



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

## **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO DE UNA MATRIZ DE SECCIÓN CIRCULAR SÓLIDA  
PARA UNA MÁQUINA PROTOTIPO EXTRUSORA DE  
PLÁSTICO”**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PRESENTADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

### **AUTORES:**

Ortega Rodriguez Christian Genaro

Proaño Manobanda Juan Daniel

### **TUTOR:**

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera.Ms.C

**LATACUNGA - ECUADOR  
ABRIL- AGOSTO  
2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Ortega Rodriguez Christian Genaro y Proaño Manobanda Juan Daniel declaramos ser autores del presente proyecto de investigación **"DISEÑO DE UNA MATRIZ SECCIÓN CIRCULAR SÓLIDA PARA UNA MÁQUINA PROTOTIPO EXTRUSORA DE PLÁSTICO"**, siendo el Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera tutor del presente trabajo; y eximimos 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 investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



.....  
Ortega Rodriguez Christian Genaro  
C.I. 185044971-9



.....  
Proaño Manobanda Juan Daniel  
C.I. 180516017-1

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: investigación “**DISEÑO DE UNA MATRIZ SECCIÓN CIRCULAR SÓLIDA PARA UNA MÁQUINA PROTOTIPO EXTRUSORA DE PLÁSTICO**”, de Ortega Rodríguez Christian Genaro y Proaño Manobanda Juan Daniel, de la carrera de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto del 2024

  
Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Pañaherrera

CI: 050215089-9

**TUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Ortega Rodríguez Christian Genaro y Proaño Manobanda Juan Daniel, con el título de Proyecto de titulación: investigación **"DISEÑO DE UNA MATRIZ SECCIÓN CIRCULAR SÓLIDA PARA UNA MÁQUINA PROTOTIPO EXTRUSORA DE PLÁSTICO"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto del 2024

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ing. Vizquete Fiallos Gonzalo Xavier  
CI:171463136-1



Lector 2

Ing. Navarrete López Luis Miguel. Ms.C  
CI:180374728-4



Lector 3

Ing. Cevallos Betún Segundo Ángel. Ms.C  
CI:050178243-7

## **AGRADECIMIENTO**

*Un especial agradecimiento a todas aquellas personas que estuvieron cerca y me brindaron algo de su apoyo, de su tiempo, su sabiduría y entendimiento para que yo pudiera avanzar en mi estudio como profesional. Agradezco de antemano a la Universidad Técnica de Cotopaxi por recibirme y haberme formado como un profesional más de este país.*

*Al cuerpo de docentes que conforman el programa de ingeniería electromecánica y en especial al Ing. Raúl Reinoso, quien acepto mi propuesta y me guio por el mejor camino para finalizar este proyecto. A mis padres, mis hermanos que me han servido de ejemplo y apoyo para culminar mis estudios. GRACIAS TOTALES.*

***Christian Ortega***

## **DEDICATORIA**

*Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta, a mis padres, Luis Humberto Y Martha Susana, por acompañarme en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional, se la dedico a mi abuela María Elena y mi padrino Walter Efraín, desde el cielo son esa luz que me daba fuerzas para continuar.*

*A mis hermanos Nancy, Wilmer y sobrinos por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr, se la dedico a mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.*

*A mi novia Jaqueline Tatiana, hoy cierro un capítulo importante de mi vida, pero abro un nuevo camino lleno de posibilidades y aprendizajes. Y tú has sido parte fundamental de este proceso, con tu amor, con tu paciencia y con tu inagotable apoyo.*

*Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.*

*A todos ellos, muchas gracias de todo corazón*

**Christian Ortega**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero iniciar agradeciendo a mi madre que ha sido el pilar fundamental desde un inicio en mi formación como estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi ella fue la primera persona que confió en mí para poder iniciar mis estudios de igual manera a mi padre que en su transcurso me brindó aquel apoyo juntamente con mis hermanos, de igual manera a todos aquellos amigos, compañeros que estuvieron cerca y me brindaron su apoyo.*

*Al grupo de docentes que conforman ingeniería electromecánica y de manera especial al Ing. Raúl Reinoso por guiarnos por el mejor camino en nuestro proyecto de titulación que hoy en día lo estamos culminando, gracias a todos por ayudarme a formarme como un profesional más de este país.*

**Juan Proaño**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo con todo mi corazón a mi familia, cuyo apoyo y amor incondicional han sido el pilar fundamental en la realización de este sueño.*

