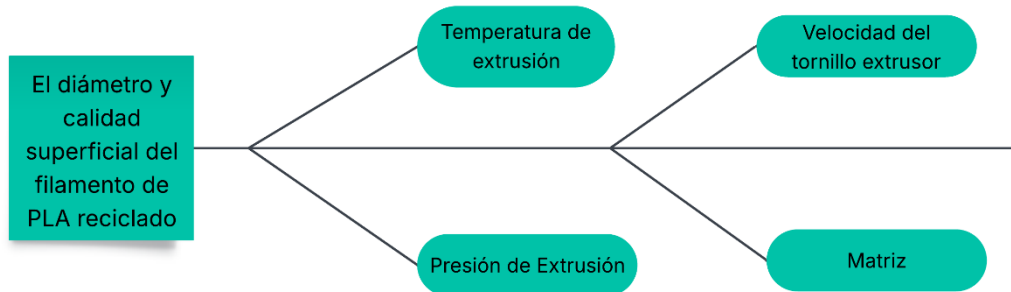


Figura 4. 3 Diagrama de Variables.

## 4.3 ECUACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA MAQUINA EXTRUSORA

Para el dimensionamiento de los parámetros de los componentes de la extrusora se utilizó una metodología cuantitativa la cual se detalla a continuación.

### 4.3.1 Zona de Alimentación

#### *Tolva*

Para un dimensionamiento correcto de la tolva se la debe calcular con las siguientes formulas:

Se debe calcular la capacidad volumétrica que está dada por:

$$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr)$$

(1)

- $V$  Volumen
- $R$  Radio de la base mayor
- $r$  Radio de la base menor
- $h$  Altura vertical entre las dos bases

Para garantizar una autonomía eficiente y disminuir las recargas frecuentes es necesario calcular la masa del material que cabe en la tolva mediante esta fórmula:

$$M = V \times D$$

(2)

- $M$  Masa (kg)
- $V$  Volumen ( $m^3$ )
- $D$  Densidad aproximada ( $kg/m^3$ )

Con el resultado de la anterior formula que nos proporciona la masa del material la cual se utiliza para calcular la autonomía de la tolva.

$$\text{Autonomia de la Tolva} = \frac{M}{Q}$$

(3)

- $M$  Masa (kg)
- $Q$  Caudal deseado valor típico para una extrusora de escritorio/laboratorio ( $kg/h$ )

#### 4.3.2 Zona de Extrusión

##### *Tornillo extrusor*

Para el diseño del tornillo extrusor se debe tomar en cuenta una geometría estándar de tres zonas típicas: alimentación, compresión y dosificación.

El diámetro del tornillo extrusor esta dado mediante el caudal deseado dado por:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{K \times N}}$$

(4)

- $Q$  Caudal deseado ( $kg/h$ )
- $D$  Diámetro del tronillo ( $mm$ )
- $N$  Velocidad de rotación ( $rpm$ )
- $K$  Constante empírica (0.001 para plásticos como PLA)

Para calcular la longitud del tornillo extrusor se aplica la siguiente formula:

$$L = (L/D) \times D$$

(5)

- $L$  Longitud total del tornillo ( $mm$ )
- $D$  diámetro del tronillo ( $mm$ )
- $L/D$  relación Longitud/Diámetro (adimensional)

Para calcular las longitudes de las tres zonas del tornillo extrusor se determina mediante las siguientes ecuaciones:

Para la zona de alimentación

$$Z_A = \% \times L$$

(6)

- $Z_A$  Zona de alimentación
- % Porcentaje
- $L$  Longitud

Para la zona de compresión

$$Z_C = \% \times L$$

(7)

- $Z_C$  Zona de compresión
- % Porcentaje
- $L$  Longitud

Para la zona de dosificación

$$Z_D = \% \times L$$

(8)

- $Z_D$  Zona de dosificación
- % Porcentaje
- $L$  Longitud

Para determinar el paso de rosca del tornillo extrusor se debe optar por un diseño de paso constante para facilitar su fabricación y la uniformidad en el proceso, determinando el número de paso por:

$$P = (1.0 \sim 1.5) \times D$$

(9)

- $P$  Paso de roca del tornillo extrusor
- $D$  Diámetro ( $mm$ )

Para calcular la profundidad del canal de rosca en la zona de alimentación, se utiliza la siguiente formula:

$$h_A = \frac{D}{2.1 \text{ a } 2.5}$$

(10)

- $h_A$  Zona de Alimentación
- $D$  Diámetro ( $mm$ )

Para calcular la zona de dosificación se utilizó la siguiente formula:

$$h_D = \frac{D}{4.5 \text{ a } 5.5}$$

(11)

Con estos valores se obtiene la relación de compresión mediante la siguiente formula:

$$CR = \left(\frac{h_D}{h_A}\right)^2$$

(12)

### ***Cilindro***

El cilindro es un componente esencial en el proceso de extrusión ya permite que el material sea transportado, fundido y presurizado de forma eficiente además el diseño considera zonas específicas para la colocación de sensores de temperatura permitiendo un control térmico eficiente.

Para calcular la holgura del cilindro se utilizará la siguiente ecuación:

$$\delta = 0.005 \times D$$

(13)

Donde

- $\delta$  es la holgura del husillo

- $D$  es el diámetro del husillo

Para calcular el diámetro del cilindro se utilizará la siguiente ecuación:

$$D_i = D + 2 \times \delta \quad (14)$$

Donde

- $D_i$  es el diámetro interior del cilindro
- $D$  es el diámetro del husillo

### ***Sistema de Calentamiento***

Para que el sistema pueda proporcionar la temperatura deseada se puede dimensionar con los siguientes cálculos:

De acuerdo a la ecuación general para el cálculo de energía térmica

$$Q = m \times C_p \times \Delta \quad (15)$$

Donde:

- $Q$  es el calor requerido (Joules)
- $m$  es la masa del material (kg)
- $C_p$  es el calor específico del material (J/kg°C)
- $\Delta T$  es el cambio de temperatura (°C)

Para calcular la potencia que necesitamos, dividimos el calor  $Q$  entre el tiempo  $t$  (en segundos) dado que

$$P = \frac{Q}{t} \quad (16)$$

- $P$  Potencia
- $t$  Tiempo en segundos

Al combinar ambas expresiones obtenemos la siguiente fórmula:

$$P = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{t} \quad (17)$$

### 4.3.3 Zona de Recolección

#### *Sistema de refrigeración*

Una parte esencial de la extrusión es el sistema de refrigeración ya que este garantiza un secado rápido y controlado del filamento extruido facilitando su correcta solidificación manteniendo así sus propiedades mecánicas y dimensiones

La fórmula para calcular el flujo de aire necesario es la siguiente

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (18)$$

Donde:

- $Q$  es la potencia de calor que debe ser retirada (W)
- $\dot{m}$  es el flujo másico de aire (kg/s)
- $C_p$  es la capacidad calorífica del aire (J/kg. °C)
- $\Delta T$  es el cambio de temperatura del aire

Se debe despejar el flujo masico

$$\dot{m} = \frac{Q}{C_p \times \Delta T} \quad (19)$$

Esto nos da un flujo másico de aire necesario.

Para calcular las dimensiones de los ventiladores es útil conocer el flujo volumétrico de aire, se calcula usando la densidad del aire

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (20)$$

#### *Bobinado*

Para el bobinado se requiere sincronización para no generar tenciones que puedan deformar o romper el filamento, este se puede dimensionar con los siguientes parámetros.

El torque se calcula con la siguiente ecuación:

$$T = F \times r \quad (21)$$

- $T$  Torque en (N.m)
- $F$  Fuerza de tensión deseada en el filamento (N)
- $r$  Radio del Carrete (mm)

Y la velocidad angular que viene dada por la siguiente ecuación:

$$\omega = 2\pi \times \frac{N}{60} \quad (22)$$

- $\omega$  Velocidad angular del carrete (rad/s)
- N son los rpm del motor

#### 4.3.4 Zona de Control

##### ***Motor***

Para dimensionar el motor encargado de dar el movimiento del tornillo extrusor se realiza con las siguientes ecuaciones:

De acuerdo a la ecuación de la fuerza de fricción

$$T = \frac{F \times D}{2\pi} \quad (23)$$

Calculamos el torque necesario para mover el material a través del tornillo extrusor

Donde:

- T es el torque (Nm)
- F es la fuerza de fricción sobre el material (N)
- D es el diámetro del tornillo (mm)
- $\pi$  es el valor de Pi

Para calcular la velocidad angular se utilizará la siguiente ecuación:

$$\omega = 2\pi \times \frac{N}{60} \quad (24)$$

Donde

- $\omega$  es la velocidad angular
- N son los rpm del motor

##### ***Fuente de alimentación***

Para calcular la potencia necesaria para poder alimentar a todos los componentes electrónicos del sistema se la obtiene por la siguiente ecuación:

$$P = V \times I$$

(25)

Donde

- $P$  Potencia (w)
- $V$  Voltaje (V)
- $I$  Corriente (I)

Cabe recalcar que  $I$  se obtiene de la sumado todas las corrientes requeridas por los componentes electrónicos.

#### 4.3.5 Estructura

Para asegurar la fiabilidad estructural del prototipo se desarrollaron simulaciones a través de un software CAD el cual permitió analizar el comportamiento de la estructura mecánica verificando su desempeño en condiciones operativas.

#### 4.4 Matriz Ponderada de Selección de Componentes de la Extrusora

Para la selección de los componentes de la extrusora se utilizó una metodología cualitativa, la cual consiste en comparar las alternativas de cada uno de sus componentes mediante una tabla de ponderación la cual evaluara las alternativas de los componentes de acuerdo a su costo, características y su modo de funcionamiento con la finalidad de brindar un proyecto viable. Se utilizará un rango de 1-5 donde 1 es bajo o malo y 5 es alto o excelente, la cual a través de una suma se seleccionará el número mayor siendo este la mejor opción.

Tabla 4. 1 Ejemplo de la Matriz de Ponderación

Aspecto	Opción 1	Opción 2	Opción 3
<b>Característica 1</b>	5	2	3
<b>Característica 2</b>	4	5	4
<b>Característica 3</b>	4	5	4
<b>Total</b>	13	12	11

De acuerdo con el ejemplo expuesto en la tabla 4.1 la opción 1 es la mejor opción por tener el número más alto, la cual será seleccionada.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

A través de una investigación de campo, que incluyó observación directa de los procesos de producción y una entrevista con el titular de la empresa Inpron Solutions, se identificó que la empresa carece de un sistema eficiente para el reciclaje de filamento PLA. Esta situación genera una acumulación de residuos plásticos lo que resalta la necesidad de una solución sostenible, como respuesta a esta problemática se propuso el diseño y construcción de una extrusora de filamento PLA automatizada con el objetivo de reducir los desechos plásticos y optimizar el aprovechamiento del material, esta propuesta busca ofrecer una solución accesible adaptada a las necesidades de la empresa permitiendo el reciclaje eficiente del PLA el cual es un material clave en sus procesos de fabricación.

### *Alcance*

Una vez finalizada la entrevista con el titular se llegó a determinar que la extrusora de PLA deberá cumplir los siguientes parámetros:

Tabla 5. 1 Limitaciones del Proyecto

<b>Limitación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Preparación del material</b>	El material a extruir debe ser previamente triturado para asegurar un flujo constante y Prevenir posibles obstrucciones en la extrusora
<b>Tiempo de operación</b>	La máquina puede operar durante un día completo, pero es necesario un descanso de 5 horas para evitar sobrecalentamiento y desgaste.
<b>Alimentación Eléctrica</b>	La extrusora opera con una fuente de 24V lo que restringe su compatibilidad con otras fuentes de energía a menos que se utilice reguladores o adaptadores.
<b>Tiempo de Precaentado</b>	Es necesario un tiempo de precalentamiento antes de iniciar la extrusión para alcanzar la temperatura óptima del PLA y evitar problemas durante el proceso de extrusión
<b>Mantenimiento</b>	Se debe realizar un mantenimiento periódico después de cada extrusión que incluyendo limpieza de tornillo extrusor y la boquilla.

<b>Compatibilidad del material</b>	Solo es compatible con los residuos de filamento PLA no puede procesar otros materiales como el PETG, ABS o Nylon debido a diferentes temperaturas de procesamiento y propiedades.
<b>Uso específico</b>	Su principal función es la disminución del espacio ocasionado por los residuos de impresiones 3D
<b>Dimensiones de la maquina</b>	El tamaño de la maquina deberá ser compacto debido las limitaciones del espacio en las instalaciones de la empresa.

Para satisfacer las necesidades de la empresa se estableció que la extrusora de PLA deberá operar mediante los siguientes parámetros:

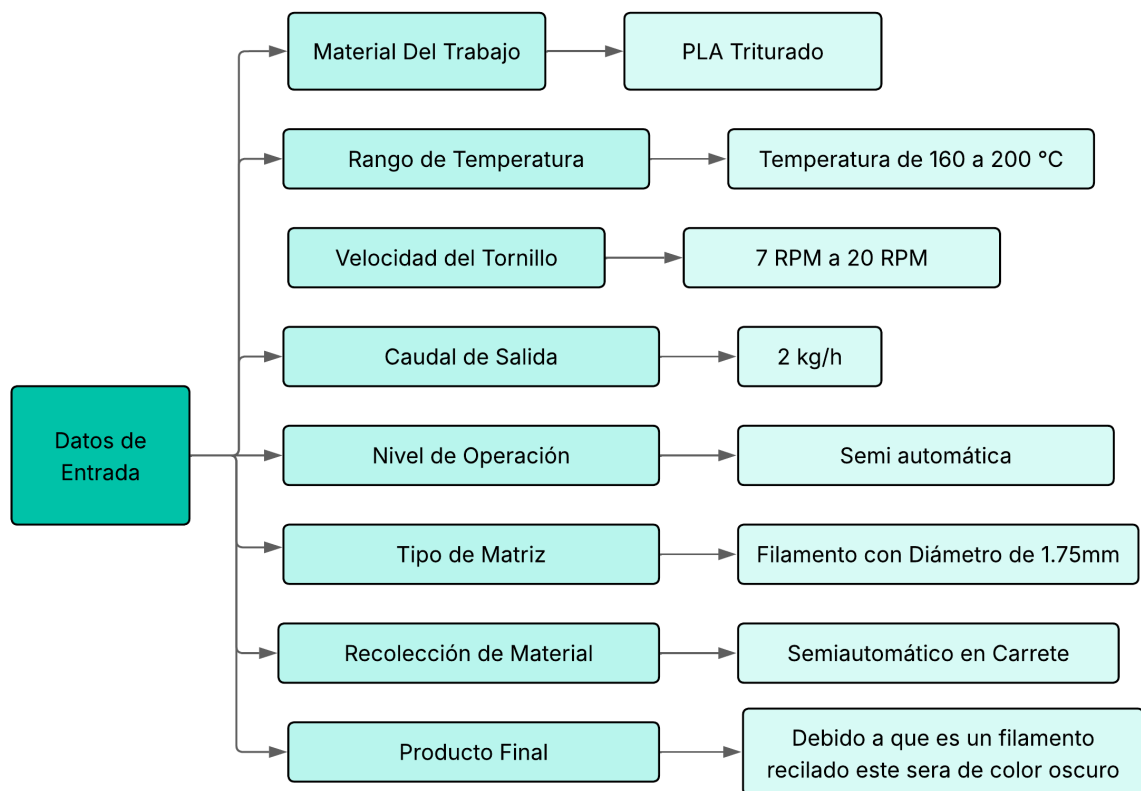


Figura 4. 4 Datos de Entrada

Para el desarrollo del prototipo se analizó diferentes modelos de extrusoras de filamento existentes en el mercado, a partir de este estudio se optó por un diseño base existente[29] el cual fue adaptado, mejorado y orientado en la reducción de residuos plásticos generados por impresiones 3D.

## 5.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Para la construcción de la máquina se dividió en cuatro zonas con la finalidad de facilitar el estudio de las alternativas para cada componente de la maquina distribuidas de la siguiente manera:

1. Zona de Alimentación
2. Zona de Extrusión
3. Zona de Recolección
4. Zona de Control
5. Estructura

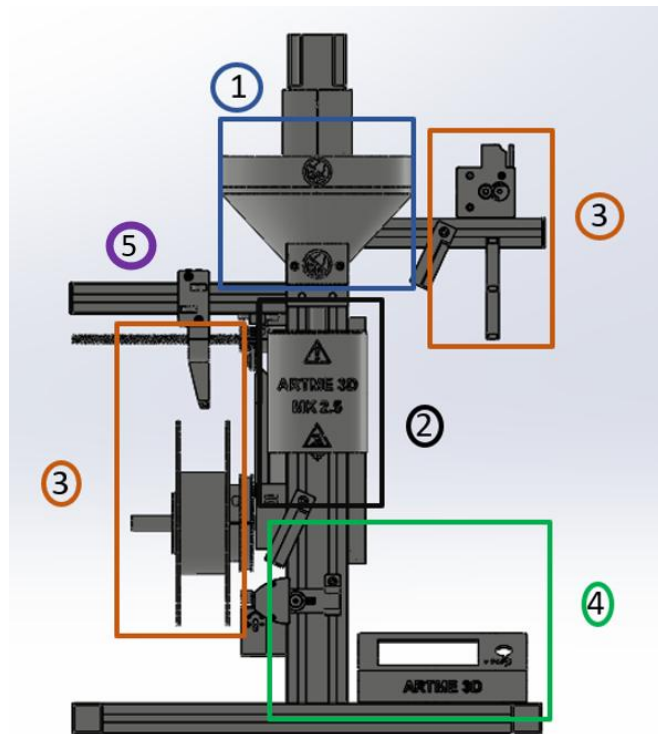


Figura 5. 1 Zonas de la Extrusora

### 5.1.1 Componentes en 3D

Cada una de sus piezas fue meticulosamente diseñada utilizando software CAD lo que permitió optimizar su estructura y funcionalidad. Para las partes de la extrusora que son impresas en 3D, Al comparar los termoplásticos que se encuentra en el Anexo IV en la tabla 8.1 y al tener en cuenta en que área van hacer utilizados optamos por utilizar el PETG por su alta resistividad térmica y su resistencia mecánica.

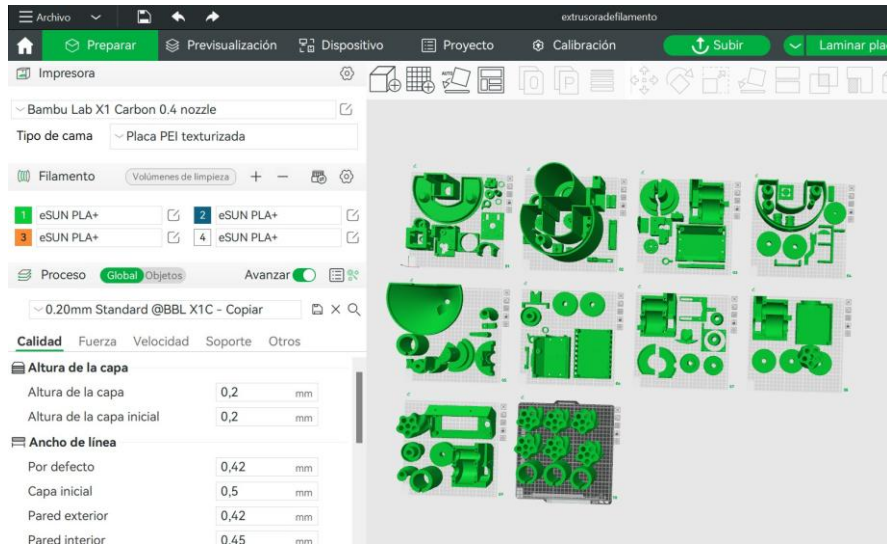


Figura 5. 2 Impresiones en 3D

### 5.1.2 Zona de alimentación

#### *Tolva*

Para el diseño y selección de la tolva se lo realizo en base a los siguientes parámetros:

Tabla 5. 2 Características de la Tolva

<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
<b>Capacidad Volumétrica</b>	974.9 $cm^3$
<b>Masa del material</b>	0.2925 $kg$
<b>Autonomía de la tolva</b>	0.146 h
<b>Material de Fabricación</b>	PETG

Para desarrollar la tolva se utilizó un software CAD garantizando un diseño apropiado para optimizar la fluidez de los residuos de PLA triturados, facilitando su instalación

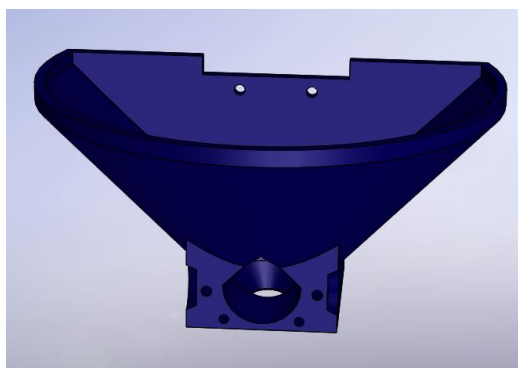


Figura 5. 3 Diseño de tolva

### 5.1.3 Zona de Extrusión

#### *Tornillo Extrusor*

Para el diseño del Tornillo extrusor se realizó bajo los siguientes parámetros:

Tabla 5. 3 Características del Tornillo Extrusor

Características	Resultado
<b>Diámetro del Tornillo</b>	12 mm
<b>Longitud del Tornillo</b>	215 mm
<b>Longitud de la zona de alimentación</b>	107.5 mm
<b>Longitud de la zona de compresión</b>	64.5 mm
<b>Longitud de la zona de dosificación</b>	43 mm
<b>Paso de Rosca del Tornillo</b>	15 mm
<b>Profundidad del Canal de rosa en la zona de Alimentación</b>	5.5 mm
<b>Profundidad del Canal de rosa en la zona de Dosificación</b>	2.6 mm
<b>Relación de compresión</b>	4.5mm
<b>Material</b>	Acero Inoxidable

El Acero Inoxidables es la opción más óptima de acuerdo a la comparación que se realizó en el Anexo IV en la tabla 8.2, junto a simulaciones desarrolladas en software CAD permitieron establecer que este tornillo cumple con las especificaciones requeridas y ofrece las características necesarias para el proyecto, obteniendo un factor de seguridad de 6.

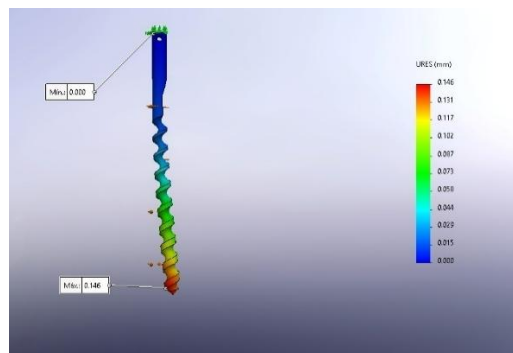


Figura 5. 4 Simulación de Torción

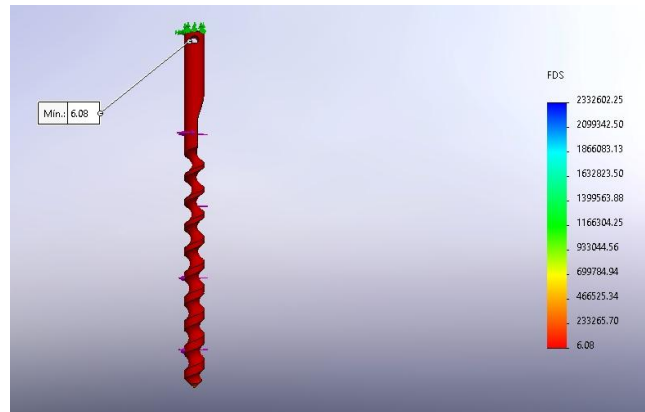


Figura 5. 5 Factor de Seguridad del Tornillo Extrusor



Figura 5. 6 Tornillo Extrusor

### ***Cilindro***

El cilindro es un componente esencial en el proceso de extrusión ya que permite que el material sea transportado, fundido y presurizado de forma eficiente. Para el diseño del cilindro se realizó bajo los siguientes parámetros:

Tabla 5. 4 Características del Cilindro

<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
<b>Holgura del cilindro</b>	0.06 mm
<b>Diámetro interior del cilindro</b>	12.12 mm
<b>Material</b>	Acero Inoxidable

De acuerdo al Anexo IV en la tabla 8.3 la opción más recomendable es el acero inoxidable debido a su alta resistencia mecánica, es durable y tiene la capacidad de soportar cargas y esfuerzos sin deformación alguna, también, este metal brinda una eficiente conductividad térmica, facilidad de producción a través de procesos como es el mecanizado.

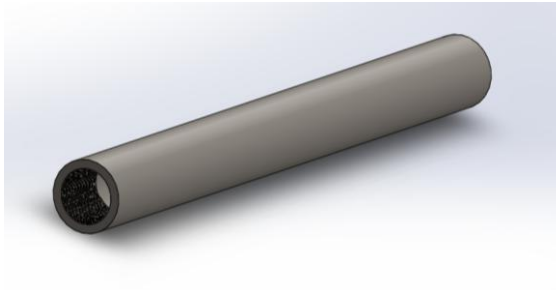


Figura 5. 7 Diseño del Cilindro

### ***Sistema de Calentamiento***

Para diseñar el sistema de calentamiento se desarrollo bajo los siguientes parámetros:

Tabla 5. 5 Características del Sistema de Calentamiento

<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
<b>Potencia de calentamiento</b>	26.25 W
<b>Tipo</b>	Cartucho metálico

De acuerdo Anexo IV en la tabla 8.4 los tipos de calefactores que se seleccionó son los cartuchos calefactores metálicos por su costo, su rango de temperatura, su tiempo de calentamiento y la adaptabilidad en el proyecto.



Figura 5. 8 Cartucho Calefactor Metálico

### **5.1.4 Zona de Recolección**

#### ***Sistema de Refrigeración***

Los ventiladores de enfriamiento desempeñan un papel fundamental en la extrusión de filamento, asegurando un control térmico adecuado para evitar sobrecalentamientos, en este contexto, los ventiladores de 50x50 mm y 60x60 mm son dos de las opciones más utilizadas, cada uno con características específicas que influyen en su rendimiento y aplicación dentro del

sistema de extrusión. Para diseñar el sistema de refrigeración se realizó bajo los siguientes parámetros

Tabla 5. 6 Características del sistema de refrigeración

<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
<b>Flujo Masico</b>	$0.00127 \text{ kg/s}$
<b>Flujo de Volumétrico de Aire</b>	$0.00102 \text{ m}^3/\text{s}$

Tras una evaluación detallada en el Anexo IV en la tabla 8.5 y 8.6 se escogió los siguientes tipos de ventiladores ya que tienen las características requeridas para el proyecto, del ventilador de 50x50 mm escogimos el ventilador A de igual manera para el ventilador 60x60 mm.

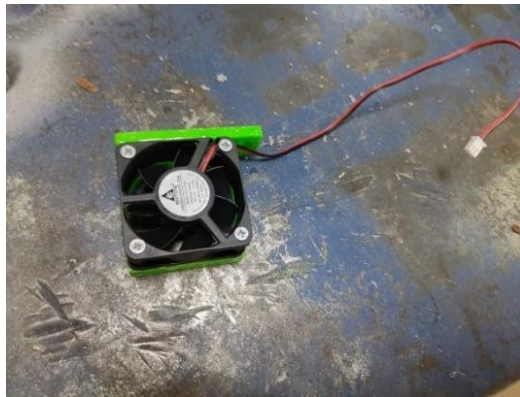


Figura 5. 9 Ventilador 60x60



Figura 5. 10 Ventilador 50x50

### ***Bobinado***

Para determinar el funcionamiento del componente de bobinado se lo estableció con los siguientes parámetros:

Tabla 5. 7 Características del Motor Nema 17

Características	Resultado
Torque	0.15 $N/m$
Velocidad Angular	3.14 RPM

Para la recolección del filamento extruido se ha elegido mediante la comparación en el Anexo IV en la tabla 8.7 al motor NEMA 17 por su adaptabilidad al proyecto.



Figura 5. 11 Motor Nema 17

### 5.1.5 Zona de Control

Todos los componentes que conforman la zona de control su datasheet se encuentra en el Anexo VIII

#### *Motor*

Para escoger el motor el cual dará movimiento al tornillo extrusor se lo hará mediante estos parámetros:

Tabla 5. 8 Características del Nema 23

Características	Resultado
Torque	2.83 $N/m$
Velocidad Angular	1.57 $rad/s$

De acuerdo a la comparación en el Anexo IV en la tabla 8.8 se seleccionó al motor nema 23 por su adaptación al proyecto.



Figura 5. 12 Motor Nema 23

### ***Alimentación***

Para la selección de la alimentación del sistema se utilizó una fuente de corriente continua debido a que los dispositivos que se van a conectar requieren este voltaje, la cual consta de las siguientes características:

Tabla 5. 9 Alimentación

<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
<b>Voltaje</b>	24 V
<b>Potencia</b>	144 W
<b>Corriente</b>	6 A

Se decidió utilizar el voltaje de 24V de acuerdo al Anexo IV en la tabla 9.15 debido a que este permite reducir la corriente total del sistema mejorando la eficiencia.



Figura 5. 13 Alimentación

### ***Interfaz con el Usuario***

La interfaz con el usuario en sistemas automatizados es un elemento clave para la interacción, monitoreo y control del equipo, en el caso de una extrusora de filamento, la interfaz permite al operador configurar parámetros como temperatura y velocidad de extrusión, además de recibir información en tiempo real sobre el estado de la máquina.

Después de analizar el Anexo IV en la tabla 8.9 se ha seleccionado la pantalla LCD para su implementación en la extrusora debido a que contribuye a mejorar la funcionalidad y eficiencia del equipo como: costo accesible, durabilidad y resistencia, facilidad de programación



Figura 5. 14 LCD

### ***Driver para el Nema 17***

El motor paso a paso Nema 17 es ampliamente utilizado en extrusoras de filamento y sistemas de automatización debido a su precisión y control de movimiento, para su correcto funcionamiento, es necesario un driver, que actúa como un intermediario entre el microcontrolador y el motor, suministrando la corriente adecuada y gestionando los pasos con precisión, existen diversos drivers compatibles con el Nema 17, cada uno con características específicas en términos de control de corriente, resolución de micro pasos, voltaje de operación y disipación de calor. Tras un análisis de las opciones disponibles en el Anexo IV tabla 8.10 la elección del TMC2209 para el control de los motores NEMA 17 garantiza un rendimiento de alta calidad y asegura una operación eficiente, precisa y confiable

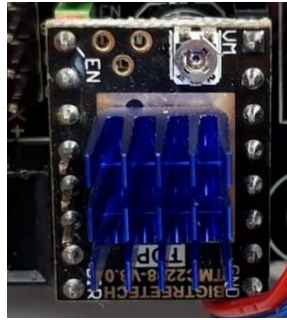


Figura 5. 15 Drivers TMC2209

### ***Driver para el Nema 23***

Debido a que el motor Nema 23 es el encargado de accionar el tornillo extrusor este debe girar a una velocidad constante y regulable para asegurar un flujo uniforme del material.

Después de un análisis detallado de las opciones disponibles en el Anexo IV tabla 8.11 se ha seleccionado el DM332T como el driver que controlara el motor NEMA 23, esta elección proporciona un equilibrio entre bajo costo de operación, alto rendimiento y fiabilidad, gracias a sus características técnicas su eficiencia energética y su capacidad de adaptación a las necesidades de la extrusora este driver asegura una operación eficiente, estable y de alta calidad.

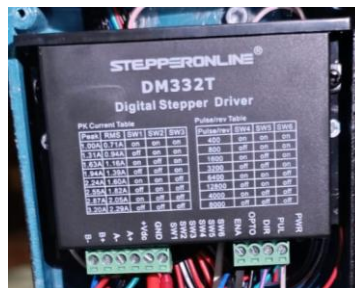


Figura 5. 16 Driver DM332T

### ***Termistor***

El termistor nos ayudara a monitorear la temperatura del sistema de extrusión y que el sistema de calentamiento funcione correctamente. Tras una evaluación detallada en el Anexo IV tabla 8.12 se ha determinado que el termistor Semitec 104GT-2 es la opción más adecuada para el control de temperatura, siendo una opción ideal por su precisión, fiabilidad y bajo costo, su integración sencilla con los sistemas de control existentes y su resistencia en condiciones industriales lo hacen indispensable para el buen funcionamiento de la máquina.



Figura 5. 17 Termistor

### ***Placa de Control***

Se seleccionó la placa MKS Gen L V1.0 mediante la comparación del Anexo IV tabla 8.13 debido a su alta adaptabilidad al proceso de extrusión de filamento PLA automatizado. Su diseño compacto e integrado permite una instalación más sencilla y ordenada en comparación con otras opciones, reduciendo la cantidad de conexiones y posibles fallos eléctricos, además, su compatibilidad con múltiples firmwares como Marlin y Smoothieware la hace altamente versátil para ajustes específicos en el control de temperatura y velocidad de extrusión, otra función clave es su capacidad de expansión y conectividad , ya que cuenta con ventajas con puertos adicionales para sensores, pantallas LCD. Gracias a estas características, la MKS Gen L V1.0 se posiciona como una opción confiable y eficiente para la automatización del sistema de extrusión, asegurando estabilidad operativa y facilidad de mantenimiento.

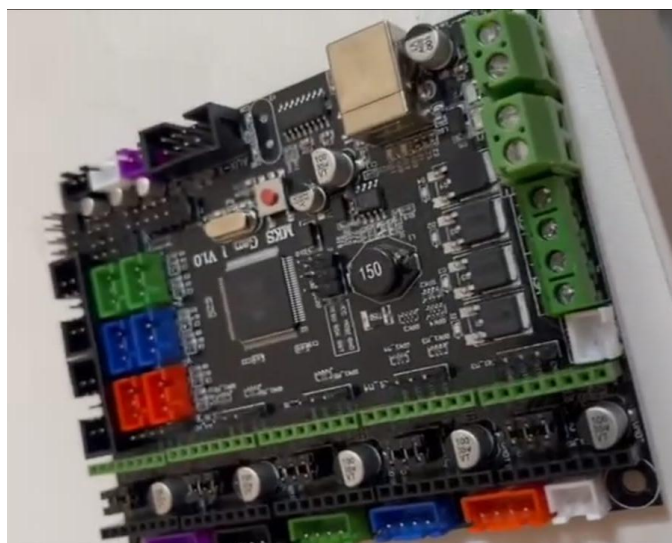


Figura 5. 18 MKS GEN L V1.0

### ***Sensor Final de Carrera Óptico***

Se implementará un sensor el cual nos ayude a detectar el desplazamiento de filamento durante su proceso de recolección con el objetivo de detectar interrupciones en el flujo de extrusión protegiendo así los demás sistemas, de acuerdo a la tabla de comparación al Anexo IV tabla 8.14 se optó por utilizar el sensor final de carrera óptico ya que garantiza una durabilidad y una respuesta rápida, su compatibilidad por el sistema de control de bajo voltaje y una instalación rápida es una opción apropiada.