*A mis padres, gracias por ser mi fuente de inspiración y guía. Su sacrificio, apoyo constante y la semilla del conocimiento y el valor del esfuerzo que han sembrado en mí han sido esenciales para alcanzar este logro. A mis hermanos, gracias por ser mis cómplices y confidentes, y por comprender las ausencias y dedicaciones que este camino ha exigido. Este triunfo es también suyo, porque sin su apoyo y comprensión, no estaría celebrando este importante éxito en mi vida.*

**Juan Proaño**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

## TÍTULO: “DISEÑO DE UNA MATRIZ SECCIÓN CIRCULAR SÓLIDA PARA UNA MÁQUINA PROTOTIPO EXTRUSORA DE PLÁSTICO”

**Autores:**

**Ortega Rodriguez Christian Genaro**

**Proaño Manobanda Juan Daniel**

### RESUMEN

El presente trabajo sistematiza a través de una metodología experimental el diseño de matrices de sección circular sólida para una máquina prototipo extrusora de plástico, el propósito central del estudio es diseñar una matriz considerando las variables de la matriz (geometría de la matriz, la velocidad de extrusión, y otras) así como las variables del proceso de producción (capacidad de producción, temperatura de zonas, otras), con el objetivo de facilitar el proceso de extrusión. En el estudio no se considera la calidad final del producto de la extrusión ya que al ser un proceso experimental se centraliza en determinar la geometría interna más idónea para que se posible la fluidez y el levantamiento de presión en la etapa de rompimiento.

Los resultados de las diferentes pruebas se las realiza con matrices con diferente número de bocas y diversos diámetros de salida, no se considera la expansión a la salida del material extruido, calidad superficial de la matriz, sistema de enfriamiento posterior y tampoco las propiedades del material plástico proceso de la extrusión. El diseño de las matrices en la zona de rompimiento se lo analizó con ángulos de conicidad de ingreso del material diferente: 1) ángulo de ingreso de  $0^\circ$  no permite la generación de presión interna; 2) ángulo de ingreso de  $45^\circ$  permite el levantamiento de presión y flujo de material para permitir la salida del material en matrices de 1, 2 y bocas.

Finalmente se anticipa que los análisis de esta investigación impulsaran el avance en el diseño de matrices para la extrusión de plásticos proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones.

**Palabras clave:** Sistematiza, máquina, extrusión, fluidez, diseño, conicidad.

# **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF APPLIED SCIENCES AND ENGINEERING**

**THEME: “DESIGN OF A SOLID CIRCULAR SECTION DIE FOR A PROTOTYPE  
PLASTIC EXTRUDER MACHINE”**

**Authors:**

**Ortega Rodriguez Christian Genaro**

**Proaño Manobanda Juan Daniel**

## **ABSTRACT**

The present work systematizes, through an experimental methodology, the design of solid circular section dies for a prototype plastic extruder machine. The central purpose of the study is to design a die considering the die variables: geometry, extrusion speed, among others) as well as the production process variables (production capacity, zone temperature, etc.) to facilitate the extrusion process. That is why the final quality of the extrusion product is not considered in the study since, being an experimental process, it is focused on determining the most suitable internal geometry to make fluidity, and pressure lifting at the breakthrough stage.

The results of the different tests are carried out in dies with varying numbers of nozzles and various outlet diameters since the expansion at the outlet of the extruded material, the surface quality of the die, the subsequent cooling system, and the properties of the plastic material in the extrusion process are not considered. The design of the dies in the breaking zone was analyzed with different material inlet conicity angles where the following are taken into consideration: 1) the inlet angle of  $0^\circ$ , which does not allow the generation of internal pressure; 2) the inlet angle of  $45^\circ$ , that allows the lifting of pressure and material flow to allow the exit of the material in dies with 1 and 2 mouths.

Finally, it is anticipated that the analyses of this research will further advance the design of dies for plastic extrusion by providing a solid foundation for future research and applications.

**Keywords:** Systematize, machine, extrusion, fluidity, design, conicity.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

Ortega Rodriguez Christian Genaro  
Proaño Manobanda Juan Daniel

**AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo**

Yo Cintya Nataly Martínez Mallitasig ,con cédula de identidad número: 0503857724 Licenciada en Pedagogía del Idiomas Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020 - 2023 - 2649298; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“DISEÑO DE UNA MATRIZ SECCIÓN CIRCULAR SÓLIDA PARA UNA MÁQUINA PROTOTIPO EXTRUSORA DE PLÁSTICO”** de: **Ortega Rodriguez Christian Genaro y Proaño Manobanda Juan Daniel**, egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, perteneciente a la Facultad de **Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 21 agosto, 2024

  
.....  
Lic/ Cintya Nataly Martínez Mallitasig  
CI:0503857724

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

2.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.1	ANTECEDENTES .....	1
2.2	JUSTIFICACIÓN .....	2
2.3	TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	2
2.3.1	Título de la propuesta tecnológica .....	2
2.3.2	Alcance de la propuesta tecnológica .....	2
2.4	SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	3
2.5	OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	3
2.5.1	Objeto de estudio.....	3
2.5.2	Campo de acción .....	3
2.6	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
2.6.1	Situación problemática.....	3
2.6.2	Formulación del problema .....	4
2.7	OBJETIVOS .....	4
2.7.1	Objetivo general .....	4
2.7.2	Objetivos específicos .....	4
2.8	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
3.1	DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO .....	6
3.1.1	Cadena de valor de la industria del plástico.....	6
3.1.2	Plástico .....	7
3.1.3	Clasificación y estructura de los plásticos .....	7
3.2	TERMOPLÁSTICOS .....	8
3.3	TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) .....	9
3.4	PROCESO DE MANUFACTURA DE MATERIALES PLÁSTICOS .....	10
3.5	PROCESO DE EXTRUSIÓN .....	13
3.5.1	Diagrama de proceso.....	13
3.5.2	Partes de un extrusor .....	13
3.5.3	Clasificación y conceptos por zonas .....	14
3.6	MATRICES PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	15
3.6.1	Definición.....	15
3.6.2	Función principal .....	15
3.6.3	Tipos de matrices .....	15
3.6.4	Matriz paso directo.....	16

3.6.5 Placa rompedora.....	17
3.6.6 Torpedo .....	17
3.6.7 Boquilla.....	18
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	21
4.1 METODOLOGÍA.....	21
4.2 ALCANCE (DEFINICIÓN DE REQUISITOS) .....	22
4.2.1 Establecimiento de la estructura funcional .....	22
4.3 DISEÑO CONCEPTUAL .....	23
4.4 DISEÑO DIMENSIONAL .....	24
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	25
5.1. ALCANCE.....	25
5.2. ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL .....	26
5.3 ESTRUCTURA FUNCIONAL POR SECCIONES.....	26
5.4 DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN.....	28
5.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE MATRICES.....	29
5.6 DISEÑO CONCEPTUAL .....	29
5.7 DISEÑO DIMENSIONAL .....	30
5.7.1 Selección de material .....	30
5.7.2 Elección del acero 1018 .....	31
5.8 EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y CÁLCULOS GEOMÉTRICOS POR MATRIZ .....	31
5.9 ANÁLISIS EN BASE A EL FUNCIONAMIENTO ESPECIFICO POR MATRIZ .....	37
5.10 DISEÑO CONCEPTUAL .....	38
5.10.1 Análisis de alterativas .....	38
5. 11 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO .....	38
5.11.1 Costos directos de fabricación .....	38
5.11.2 Costo de las horas de ingeniería en diseño.....	39
5.11.3 Costo total .....	40
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
6.1 CONCLUSIONES .....	41
6.2 RECOMENDACIONES.....	41
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	42
8. ANEXOS.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Principales destinos de explotaciones de plástico 2017.....	7
Figura 3.2. Clasificación y estructuras de materiales plásticos.....	8
Figura 3.3. Propiedades de los plásticos PET.....	10
Figura 3.4. Diagrama de proceso.....	13
Figura 3.5. Partes comunes de un extrusor simple [2].....	14
Figura 3.6. Matrices para proceso de extrusión.....	16
Figura 3.7. Matriz paso directo.....	16
Figura 3.8. Placa rompedora [2]. ....	17
Figura 3.9. Torpedo [2]. ....	18
Figura 3.10. Boquilla [2]. ....	18
Figura 4.1. Estructura funcional (variables).....	22
Figura 4.2. Variables para el diseño de matrices.....	23
Figura 5.1. Análisis de funcionalidad de la maquina prototipo extrusora de plástico.....	26
Figura 5.2. Estructura por secciones.....	27
Figura 5.3. Variables definidas en la estructura funcional. ....	29
Figura 5.4. Análisis de funcionalidad de la maquina prototipo extrusora de plástico.....	30
Figura 5.5. Geometría matriz #1.....	32
Figura 5.6. Geometría matriz #2.....	33
Figura 5.7. Geometría matriz #3.....	34
Figura 5.8. Geometría matriz #4.....	35
Figura 5.9. Geometría matriz #5.....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas en relación con los objetivos.....	5
Tabla 3.1. Propiedades de los termoplásticos.....	9
Tabla 3.2. Polietileno de baja y alta densidad.....	9
Tabla 3.3. Propiedades polietileno. ....	10
Tabla 3.4. Descripción del proceso de extrusión.....	11
Tabla 3.5. Descripción del proceso de extrusión.....	14
Tabla 3.6. Partes principales de una boquilla de extrusión productiva. ....	19
Tabla 3.7. Partes principales de una boquilla de extrusión de implementación.....	20
Tabla 4.1. Tabla de ponderación. ....	21
Tabla 4.2. Variables de producción.....	22
Tabla 4.3. Variables en diseño de matrices. ....	23