Figura 5. 19 Sensor Final de Carrera Óptico

### ***Cables***

Para la alimentación de la plana MKS Gen L V1.0 y para el Drivers del motor Nema 23 se utilizó el cable AWG #18 de acuerdo a las especificaciones del fabricante ver tabla 4.17 cabe recalcar que se utilizó sistemas independientes para los dos componentes, el cual con la ayuda de un adaptador para alimentación DC hembra logramos alimentar a estos componentes.

**Tabla AWG**

Calibre	Mils circulares	Diámetro mm	Amperaje
7	20,818	3.67	44.2
8	16,509	3.26	33.3
9	13,090	2.91	26.5
10	10,383	2.59	21.2
11	8,234	2.30	16.6
12	6,530	2.05	13.5
13	5,178	1.83	10.5
14	4,107	1.63	8.3
15	3,257	1.45	6.6
16	2,583	1.29	5.2
17	2,048	1.15	4.1
18	1,624	1.02	3.2
19	1,288	0.91	2.6
20	1,022	0.81	2.0
21	810.1	0.72	1.6
22	642.4	0.65	1.2

Figura 5. 20 Tabla de cables AWG [30].

Para la conexión del Driver DM332T a la placa MKS GEN L V1.0 se utilizaron cables AWG #26 ya que estos conductores no transportan potencia si no brindan señales entre los dos componentes.

Calibre	Mils circulares	Diámetro mm	Amperaje
7	20,818	3.67	44.2
8	16,509	3.26	33.3
9	13,090	2.91	26.5
10	10,383	2.59	21.2
11	8,234	2.30	16.6
12	6,530	2.05	13.5
13	5,178	1.83	10.5
14	4,107	1.63	8.3
15	3,257	1.45	6.6
16	2,583	1.29	5.2
17	2,048	1.15	4.1
18	1,624	1.02	3.2
19	1,288	0.91	2.6
20	1,022	0.81	2.0
21	810.1	0.72	1.6
22	642.4	0.65	1.2
23	509	0.57	1.0
24	404	0.51	0.8
25	320	0.45	0.6
26	254	0.40	0.5

Figura 5. 21 Tabla de cables AWG [30].

### 5.1.6 Estructura

Para la selección del material de la estructura se estableció el perfil de Aluminio el cual nos proporcionara una opción fácil de poder ensamblar las piezas fijas y con la movilidad de las piezas que tienen movimiento aprovechando su diseño.

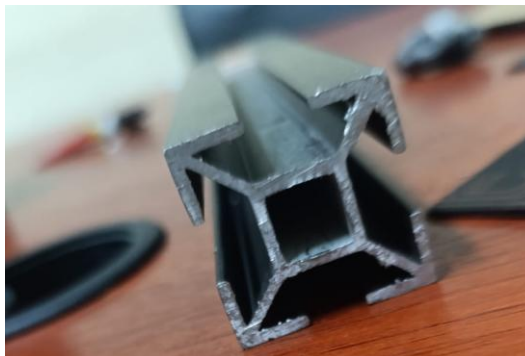


Figura 5. 22 Perfil de Aluminio 31 x 31.

Dadas las dimensiones recomendadas por la empresa Inpronix Solutions se estableció que las dimensiones de la extrusora sean: 460 mm de largo, 306 mm de ancho y 684 mm de alto, para lo que se estableció el uso de los perfiles de 31x31 para el transporte del filamento y demás soporte de la estructura y 31x62 el cual se obtiene juntando dos perfiles para la zona de extrusión, y zona inferior que soportaría los demás elementos mecánicos.

La estructura fue evaluada por diferentes simulaciones en software CAD la cual nos permitió ver su estabilidad y obteniendo un factor de seguridad de 10.

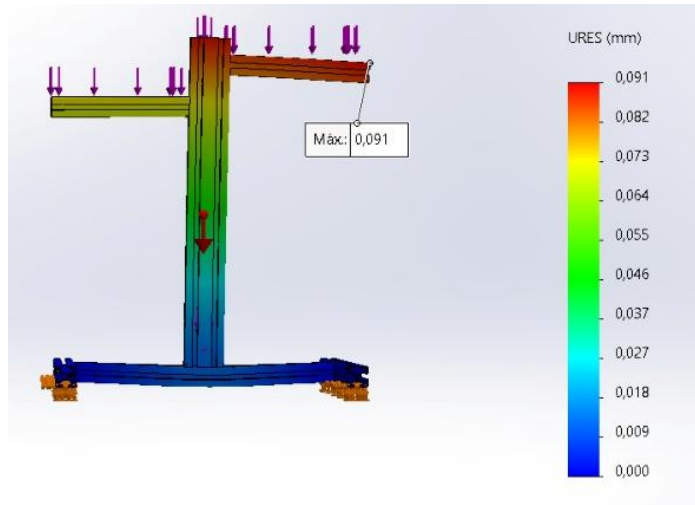


Figura 5. 23 Simulación de la deformación de la Estructura

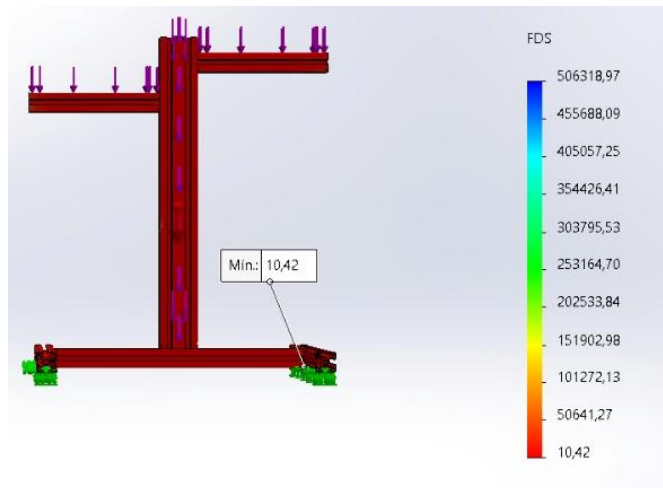


Figura 5. 24 Factor de seguridad de la Estructura

### 5.1.7 Selección de pernos

Para seleccionar los pernos los que sujetaran la estructura de la extrusora se tomó en cuenta el diámetro interno del perfil de aluminio seleccionando de esta manera unos pernos hexagonales M8x50.

d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
s	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
k	2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	8.8	10	11.5	12.5	14	15
Paso	0.7	0.8	1	1.25	1.50	1.75	2	2	2.5	2.5	2.5	3
b (est25)	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54
e	7.66	8.79	11.05	14.30	16.90	21.10	24.49	26.75	30.14	33.53	35.72	39.98

Calidad 6.8 Ref. Catálogo	Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13010502	13010707	13010912	6x35
13010503	13010708	13010913	6x40
13010504	13010709	13010914	6x45
13010505	13010710	13010915	6x50
13010506	13010711	13010916	6x55
13010507	13010712	13010917	6x60
13010508	13010713	13010918	6x65
13010509	13010714	13010919	6x70
13010510	13010715	13010920	6x75
13010511	13010716	13010921	6x80
13010512	13010717	13010922	6x90
13010513	13010718	13010923	6x100
13010514	13010719	13010924	6x110
13010515	13010720	13010925	8x30
13010516	13010721	13010926	8x35
13010517	13010722	13010927	8x40
13010518	13010723	13010928	8x45
13010519	13010724	13010929	8x50



Figura 5. 25 Catalogo de pernos Hexagonales

Para seleccionar los pernos que sujetaran el motor Nema 23 y demás componentes al nivel necesario se seleccionó los pernos de cabeza tipo Allen M4x10mm medida definida por el fabricante por los puntos de fijación roscados.

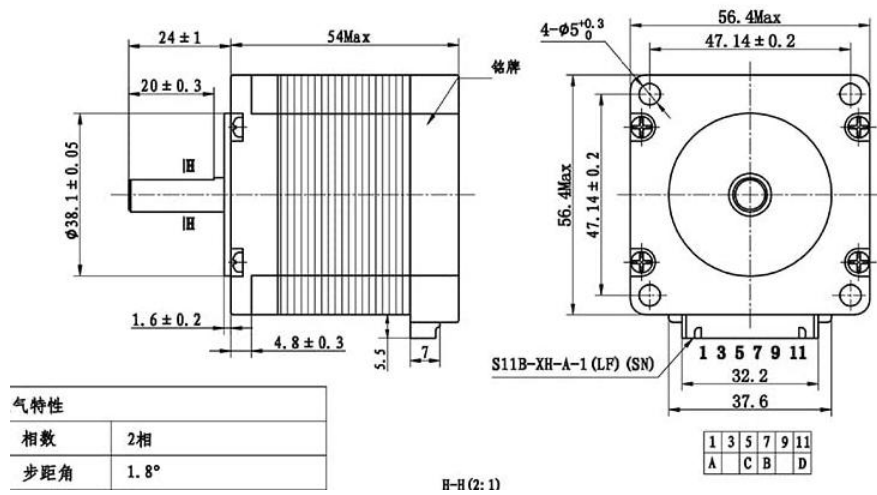



Figura 5. 26 Diagrama del Motor Nema 23 [31].

En la figura 5.25 muestra las especificaciones del perno elegido

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24
D	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	36
s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	19
k	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	22	24
b	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48	52	60
e	-	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	13,72	16,00	16,00	19,44	21,73



Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13011099	13011320	13011541	3x6
13011100	13011321	13011542	3x8
13011101	13011322	13011543	3x10
13011102	13011323	13011544	3x12
13011103	13011324	13011545	3x14
13011104	13011325	13011546	3x16
13011105	13011326	13011547	3x20
13011106	13011327	13011548	3x25
13011107	13011328	13011549	3x30
13011108	13011329	13011550	3x35
13011109	13011330	13011551	4x6
13011110	13011331	13011552	4x8
13011111	13011332	13011553	4x10
13011112	13011333	13011554	4x12
13011113	13011334	13011555	4x14
13011114	13011335	13011556	4x16
13011115	13011336	13011557	4x18
13011116	13011337	13011558	4x20

Figura 5. 27 Catalogo de pernos Allen [32].

Para el motor Nema 17 se seleccionó el perno de cabeza tipo Allen M3x6mm medida definida por el fabricante por los puntos de fijación roscados del motor.

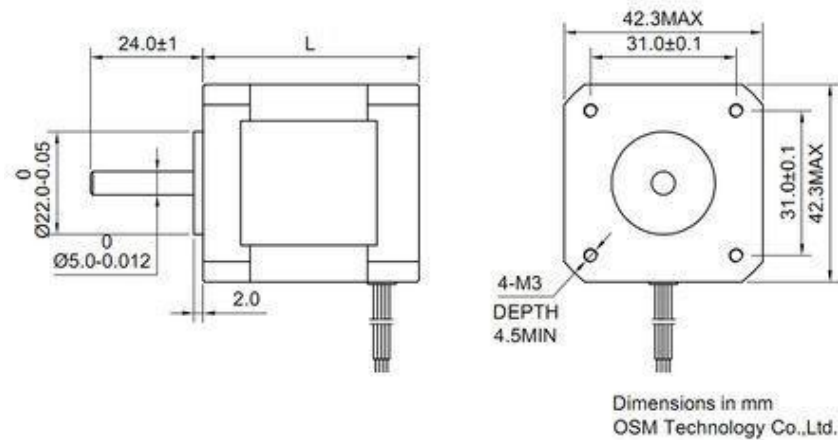


Figura 5. 28 Diagrama del Motor Nema 17 [33].

En la figura 4.17 muestra las especificaciones del perno elegido

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24
D	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	36
s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	19
k	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	22	24
b	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48	52	60
e	-	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	13,72	16,00	16,00	19,44	21,73

Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13011099	13011320	13011541	3x6
13011100	13011321	13011542	3x8
13011101	13011322	13011543	3x10
13011102	13011323	13011544	3x12
13011103	13011324	13011545	3x14
13011104	13011325	13011546	3x16
13011105	13011326	13011547	3x20
13011106	13011327	13011548	3x25
13011107	13011328	13011549	3x30
13011108	13011329	13011550	3x35
13011109	13011330	13011551	4x6
13011110	13011331	13011552	4x8
13011111	13011332	13011553	4x10
13011112	13011333	13011554	4x12



Figura 5. 29 Catalogo de pernos Allen [32].

### ***Tuerca en T***

Debido al uso del perfil de aluminio 30x30 y 30x60 para la estructura se seleccionó la tuerca en T M4 la cual en conjunto con los pernos anteriormente seleccionados servirán para fijar de una manera eficiente los motores y demás componentes.



Figura 5. 30 Tuerca en T M4

## 5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA

Una vez realizado los cálculos de manera manual y las simulaciones para verificar el correcto funcionamiento a través de software de simulación y la selección de materiales se empezó con la construcción física de la maquina extrusora de filamento de PLA reciclado empezando con la fabricación de cada una de las piezas.

### 5.2.1 Impresión de piezas en 3D

La mayor parte de la maquinaria está fabricada con material PETG, un polímero altamente resistente y adecuado para aplicaciones industriales. Posteriormente las piezas fueron fabricadas mediante impresión 3D, garantizando una alta precisión en los detalles y una integración eficiente en el ensamblaje de la maquinaria.



Figura 5. 31 Proceso de impresión de las piezas diseñadas.

Tras el proceso de impresión de las piezas, se llevó a cabo un recubrimiento con una capa de resina epoxica con la finalidad de mejorar sus propiedades térmicas, esto permitió aumentar la resistencia al calor hasta los 270°C, lo que garantiza una mayor durabilidad y estabilidad estructural.



Figura 5. 32 Proceso de recubrimiento de las piezas impresas.

Para garantizar un acabado óptimo, el recubrimiento con resina debe someterse a un proceso de secado por aproximadamente 24 horas, durante este tiempo la resina se endurece asegurando una adhesión uniforme y una mayor resistencia mecánica.



Figura 5. 33 Piezas recubiertas con resina epoxica

### 5.2.2 Estructura Mecánica

Para el ensamblaje de la estructura mecánica se realizaron los cortes correspondientes en el perfil, permitiendo así el armado de la estructura que soportará todas las piezas y donde serán integradas las principales funciones de la extrusora de PLA.

Para garantizar que la estructura pueda soportar adecuadamente la maquinaria es fundamental establecer puntos de apoyo estratégicos, estos puntos de soporte contribuirán a distribuir el peso de manera uniforme reduciendo las vibraciones y mejorando la estabilidad del conjunto.



Figura 5. 34 Soporte con puntos de apoyo para la estructura de la maquina

### 5.2.3 Zona de Alimentación

Con la guía previamente instalada procedemos a posicionar la tolva a la altura del soporte asegurando su alineación con el cilindro, el cual se acoplará a lo largo de la línea guía para garantizar un montaje preciso y estable



Figura 5. 35 Instalación de la tolva con cilindro

### 5.2.4 Zona de Extrusión

El sistema de extrusión se ubicará en la parte superior de la estructura donde será fijado de manera segura para garantizar un funcionamiento óptimo, esta posición facilita el flujo del material asegurando una extrusión uniforme y controlada.



Figura 5. 36 Sistema de Extrusión

Para la instalación del soporte de los calefactores se aseguró su correcta alineación con el sistema de alimentación con el objetivo de prevenir el desgaste prematuro o fallas en su funcionamiento, además se emplearon pernos y tuercas en T garantizando la firmeza del montaje.

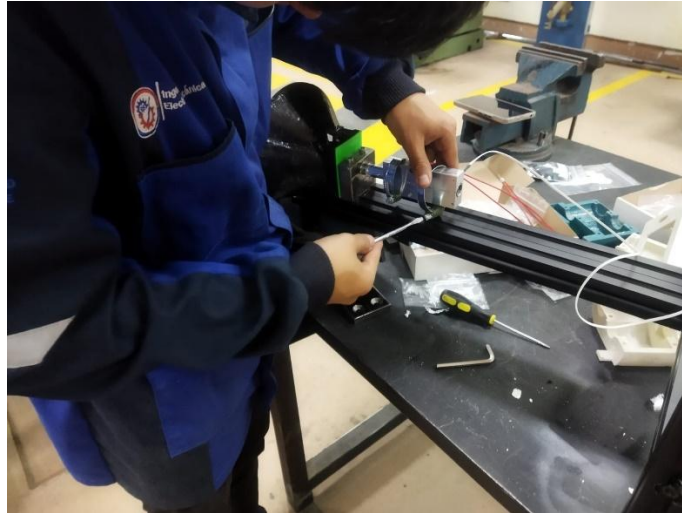


Figura 5. 37 Sistema de Calentamiento.

Para colocar el sistema de calentamiento se ubicará sobre una estructura de soporte donde se instalará los calefactores y el termistor para garantizar un control preciso de la temperatura y asegurar una fijación estable y eficiente.



Figura 5. 38 Sistema de calentamiento

Para la instalación de la matriz se utilizará una boquilla de 1.7 mm con un acople al final del cilindro el cual se encargará dar forma al material extruido.



Figura 5. 39 Matriz

### 5.2.5 Zona de Recolección

El sistema de refrigeración se instalará en la estructura, optimizando la disipación de calor y asegurando un funcionamiento eficiente del equipo, el cual junto al recorrido que realizará el filamento hacia el proceso de bobinado se encargará de enfriar el filamento.



Figura 5. 40 Sistema de refrigeración

En el perfil de aluminio se acoplará el motor paso a paso Nema 17 junto con su base y la guía destinada a dirigir el filamento extruido optimizando su trayectoria y asegurando un flujo continuo.



Figura 5. 41 acoplamiento de guía y Nema 17

Una vez instalado el perfil con el sistema de regulación de movimiento, se montará la parte deslizante, diseñada para optimizar el desplazamiento y garantizar un movimiento preciso y uniforme durante la recolección del material.

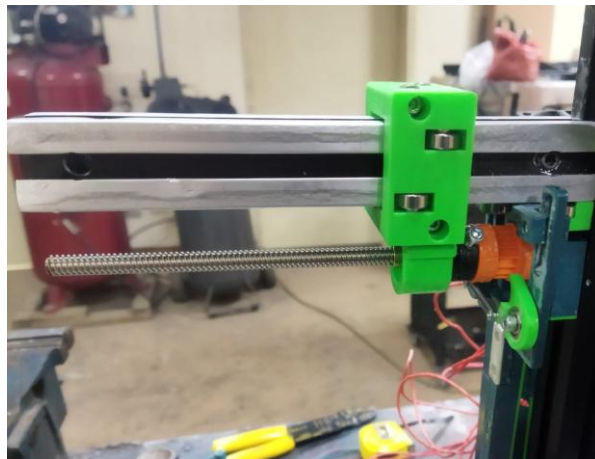


Figura 5. 42 Parte deslizante

Se instalará la banda de transmisión la cual sincronizará el movimiento del motor con las piezas encargadas de accionar la porta carrete esta configuración garantizará un desplazamiento suave y controlado, permitiendo un enrollado uniforme del filamento.



Figura 5. 43 Banda transportadora y piezas para carrete

## 5.2.6 Zona de Control

### *Circuito Electrónico*

El circuito Eléctrico se lo conectara de acuerdo a los planos electrónicos en el Anexo VII y en el Anexo IX de la siguiente forma:

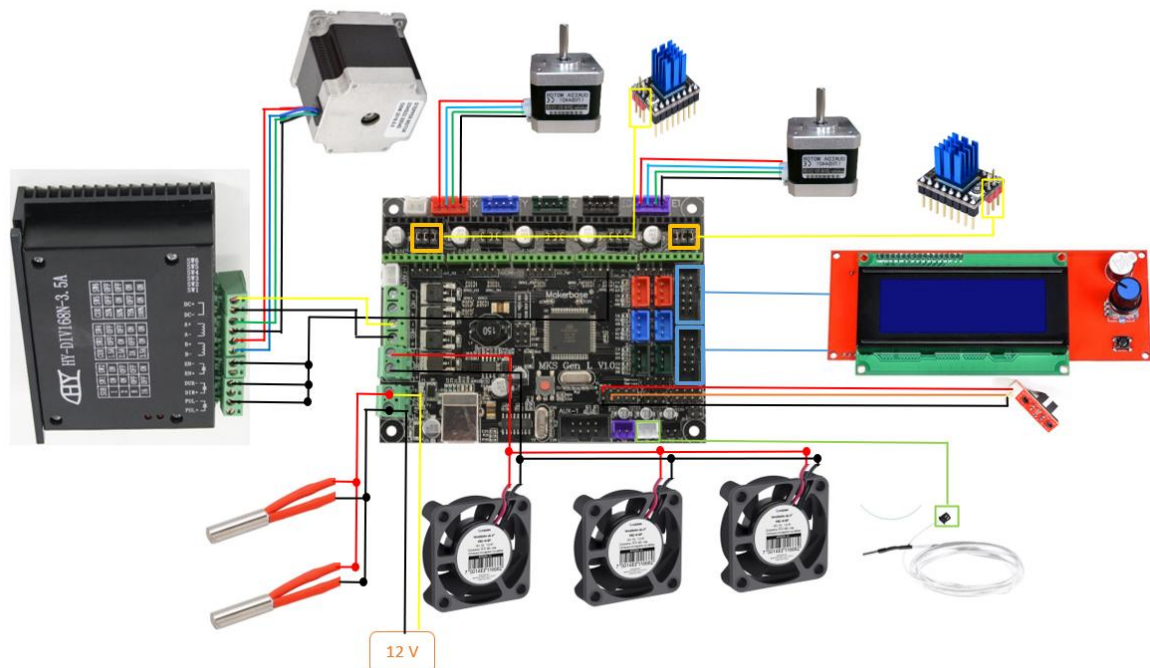


Figura 5. 44 Circuito Electrónico

Todo el sistema de Control se ubicará en la parte posterior de la maquina la cual es una ubicación estratégica pues no interfiere con las otras zonas y en caso de fallas este diseño permite un acceso rápido y sencillo para su inspección.

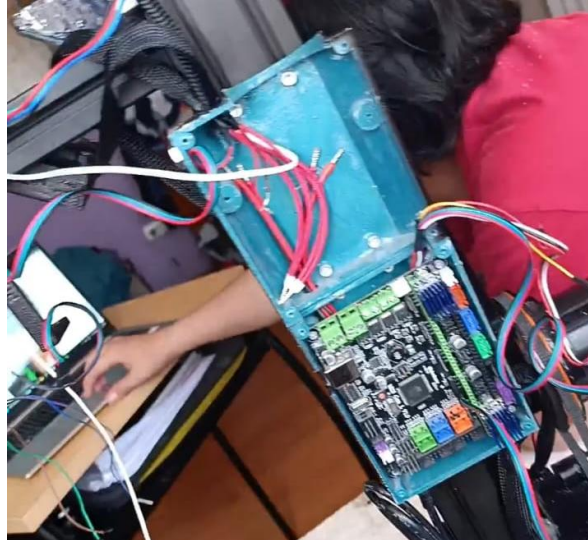


Figura 5. 45 Instalación del sistema de Control

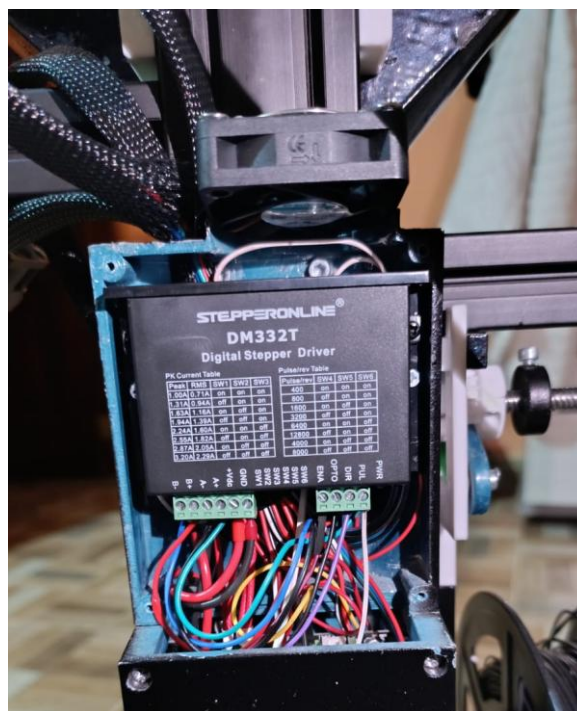


Figura 5. 46 Instalación del Sistema de Control

Ya que el sistema de control se encuentra en la parte posterior, la interfaz del usuario, el sensor óptico de final de carrera al igual que otros elementos de ubicaran en zonas estratégicas de la máquina.

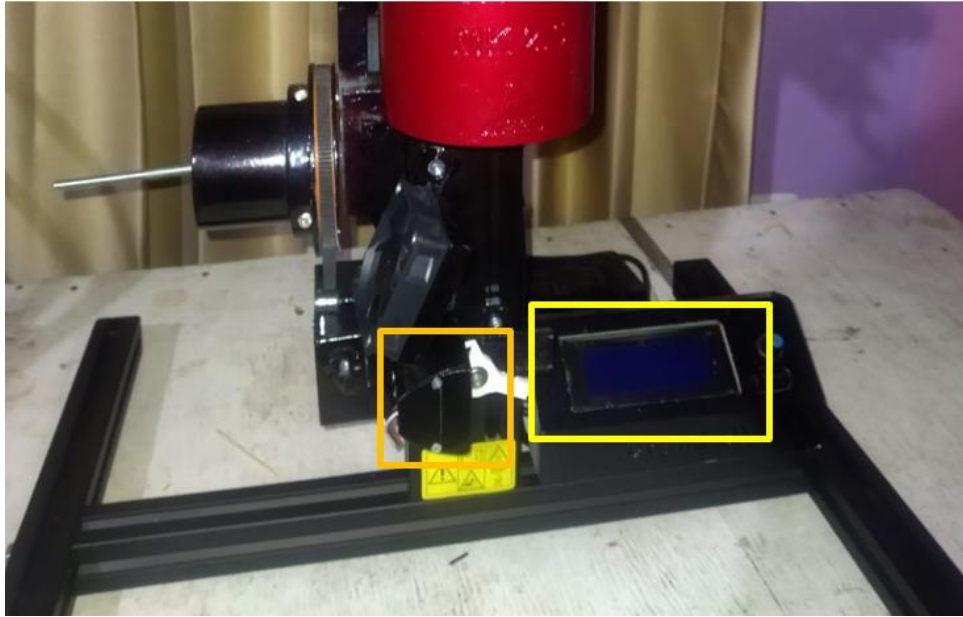


Figura 5. 47 Ubicación de partes del Sistema de Control

A continuación, se presentan los resultados producidos del proceso del diseño y construcción de la maquina extrusora de filamento PLA automatizada para el reciclaje de las impresiones 3D los se encuentran detallados en el Anexo VI al igual que su manual de funcionamiento en el Anexo II con su manual de mantenimiento en el Anexo I.



Figura 5. 48 Maquina Extrusora

## 5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

### 5.3.1 Pruebas Operativas

Para realizar las pruebas operativas es importante que el material reciclado haya sido sometido a un proceso de trituración previamente con la finalidad de garantizar un correcto funcionamiento de la máquina.












Figura 5. 49 Proceso de Trituración de Material



Figura 5. 50 Material utilizado para el proceso de extrusión

Tabla 5. 10 Pruebas Operativas

N°	Evidencia	Observaciones
1		<p>Temperatura: 200 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 7 Rpm</p> <p>Material deficiente extrusión no continua</p>
2		<p>Temperatura: 220 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 7 Rpm</p> <p>Material deficiente sobrecalentado, no tiene forma.</p>
3		<p>Temperatura: 140 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 7 Rpm</p> <p>Material deficiente no hubo fusión del material</p>
4		<p>Temperatura: 175 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 10 Rpm</p> <p>Material obtenido no mantiene un diámetro constante y presenta deformaciones a lo largo de su longitud</p>
5		<p>Temperatura: 170 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 15 Rpm</p> <p>Material presenta deformidades de baja magnitud.</p>

6		<p>Temperatura: 170 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 19 Rpm</p> <p>Material presenta un diámetro por debajo del valor estándar.</p>
7		<p>Temperatura: 175 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 19 Rpm</p> <p>Material deficiente sobrecalentado, no tiene forma.</p>
8		<p>Temperatura: 168 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 17 Rpm</p> <p>Material presenta una rigidez excesiva.</p>
9		<p>Temperatura: 165 °C</p> <p>Rpm del Tornillo extrusor: 15 Rpm</p> <p>Material óptimo para la disminución del espacio producido por los residuos.</p>

### 5.3.2 Validación de Resultados

Para poder establecer la uniformidad del diámetro del filamento se llevó a cabo mediciones del filamento cada 3m presentadas en la siguiente tabla

Tabla 5. 11 Validación del Diámetro

<b>Prueba</b>	<b>Diámetro</b>
<b>1</b>	1.80
<b>2</b>	1.60
<b>3</b>	1.70
<b>4</b>	1.70
<b>5</b>	1.70
<b>Promedio</b>	1.70

Como resultado de las pruebas realizadas se desarrolló el siguiente calculo donde nos permitió evidenciar el margen de tolerancia

$$Error = \frac{valor\ real - valor\ teorico}{valor\ teorico} \times 100$$

$$Error = \frac{1.70 - 1.75}{1.75} \times 100 = 2.86\%$$

Dando un margen de error del 2.86%

### 5.3.4 Calculo de Reducción de Volumen en los Residuos de Filamento

Para poder realizar una comparación entre la densidad del PLA de entrada con la del PLA de salida se lo realizara mediante su densidad la cual se obtiene por las siguientes formulas:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde

- $\rho$  es densidad
- $m$  es masa
- $v$  es volumen

Y para calcular el volumen del filamento se lo realiza con la siguiente formula

$$v = A \times L$$

Donde  $v$  es volumen

- $A$  es área
- $L$  es longitud

Finalmente es necesario obtener el Área del filamento determinada con la siguiente fórmula

$$A = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Donde:

- $A$  es el área
- $d$  es el diámetro del filamento

$$\rho_{entrada} = \frac{0.2925 \text{ kg}}{0.0009749 \text{ m}^3}$$

$$\rho_{entrada} = 299.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{salida} = \frac{0.2925 \text{ kg}}{A \times L}$$

$$\rho_{salida} = \frac{0.2925 \text{ kg}}{2.405 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 95 \text{ m}}$$

$$\rho_{salida} = \frac{0.2925 \text{ kg}}{2.28475 \times 10^{-4}}$$

$$\rho_{salida} = 1280.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A = \pi \times \left(\frac{1.75 \text{ mm}}{2}\right)^2$$

$$A = 2.405 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

## 5.4 ANÁLISIS ECONÓMICOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Para la evaluación económica de la extrusora de filamento se realizó un análisis de costos donde se determinó el costo total de la máquina, al igual que la estimación del VAN y TIR.

### 5.4.1 Costos Totales

Para el análisis de los costos generados por la fabricación de la maquina se distribuyeron en los siguientes parámetros que se muestran en la Tabla 5.11 los cuales se detallan en el Anexo V:

Tabla 5. 12 Costos Totales

Descripción	Precio
Materiales de Aluminio	67,00
Materiales de Acero inoxidable	167,00
Piezas Impresas en 3D	470,00
Equipos Electrónicos	246,00
Materiales varios	50,00
Mano de Obra (25%)	500,00
Total (\$)	1500,00

### 5.4.2 VAN y TIR

Para calcular el Valor Actual Neto (VAN) se requiere los siguientes datos:

Tabla 5. 13 Datos del VAN

Datos	
<b>Precio</b>	1500 USD
<b>Tasa de descuento (r)</b>	10,00%
<b>Vida Útil</b>	5 años
<b>Ingresos</b>	1022 USD
<b>Egresos</b>	550 USD
<b>Ingresos-Egresos</b>	472 USD

Con los siguientes Valores para calcular el Van se realiza mediante la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Para la tabla de flujo del VAN se realizó con el apoyo del software Microsoft Excel agilizando el análisis de los datos:

Tabla 5. 14 Tabla de Flujo

Tiempo (años)	Factor de Descuento	Flujo Neto	Flujo Acumulado
		-1500	
0	1	472,00	-1500
1	1,1	429,09	-1070,91
2	1,21	390,08	-680,83
3	1,33	354,62	-326,21
4	1,46	322,38	-3,82
5	1,61	293,07	289,25

El valor del VAN calculado es de 2389,16 USD el cual nos indica que el proyecto es rentable y a lo largo del tiempo generara ingresos para la empresa.

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) se empleó el software Microsoft Excel considerando el flujo de caja anteriormente calculado obteniendo un resultado de 14 % el cual nos indica una oportunidad atractiva de inversión.

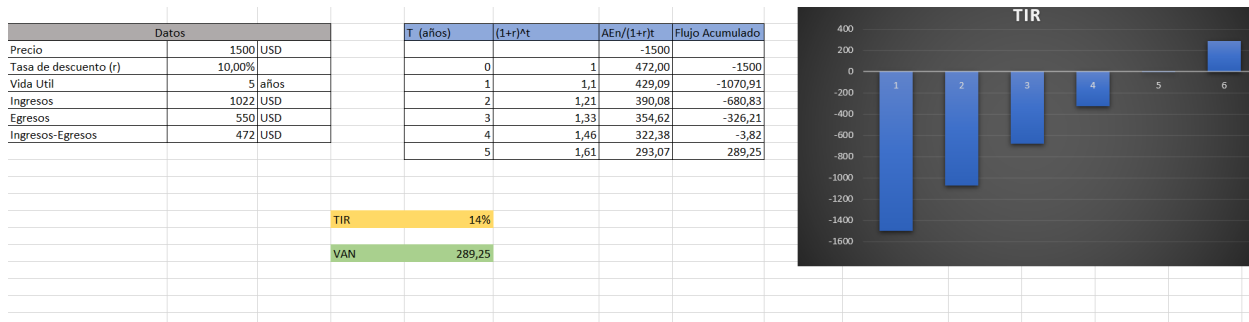


Figura 5. 51 Calculo de Van y TIR

El costo total de fabricación de la extrusora de filamento de PLA reciclado asciende a \$1,250.00, lo que representa una inversión inicial significativa para la empresa. Sin embargo, esta maquinaria expone un método eficaz en la disminución del espacio producido por los residuos originados por el proceso de manufactura que desarrolla la empresa, los cuales al no poseer una gestión eficiente causan una problemática de almacenamiento en la empresa. La cual a través del análisis realizado se evidencio que la maquina económicamente viable.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Una vez culminada las fases de diseño, construcción y pruebas de la extrusora de filamento de PLA automatizada, se exponen las conclusiones obtenidas en el desarrollo del proceso:

- La implementación de la extrusora de filamento de PLA en la empresa Impronics Solutions permitió establecer una solución funcional a la acumulación de residuos de filamento de PLA la cual se determinó a través del cálculo de la densidad del PLA a la entrada ( $299.8 \frac{kg}{m^3}$ ) y a la salida ( $1280.3 \frac{kg}{m^3}$ ) evidenciando una disminución del volumen ocupado por el material.
- Como resultado del diseño de la extrusora, se desarrollaron simulaciones obteniendo un factor de seguridad de 10 en la estructura y un factor de seguridad de 6 en el componente crítico de la máquina (tornillo extrusor) demostrando un sobredimensionamiento en el prototipo.
- Después de llevar a cabo pruebas de funcionamiento de la máquina donde se analizó el comportamiento de la misma bajo distintas velocidades y temperaturas se determinó que una velocidad de 15 rpm y una temperatura de 165 °C generó los mejores resultados en cuanto a la calidad superficial del filamento obteniendo de esta manera una velocidad y temperatura de operación idónea para el adecuado funcionamiento de la máquina.
- Dentro del proceso de validación de los resultados de la máquina se realizaron mediciones del filamento de PLA reciclado con la herramienta calibrador pie de rey obteniendo un error relativo del 2.86% siendo este un rango de valor aceptable para el proceso de extrusión.

### 6.2 RECOMENDACIONES

Para mejorar el rendimiento y garantizar una mayor eficiencia en el proceso de extrusión de filamento PLA, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere ajustar los parámetros de temperatura, velocidad del tornillo extrusor y del ventilador para mejorar la condición del filamento obtenido en diferentes condiciones y tipos de PLA reciclado.
- Se aconseja capacitar a los operarios de la máquina con respecto al correcto manejo y mantenimiento de la extrusora para garantizar su correcto uso y prolongar su vida útil.

- El PLA reciclado utilizado para el proceso de extrusión debe de cumplir con las características detalladas en el presente documento para asegurar que las condiciones del material sean óptimas para la extrusión y evitar fallas en el proceso.
- Se propone que futuros estudios se centren en la adaptación de la extrusora para el procesamiento de otros polímeros reciclables, como PETG o ABS, con el fin de ampliar su aplicabilidad y potencial en diversas industrias.
- Dado que aún no se ha determinado un uso específico para el filamento obtenido del proceso de extrusión, esta incertidumbre representa una oportunidad valiosa para investigaciones futuras sobre su reutilización y posible aplicación en otros procesos de fabricación.
- Para mejorar las propiedades del filamento se recomienda dar un tratamiento de secado al material previo al proceso de extrusión debido a que el PLA tiende a absorber la humedad del ambiente lo que afecta negativamente al filamento extruido.

## 7. REFERENCIAS

- [1] «LCCLombardi-TFG-IEE-2019.pdf». Accedido: 27 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/384/LCCLombardi-TFG-IEE-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] C. A. G. Acevedo, «Diseño de una Extrusora para Filamento de Impresión 3D».
- [3] «Descripción del proyecto: Extrusora de filamento para impresión 3d usando polímeros reciclados. | Medialab-Matadero Madrid». Accedido: 28 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.medialab-matadero.es/proyectos/39087/description>
- [4] R. P. Q. Sarsoza, «AUTOR: RICHARD SEBASTIÁN ALMEIDA GAVILANES».
- [5] A. Arévalo, R. Sebastián, O. Guaraca, y S. David, «Diseño de una máquina trituradora-extrusora de residuos de impresiones 3D para la empresa ALIUM EC ubicada en la ciudad de Cuenca».
- [6] E. F. Calderón Freire, L. Torres Gallegos, A. Ortega Espín, E. F. Calderón Freire, L. Torres Gallegos, y A. Ortega Espín, «Fabricación de material biodegradable a base de polímeros termoplásticos combinados con fibras cortas de lino», *FIGEMPA Investig. Desarro.*, vol. 7, n.º 1, pp. 32-38, jun. 2019, doi: 10.29166/revfigurav1i1.1402.
- [7] F. W. Billmeyer, *Ciencia de los polímeros*. Reverte, 2020.

- [8] D. G. Rethwisch, «WILLIAM D. CALLISTER, JR.».
- [9] «¿Qué es el termoplástico?. Tipos, características y ejemplos». Accedido: 18 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-termoplastico-caracteristicas-tipos-y-ejemplos-id37.htm>
- [10] J. V. Molina Osejos, «Caracterización de materiales termoplásticos de ABS y PLA semi-rígido impresos en 3D con cinco mallados internos diferentes», masterThesis, Quito, 2016., 2016. Accedido: 4 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/13064>
- [11] «Amazon.com: Paquete de filamento PLA para impresora 3D de 8 carretes de 0.069 in, 8 bobinas de colores populares: negro, blanco, rojo, azul, amarillo, naranja, verde lima, azul cielo, cada carrete 8.82 oz, : Industrial y Científico». Accedido: 4 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/filamento-PLA-impresora-3D-populares/dp/B0BQSKJF28>
- [12] K. A. Guerrero Escudero y M. Izquierdo Pastén, «Planta piloto de reciclaje de termoplásticos para la obtención de repuestos automotriz utilizados en impresoras 3D», 2019, Accedido: 18 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.cl/xmlui/handle/20.500.14396/734>
- [13] «3D Printer Filament Recycler: All You Need to Know», All3DP. Accedido: 21 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://all3dp.com/2/the-3d-printer-filament-recycler-s-guide/>
- [14] C. Rauwendaal, *Polymer extrusion*, 5th edition. Munich: Hanser Publishers, 2014.
- [15] «FIGURA 2.2. SECCIONES EN UN TORNILLO EXTRUSOR SIMPLE», ResearchGate. Accedido: 5 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-22-SECCIONES-EN-UN-TORNILLO-EXTRUSOR-SIMPLE\\_fig1\\_28795185](https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-22-SECCIONES-EN-UN-TORNILLO-EXTRUSOR-SIMPLE_fig1_28795185)
- [16] «Cómo controlar la temperatura de ajuste del proceso de moldeo por extrusora | SONGHU». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.songhu3dprint.com/article/how-to-control-the-setting-temperature-of-extruder-molding-process.html>
- [17] «Bausano: Líneas de Extrusión de Materias Plásticas y Compounding», Bausano & Figli. Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.bausano.com/es>

- [18] J. M. B. Velasco, «AUTORES: WILLIAM ALEJANDRO CRUZ ROSERO».
- [19] «TEMA\_4\_extrusion.pdf». Accedido: 4 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16897/1/TEMA\\_4\\_extrusion.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16897/1/TEMA_4_extrusion.pdf)
- [20] 3R Consejos de reciclaje, tu Ecosistema, *Como se FABRICA una extrusora de plastico CASERAA*, (11 de diciembre de 2022). Accedido: 5 de febrero de 2025. [En línea Video]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=Pg3x\\_NqQWTs](https://www.youtube.com/watch?v=Pg3x_NqQWTs)
- [21] S. Icochea, «Extrusoras de tornillo: Conoce sus sistemas de calentamiento - Blog IGC - Innovación en Geosintéticos y Construcción», IGC - Innovación en Geosintéticos y Construcción. Accedido: 18 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://igc.com.pe/extrusoras-de-tornillo-sistemas-calentamiento/>
- [22] «Resistencias Industriales Por Tipo de Material a Calentar - Resistencias Eléctricas Industriales», <https://juliomartineznaya.com/>. Accedido: 18 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://juliomartineznaya.com/resistencias-industriales-tipo-de-material-a-calentar/>
- [23] Mariano, «EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS | Tecnología de los Plásticos», EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS | Tecnología de los Plásticos. Accedido: 5 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- [24] «Nozzle», ARTME 3D. Accedido: 5 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://artme-3d.shop/products/nozzle>
- [25] «Boquilla Nozzle 0.4 Mm Impresora 3d 1.75mm Cnc MK8 MK7», MEGATRONICA. Accedido: 5 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://megatronica.cc/producto/boquilla-nozzle-0-4mm-1-75mm/>
- [26] «Enfriamiento y transferencia de calor en la extrusión de polímeros». Accedido: 18 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.pt-mexico.com/columnas/sistemas-de-enfriamiento-en-elemento-critico-en-extrusin>
- [27] «Extrusión filamentos | NUREL Biopolymers», NUREL. Accedido: 18 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://nurel.com/division-biopolimeros/procesos/extrusion-filamentos/>

- [28] J. F. A. Lozano, «AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO ECHETERDINGEN MODIFICANDO SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL PARA MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA SIMEX S.A.S».
- [29] «Desktop Filament Extruder MK2.5 Archive», ARTME 3D. Accedido: 3 de agosto de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.artme-3d.de/produkte/desktop-filament-extruder-mk2-5/>
- [30] «Tabla AWG Del Calibre para Transformadores | PDF | Technologie et ingénierie», Scribd. Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://fr.scribd.com/document/430449236/Tabla-AWG-del-calibre-para-trasformadores-docx>
- [31] R. Lozano, «¿Como usar motor Nema 23 con arduino?», Talos Electronics. Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/motor-nema-23>
- [32] «13-tornilleria-y-remaches.pdf». Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.echebarriasuministros.com/images/catalogo/13-tornilleria-y-remaches.pdf>
- [33] «Nema 17». Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hetprostore.com/nema-17/?srsltid=AfmBOoqUdcFdE7gr9VWzmHb8O95L2NjYF7Fsj5hNcAP6FvZ7ie2VtJw8>

## 8. ANEXOS

### *Anexo I*

#### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EXTRUSORA DE FILAMENTO PLA**

El mantenimiento preventivo de la Extrusora de Filamento de PLA es un proceso indispensable para garantizar su correcto funcionamiento, prolongar su vida útil y evitar fallos durante la extrusión a continuación se detallará un plan de mantenimiento preventivo:

<b>Mantenimiento Preventivo al Finalizar el Proceso de Extrusión:</b> Cada vez que la extrusora ha finalizado un solo ciclo de trabajo, es recomendable realizar una serie de acciones que permitirán evitar la acumulación de residuos en el sistema y garantizar su correcto funcionamiento en futuras operaciones.	
<b>Actividad</b>	<b>Procedimiento</b>
Limpieza de la Boquilla	<ul style="list-style-type: none"><li>•Realizar la limpieza mientras la boquilla aún se encuentra caliente, facilitando la eliminación del material adherido.</li><li>•Utilizar una aguja para retirar cualquier residuo de filamento atascado.</li><li>•En caso de acumulación excesiva, aplicar calor y retirar los residuos con una pinza</li></ul>
Revisión del Tornillo extrusor y el Cilindro	Se recomienda inspeccionar el tornillo extrusor y el cilindro para verificar que no haya acumulaciones de material que puedan afectar el flujo del filamento reciclado, si es posible, desmontar el tornillo y limpiarlo con un paño seco, asegurándose de que no presente desgaste excesivo.
Verificación del Motor	Se debe comprobar que el motor funcione correctamente y que no experimente sobrecalentamiento, ya que esto podría

	indicar una sobrecarga o un problema en la alimentación del material.
Limpieza de la Superficie Externa y Ajuste de Tornillos	Es recomendable retirar el polvo y los residuos de material acumulados en la estructura de la extrusora utilizando un paño seco. También se debe verificar que todas las conexiones eléctricas estén en buen estado y que los tornillos de fijación de los componentes se encuentren debidamente ajustados.

**Inspección Periódica de lo Componentes Claves:** Para garantizar un mantenimiento eficiente, se recomienda realizar inspecciones periódicas de los principales componentes de la extrusora

<b>Componente</b>	<b>Acción de Mantenimiento</b>	<b>Frecuencia Recomendada</b>	<b>Herramientas necesarias</b>
Boquilla	Limpieza con aguja y calor	Después de cada uso	Pinzas, aguja
Tornillo sinfín	Inspección y limpieza	Después de cada uso	Cepillo de latón
Cilindro	Retiro de residuos de material	Después de cada uso	Cepillo de latón
Motores y electrónica	Inspección de cables y conexiones	Mensualmente	Llaves, lubricante especial

**Seguridad y Recomendaciones:**

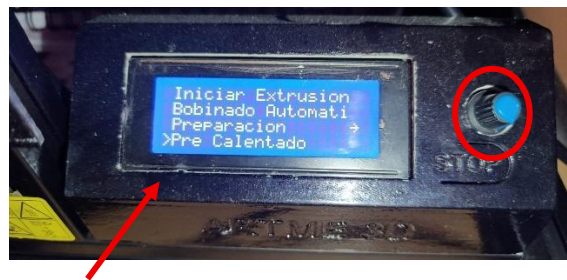
- Usar guantes térmicos y gafas de seguridad.
- No operar la maquina sin realizar las revisiones periódicas.
- Desconectar la maquina antes de cualquier intervención de mantenimiento.

Anexo II

**MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA EXTRUSORA DE PLA**





En el presente documento se detalla el proceso adecuado para el uso correcto de la extrusora de PLA, con el objetivo de optimizar su rendimiento y garantizar una operación eficiente, segura y prolongada en el tiempo.






Una vez que la pantalla LCD muestre la información del sistema, proceda a utilizar la perilla de navegación ubicada junto a la pantalla. Gírela en sentido horario o antihorario para desplazarse entre las diferentes opciones del menú. Continúe desplazándose hasta encontrar la opción 'Pre Calentado' y, una vez seleccionada, presione la perilla para confirmar. Este paso permitirá que la extrusora alcance la temperatura óptima antes de iniciar el proceso de extrusión.







Una vez que la opción 'Pre Calentado' haya sido correctamente seleccionada, la pantalla LCD mostrará la información correspondiente al estado de calentamiento de la extrusora. En ella se indicará la temperatura actual y la temperatura objetivo, la cual está preconfigurada en 180°C. Es importante esperar hasta que la extrusora alcance la temperatura establecida antes de continuar con el proceso de extrusión. Durante este tiempo, se recomienda verificar que el calentamiento sea uniforme y que no haya mensajes de error



<p>en la pantalla que puedan indicar un problema en el sistema.</p>	
<p>Para modificar la temperatura de precalentamiento ('Pre Calentado'), presione la perilla y gírela para desplazarse por el menú hasta encontrar la opción 'Control'. Luego, presione la perilla nuevamente para acceder a la configuración</p>	
<p>Seleccione la opción 'Temperatura' y presione la perilla para confirmar.</p>	
<p>Seleccionar la opción “Temperatura” presionando la perilla.</p>	
<p>Gire la perilla para seleccionar la temperatura deseada y, una vez configurada, presione la perilla para confirmar.</p>	

<p>En este menú también se puede ajustar la temperatura de precalentado a través de la opción “Pre Calentado con”, si es necesario.</p>	
<p>Desplácese hacia abajo hasta la opción 'Temperatura' para poder cambiar la temperatura de precalentado</p>	
<p>Escoger la temperatura que desea y aceptar presionando la perilla</p>	
<p>Para poder guardar los cambios realizados en la temperatura de precalentado es necesario guardar la información presionando la perilla en la opción “Almacenamiento”.</p>	
<p>Una vez finalizado el proceso de precalentamiento, se escuchará un pitido que indica que la extrusora ha alcanzado la temperatura deseada y está lista para su operación. En este punto, se puede proceder a poner en marcha la máquina. Para hacerlo, presione la perilla para salir al menú principal.</p>	

<p>Seleccione la opción 'Iniciar Extrusion' y presione la perilla para confirmar. Esto activará la extrusora y comenzará su funcionamiento.</p>	
<p>En este menú, tendrá la opción de modificar la velocidad de los motores que controlan el avance del filamento girando la perilla. Esta configuración puede ajustarse según las necesidades específicas de la extrusión, permitiéndole optimizar el flujo del material y adaptarse a diferentes tipos de filamento o requerimientos del proyecto.</p>	
<p>Para detener la extrusión, presione la perilla para salir al menú principal. Como se muestra en la imagen, aparecerá la nueva opción 'Pausar Extrusion'. Seleccione esta opción presionando la perilla para confirmar y detener la extrusión.</p>	
<p>La opción 'Enfriamiento' sirve para enfriar el proceso de extrusión. Para seleccionarla, simplemente gire la perilla hasta resaltar esta opción y presione para confirmar, de la misma manera que se seleccionan las demás opciones.</p>	
<p>Una vez haya finalizado este proceso y desee apagar la maquinaria, basta con desconectar el equipo. Esto apagará el equipo de manera segura.</p>	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS			
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
<i>Anexo III</i>			
Memoria de Cálculos			
CÁLCULOS RESPECTIVOS			
N° de ecuación		Calculo	Respuesta
(1)	Capacidad Volumétrica de la Tolva	$V = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + r^2 + Rr)$ $V = \frac{1}{3}\pi \times 9.2cm(9.4^2cm + 1.2^2cm + 9.4cm \times 1.2)cm$	$V = 974.9 \text{ cm}^3$
(2)	Masa del Material	$M = V \times D$ $M = 0.000975m^3 \times 300 \frac{kg}{m^3}$	$M = 0.2925 \text{ kg}$
(3)	Autonomía de la Tolva	$Autonomia \ de \ la \ Tolva = \frac{M}{Q}$ $Autonomia \ de \ la \ Tolva = \frac{0.2925 \text{ kg}}{2 \frac{kg}{h}}$	$A = 0.146 \text{ h}$
(4)	Diámetro del Tornillo Extrusor	$D = \sqrt{\frac{Q}{K \times N}}$ $D = \sqrt{\frac{2 \frac{kg}{h}}{0.001 \times 15rpm}}$	$D = 12 \text{ mm}$
(5)	Longitud del Tornillo Extrusor	$L = (L/D) \times D$ $L = (17.9) \times 12mm$	$L = 215 \text{ mm}$

(6)	Longitud de Zona de Alimentación	$Z_A = \% \times L$ $Z_A = 0.5 \times 215mm$	$Z_A = 107.5 mm$
(7)	Longitud de Zona de Compresión	$Z_C = \% \times L$ $Z_C = 0.3 \times 215mm$	$Z_C = 64.5mm$
(8)	Longitud de Zona de Dosificación	$Z_D = \% \times L$ $Z_D = 0.2 \times 215$	$Z_D = 43mm$
(9)	Paso de Rosca de Tornillo Extrusor	$P = (1.0 \sim 1.5) \times D$ $P = (1.25) \times 12mm$	$P = 15mm$
(10)	Profundidad de Canal de Rosca en la Zona de Alimentación	$h_A = \frac{D}{2.1 \text{ a } 2.5}$ $h_A = \frac{12mm}{2.18}$	$h_A = 5.5mm$
(11)	Profundidad de Canal de Rosca en la Dosificación	$h_D = \frac{D}{4.5 \text{ a } 5.5}$ $h_D = \frac{12mm}{4.6}$	$h_D = 2.6 mm$
(12)	Relación de Compresión en el Tornillo Extrusor	$CR = \left(\frac{h_A}{h_D}\right)^2$ $CR = \left(\frac{5.5mm}{2.6mm}\right)^2$	$CR = 4.5$

( 15 )	Potencia de Calentamiento	$P = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{t}$ $\frac{0.2925 \text{ kg} \times 1800 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (200 - 25)^\circ\text{C}}{3600\text{s}}$	$P = 25.6 \text{ W}$
( 16 )	Torque	$T = \frac{F \times D}{2\pi}$ $T = \frac{150 \text{ N} \times 0.012\text{m}}{2\pi}$	$T = 2.83\text{Nm}$
( 17 )	Velocidad Angular	$\omega = 2\pi \times \frac{N}{60}$ $\omega = 2\pi \times \frac{15}{60}$	$\omega = 1.57\text{rad/s}$
( 18 )	Holgura del Husillo	$\delta = 0.005 \times D$ $\delta = 0.005 \times 12\text{mm}$	$\delta = 0.06\text{mm}$
( 19 )	Diámetro interior del cilindro	$D_i = D + 2 \times \delta$ $D_i = 12\text{mm} + 2 \times 0.06\text{mm}$	$D_i = 12.12\text{mm}$
( 21 )	Flujo masico	$\dot{m} = \frac{Q}{C_p \times \Delta T}$ $\dot{m} = \frac{25.6 \text{ WW}}{1005 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (45 - 25)^\circ\text{C}}$	$\dot{m} = 0.00127 \text{ kg/s}$
( 22 )	Flujo volumétrico del aire	$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$ $\dot{V} = \frac{0.00127 \text{ kg/s}}{1.225 \text{ kg/m}^3}$	$\dot{V} = 0.00103 \text{ m}^3/\text{s}$
( 23 )	Potencia de la alimentación	$P = V \times I$ $P = 24 \text{ V} \times 6 \text{ A}$	$P = 144\text{W}$

*Anexo IV*

**Tablas Comparativas**

Tabla 8. 1 Comparativa de Termoplásticos

<b>Aspecto</b>	<b>PETG</b>	<b>PLA</b>	<b>ABS</b>
<b>Resistencia Térmica</b>	4	2	5
<b>Resistencia Mecánica</b>	4	3	5
<b>Resistencia a impactos</b>	4	2	5
<b>Contracción y deformación</b>	4	5	2
<b>Acabado Superficial</b>	4	5	3
<b>Costo</b>	4	5	3
<b>Total</b>	24	22	23

*Zona de Extrusión*

Tabla 8. 2 Tornillo Extrusor

<b>Aspecto</b>	<b>Acero Inoxidable (304/316)</b>	<b>Acero Aleado Nitrurado (4140/4340)</b>	<b>Acero con Recubrimiento Duro</b>
<b>Resistencia a la corrosión</b>	5	2	3
<b>Resistencia al desgaste</b>	4	5	5
<b>Conductividad Térmica</b>	4	5	5
<b>Peso</b>	5	4	3
<b>Durabilidad</b>	4	4	5
<b>Costo</b>	5	4	3
<b>Total</b>	27	24	24

Tabla 8. 3 Metales

<b>Aspecto</b>	<b>Acero A36</b>	<b>Acero inoxidable</b>	<b>Acero A588</b>
<b>Temperatura máxima de trabajo</b>	3	5	4
<b>Resistencia a la corrosión</b>	2	5	4
<b>Dureza</b>	3	4	5
<b>Conductividad Térmica</b>	4	3	3
<b>Durabilidad</b>	3	5	4
<b>Costo</b>	5	3	4
<b>Total</b>	20	25	24

Tabla 8. 4 Comparación de Cartuchos Calefactores.

<b>Aspecto</b>	<b>Cartuchos Calefactores Metálicos</b>	<b>Cartuchos Calefactores Flexible</b>	<b>Cartuchos Calefactores Cerámico</b>
<b>Material</b>	4	5	3
<b>Rango de temperatura</b>	5	3	4
<b>Resistencia a la Humedad</b>	3	4	3
<b>Tiempo de Calentamiento</b>	5	3	2
<b>Durabilidad</b>	4	5	3
<b>Costo</b>	4	3	5
<b>Total</b>	25	23	20

## Zona de Recolección

Tabla 8. 5 Tipo de Ventilador 50x50

Aspecto	Ventilador Axial 5015	Ventilador Axial 5010
Consumo de energía	3	4
Presión de aire	5	3
Velocidad	5	4
Nivel de ruido	3	4
Costo	4	5
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>20</b>

Tabla 8. 6 Tipo de ventilador 60x60

Aspecto	Ventilador Axial 6010	Ventilador Axial 6020	Ventilador Axial 6030
Consumo de energía	4	3	2
Presión de aire	2	4	5
Velocidad	3	5	4
Nivel de ruido	4	3	2
Costo	5	4	3
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>16</b>

Tabla 8. 7 Motor paso a paso para el Bobinado

Características	NEMA 17	NEMA 14	NEMA 23
Tamaño	4	5	3
Torque	4	2	5
Corriente de fase	4	3	2
Voltaje	5	3	2

<b>Potencia</b>	4	3	2
<b>Peso</b>	4	5	3
<b>Costo</b>	4	5	3
<b>Total</b>	29	26	20

**Zona de Control**

Tabla 8. 8 Comparación de motores paso a paso para el tornillo extrusor

<b>Características</b>	<b>NEMA 23</b>	<b>NEMA 24</b>	<b>NEMA 17</b>
<b>Tamaño</b>	4	3	5
<b>Torque</b>	4	5	0
<b>Corriente de fase</b>	4	3	5
<b>Voltaje</b>	4	3	5
<b>Potencia</b>	5	4	3
<b>Peso</b>	4	3	5
<b>Costo</b>	4	3	5
<b>Total</b>	29	24	28

Tabla 8. 9 Tipos de Interfaz con el usuario

<b>Aspecto</b>	<b>Pantalla LCD</b>	<b>Pantalla Táctil</b>
<b>Costo</b>	5	2
<b>Función</b>	2	5
<b>Complejidad de programación</b>	5	2
<b>Compatibilidad</b>	5	3
<b>Durabilidad</b>	4	3
<b>Total</b>	21	15

Tabla 8. 10 Drivers para el Nema 17

<b>Aspecto</b>	<b>TMC 2209</b>	<b>A4988</b>	<b>DRV 8825</b>
<b>Voltaje de operación</b>	4	3	5
<b>Ruido y vibración</b>	5	2	3
<b>Protecciones</b>	5	2	3
<b>Control de corriente</b>	5	3	4
<b>Eficiencia térmica</b>	4	2	3
<b>Precisión</b>	5	3	4
<b>Costo</b>	2	5	4
<b>Total</b>	30	20	26

Tabla 8. 11 Tipos de Drivers para el Nema 23

<b>Aspecto</b>	<b>HY DIV 168N 3.5A</b>	<b>TB6600</b>	<b>DM332T</b>
<b>Corriente máxima</b>	5	4	4
<b>Ruido y vibración</b>	3	3	5
<b>Protecciones</b>	3	3	5
<b>Precisión de movimiento</b>	3	4	5
<b>Eficiencia térmica</b>	3	3	4
<b>Costo</b>	4	4	2
<b>Total</b>	21	21	25

Tabla 8. 12 Tipos de Termistor

<b>Aspecto</b>	<b>Semitec 104GT-2</b>	<b>EPCOS B57560G104F</b>	<b>EPCOS 100K</b>
<b>Rango de temperatura</b>	4	5	4
<b>Tiempo de respuesta</b>	4	4	3
<b>Estabilidad térmica</b>	4	5	4
<b>Precisión</b>	4	5	4
<b>Compatibilidad</b>	5	2	2
<b>Costos</b>	4	3	4
<b>Durabilidad</b>	4	5	5
<b>Total</b>	29	29	26

Tabla 8. 13 Sistema de Control y Automatización

<b>Aspecto</b>	<b>MKS GEN L V1.0</b>	<b>RAMPS 1.4 + Arduino Mega 2560</b>	<b>MKS BASE V1.6</b>
<b>Procesador</b>	3	3	3
<b>Soporte de motor</b>	4	4	3
<b>Nº de extrusores</b>	2	2	1
<b>Salidas de calefacción</b>	4	4	3
<b>Alimentación</b>	4	3	3
<b>Pantallas compatibles</b>	4	4	3
<b>Facilidad de instalación</b>	5	3	5
<b>Costo</b>	4	5	4

<b>Compatibilidad de Drivers</b>	5	5	2
<b>PWM para ventiladores</b>	5	4	3
<b>Total</b>	41	39	34

Tabla 8. 14 Selección de sensores

<b>Aspecto</b>	<b>Sensor Óptico</b>	<b>Sensor Mecánico</b>	<b>Sensor Magnético</b>
<b>Precisión</b>	5	2	4
<b>Durabilidad</b>	5	3	4
<b>Sensibilidad</b>	3	4	5
<b>Ruido Mecánico</b>	5	2	5
<b>Facilidad de instalación</b>	4	5	3
<b>Tiempo de respuesta</b>	5	3	5
<b>Tamaño Compacto</b>	4	3	4
<b>Costo</b>	3	5	2
<b>Total</b>	34	27	32

Tabla 8. 15 Corrientes de componentes Electrónicos

<b>Componente</b>	<b>Consumo Estimado</b>
<b>MKS GEN L V1.0</b>	0.3 A
<b>Driver DM332T</b>	3 A
<b>Cartucho Calefactor (40W)</b>	1.6 A
<b>Ventiladores 50x15 x2</b>	0.10 A
<b>Ventilado 60x20</b>	0.15A
<b>LCD</b>	0.12A
<b>Sensor Óptico</b>	0.02 A
<b>Termistor</b>	0.01A
<b>Total</b>	5.3 A

## Anexo V

### Costos de los materiales de Aluminio

Tabla 8. 16 Materiales de Aluminio

Unidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
1	Perfil de aluminio (30x30x6000mm)	25,00	25,00
2	Elemento Calefactor	21,00	42,00
Total (\$)			67,00

### Costos de los materiales de Acero Inoxidable

Tabla 8. 17 Materiales de Acero Inoxidable

Unidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
1	Cilindro (eje de 16 $\varnothing$ x 160mm)	15,00	15,00
1	Soporte del cilindro (placa metálica 20x34.75x60mm)	15,00	15,00
1	Soporte del cilindro (placa metálica 20x15x60mm)	14,00	14,00
1	Soporte del motor (placa metálica 10x60x95mm)	20,00	20,00
5	Chavetas (2x4x20mm)	5,00	25,00
1	Eje (12 $\varnothing$ x 94 mm)	9,00	9,00
1	Eje (12 $\varnothing$ x 79 mm)	9,00	9,00
1	Tornillo Extrusor	60,00	60,00
Total (\$)			167,00