Tabla 4.4. Variables de producción.....	24
Tabla 4.5. Variables en diseño de matrices .....	25
Tabla 5.1. Variables de producción.....	29
Tabla 5.2. Características de materiales a comprar.....	30
Tabla 5.3. Ponderación para su elección.....	31
Tabla 5.4. Matiz #1.....	32
Tabla 5.5. Matiz #1.....	32
Tabla 5.6. Matiz #2.....	33
Tabla 5.7. Matiz #2.....	33
Tabla 5.8. Matiz #3.....	34
Tabla 5.9. Matiz #3.....	34
Tabla 5.10. Matiz #4.....	35
Tabla 5.11. Matiz #4.....	35
Tabla 5.12. Matiz #5.....	36
Tabla 5.13. Matiz #5.....	36
Tabla 5.14. Análisis específico por matriz.....	37
Tabla 5.15. Costos de material.....	38
Tabla 5.16. Costos de diseño de ingeniería.....	39
Tabla 5.17. Costos directos.....	40
Tabla 5.18. Costos Indirectos.....	40
Tabla 5.19. Presupuesto.....	40

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“DISEÑO DE UNA MATRIZ DE SECCIÓN CIRCULAR SÓLIDA PARA UNA MÁQUINA  
PROTOTIPO EXTRUSORA DE PLÁSTICO”

**Fecha de inicio:**

Abril 2024

**Fecha de finalización:**

Agosto 2024

**Lugar de ejecución:**

**Región:** Sierra

**Provincia:** Cotopaxi

**Parroquia:** Eloy Alfaro

**Sector:** San Felipe

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Equipo de trabajo:**

Ortega Rodriguez Christian Genaro

Proaño Manobanda Juan Daniel

**Tutor:**

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MsC.

**Área de conocimiento:**

Área	Subárea
07 ingeniería, industria y construcción	071 ingeniería y profesiones afines

**Línea de investigación:**

Procesos industriales

**Sublínea de investigación:**

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Los procesos de producción que utilizan plástico (polímero) como materia prima (sea virgen o reciclado) ha tenido un crecimiento significativo en el Ecuador, esto se debe a que sus características y propiedades (materia prima reciclable, bajas temperaturas de fusión, alta resistencia de acuerdo con su estructura) las hacen óptimas para una inversión de bajo costo y de alta versatilidad en el diseño de productos comerciales.

La extrusión de plástico es un proceso en el cual el polímero es fundido y conformado bajo un flujo continuo de presión y fuerza. Este proceso permite obtener una forma específica, la cual no solo depende de las variables mencionadas, sino también de las características de la matriz que guía el material para darle su forma final.

El diseño de matrices constituye entonces una variable fundamental en la industria del plástico (procesos que utilizan matrices como inyección, soplado, extrusión) es una herramienta esencial que permite dar la forma al plástico con la que se define la geometría, el tamaño y características del producto final.

El diseño de matrices de extrusión abarca diversos aspectos técnicos depende inicialmente de las características mecánicas y eléctricas del equipo a utilizar y consideraciones de ingeniería que van desde el análisis del polímero a extruir, a selección del material (tomando en consideración alta resistencia térmica y la mínima dilatación térmica), mecanizado que permita una alta precisión en la fabricación y la geometría de la matriz para asegurar un flujo uniforme del material fundido, minimizando los puntos de acumulación de tensión que podrían llevar a la degradación del material o a la formación de defectos . Un diseño deficiente puede resultar en productos defectuosos como deformaciones, burbujas o variaciones en la forma geométrica final del producto.