### Costo de piezas impresas en 3D

Tabla 8. 18 Piezas impresas en 3D

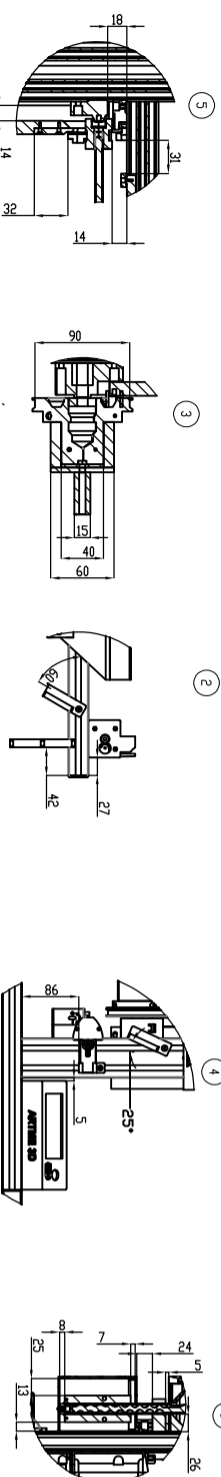
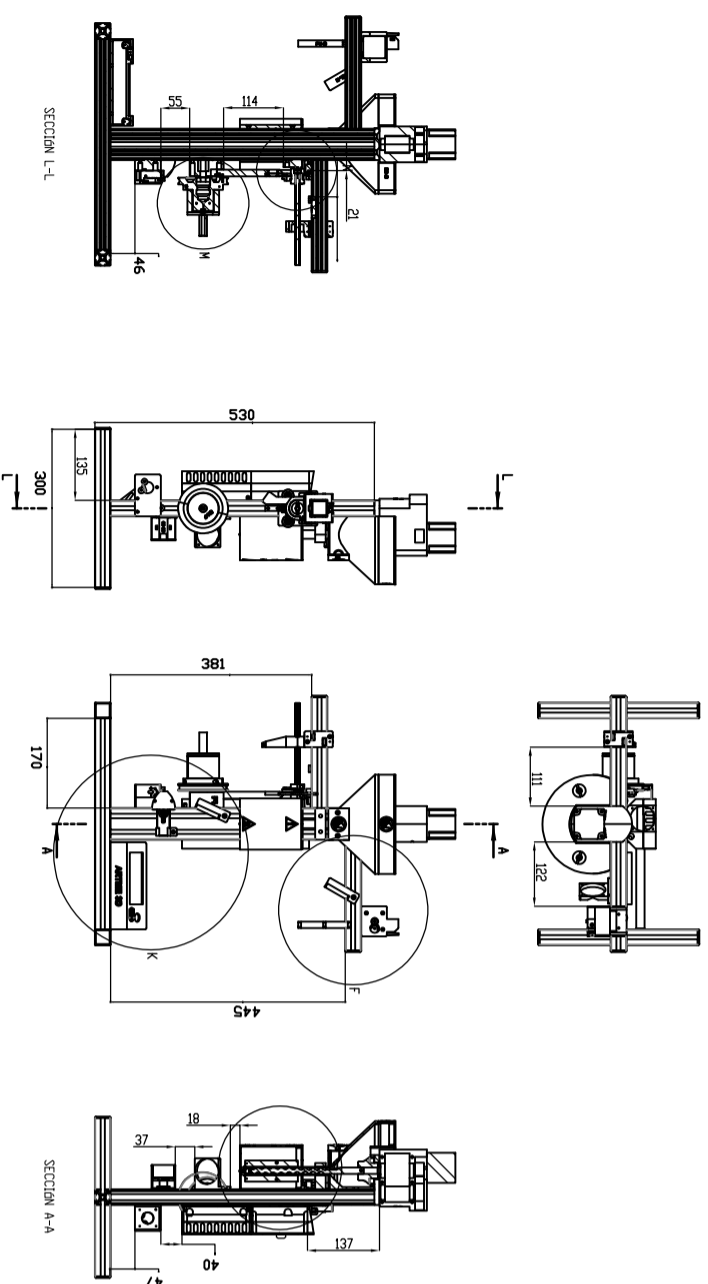
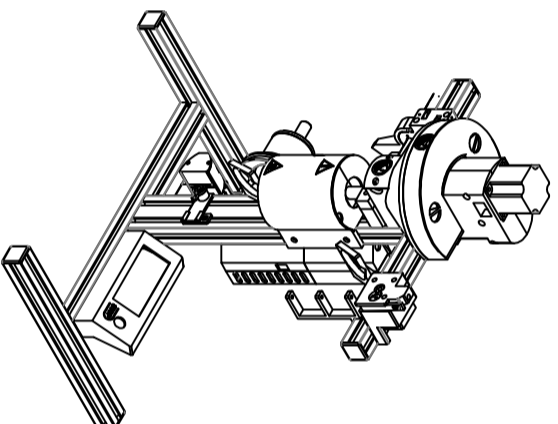
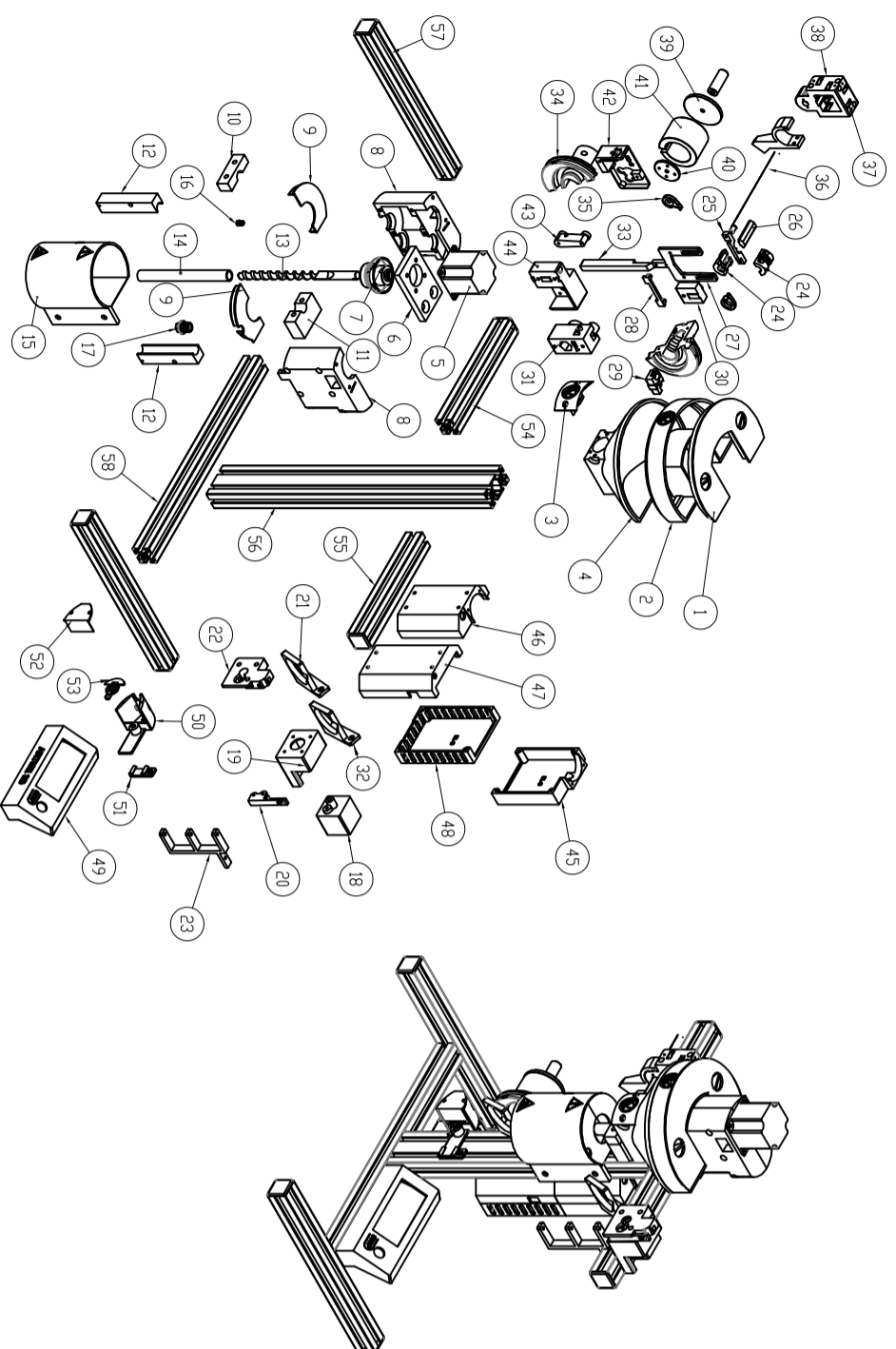
Unidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
6	Filamento PETG	20,00	120,00
	Impresiones en 3D	350,00	350,00
Total (\$)			470,00

### Costos de equipos electrónicos

Tabla 8. 19 Costos de Equipos Electrónicos

Unidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
1	Moto paso a paso Nema 23	45,00	45,00
2	Moto paso a paso Nema 17	15,00	15,00
1	Tarjeta MKS Gen L V1.0	69,00	69,00
1	Pantalla LCD	15,00	15,00
2	Calefactores	6,00	12,00
1	Termistor	4,00	4,00
1	Ventilador 60x60mm	6,00	6,00
2	Ventilador 50x50mm	5,00	10,00
1	Final de Carrera Óptico	4,00	4,00
2	Drivers TMC 2209	13,00	26,00
1	Driver HY-DIV168N-3.5A	40,00	40,00
Total (\$)			246,00

# *Anexo VI*



N° de Orden	N° de Piezas	Denominación	Material	Observaciones
1	1	Tapa de la Tolva	PETG	ZA-101
2	1	Ampliación Tolva	PETG	ZA-102
3	1	Tapa de Descarga	PETG	ZA-103
4	1	Tolva	PETG	ZA-104
5	1	Motor Nema 23		
6	1	Soporte Del Motor	Acero Inoxidable	ZE-201
7	1	Acoplador	PETG	ZE-202
8	2	Tapa Motor	PETG	ZE-203
9	1	Tapa Calefactor	PETG	ZE-204
10	1	Soporte de Cilindro 2	Acero Inoxidable	ZE-205
11	1	Soporte de Cilindro 1	Acero Inoxidable	ZE-206
12	2	Elemento Calefactor	Acero Inoxidable	ZE-207
13	1	Tornillo Extrusor	Acero Inoxidable	ZE-208
14	1	Cilindro	Acero Inoxidable	ZE-209
15	1	Carcasa Calefactor	PETG	ZE-210
16	1	Matriz Acoplador	Cobre	
17	1	Matriz Boquilla	Cobre	
18	1	Motor Nema 17		
19	1	Soporte de Motor	PETG	ZR-301
20	2	Soporte del Ventilador	PETG	ZR-302
21	1	Sujetador Filamento	PETG	ZR-303
22	1	Cubierta del Motor	PETG	ZR-304
23	1	Guía para Bobinado	PETG	ZR-305
24	2	Cubierta Tornillo sin Fin	PETG	ZR-401
25	1	Acoplador de Cambio	PETG	ZR-402
26	1	Guía del Perfil	PETG	ZR-403
27	1	Acoplador	PETG	ZR-404
28	1	Guía de Camino	PETG	ZR-405
29	1	Soporte de Cambio	PETG	ZR-406
30	1	Soporte de Tornillo Sin Fin	PETG	ZR-407
31	1	Soporte del Carrete	PETG	ZR-408
32	1	Soporte del Ventilador 2	PETG	ZR-409
33	1	Unión Carrete	PETG	ZR-410
34	1	Apoyo del Carrete	PETG	ZR-411
35	1	Apoyo del Carrete sin Fin	PETG	ZR-412
36	1	Tornillo sin Fin	Acero A36	
37	15	Ruliman		
38	1	Guía de Tornillo sin Fin	PETG	ZR-413
39	1	Guía del Filamento	PETG	ZR-414
40	1	Tapa Carrete	PETG	ZR-415
41	1	Acoplador Tapa Carrete	PETG	ZR-416
42	1	Base del Carrete	PETG	ZR-417
43	1	Tapa Motor Carrete	PETG	ZR-418
44	1	Ajuste Correas	PETG	ZR-419
45	1	Soporte Motor Carrete	PETG	ZR-420
46	1	Tapa de Soporte del Driver	PETG	ZC-501
47	1	Soporte del Driver	PETG	ZC-502
48	1	Tapa de la Tarjeta	PETG	ZC-503
49	1	Soporte de la Zona de Control	PETG	ZC-504
50	1	Soporte del LCD	PETG	ZC-505
51	1	Soporte de Sensor	PETG	ZC-506
52	1	Sujetador del Sensor	PETG	ZC-507
53	1	Tapa Sensor	PETG	ZC-508
54	1	Indicador del Sensor	PETG	ZC-509
55	1	Perfil 31x31 (210 mm)	Aluminio	
56	1	Perfil 31x31 (190 mm)	Aluminio	
57	1	Perfil 31x31 (600 mm)	Aluminio	
58	2	Perfil 31x31 (300 mm)	Aluminio	
59	1	Perfil 31x31 (400 mm)	Aluminio	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



INGENIERÍA

ELECTROMECAÁNICA

Fecha: 26/07  
 Dib. 28/07  
 Rev. 28/07  
 Apro 28/07

Nombre: J.R.C.G.Y B.N.R.R

LUIS MIGUEL NAVARRETE

LUIS MIGUEL NAVARRETE

Escala: 1:1

Número Lámina N° 1

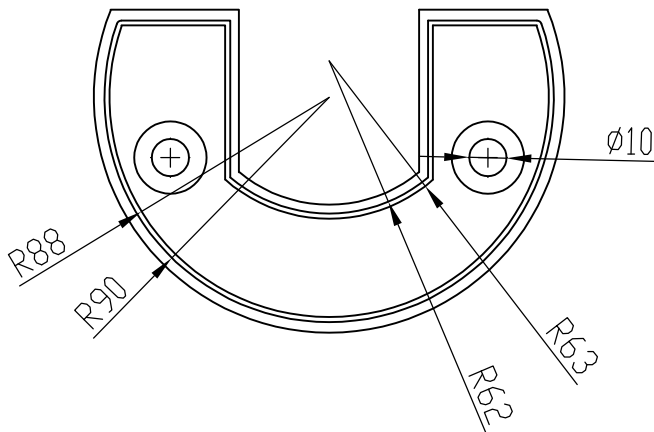
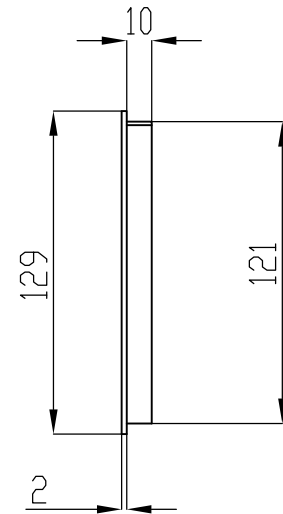
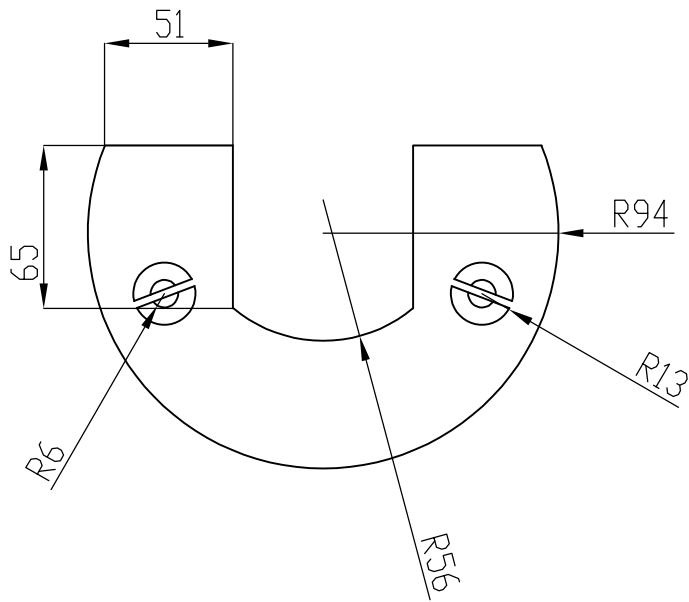
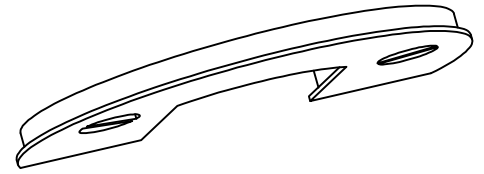
Código: EX-1

Materiales:

Tolerancias: ± 0.50 mm

Denominación:

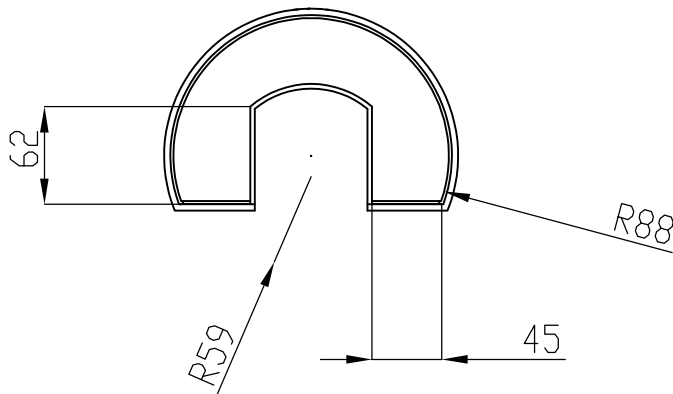
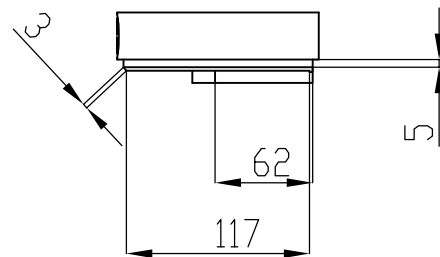
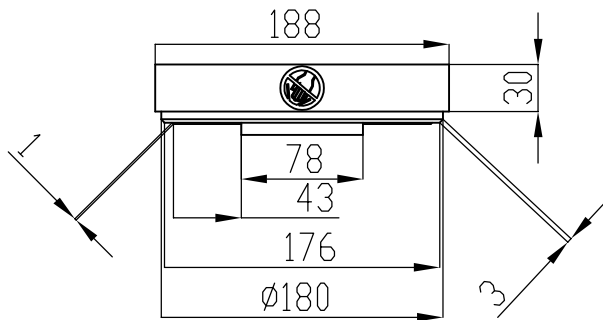
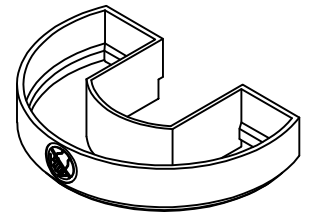
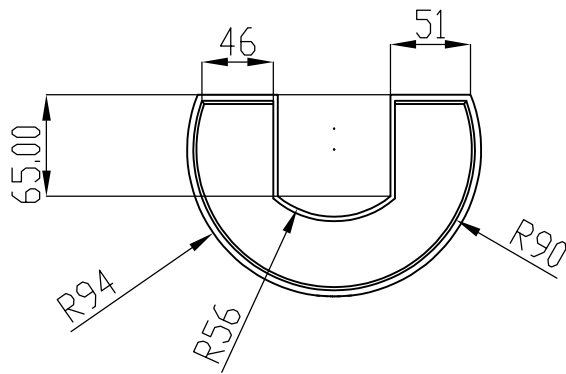
Extrusora de Filamento



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



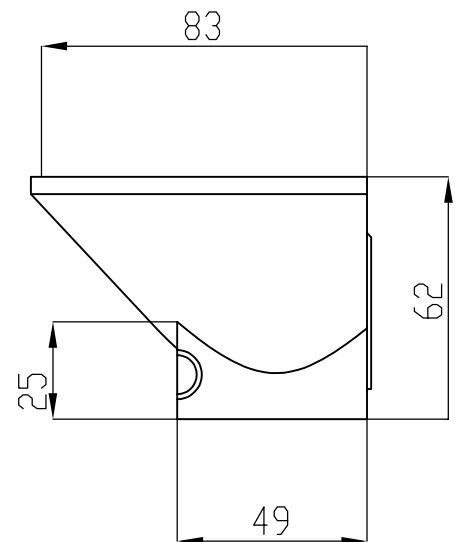
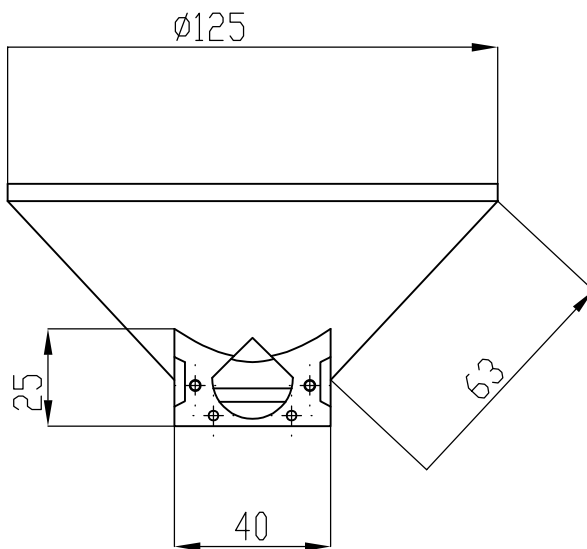
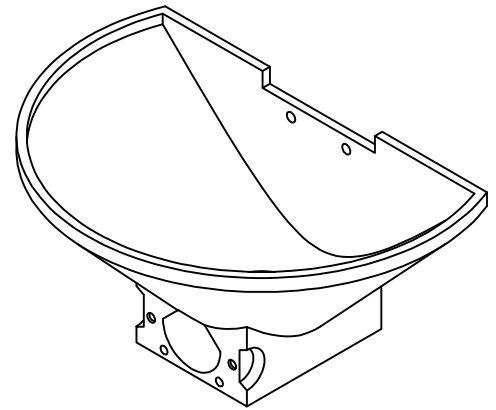
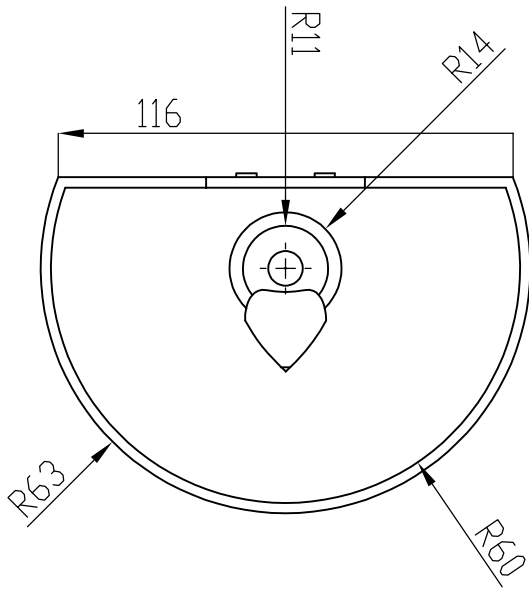
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	Nº 2	ZA-101	Tapa de la Tolva



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



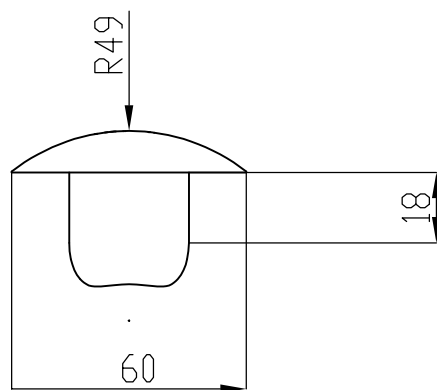
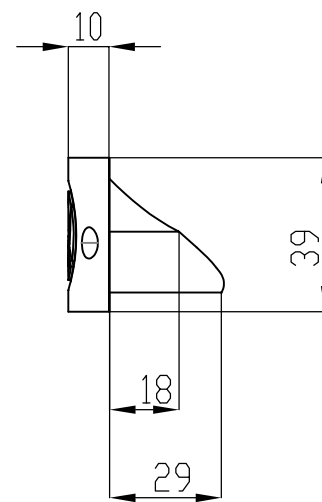
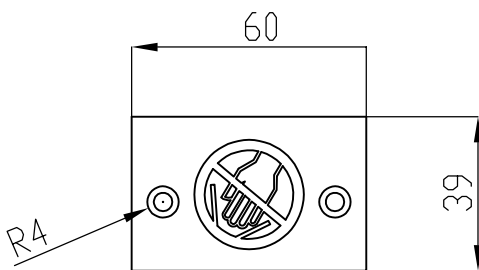
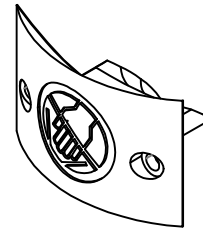
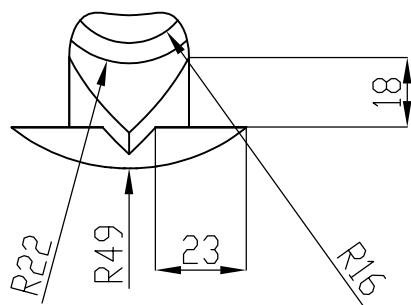
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:5		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 3	ZA-102	Ampliación Tolva



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



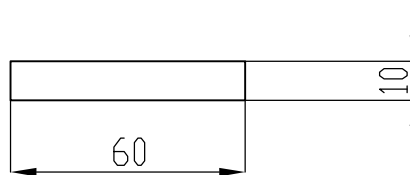
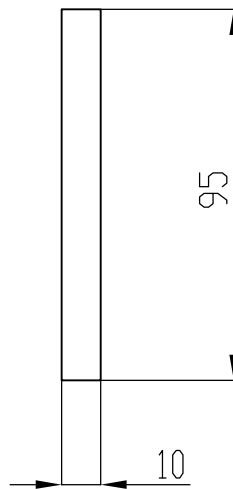
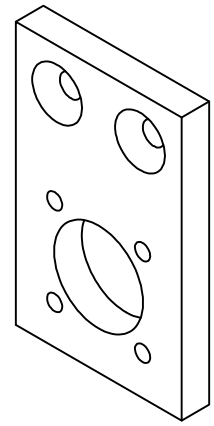
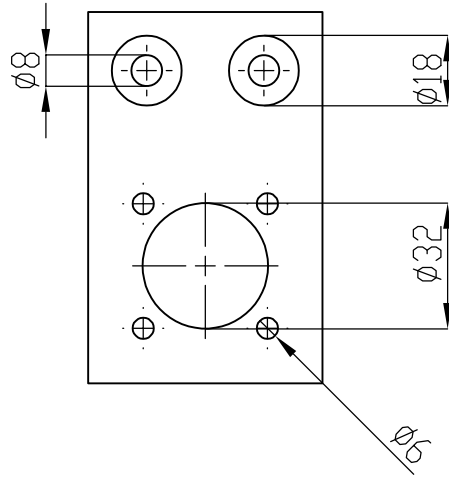
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:5		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 4	ZA-103	Tolva



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



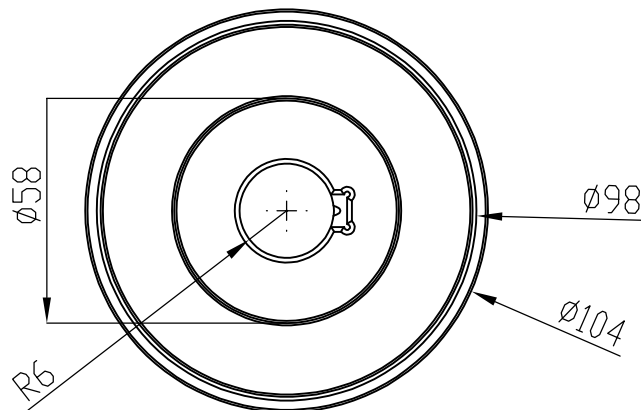
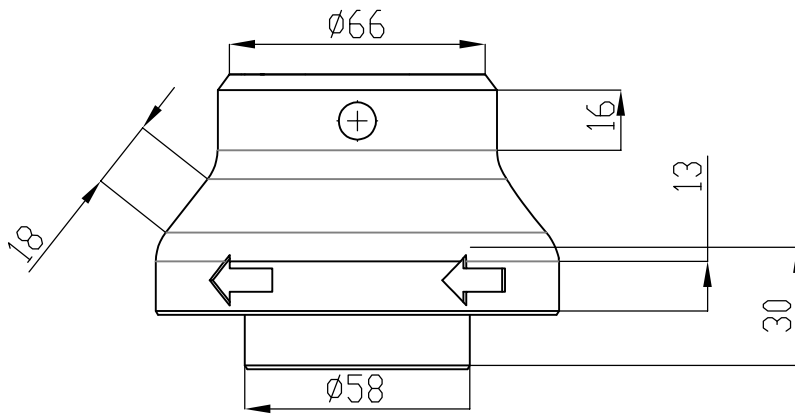
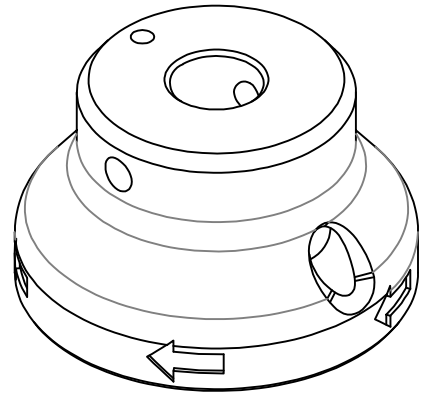
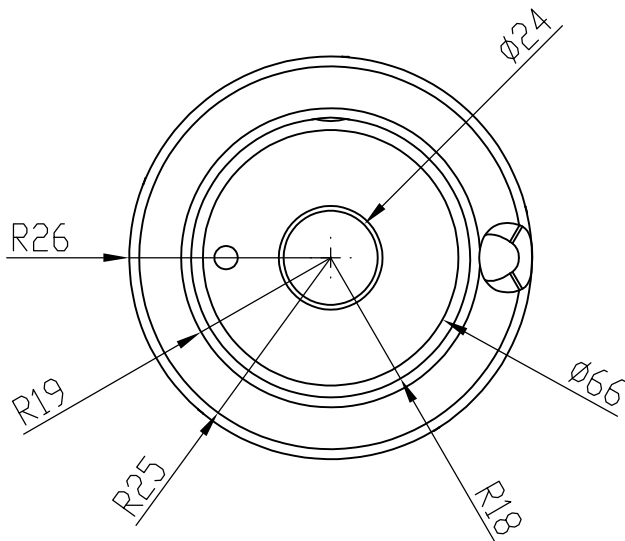
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 5	ZA-104	Tapa de Descarga



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



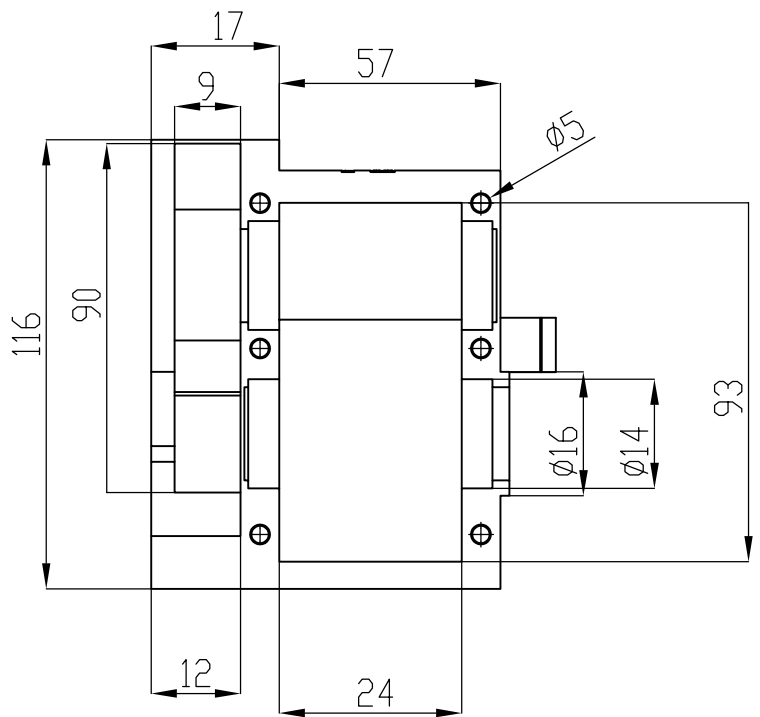
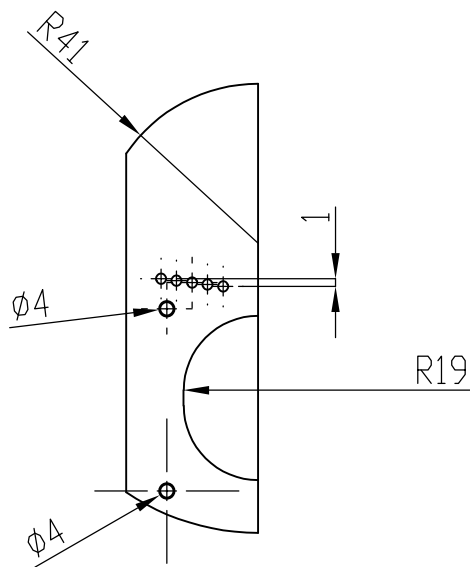
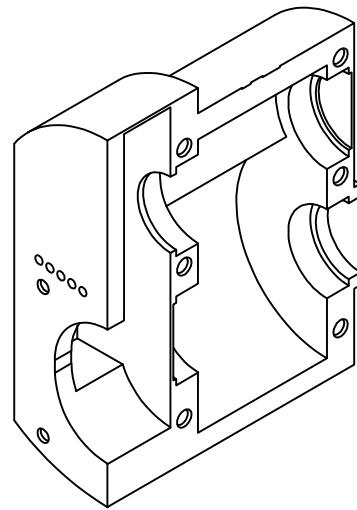
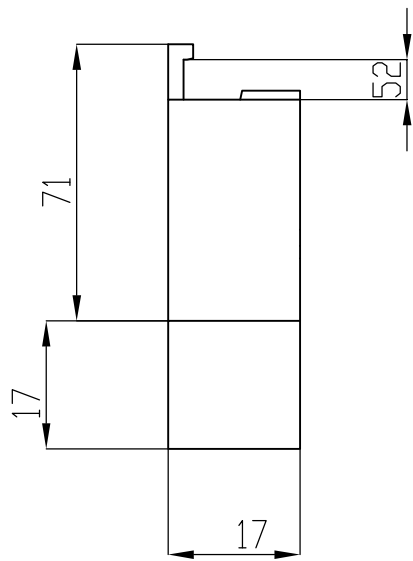
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Acero Inoxidable		± 0.50 mm	N° 6	ZE-201	Soporte del Motor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



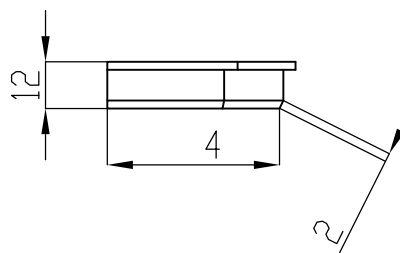
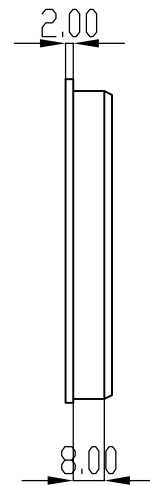
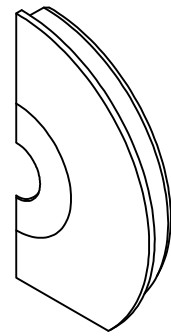
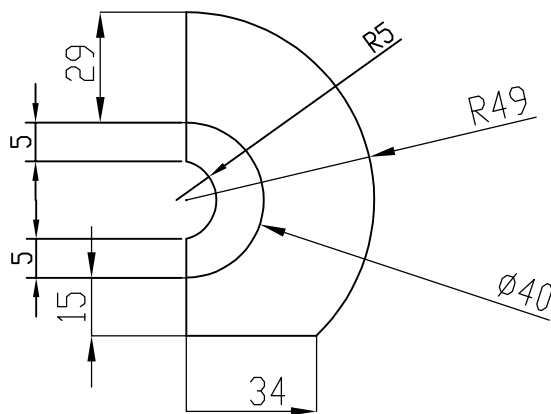
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		$\pm$ 0.50 mm	N° 7	ZE-202	Acoplador



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



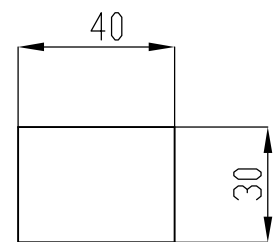
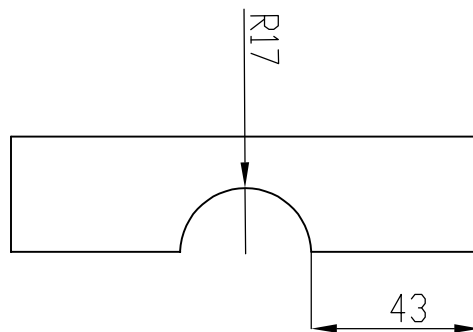
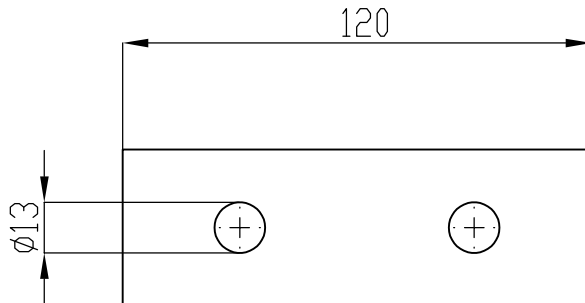
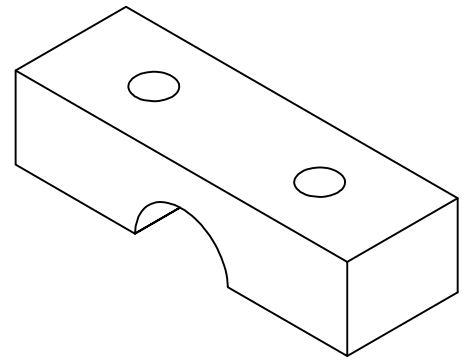
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 8	ZE-203	Tapa Motor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



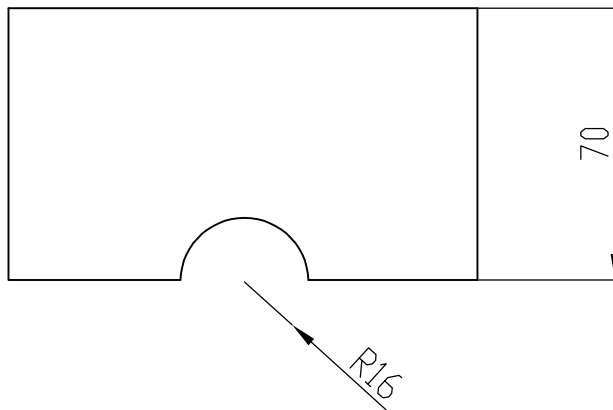
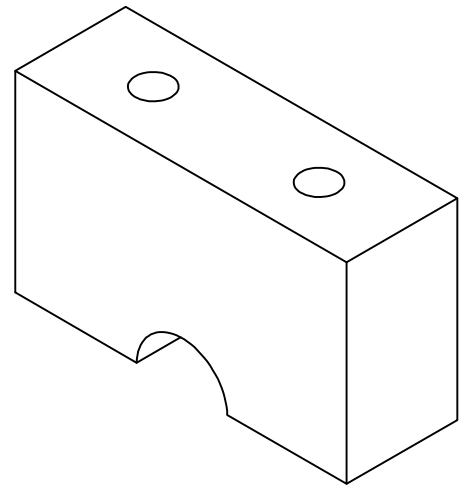
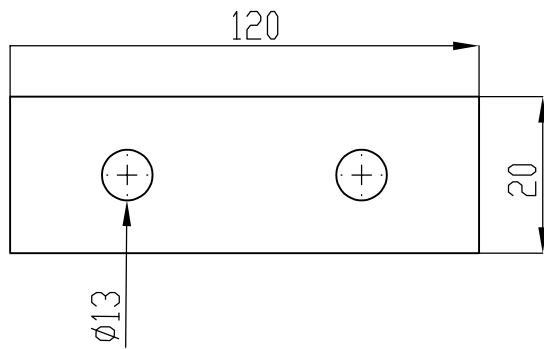
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	Nº 9	ZE-204	Tapa Calefactor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



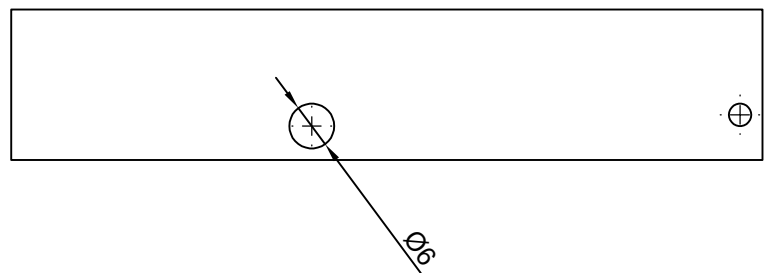
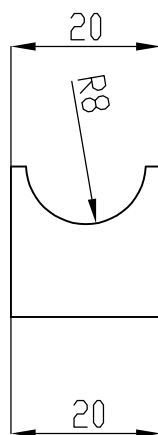
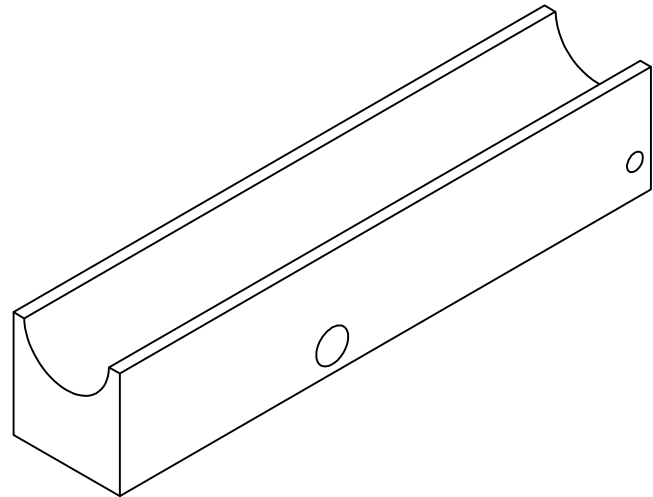
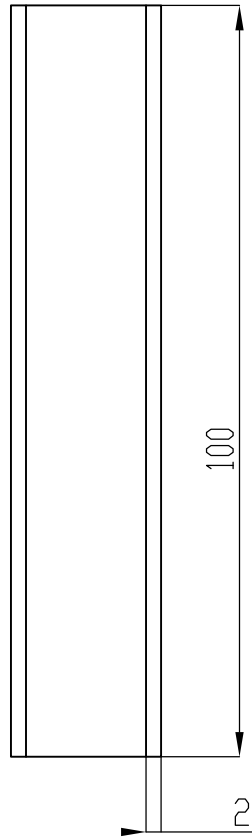
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Acero Inoxidable		$\pm$ 0.50 mm	N° 10	ZE-205	Soporte de Cilindro 2



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



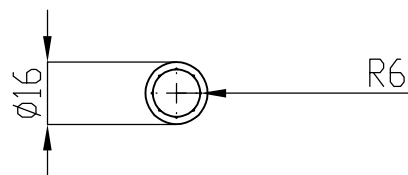
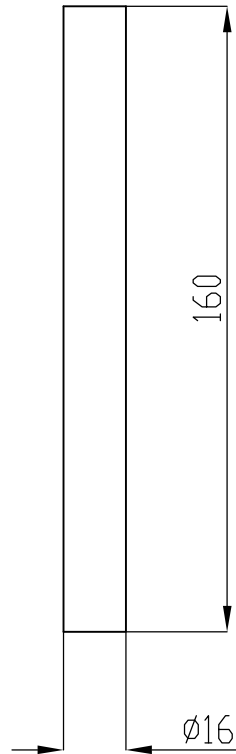
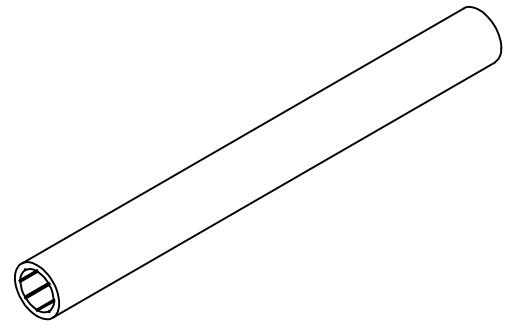
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Acero Inoxidable		± 0.50 mm	N° 11	ZE-206	Soporte de Cilindro 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



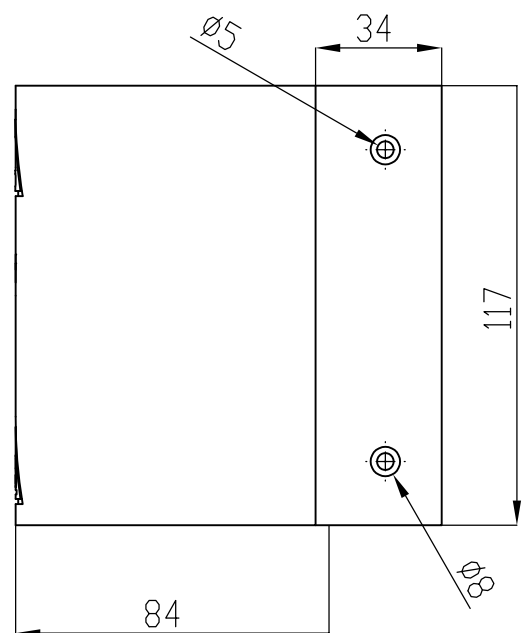
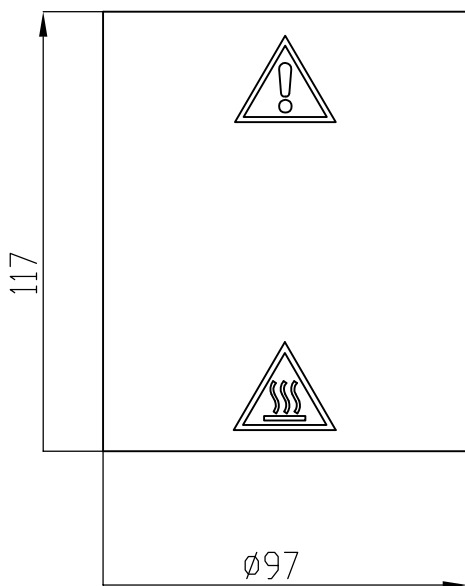
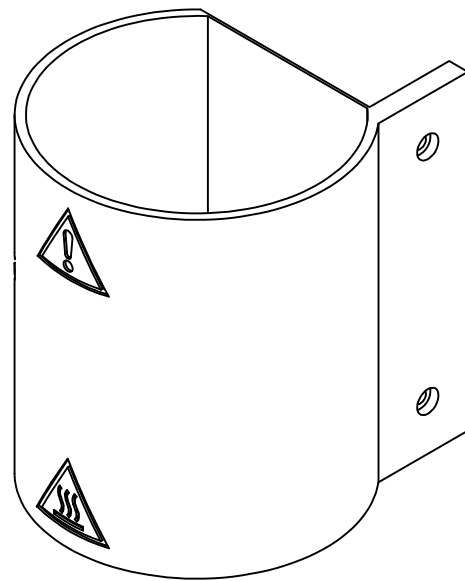
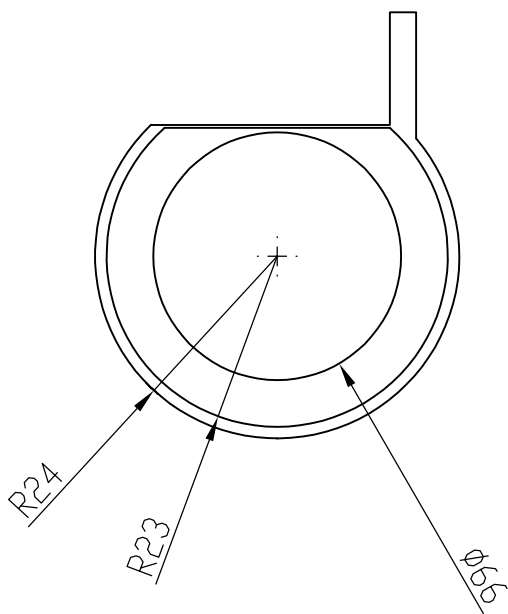
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
ACERO INOXIDABLE		± 0.50 mm	N° 12	ZE-207	Elemento Calefactor



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



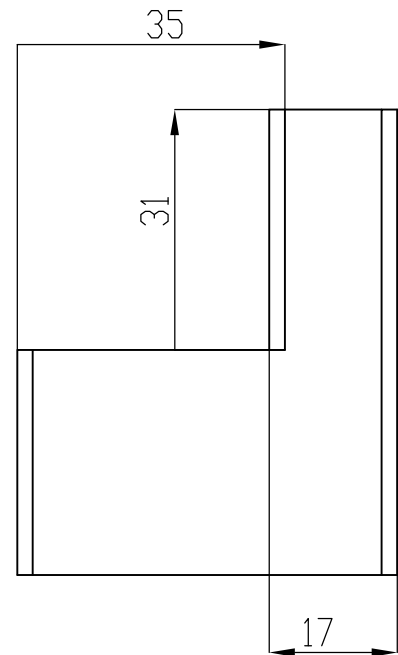
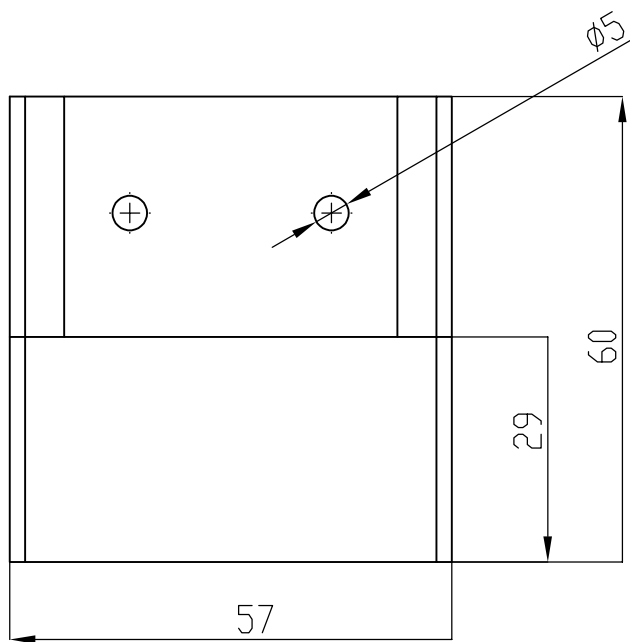
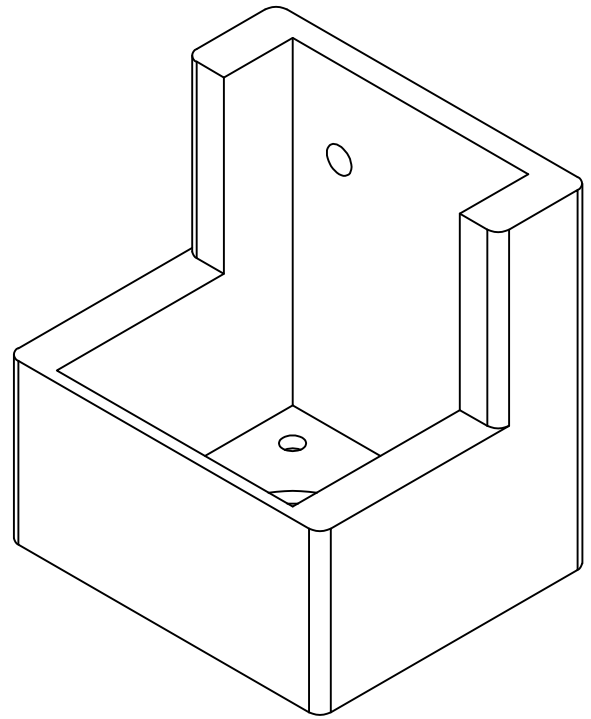
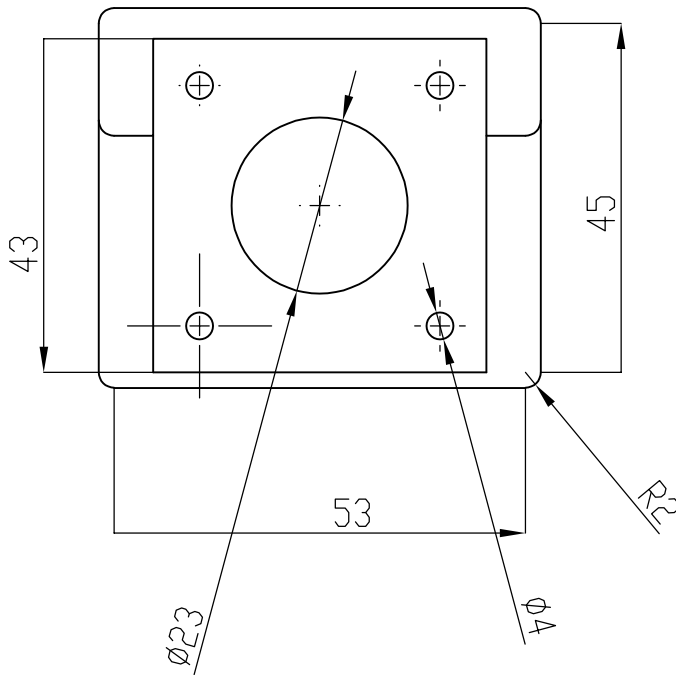
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Acero Inoxidable		± 0.50 mm	N° 13	ZE-208	Cilindro



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



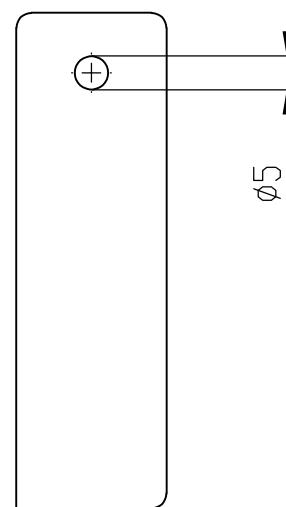
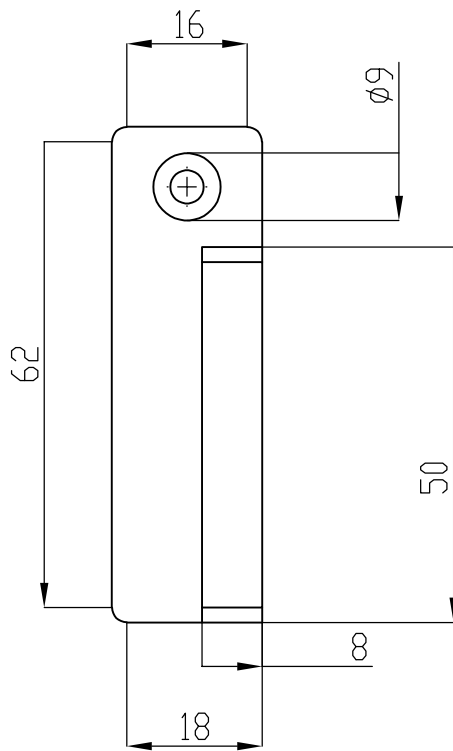
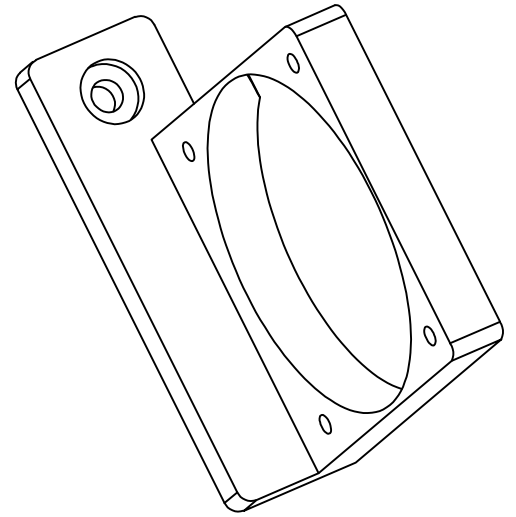
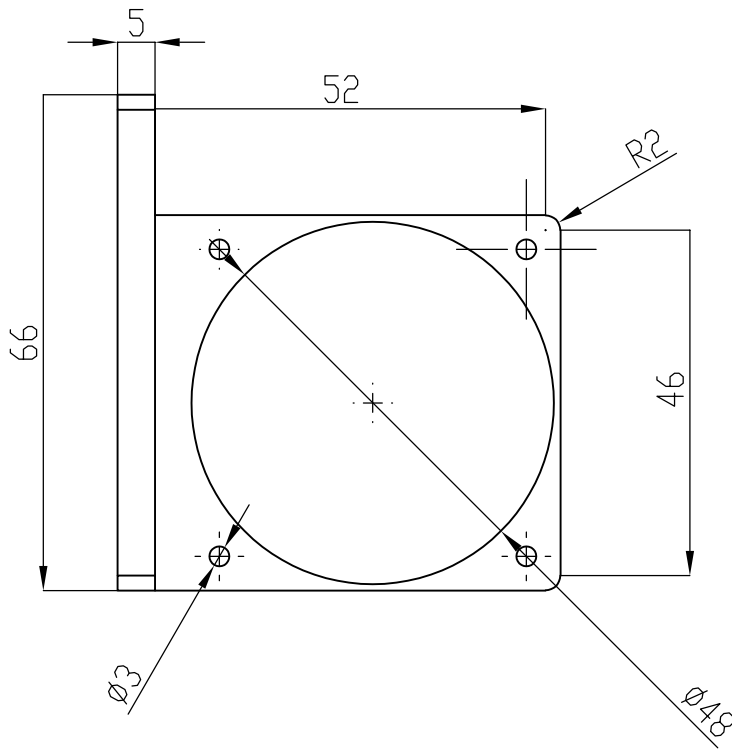
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 14	ZE-209	Carcasa Calefactor



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



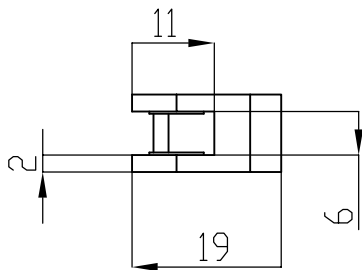
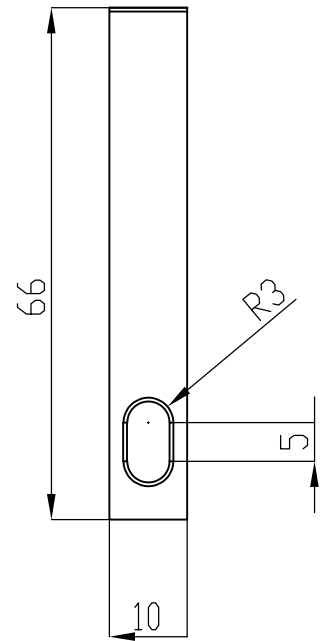
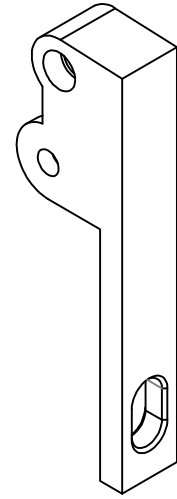
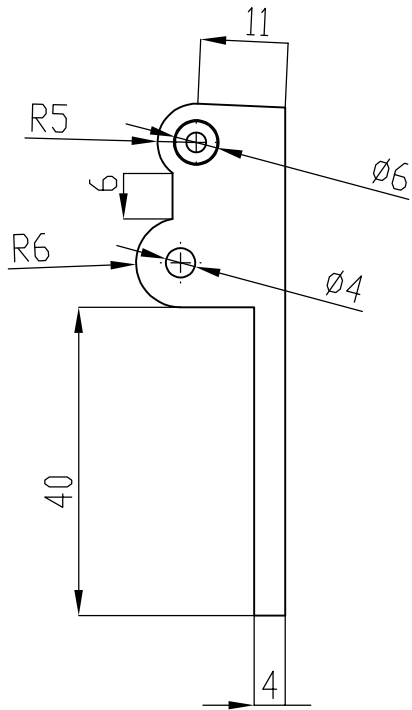
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	Nº 15	ZR-301	Soporte de Motor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



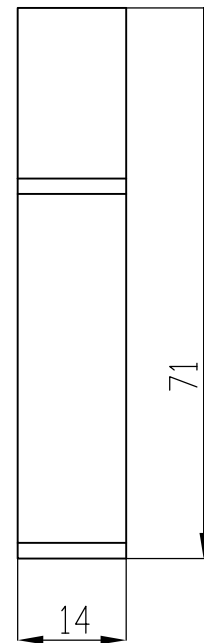
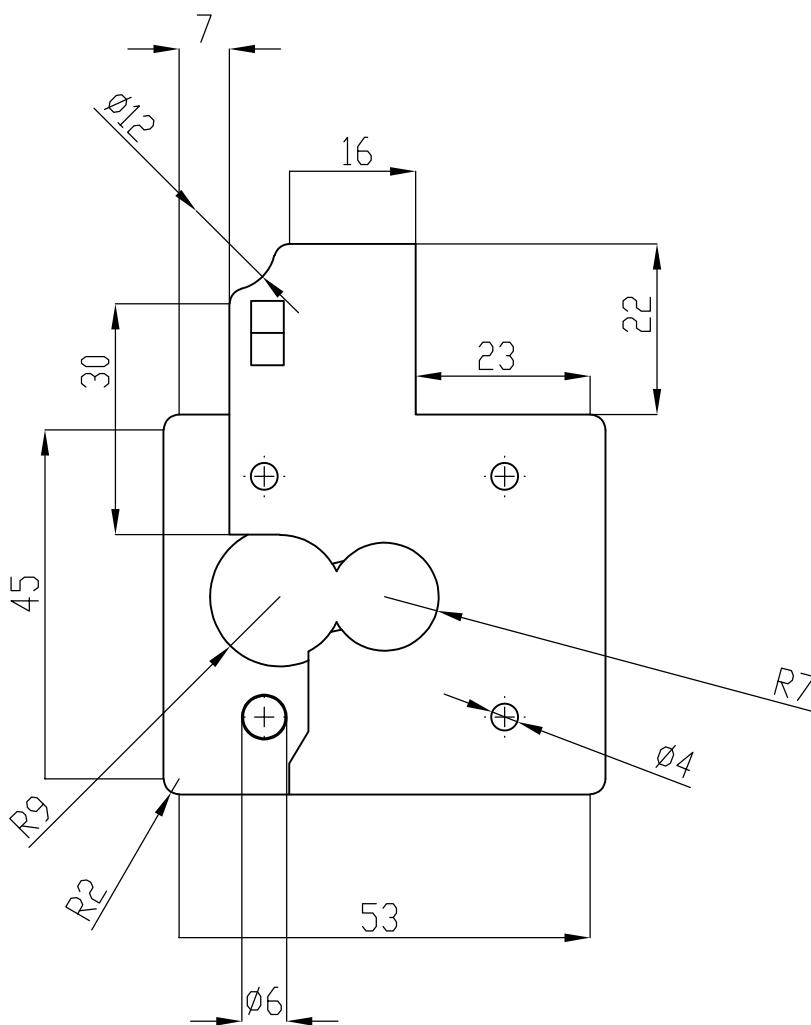
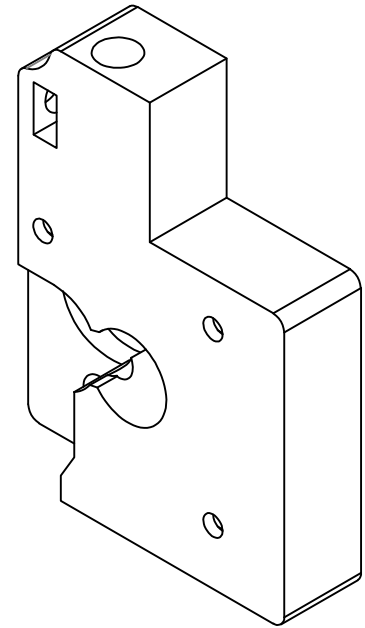
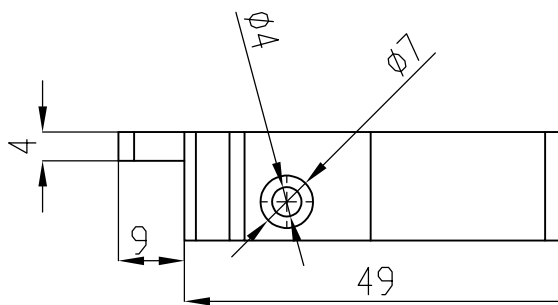
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 16	ZR-302	Soporte de Ventilador 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



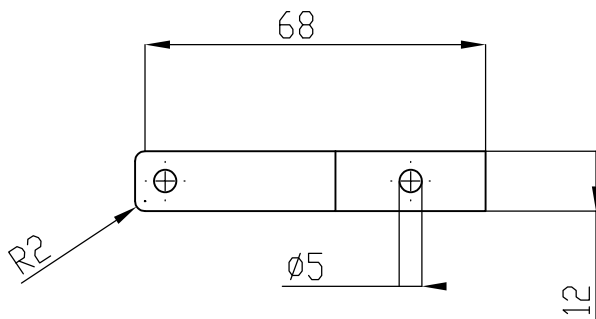
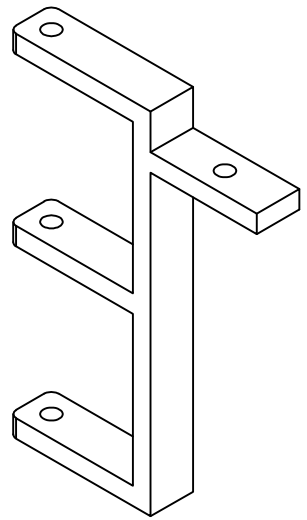
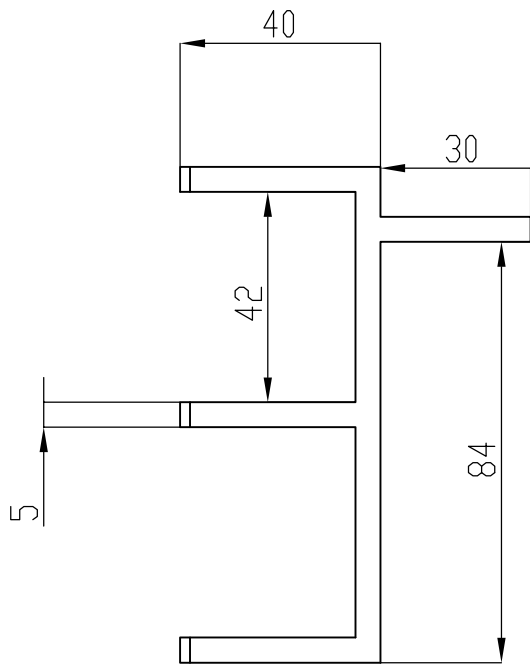
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 17	ZR-303	Sujetador Filamento



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



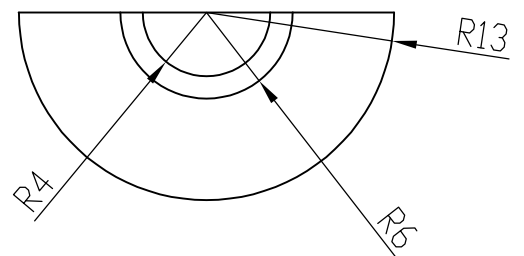
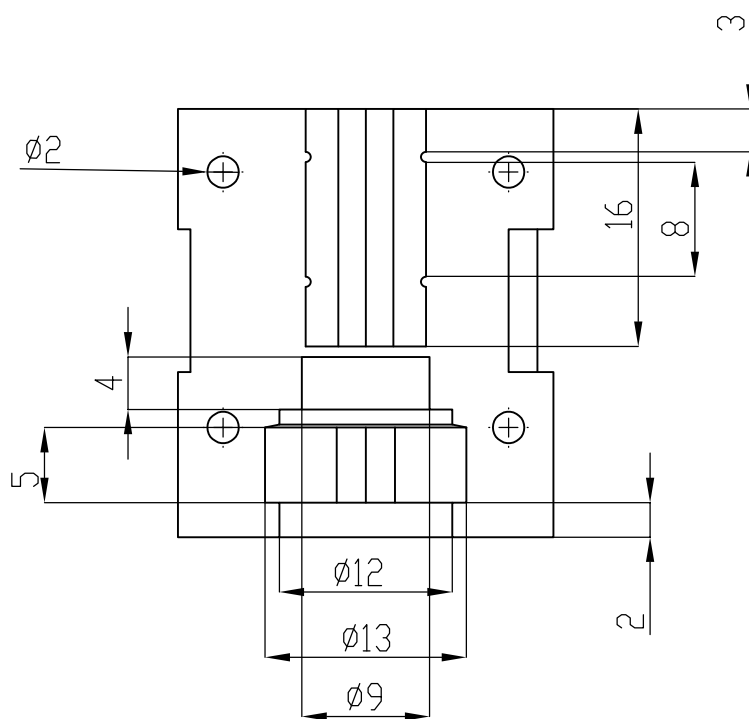
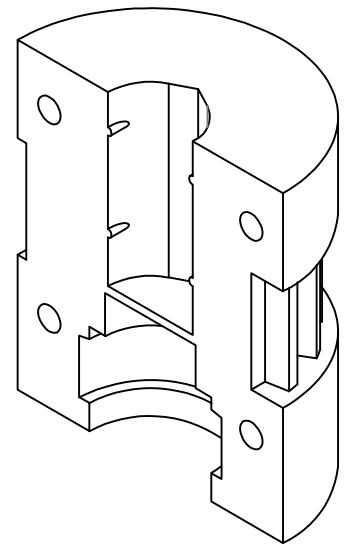
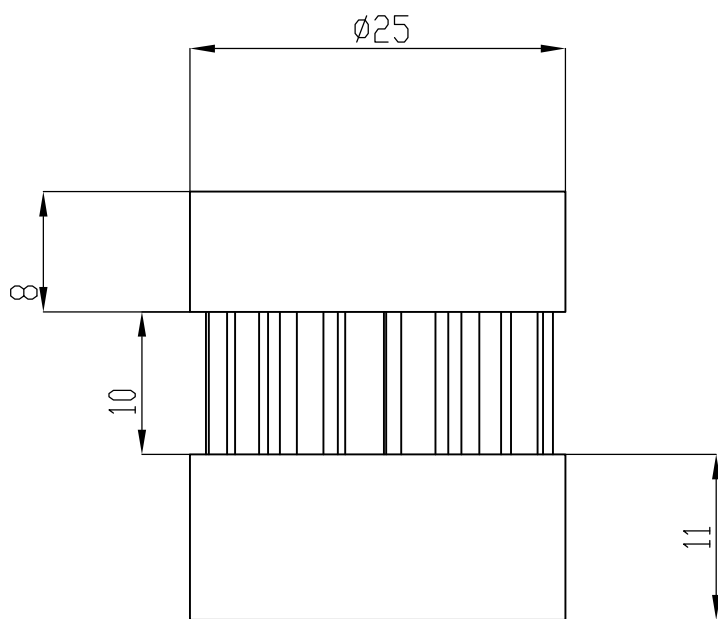
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		$\pm$ 0.50 mm	N° 18	ZR-304	Cubierta de Motor