### **2.1 ANTECEDENTES**

En los últimos años el diseño de matrices para máquinas extrusoras de plástico ha evolucionado considerablemente, a sus inicios las matrices se fabricaban de manera artesanal con una precisión limitada y una capacidad reducida para manejar la diversidad de materiales plásticos disponibles. Con el tiempo, el avance de la tecnología y los materiales ha permitido la creación de matrices más precisas y duraderas. La introducción de herramientas computacionales ha permitido un cambio significativo, permitiendo simulaciones detalladas del flujo de material a través de la matriz. Esto ha llevado a mejoras en la eficiencia del diseño y en la calidad del

producto final. Además, los avances en técnicas de fabricación, como el mecanizado de alta precisión y la manufactura aditiva (método que posibilita la creación de objetos tridimensionales mediante la adición secuencial de capas de material), han posibilitado la creación de matrices con geometrías complejas y tolerancias estrechas. Estos desarrollos han sido cruciales para satisfacer las demandas crecientes de productos plásticos de alta calidad y para optimizar los procesos de producción en la industria del plástico [16].

## **2.2 JUSTIFICACIÓN**

El diseño para materiales poliméricos ha sido esencial para mejorar la productividad y la calidad de los productos extruidos. Esta investigación no sólo contribuye al desarrollo del conocimiento en el campo de la extrusión de plástico, sino que también tiene importantes implicaciones prácticas para la industria. La optimización en la creación de matrices puede reducir costos, desperdicios y aumentar la competitividad de las empresas que utilizan estos procesos.

Además, este proyecto tiene el potencial de influir en la investigación futura y el desarrollo tecnológico en el campo de la extrusión de plástico, proporcionando una base sólida para una mayor innovación y mejora continua del diseño de matrices y los procesos de extrusión.

## **2.3 TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Desarrollo Tecnológico.

### **2.3.1 Título de la propuesta tecnológica**

“Diseño de una matriz de sección circular sólida para una máquina prototipo extrusora de plástico”

### **2.3.2 Alcance de la propuesta tecnológica**

Desarrollo: Intenta establecer un punto de partida como aporte en el diseño de matrices para el proceso de extrusión de materiales poliméricos, tanto con el uso de materiales vírgenes en la fabricación de productos de uso final, como los materiales reciclados que en la actualidad constituye un problema a solucionar con los residuos plásticos.

El proceso experimental utilizará como variables la geometría de la matriz (bocas de salida de sección circular simple de diferentes diámetros y conicidad para incremento de presión en bocas de salida), considerando las temperaturas y presión de extrusión constantes, no se considera los puntos de acumulación de tensión que podrían llevar a la degradación del material o a la

formación de defectos en el presente estudio.

## **2.4 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

El proceso abarca una variedad de aspectos técnicos que dependen principalmente de las características mecánicas y eléctricas del equipo utilizado, así como de consideraciones de ingeniería que incluyen desde el análisis del polímero a extruir hasta la selección del material adecuado para la matriz. Este material debe contar con alta resistencia térmica y mínima dilatación térmica. Además, es crucial un mecanizado que garantice alta precisión en la fabricación de la matriz y una geometría que asegure un flujo uniforme del material fundido, reduciendo al mínimo los puntos de acumulación de tensión, ya que estos podrían causar la degradación del material o la aparición de defectos. Un diseño inadecuado puede dar lugar a productos defectuosos, como deformaciones, burbujas o variaciones en la forma geométrica final.

## **2.5 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Diseño de matrices

### **2.5.2 Campo de acción**

Extrusión de materiales poliméricos

## **2.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.6.1 Situación problemática**

La problemática que aborda se centra en la creciente demanda de productos plásticos de alta precisión y calidad, lo que plantea desafíos significativos en el diseño y fabricación de matrices para extrusión. En la industria del plástico, las matrices son elementos clave que determinan la forma, consistencia y propiedades finales de los productos extruidos. No obstante, un diseño inadecuado de estas matrices puede ocasionar diversos problemas que impactan tanto la eficiencia del proceso como la calidad del producto final.

Uno de los retos principales es la selección del material adecuado para la matriz. Estas matrices deben soportar altas temperaturas sin sufrir deformaciones o degradación, lo que exige el uso de materiales con alta resistencia térmica y baja dilatación térmica. La elección correcta del material es esencial para evitar defectos en el producto final, como deformaciones o burbujas.