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



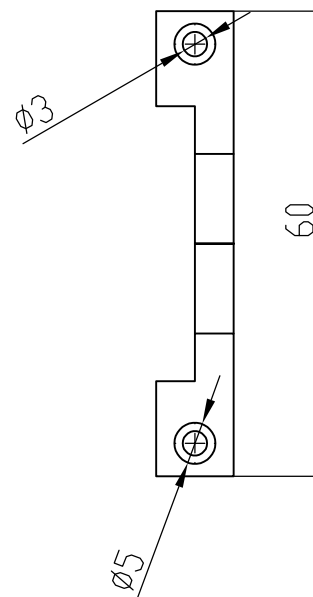
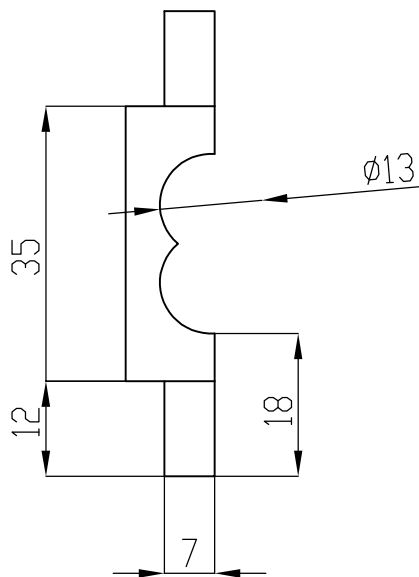
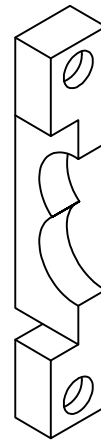
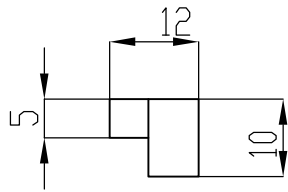
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 19	ZR-305	Guía para Bobinado



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



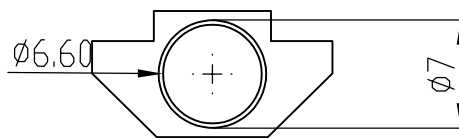
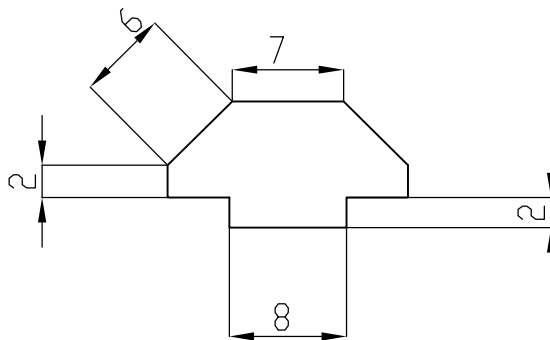
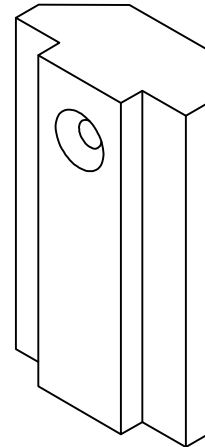
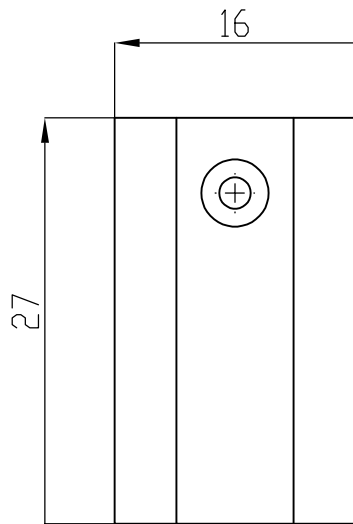
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 20	ZR-401	Cubierta Tornillo sin Fin



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



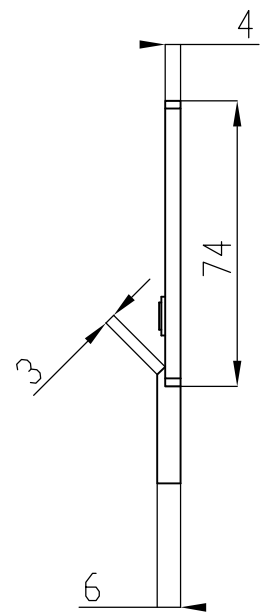
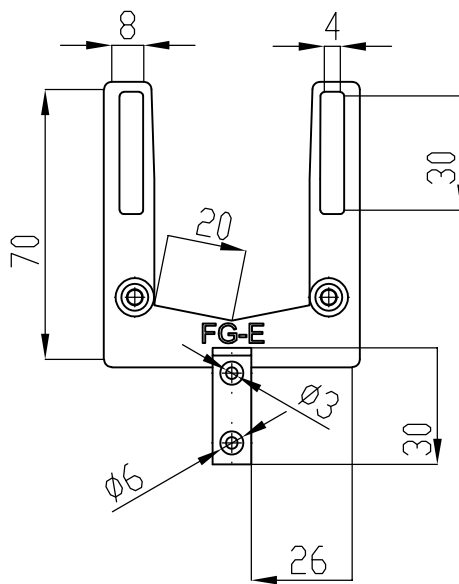
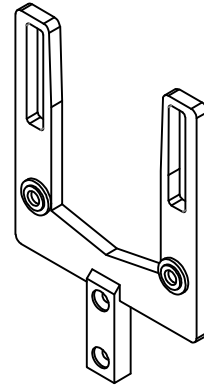
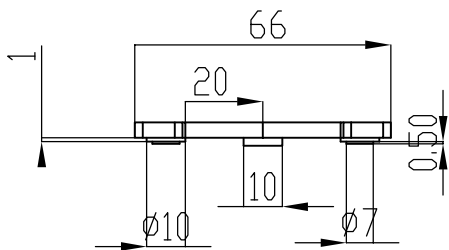
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N° 21	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm		ZR-402	Acoplador de Cambio



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



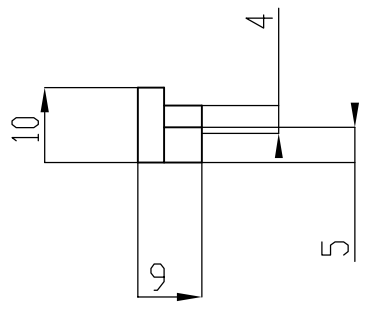
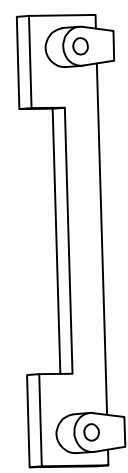
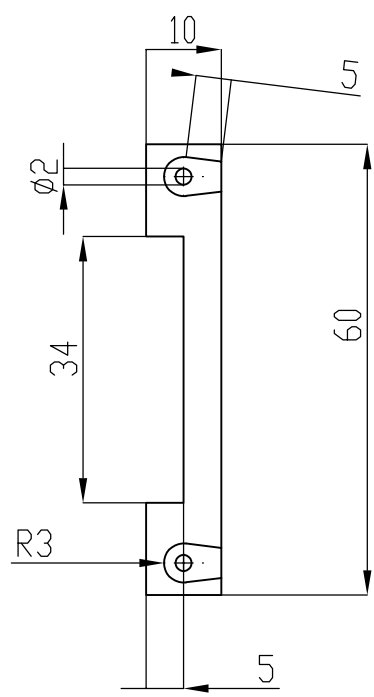
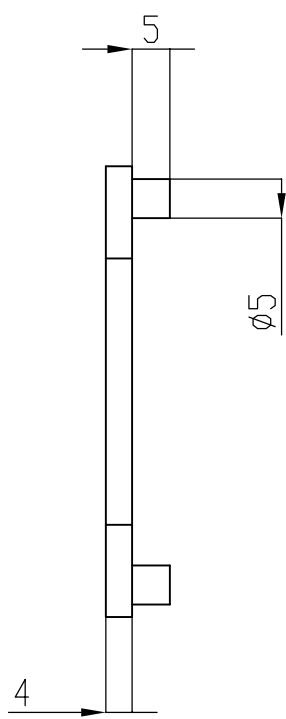
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 22	ZR-403	Guía de Perfil



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



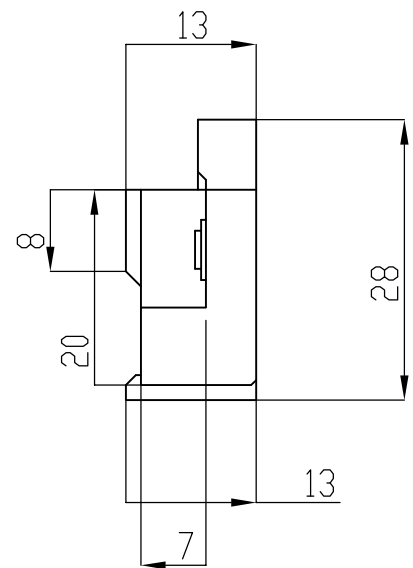
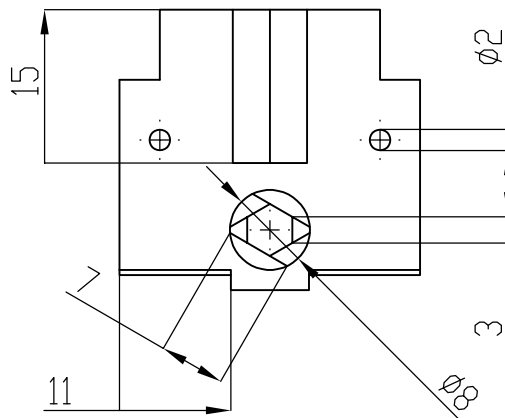
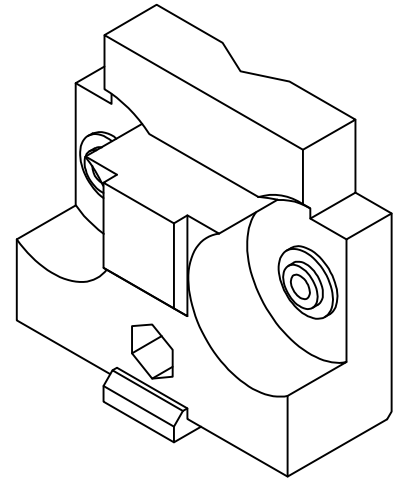
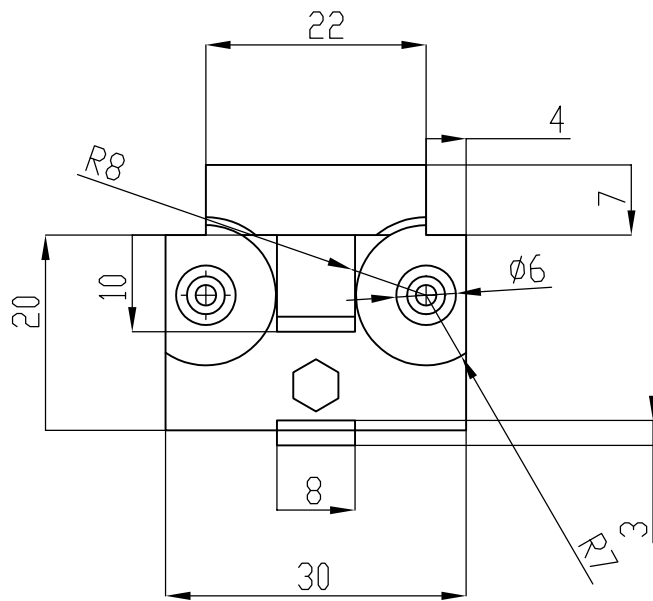
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N° 23	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm		ZR-404	Acoplador



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



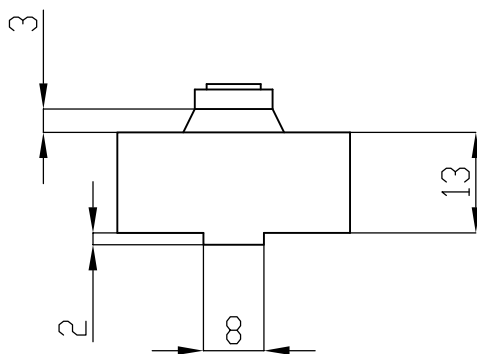
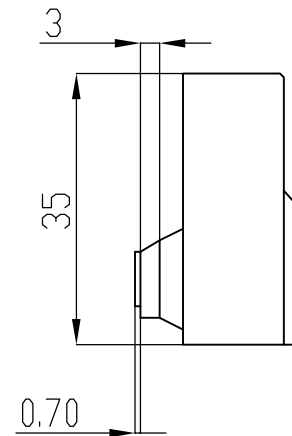
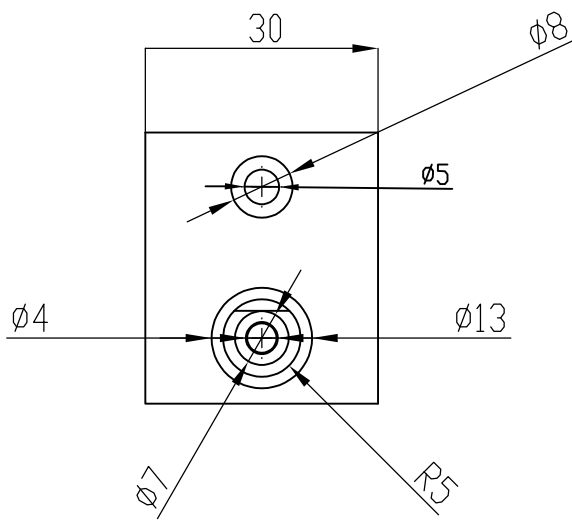
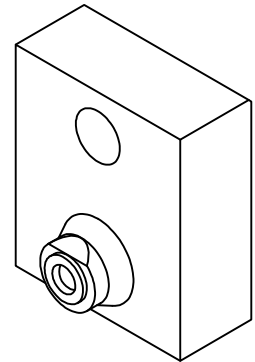
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 24	ZR-405	Guía de Cambio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



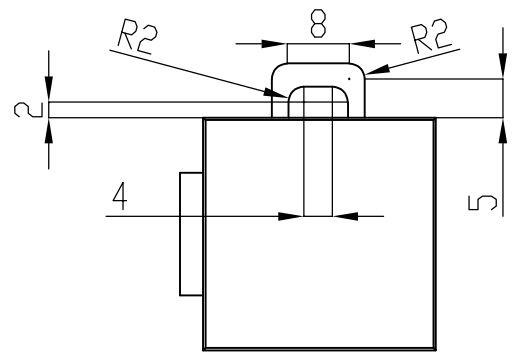
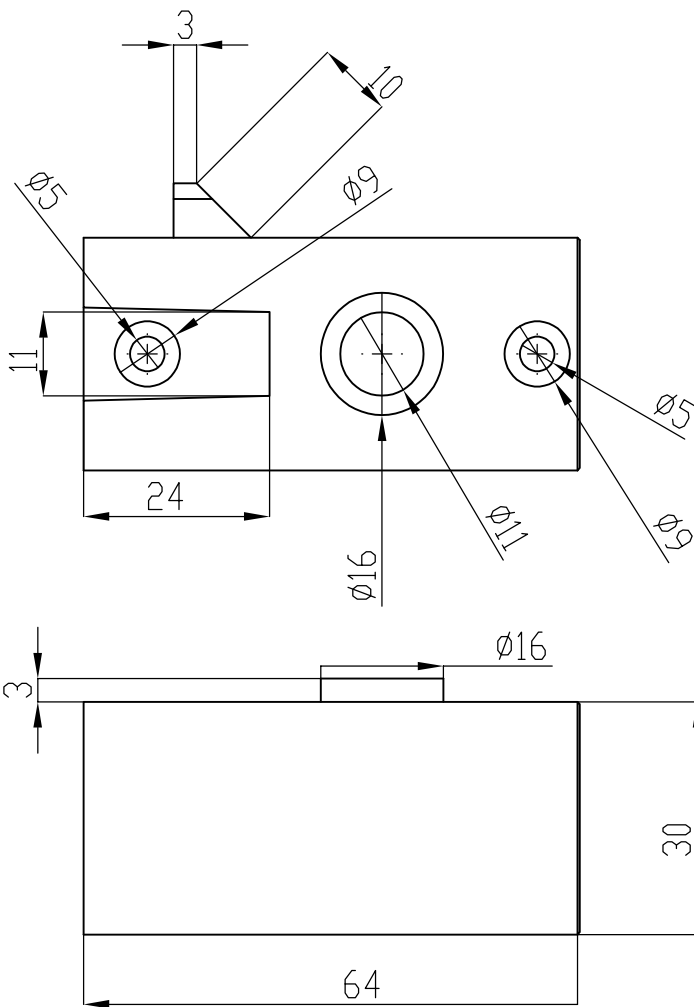
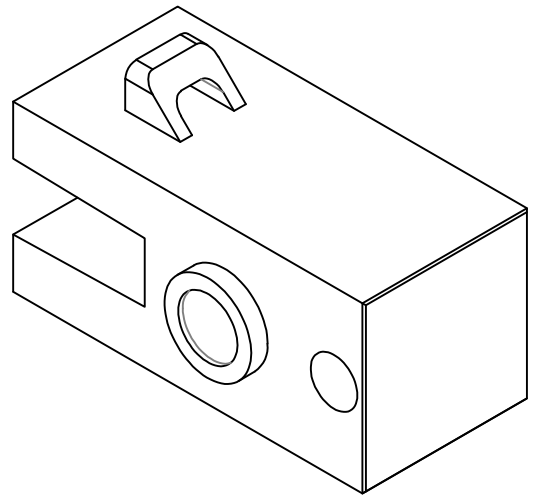
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N° 25	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm		ZR-406	Soporte de Cambio



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



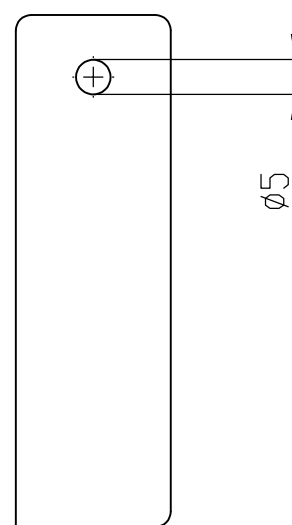
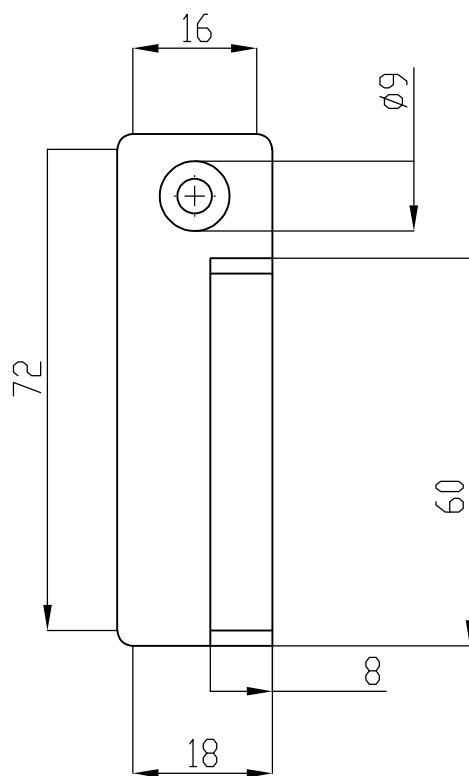
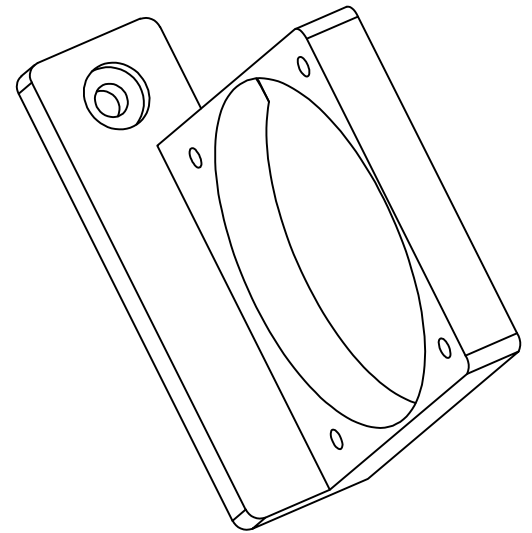
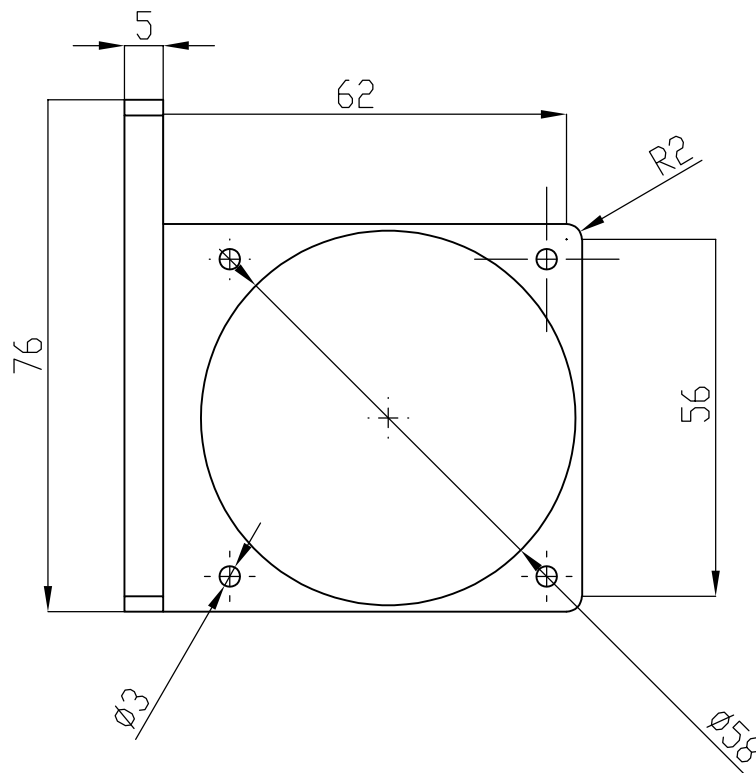
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 26	ZR-407	Soporte de Tornillo sin Fin



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



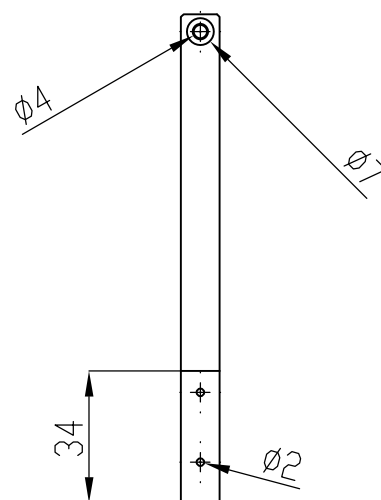
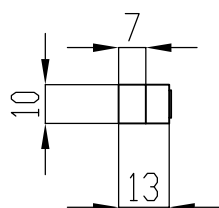
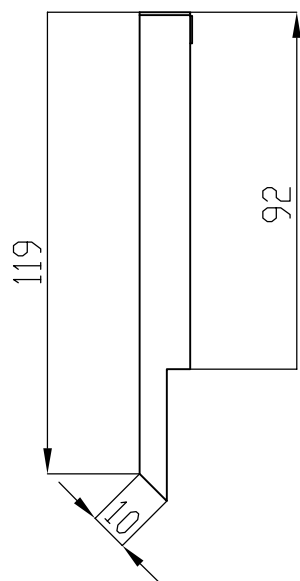
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 27	ZR-408	Soporte de Carrete



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



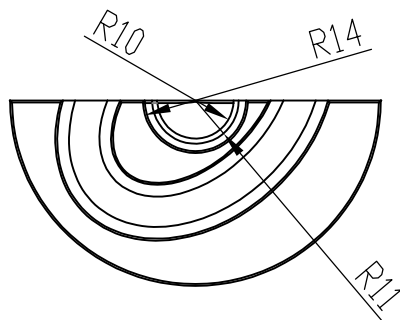
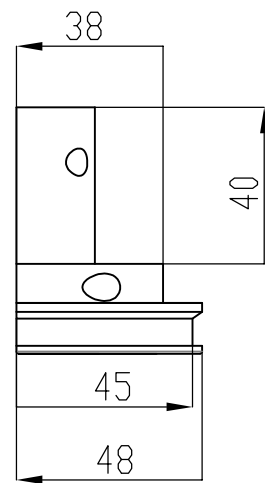
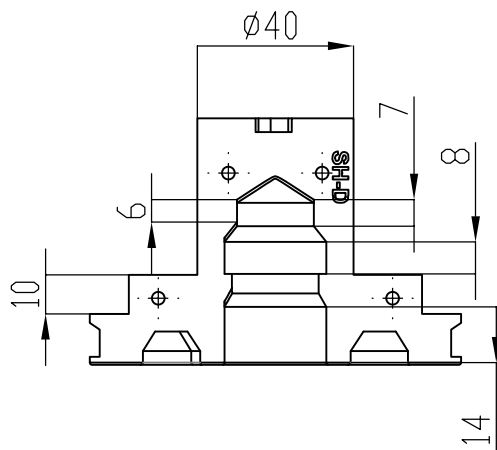
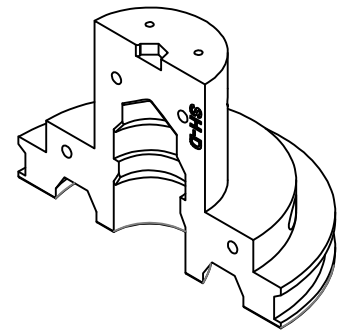
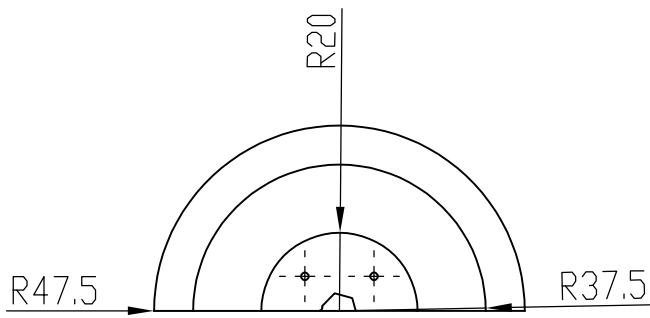
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 28	ZR-409	Soporte de Ventilador 2



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



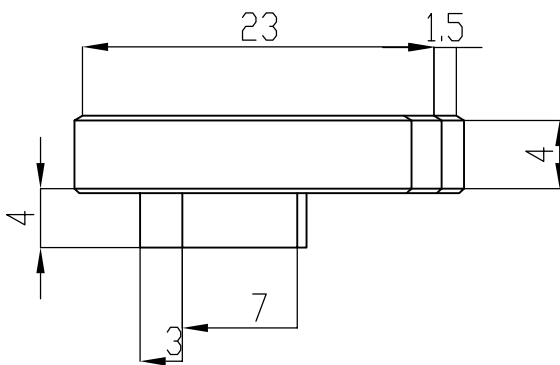
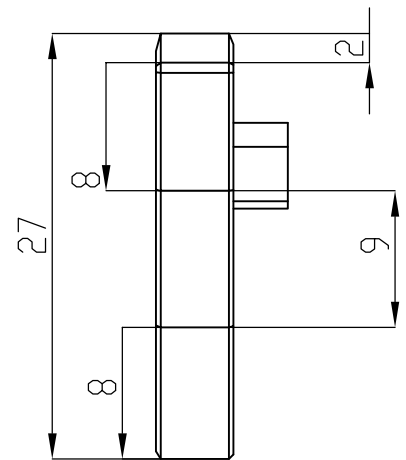
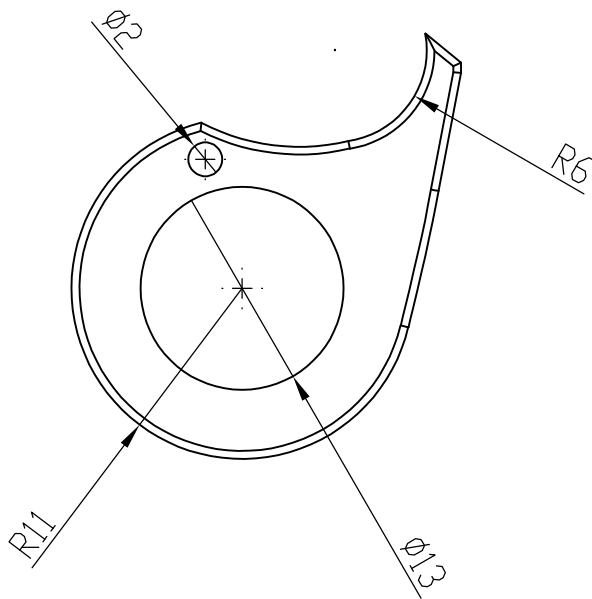
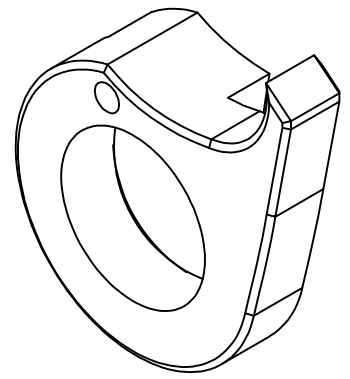
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.5 mm	N° 29	ZR-410	Unión Carrete



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



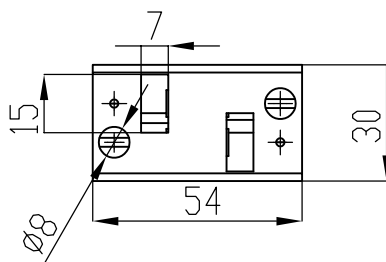
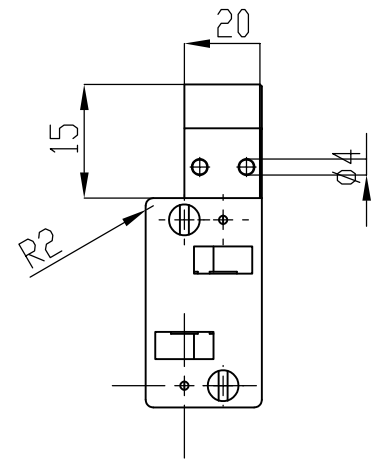
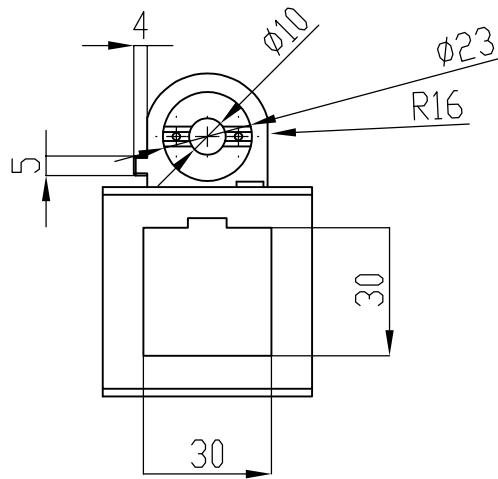
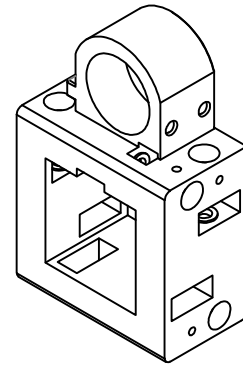
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 30	ZR-411	Apoyo del Carrete



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



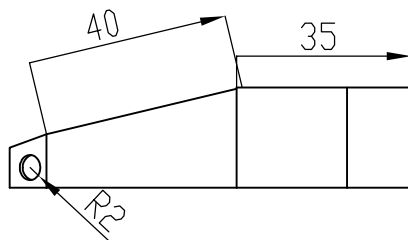
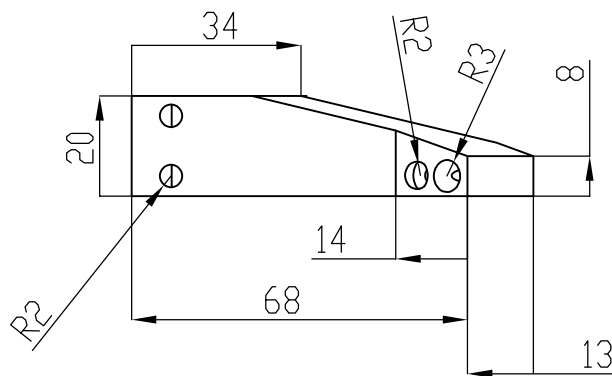
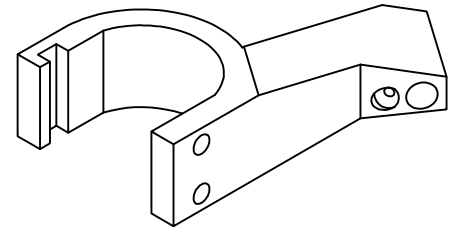
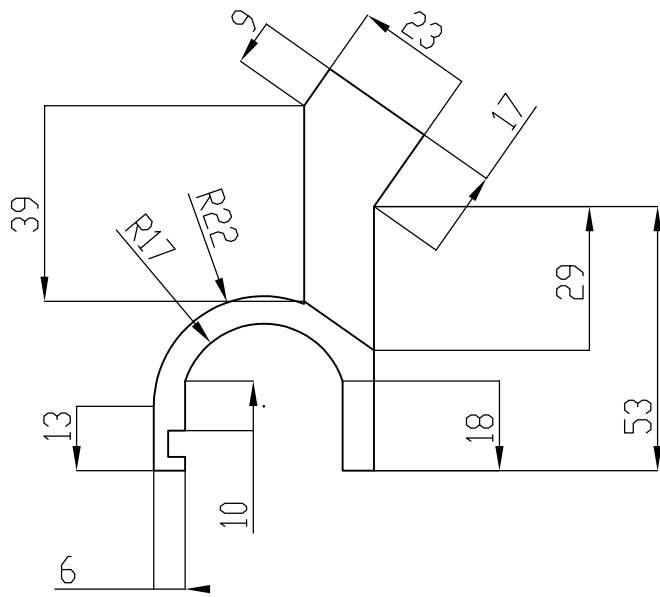
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 31	ZR-412	Apoyo Carrete sin Fin