Además, la geometría de la matriz es crucial para asegurar un flujo uniforme del material

fundido. Un diseño geométrico deficiente puede provocar acumulación de tensión en el material, lo que podría causar su degradación o la aparición de defectos. Estos inconvenientes no solo afectan la calidad del producto, sino que también pueden incrementar los costos de producción debido a la necesidad de realizar ajustes y correcciones en el proceso.

### **2.6.2 Formulación del problema**

Existe un limitado análisis en relación a las variables en el diseño de matrices para extrusión de materiales poliméricos considerando que la misma depende inicialmente de las características mecánicas y eléctricas de cada máquina, su capacidad, producción y diseño en detalle propio del equipo de extrusión, además para este caso en particular (con metodología experimental) se hace necesario el análisis de las variables para la producción de la matriz: caracterización del material polimérico a extruir, selección del material para la matriz, proceso de fabricación de la matriz y geometría de la matriz.

## **2.7 OBJETIVOS**

### **2.7.1 Objetivo general**

- Construir una matriz de sección circular sólida a través de los fundamentos de diseño para una máquina prototipo extrusora de plástico que permita analizar sus variables geométricas, velocidad de extrusión y producción.

### **2.7.2 Objetivos específicos**

- Determinar las variables que influyen en el proceso de extrusión y en el diseño de matrices.
- Diseñar diferentes matrices de bocas circulares empleando algunos materiales que permitan la construcción de la misma para una máquina prototipo extrusora de plástico,
- Determinar la correlación que existe entre las variables de producción y diseño de la matriz.

## 2.8 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2.1. Sistema de tareas en relación con los objetivos.

PROPÓSITO	ACTIVIDADES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	RESULTADOS
Analizar las variables que influyen en el diseño para matrices en el proceso de extrusión de plásticos que permitan el desarrollo del proyecto.	Revisión bibliográfica.	Bibliografías (Libros, revistas, sitios web, etc.).	Tipos de plásticos, materiales, clasificación de las matrices para la extrusión.
	Visita a Laboratorios de la Universidad.	Fotografías a la visita de Laboratorios.	Mejor desempeño y eficiencia de la matriz de extrusión.
	Entrevista a personal especializado.	Ficha de entrevista (Tutor de titulación).	Documento de entrevista redactado por tesisistas y el mismo verificado por tutor.
Diseño de matrices de bocas solidas circulares para una maquina prototipo extrusora de plástico.	Diseñar matrices para la maquina prototipo.	Fotografías del diseño de las matrices.	Anexos de diseño de matrices.
	Recolección de información.	Toma de datos de tipo de material a ingresar	Material para ingresar: Polímero virgen.
		Toma de datos del material polietileno para la extrusión	Material de extrusión
Fabricación de 5 matrices boca de sección circular sólida, para el diseño seguro de maquinaria y la reducción de riesgos durante el proceso de diseño y construcción del prototipo.	Desarrollo del proyecto.	Fabricación de las	La máquina extrusora es puesta en servicio. Anexos de fabricación.
	Corrección de errores menores en el sistema.	Control de procesos más efectivos y eficientes tanto en situaciones normales de operación, como en situaciones de fallas.	Control de variables eléctricas y mecánicas sin errores ni pérdidas existenciales en el proceso de extrusión.

Determinar la correlación que existe entre las variables de diseño de diseño de la matriz y producción.	Implementación de las matrices diseñadas para la máquina prototipo	Fotografías de su instalación y funcionamiento.	Instalación de las matrices en la maquina prototipo. Memoria de cálculo.
---	--	---	---

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este apartado se pretende comprender y analizar con claridad los conocimientos e investigaciones existentes relacionados con el diseño de máquinas extrusoras de plástico, pero teniendo en cuenta que también se deben profundizar en las variables que inciden en la construcción de la matriz de secciones circulares sólidas para un prototipo de extrusora de plástico.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

Este proyecto se centraliza en la adaptación de matrices de sección circular a una máquina de extrusión existente para el cual sus parámetros y características del proceso sirven como base conceptual para sustentar y desarrollar el problema del proyecto. Como priorización se debe obtener características, componentes y principio de funcionamiento de la máquina, el comportamiento en el proceso de extrusión, así como los parámetros para obtener el análisis de cargas de este [22].

##### 3.1.1 Cadena de valor de la industria del plástico.

La cadena de valor de la industria de plásticos comienza con la extracción y explotación de su materia prima, las que son gas natural y petróleo. Según ASEPLAS (2018) se utiliza solo el 4% de la producción mundial de petróleo para la fabricación de plásticos. La industria plástica representa un sector muy importante para la petroquímica. En Ecuador en el año 2016 el 26,5% del total de la oferta de productor plástico fueron importados y el 73,5% representa a productos de fabricación local, 67% consumo intermedio, 28% consumo de hogares, 5% exportaciones. Según información del INEC (2018) de la base de datos histórica de la variación mensual del índice de precios al productor (IPP) de disponibilidad nacional el grupo para la fabricación de productos plásticos tiene una ponderación correspondiente del 1,76% en el cual la fabricación de hojas, placas, tubos y perfiles de plásticos es del 0,38%, los productos de plástico para la

construcción el 0,11% y otros productos plásticos (artículos para envasado, para el hogar, oficina y uso escolar) es del 1,26%. Los principales destinos a donde llegan las exportaciones de productos elaborados de plástico del Ecuador son los países vecinos de Colombia con un 26,9%, seguido de Chile con un 17,3% y Perú con un 14,3%, los cuales reciben en su mayoría productos semifabricados y manufacturados como tubos y accesorios de tubería, placas, laminas, hojas, tiras, botellas y frascos. Entre los 3 principales destinos de los productos de plástico locales, Chile es el que más requiere desechos, desperdicios y recortes; por lo contrario, Colombia requiere más plastificados en formas primarias [17].



Figura 3.1. Principales destinos de explotaciones de plástico 2017.

### 3.1.2 Plástico

El plástico es un material sintético compuesto principalmente de polímeros, que son moléculas de cadena larga formadas mediante la combinación de monómeros. El material es conocido por su versatilidad y puede adoptar diferentes formas y tamaños mediante diferentes procesos de fabricación. Los plásticos se dividen en dos categorías amplias: termoplásticos, que se ablandan cuando se calientan y pueden remodelarse, y termoestables, que se endurecen permanentemente después del moldeo inicial [18].

Debido a sus propiedades únicas como resistencia a la corrosión, ligereza y transparencia, su amplia gama de aplicaciones abarca desde embalajes y componentes electrónicos hasta piezas de automoción y materiales de construcción.

### 3.1.3 Clasificación y estructura de los plásticos

Los plásticos son sustancias formadas por macromoléculas, con propiedades que se asemejan a las resinas naturales, preparados por síntesis mediante reacciones de polimerización o

condensación se les puede dar forma mediante el calor y la presión, manteniendo posteriormente y adquiriendo unas resistencias muy elevadas [19].