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



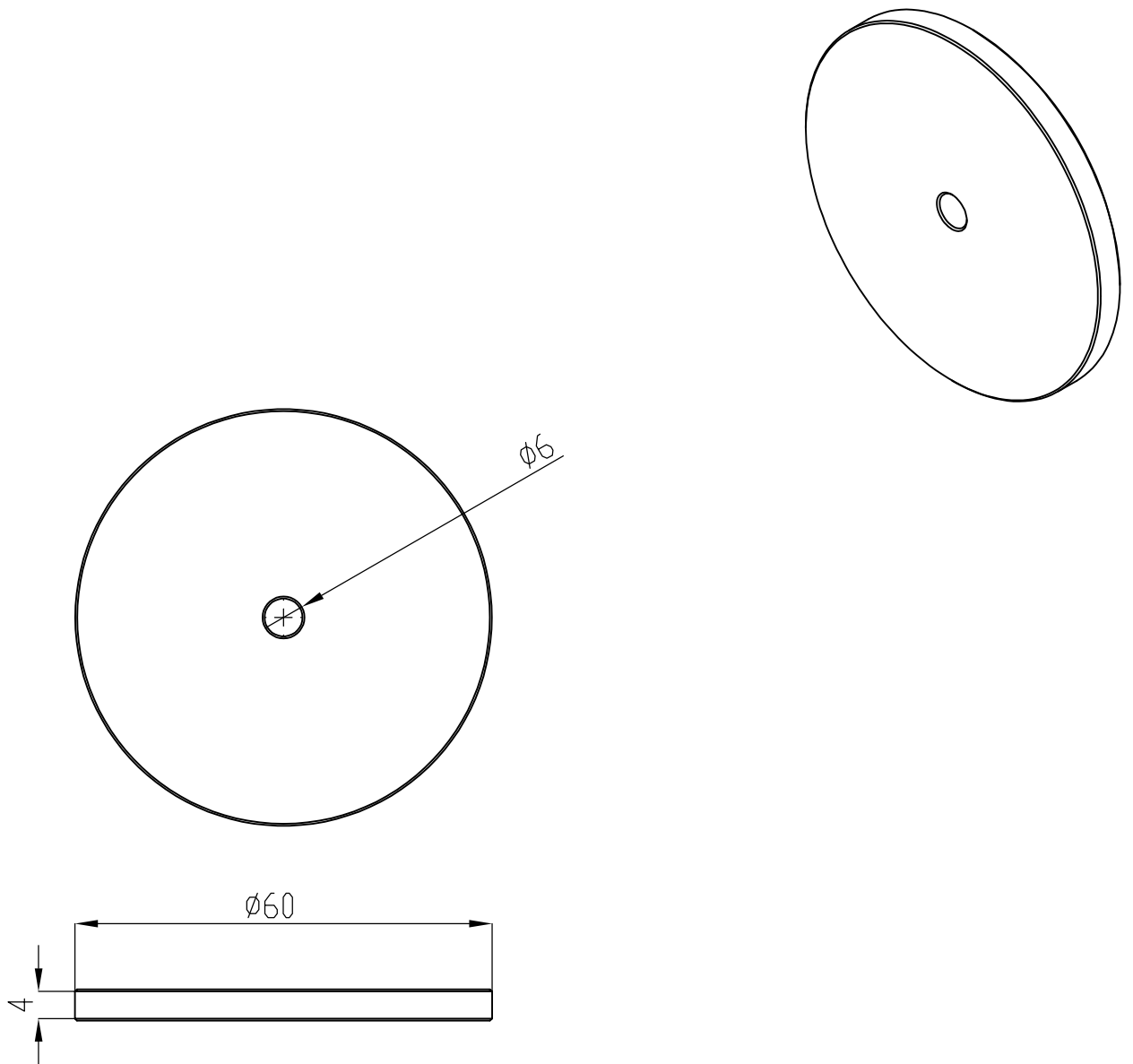
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		$\pm$ 0.50 mm	N° 32	ZR-413	Guía Tornillo sin Fin



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



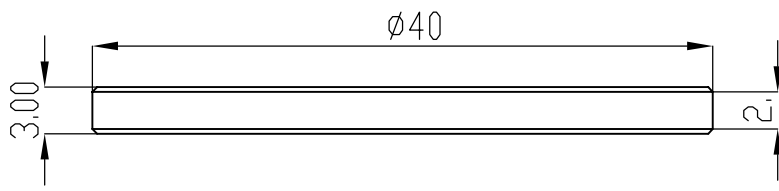
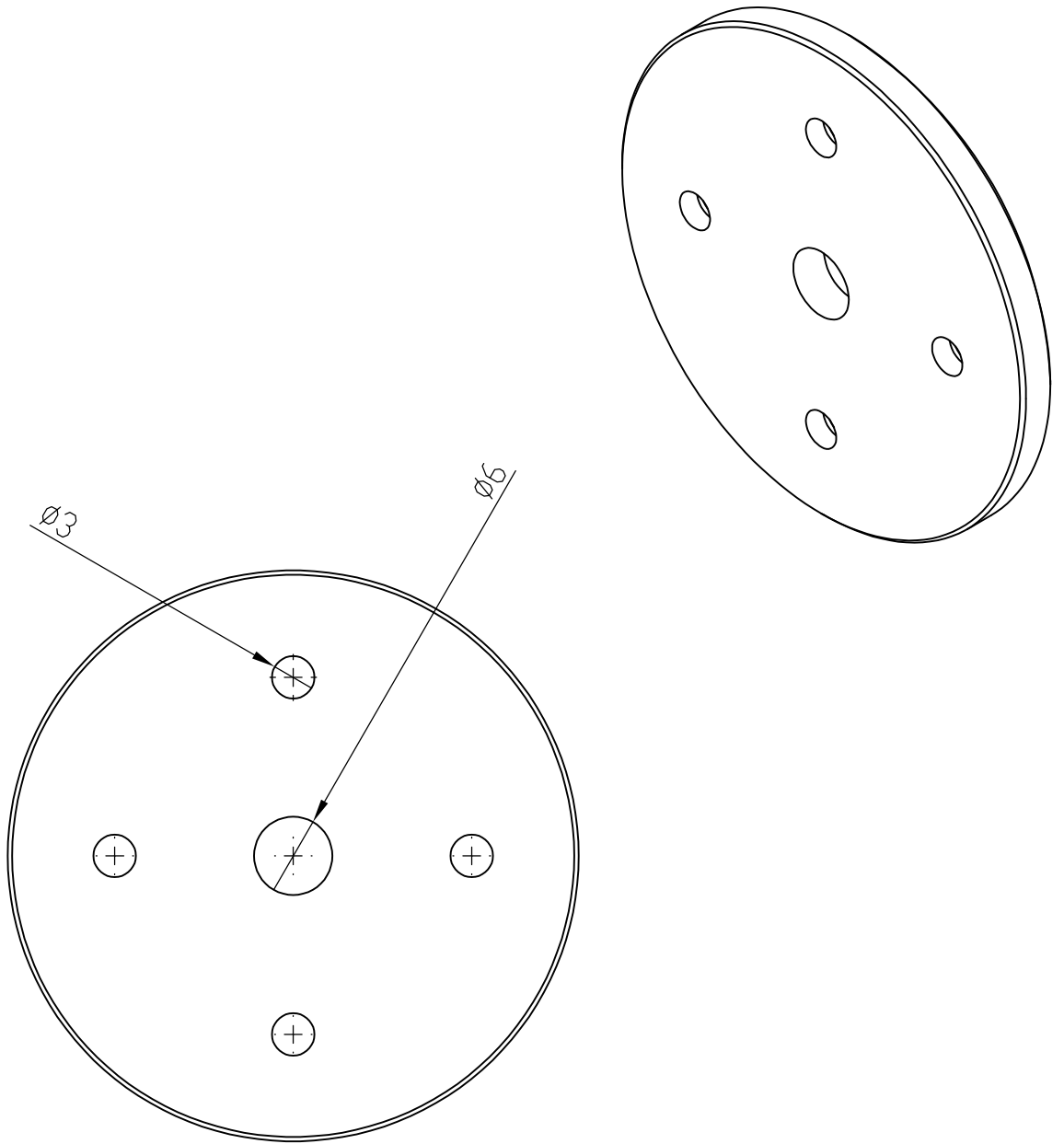
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 33	ZR-414	Guía de Filamento



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



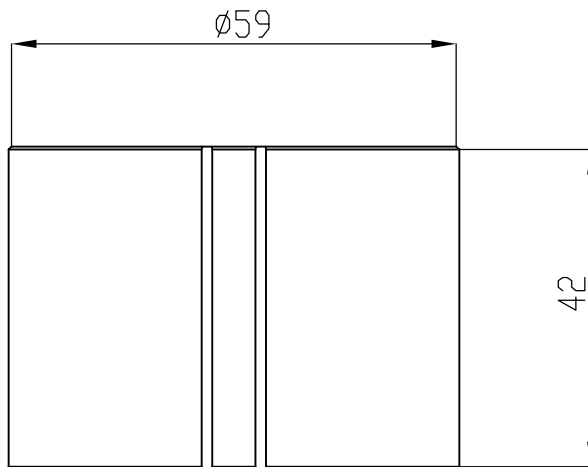
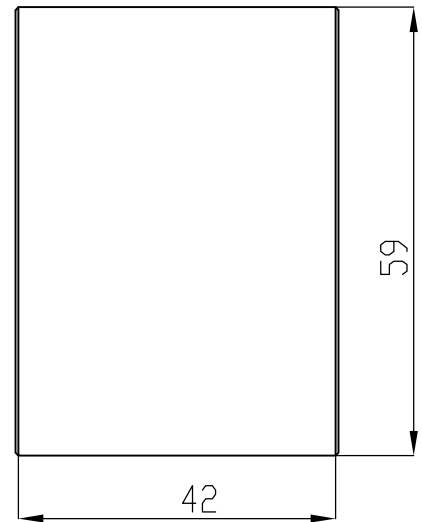
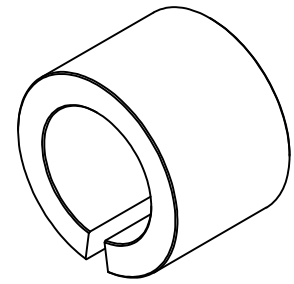
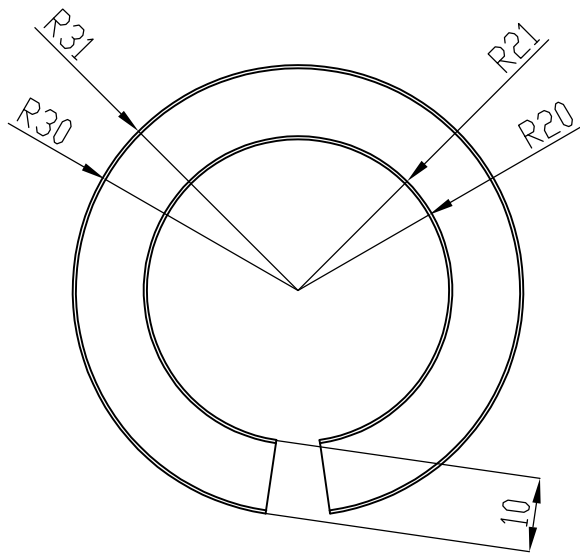
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 34	ZR-415	Tapa Carrete



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



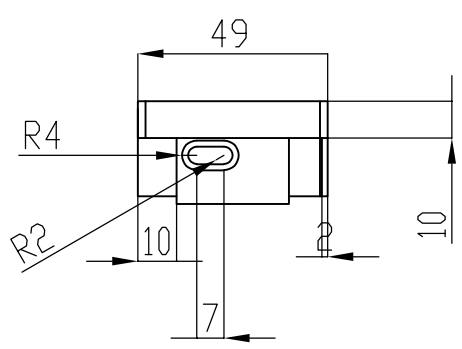
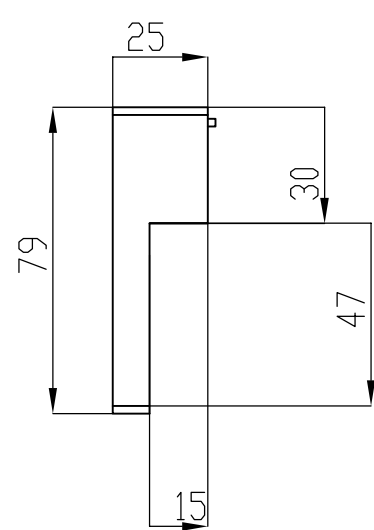
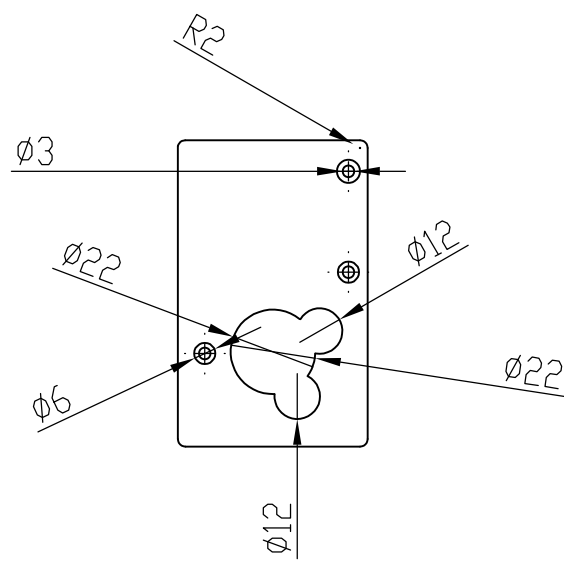
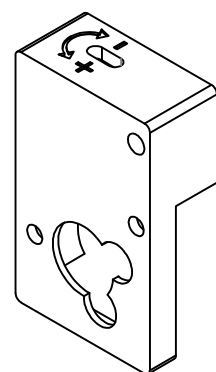
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 35	ZR-416	Acoplador Tapa Carrete



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



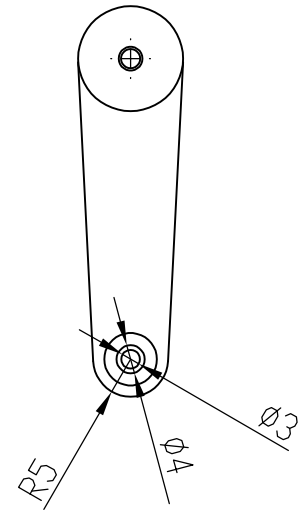
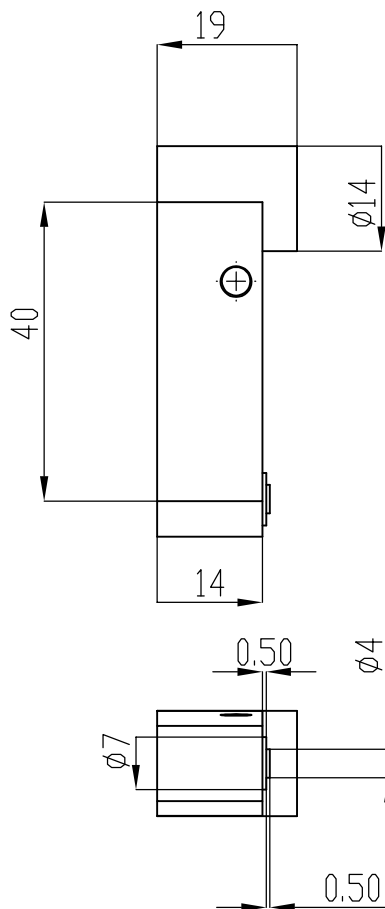
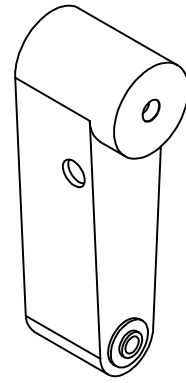
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 36	ZR-417	Base del Carrete



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



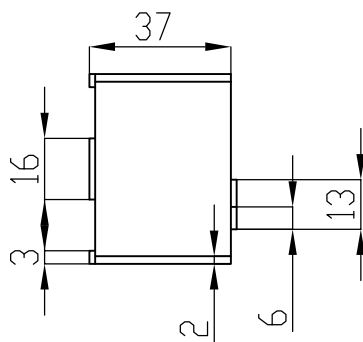
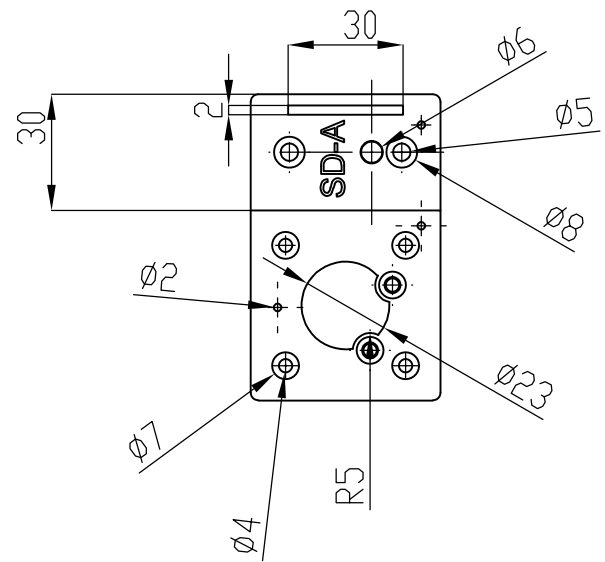
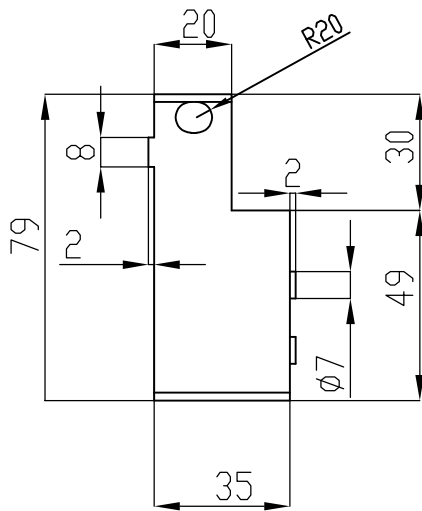
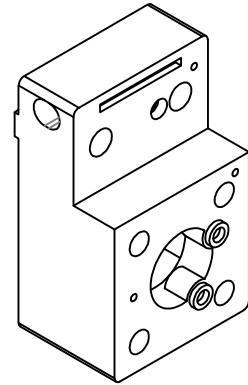
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 37	ZR-418	Tapa Motor Carrete



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



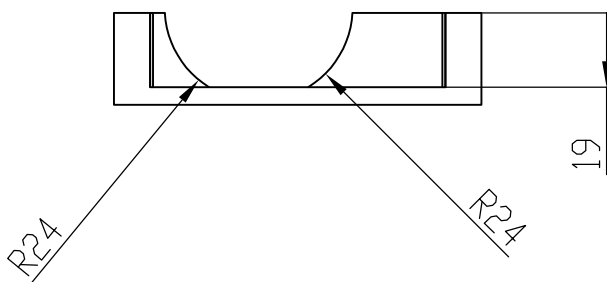
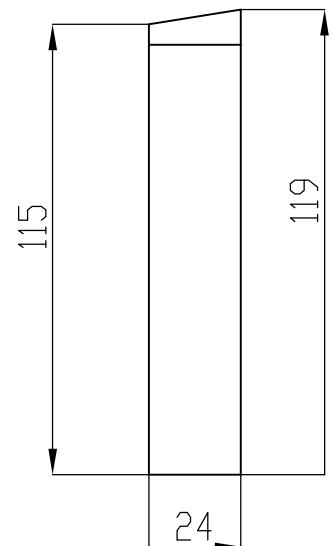
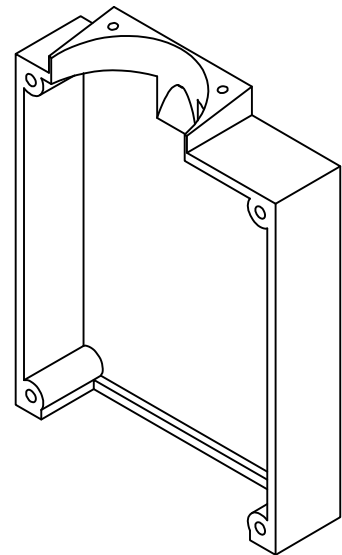
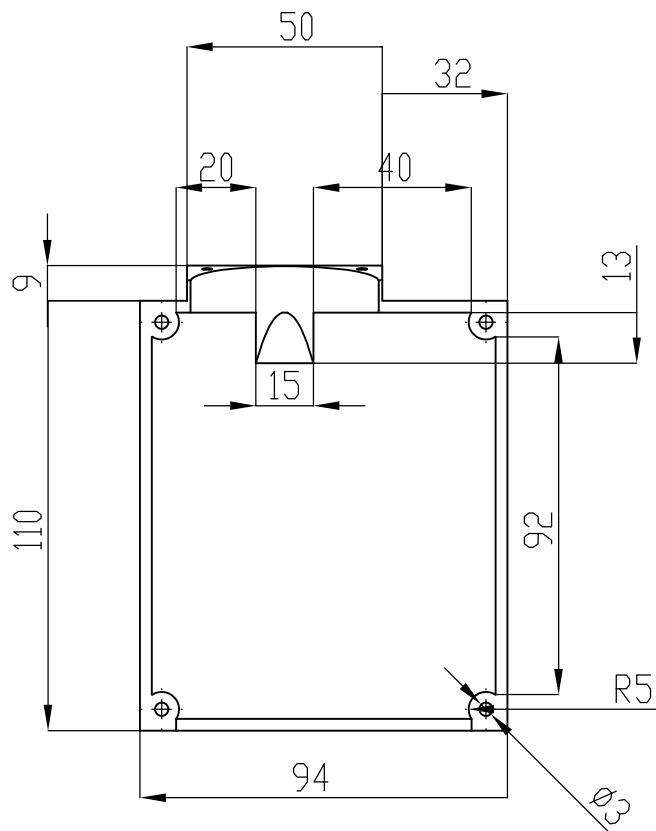
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 38	ZR-419	Ajuste Correa



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



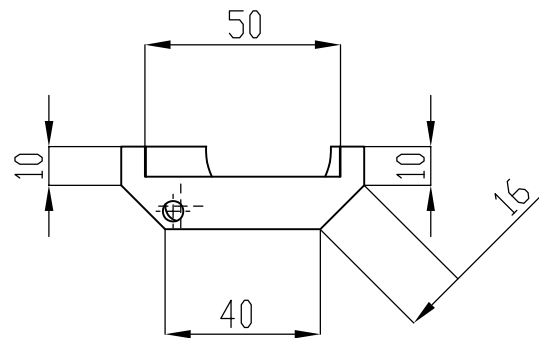
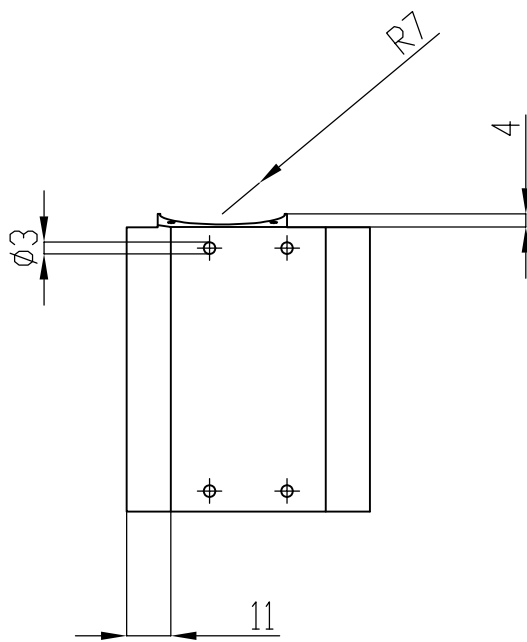
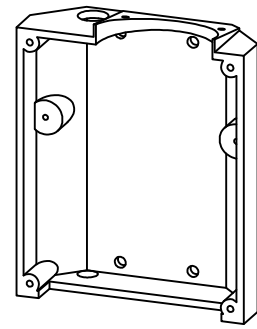
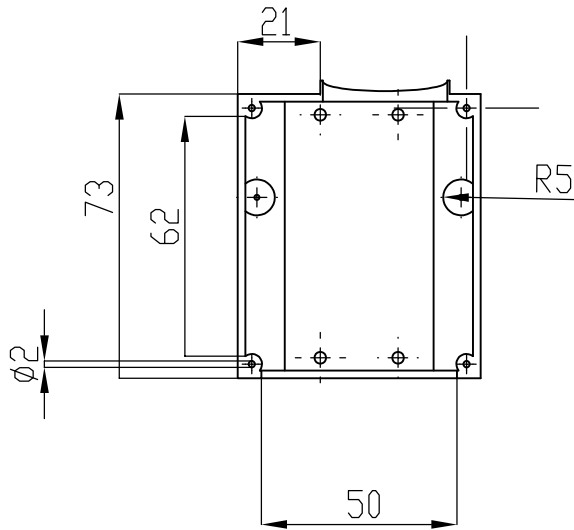
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		$\pm$ 0.50 mm	N° 39	ZR-420	Soporte Motor Carrete



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



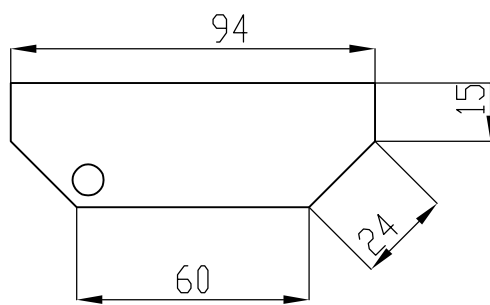
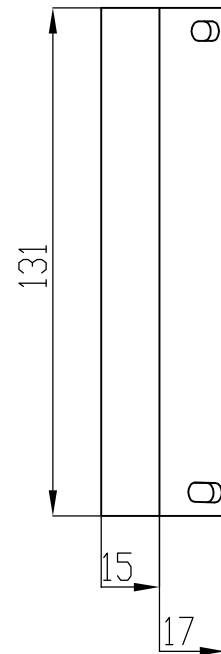
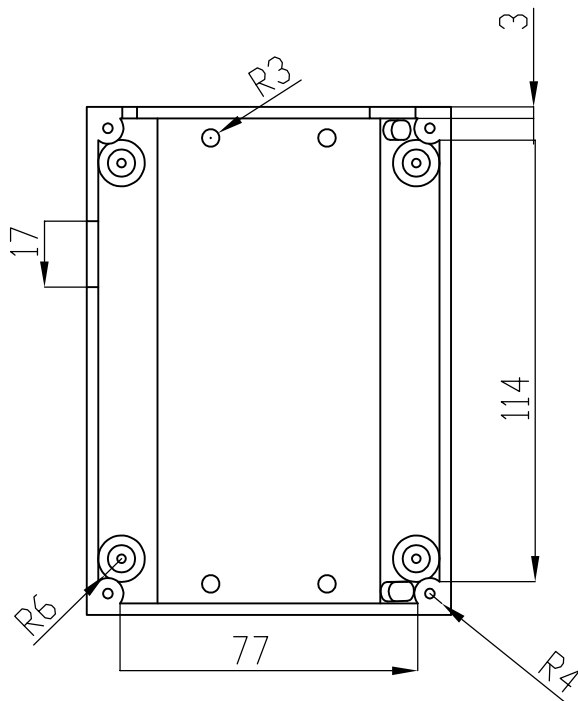
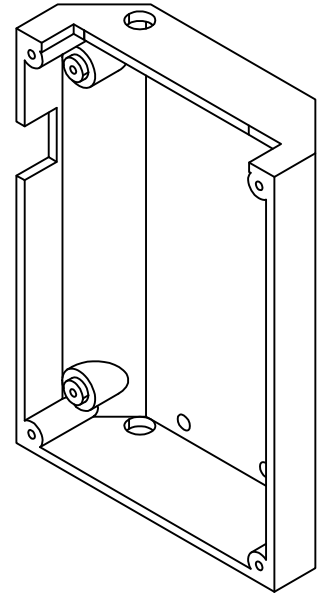
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 40	ZC-501	Tapa de Soporte del Driver



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



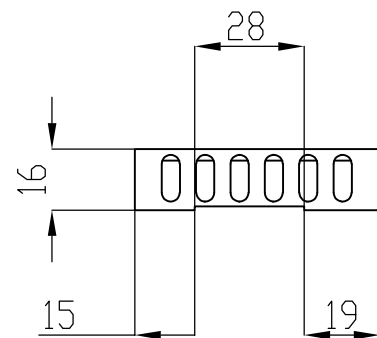
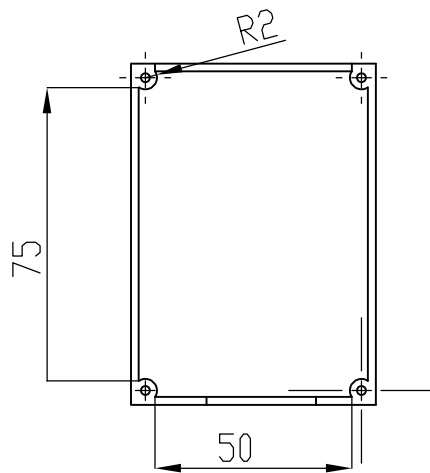
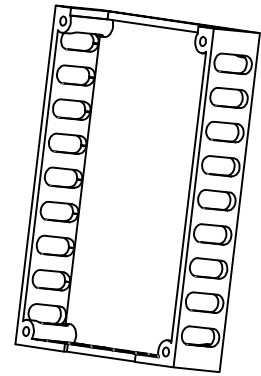
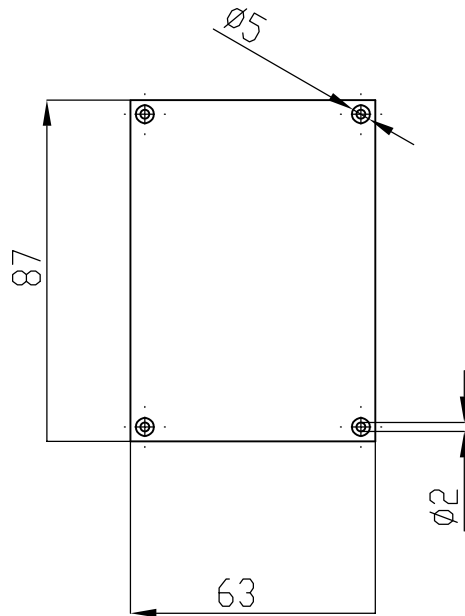
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		$\pm$ 0.50 mm	N° 41	ZC-502	Soporte del Driver



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



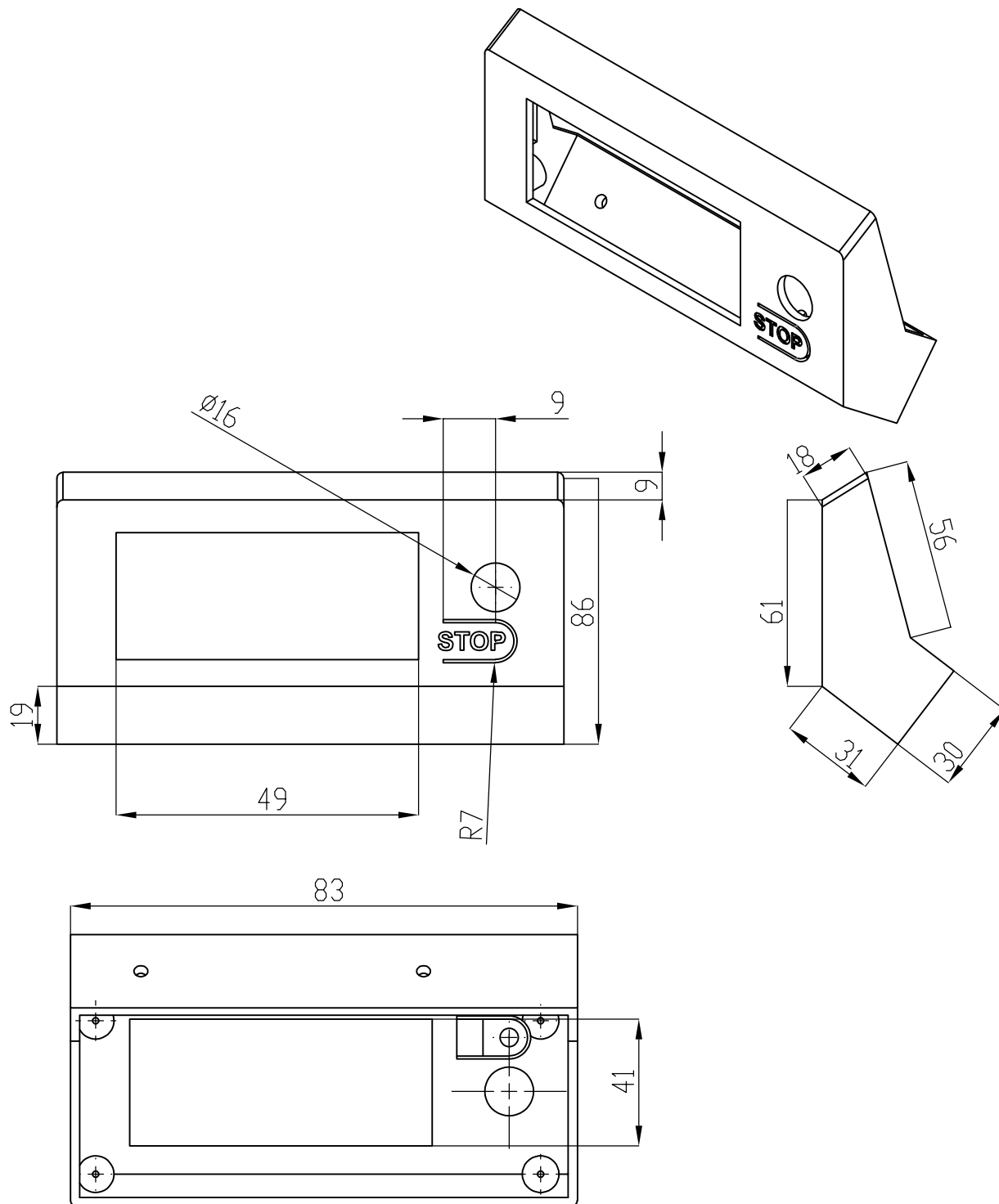
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 42	ZC-503	Tapa de la Tarjeta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



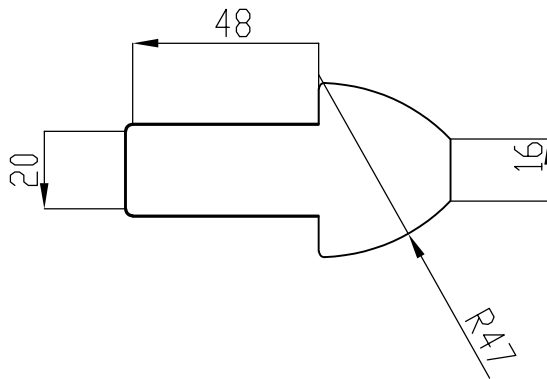
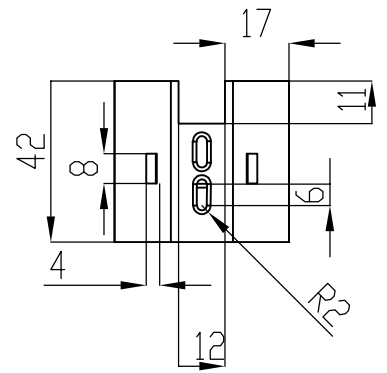
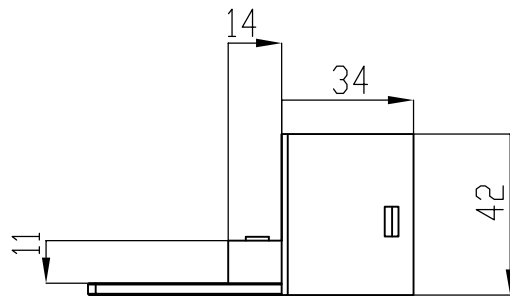
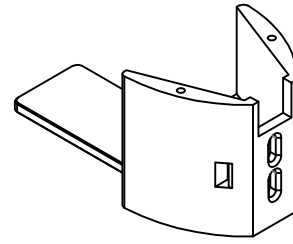
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 43	ZC-504	Soporte de la Zona Control



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



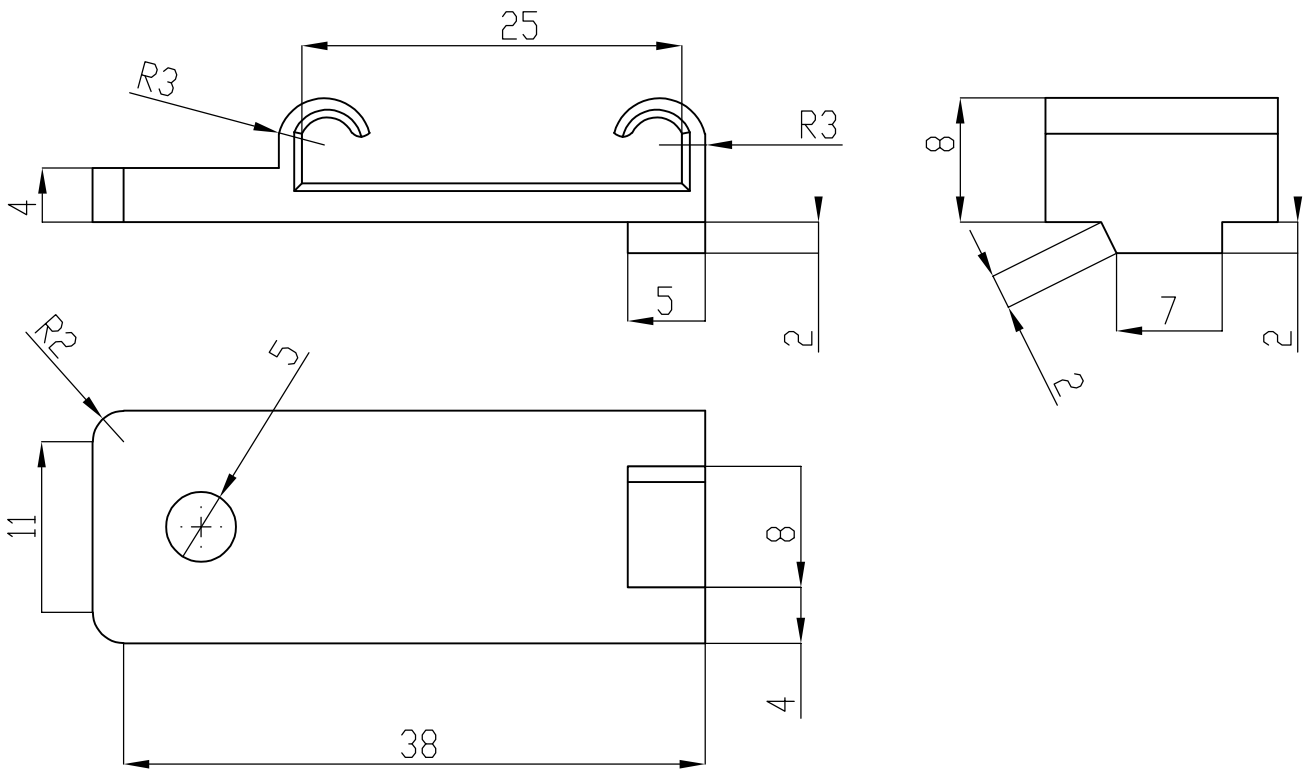
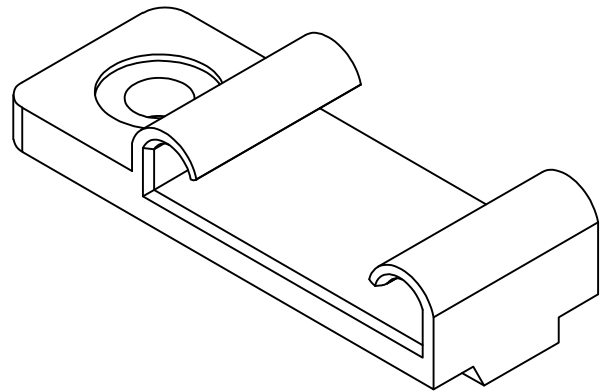
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J. R. C. G. y B. N. R. R.	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
PETG		± 0.50 mm	N° 44	ZC-505	Soporte de LCD



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



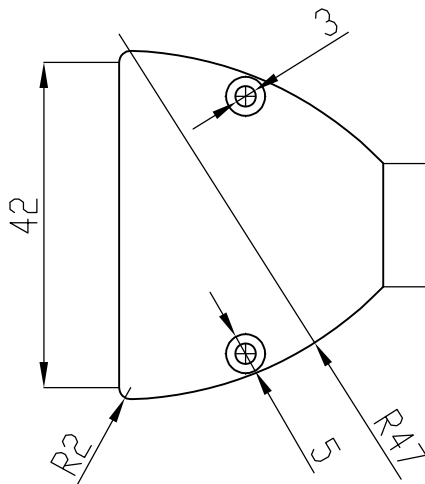
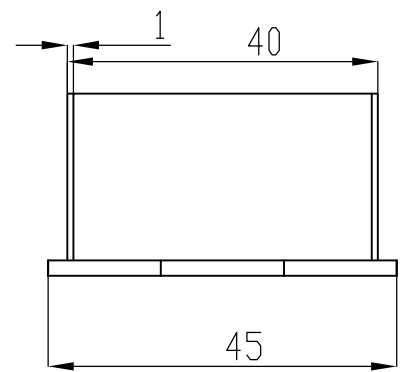
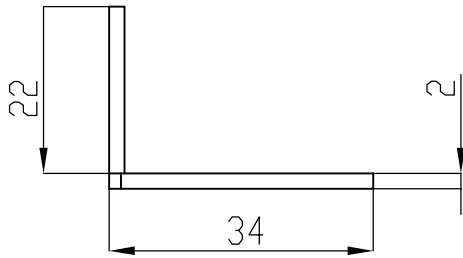
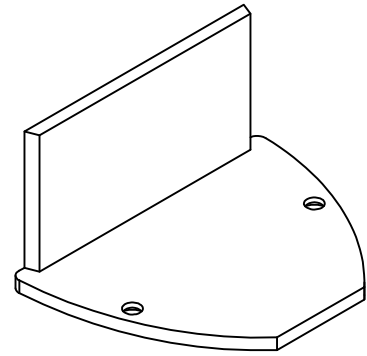
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:2		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N° 45	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm		ZC-506	Soporte de Sensor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



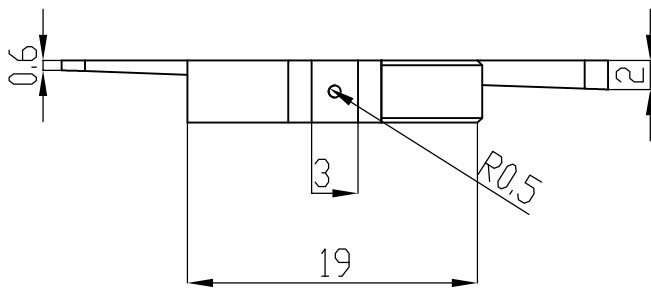
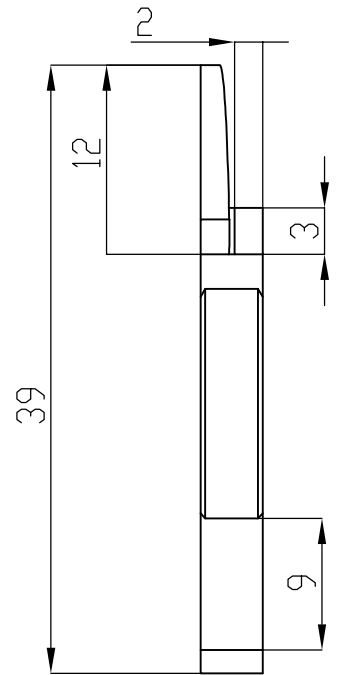
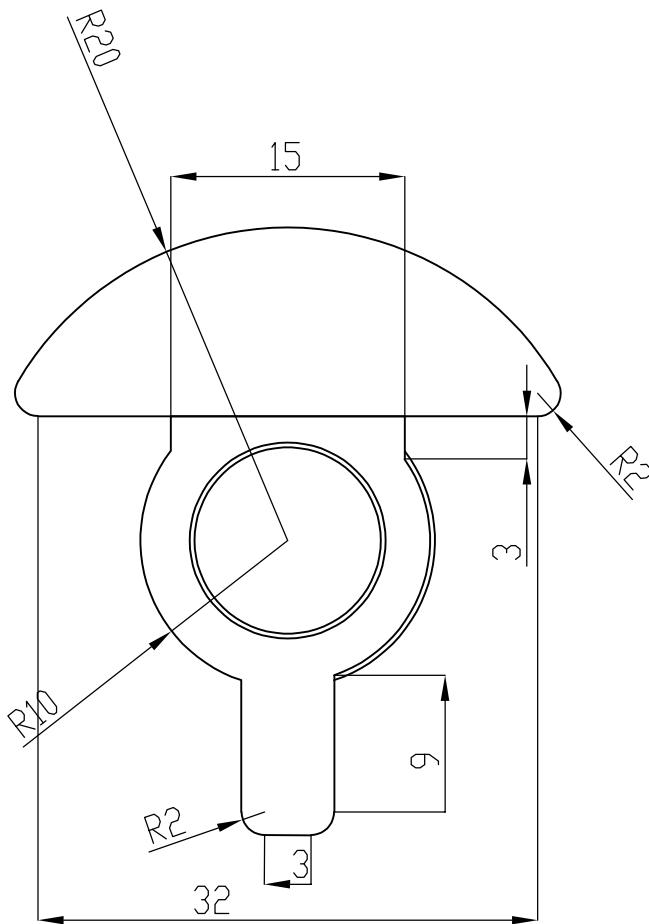
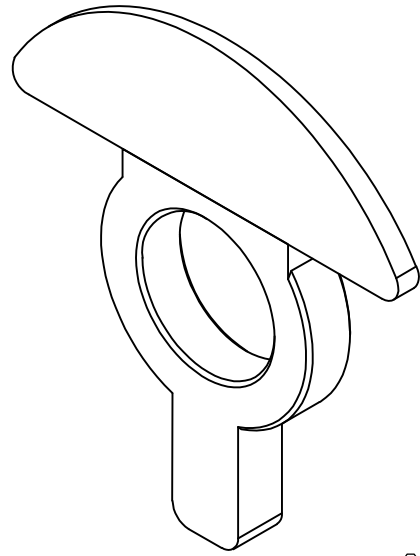
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 46	ZC-507	Sujetador de Sensor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	1:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 47	ZC-508	Tapa Sensor

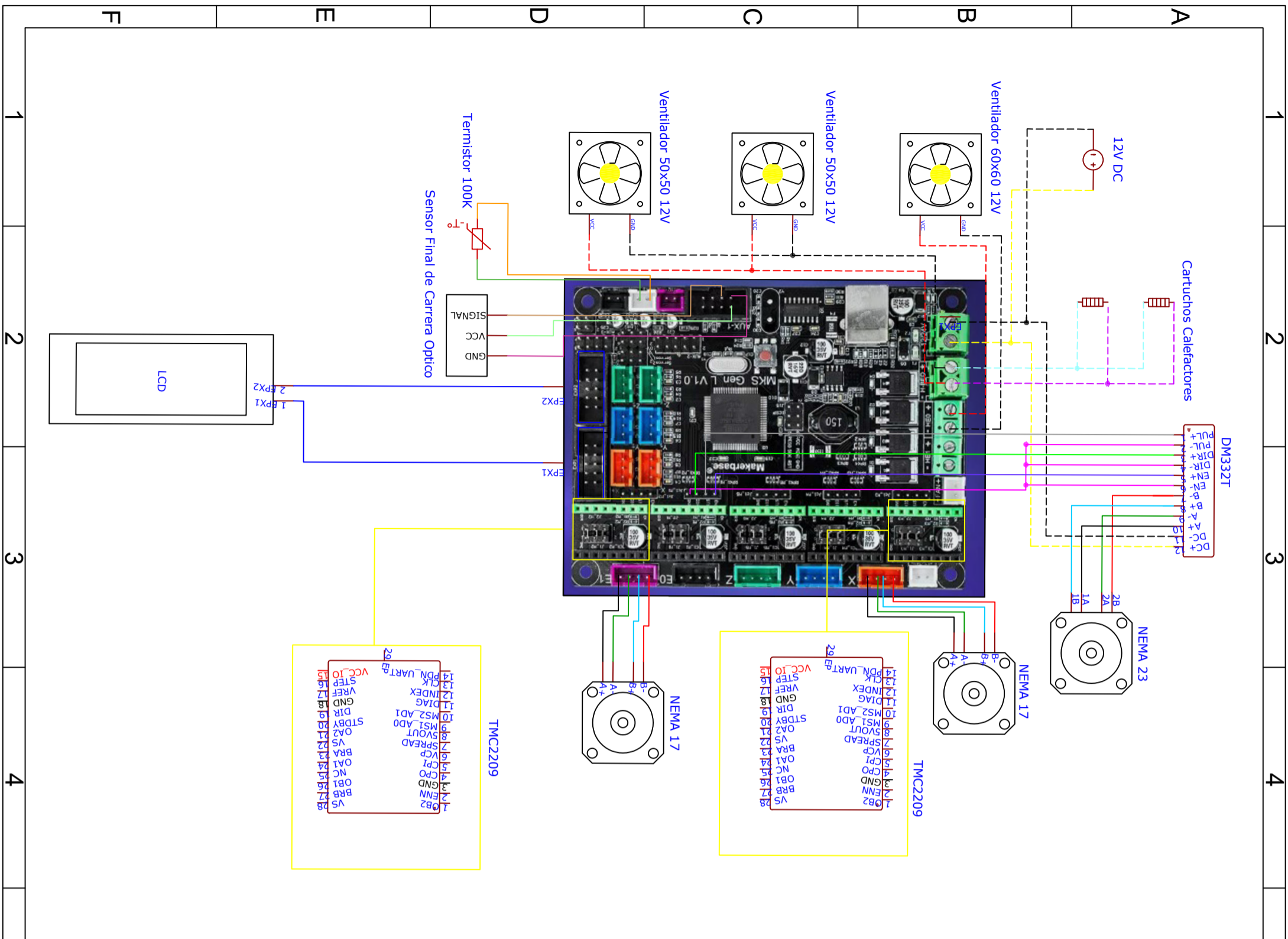


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI




	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	26/07	J.R.C.G Y B.N.R.R	2:1		
Rev.	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Apro	28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina	Código:	Denominación:
Filamento PETG		± 0.50 mm	N° 48	ZC-509	Indicador de Sensor


# *Anexo VII*



1	2	3	4	5	6	7	8
				LEYENDA			
				NEMA 17		Motor paso a paso NEMA 17	
				NEMA 23		Motor paso a paso NEMA 23	
				LCD		Pantalla LCD	
				Ventilador 60x60		Ventilador 60x60 de 12V	
				Ventilador 50x50		Ventilador 50x50 de 12V	
				TMC2209		Driver TMC2209 del motor NEMA17	
				DM332T		Driver DM332T del motor NEMA 23	
				Cartuchos Calefactores		Cartuchos Calefactores	
				Termistor 100K		Termistor 100K NTC	
				Sensor Final de Carrera Optico		Sensor Final de Carrera Optico	
				Placa MKS GEN L V1.0		Placa MKS GEN L V1.0	
				Fuente 12V		Conector para la LCD	
						Ubicación de los Driver TMC2209	
						Conector de A+ de motores paso a paso	
						Conector de B- de motores paso a paso	
						Conector de A+ de motores paso a paso	
						Conector de B- de motores paso a paso	
						Conector de EN-,DIR-,PUL- del driver DM332T	
						Conector de EN+ del driver DM332T	
						Conector de DIR+ del driver DM332T	
						Conector de PUL+ driver DM332T	
						Conector de VCC del Sensor Optico	
						Conector de SIGNAL del Sensor Optico	
						Conector VCC del Termistor	
						Conector GNE del Termistor	
						Conector VCC del ventilador de 12V	
						Conector GND	
						Conector VCC de la Fuente de 12 V	
						Conector VCC del Cartucho Calefactor	



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	Asignatura:
26/07	J.R.C.G.Y.B.N.R.R	N/E	INGENIERÍA
Rev. 28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE		ELECTROMECÁNICA
Apró 28/07	LUIS MIGUEL NAVARRETE	Número Lamina N° 1	Denominación: Zona de Control

**Proyecto: Circuito Electrico**

## *Anexo VIII Datasheet de Componentes Electrónicos*

### **Cartucho Calefactor**



#### CARTUCHO CALEFACTOR 24V 40W

Resistencia calefactora para hotend. 12V 40W Compatible con hotend E3D.

- Voltaje: 24V
- Potencia: 40W
- Material: acero inoxidable
- Núcleo: Cerámica
- Diámetro: 6mm aprox.
- Largo: 20mm aprox.
- Longitud de cable: 100cm aprox.
- Cable revestido de tela protectora

### **Ventiladores 50x50 y 60x60**

## **Ventilador DC 5010 5V 50x50x10mm**



- Voltaje: 5v.
- Número de aspas: 9.
- Velocidad: 5000rpm  $\pm$ 10%.
- Sonoridad: 28.44dB  $\pm$ 10%.
- Pines de cable: 2.
- Vida útil: 35.000 horas.



## CARACTERÍSTICAS:

Modelo: TFS60105H

Tipo: Ventilador axial.

Voltaje de operación: 5VDC.

Corriente: 0.24A.

Potencia: 1.2W.

Velocidad de giro: 3.500 RPM.

Flujo de aire: 15.5 CFM

Nivel de ruido: 27.2 dBA.

Número de aspas: 11.

Medidas: 60mm x 60mm x 10mm.

## Motor Nema 17

### Stepper Motor NEMA 17

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.



Standard shaft motor shown.

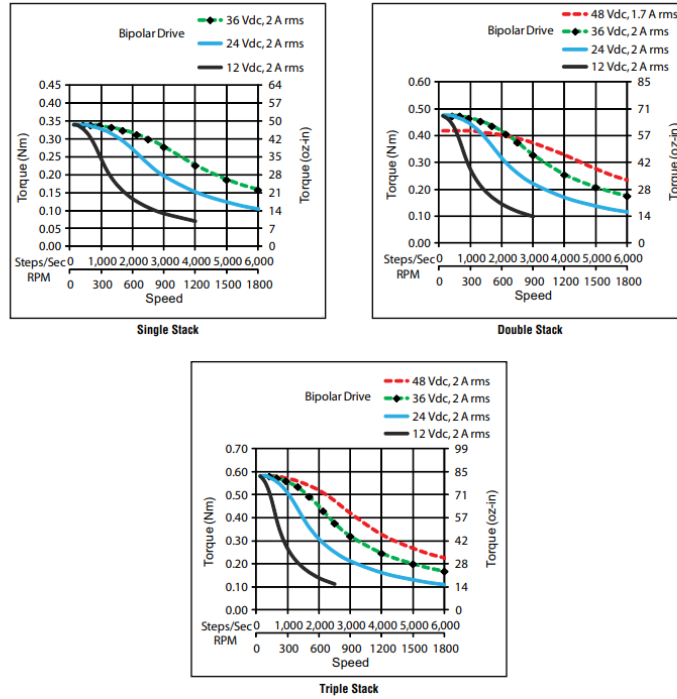
Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	25 N (5.6 lbs.) Push 65 N (15 lbs.) Pull
Radial	29 N (6.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque		Winding Ohms mH		Detent Torque		Rotor Inertia		Motor Weight	
			Nm Typ.	oz-in Typ.	±10% @ 20°C Typ.	mNm Typ.	mNm oz-in	g cm2 oz-in2	kg lbs			
(Stack)	"L" Max	Amps										
Single	39.8 mm (1.57 in)	2	0.48	68	1.04	2.2	15	2.1	57	0.31	0.28	0.62
Double	48.3 mm (1.90 in)	2	0.63	89	1.3	2.9	25	3.5	82	0.45	0.36	0.79
Triple	62.8 mm (2.47 in)	2	0.83	120	1.49	3.8	30	4.2	123	0.67	0.6	1.3

\*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.

## NEMA 17 Stepper Motor

\*Performance curves apply to continuous duty cycles.  
Consult factory for intermittent cycles or other voltages.



## Motor Nema 23

## Stepper Motor NEMA 23

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.



Standard shaft motor shown.

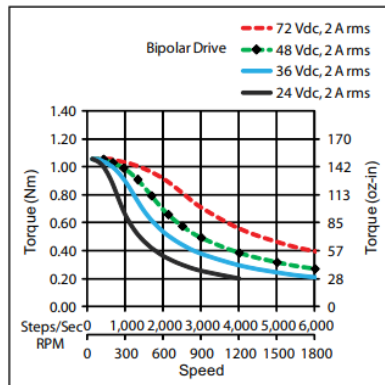
Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	40 N (9 lbs.) Push 130 N (30 lbs.) Pull
Radial	70 N (15.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque		Winding Ohms mH		Detent Torque		Rotor Inertia		Motor Weight	
			Nm	oz-in	Typ.	Typ.	mNm	oz-in	g cm <sup>2</sup>	oz-in <sup>2</sup>	kg	lbs
(Stack)	"L" Max	Amps			±10% @ 20°C							
Single	55.0 mm (2.17 in)	2.2	1.50	210	1.6	6.9	45	6.4	220	1.2	0.6	1.3
Double	77.0 mm (3.03 in)	3	2.30	330	1.1	4.5	75	11	390	2.1	1	2.2
Power Plus (Triple)	77.0 mm (3.03 in)	3	3.30	470	1.1	3.7	150	21	390	2.1	1.1	2.4

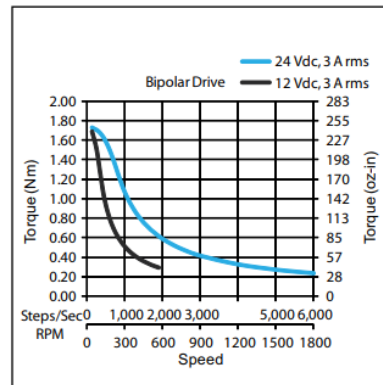
\*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.

# NEMA 23 Stepper Motor

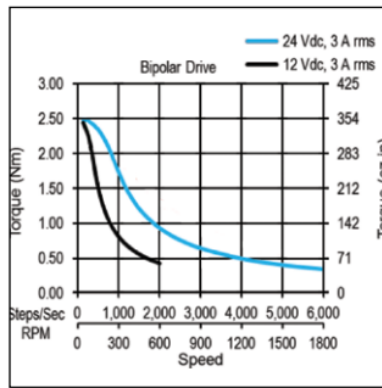
\*Performance curves apply to continuous duty cycles.  
Consult factory for intermittent cycles or other voltages.



Single Stack



Double Stack



Power Plus (Triple Stack)

## LCD



### ESPECIFICACIONES TECNICAS:

Pantalla: 20 × 4 caracteres

Tamaño: 150x62x45mm

Tamaño de pantalla: 76 × 25,2 mm

Voltaje de entrada: 5 V

Dimensiones: 28,4 x 150 x 62 mm

Circuito de control de luz de fondo LED

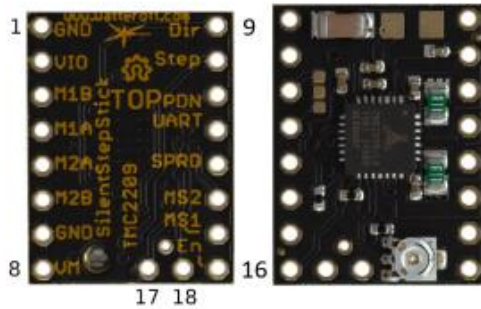
Este controlador es 100% compatible con el diseño original.

## Drivers TMC2209

# TMC2209 SilentStepStick

Document Revision V1.10 • 2019-May -20

## Module Top View



## Pin List

Left	Signal	Right	Signal
1	GND	9	Dir
2	VIO	10	Step
3	M1B (Motor Phase B)	11	PDN
4	M1A (Motor Phase A)	12	UART
5	M2A (Motor Phase A)	13	SPRD
6	M2B (Motor Phase B)	14	MS2
7	GND	15	MS1
8	VM	16	EN
17	INDEX	18	DIAG

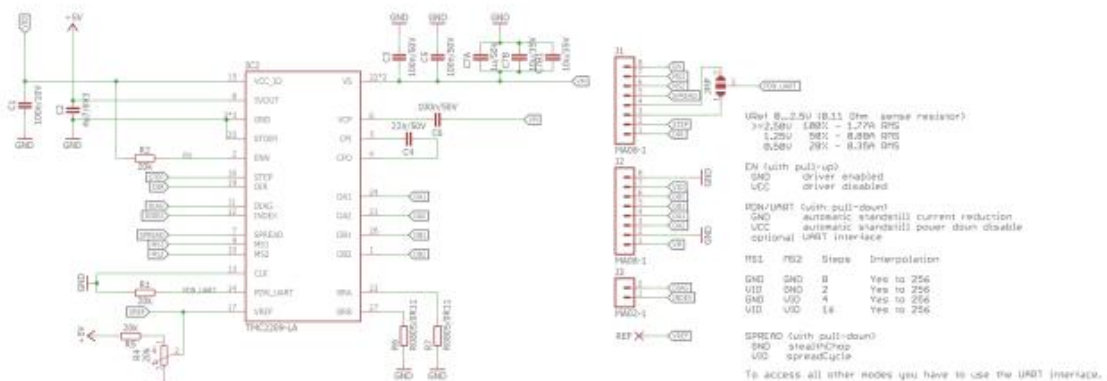
## Features and additional Resources

- TMC2209-LA stepper motor controller & driver
- Supply voltage 4.75-28V
- Continuous  $I_{phase} = 1.4A_{RMS}$
- $I_{phase}$  up to  $1.77A_{RMS} = 2.5A_{peak}$  for a short time
- Quiet operation with StealthChop™
- Sensorless homing with StallGuard4™
- Energy savings with CoolStep™
- Configuration and extended diagnostics via UART
- Control via Step&Dir interface
- Board width 0.6", board height 0.8"
- 2x8 pin 0.1" header rows for pins/connectors
- Link to [additional information and IC data sheet](#)

## Bill of Materials

Pcs.	MPN	Value	Footprint	Description
1	100nF	100nF, 10V	0402	Capacitor
3	100nF	100nF, 50V	0402	Capacitor
2	10uF	10uF, 35V	1206	Capacitor
1	1uF	1uF, 50V	0805	Capacitor
1	POT-EVM3R	20k	POT_EVM3R	Potentiometer
3	RESISTOR-0402	20k	0402	Resistor
1	CAPACITOR-0402	22n/50V	0402	Capacitor
1	CAPACITOR-0402	4u7/6V3	0402	Capacitor
2	0R11	R0805/0R11	0805	Resistor
1	TMC2209-LA	TMC2209-LA	QFN28-PAD3.7	TRINAMIC TMC2209

## Schematics



Driver MT332T

Parameters	DM332T			
	Min	Typical	Max	Unit
Output Current	1.0(0.7 RMS)	-	3.2 (2.3 RMS)	A
Supply Voltage	10	24	30	VDC
Logic signal current	7	10	16	mA
Pulse input frequency	0	-	60	kHz
Minimal pulse width	7.5	-	-	μS
Minimal direction setup	7.5	-	-	μS
Isolation resistance	100			MΩ

## Termistor

### Specifications

Part No.	Rated zero-power resistance			temperature (°C)	B value*2	Dissipation factor (mW/°C) Approx.	Thermal time constant(s)*3 Approx.	Rated Electricity mW at 25°C	Category temp. range(°C)
	temperature*1 (°C)	resistance	tolerance						
252GT-2-20185	0	6kΩ	±5%	0/100	3390K±2%	0.6	7	3.0	-50~+300
252GT-2-20197	25	2,5kΩ	±2,5%						
262GT-2-20198	0	8kΩ	±1%						
542GT-2-20184	75	0,7331kΩ	±3%	25/50	3745K±2%				
542GT-2-20186	0	15kΩ	±3%						
852GT-2-20156	50	3,485kΩ	±3%	0/100	3450K±2%				
103GT-2-20196	25	10kΩ	±1%	25/85	3435K±1%				
103GTA-2-20199	25	10kΩ	±5%	25/125	3980K±2%				
303GT-2-20205	25	30kΩ	±3%	0/100	3970K±2%				
333GT-2-20204	125	1,509kΩ	±3%	0/100	3570K±2%				
493GT-2-20157	5	127kΩ	±2%	0/100	3970K±2%				
493GT-2-20159	75	7,214kΩ	±3%						
493GT-2-20188	40	26,06kΩ	±2%						
104GT-2-20201	25	100kΩ	±3%	100/200	4300K±3%				
234GT-2-20194	25	231,44kΩ	±3%	100/200	4537K±1%				
234GT-2-20195	150	3,161kΩ	±3%						
145GT-2-20203	200	4kΩ	±5%	200/300	5133K±3%				

\*1 Rated zero-power resistance at each temperature.

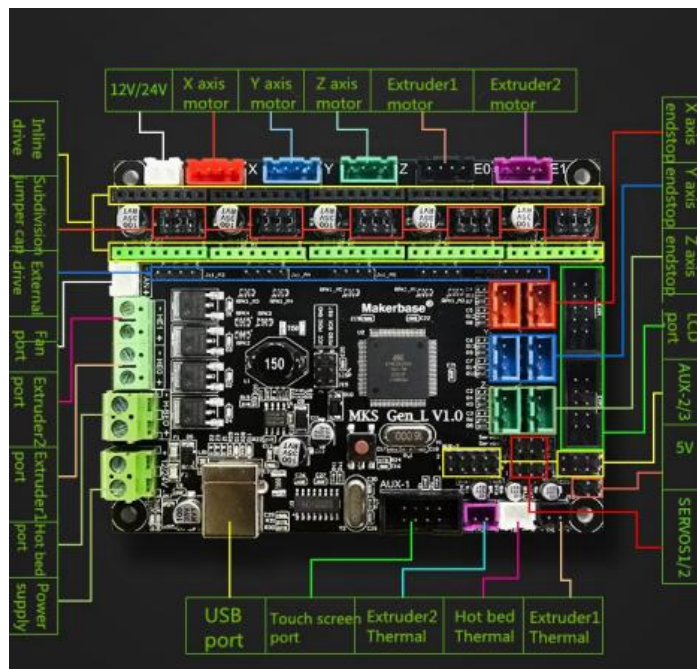
\*2 B value : determined by rated zero-power resistance at each temperature.

## MKS GEN L V1.0



## II Features

1. The 2560 and ramps1.4 are assembled on one board, which solves the cumbersome and troublesome problem of the Ramps1.4 combination interface.
2. Users can replace the motor drive by themselves, support 4988 drive and 8825 drive, TMC2100 drive, 8729 drive;
3. The external drive signal is reserved, and the 57 and 86 motors can be driven by a large external drive.
4. The high quality MOSFET tube has better heat dissipation effect and ensures stable work for a long time.
5. Using dedicated power chip , support 12V-24V power input;Solve the problem of heat and power shortage of Ramps voltage conversion chip.
6. The stable and reliable filter circuit greatly reduces the possibility of interference, and the most likely to avoid the phenomenon of crashes and runaways during the printing process.
7. The use of CH340 serial chip, under the premise of ensuring stability and reliability, reduce costs, but also solve the problem of the previous 16U2 hard-to-install drive.
8. Can accept 24V input, the same system power can reduce the hot bed current to 1/4, effectively solve the hot bed MOS tube heating problem;
9. Using open source firmware Marlin, the configuration is exactly the same as ramps1.4, which can directly replace Ramps1.4 and is more stable.
10. It can directly connect 2004LCD display and 12864LCD display and MINI12864 display to support TFT28 and TFT32 touch screen developed by Maker.
11. The XYZ axes use different color terminals to correspond to the motor and limit switches for easy wiring.
12. User-friendly design, use different color terminals to distinguish the driving direction, reduce the probability of insertion and reverse, and prevent the motherboard from being damaged due to the drive insertion.



## Sensor Final de Carrera Optimo



### Descripción

Este dispositivo óptico de barrera se utiliza bien como final de carrera de alta precisión, bien como tacómetro óptico (gracias al uso de [encoders ranurados](#)), ¡en un formato muy compacto!

El funcionamiento es muy sencillo, pues su salida digital cambia de estado en función de si un objeto interrumpe el haz luminoso que atraviesa la horquilla negra.

- Tipo emisor: LED con ranura para máxima precisión.
- Incluye cable de conexión
- Dimensiones aproximadas : 33 x 10.5 x 12.5 mm

Conexionado:

- Pin Vcc: a 5V de Arduino
- Pin GND: a GND de Arduino.
- Pin OUT: a cualquier entrada digital de Arduino.

# *Anexo IV*