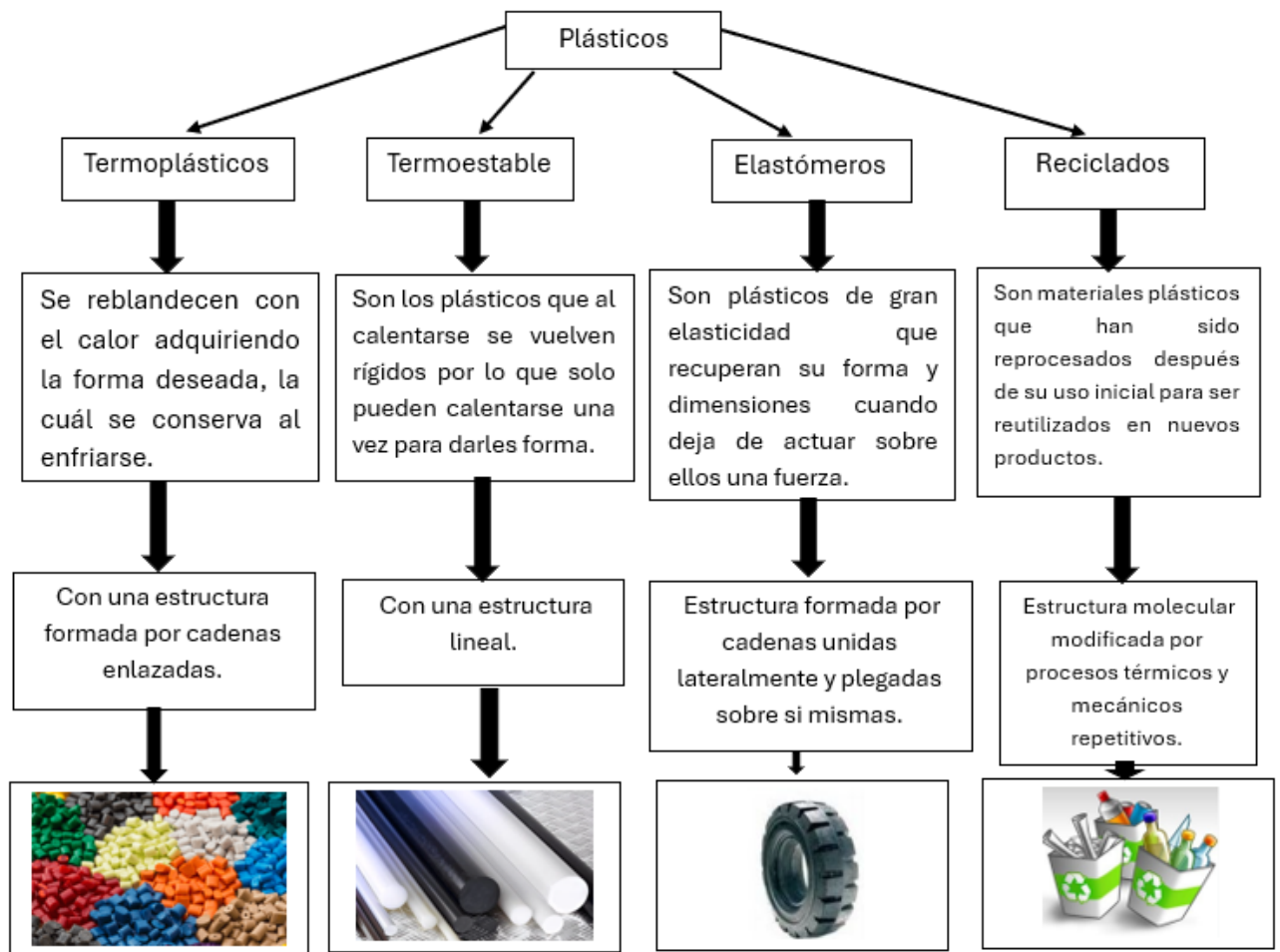


Figura 3.2. Clasificación y estructuras de materiales plásticos.

### 3.2 TERMOPLÁSTICOS

Son polímeros que se vuelven blandos al calentarse y pueden moldearse, endureciéndose nuevamente al enfriarse sin cambiar su composición química. Este proceso reversible permite su reutilización y reciclaje, haciéndolos ampliamente aplicables en la industria [4].

- **Propiedades de los termoplásticos**

Los termoplásticos presentan alta maleabilidad al calor, permitiendo su moldeo y reciclaje. Son resistentes al impacto y a productos químicos, con buena estabilidad dimensional, su densidad y resistencia varían según el tipo, siendo ampliamente utilizados en aplicaciones industriales y comerciales.

Tabla 3.1. Propiedades de los termoplásticos

<b>PROPIEDADES DE LOS TERMOPLÁSTICOS</b>	
<b>Propiedad</b>	<b>Descripción</b>
Maleabilidad al Calor	Se ablandan al calentarse y pueden moldearse fácilmente.
Reciclabilidad	Pueden reprocesarse y reciclarse sin alterar su estructura.
Resistencia al Impacto	Buena capacidad para absorber impactos sin fracturarse.
Resistencia Química	Alta resistencia a ácidos, bases y solventes.
Estabilidad Dimensional	Mantienen su forma y tamaño tras el enfriamiento.
Densidad	Varía según el tipo, generalmente baja (0.90 - 1.30 g/cm <sup>3</sup> ).
Temperatura de Fusión	Varía según el tipo, generalmente entre 100°C y 250°C

- **Densidad de materiales termoplásticos**

La densidad hace referencia a la medida de la cristalinidad que es una ramificación de la cadena macromolecular. Las ramas de cadena larga están presentes principalmente en polímeros de baja densidad, por lo que las ramas de cadena corta predominan en alta densidad. El rango de densidad para polietilenos puede clasificarse como se muestra a continuación en la tabla 3.2 clasificadas en cuatro categorías de acuerdo con NTE INEN-ISO 1183-1 [21].

Tabla 3.2. Polietileno de baja y alta densidad

<b>Polietileno baja densidad de: 0.910 – 0.940 gr/cm<sup>3</sup></b>	
PEBD	Polietileno de baja densidad
PELBD	Polietileno lineal de baja densidad
<b>Polietileno alta densidad de: 0.941 – 0.965 gr/cm<sup>3</sup></b>	
PEAD	Polietileno de alta densidad
PED-AMP	Polietileno de alta densidad y alto peso molecular
UHMWPE	Polietileno de ultra alto peso molecular

### **3.3 TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)**

Un tipo de plástico de la familia del poliéster. Polímero termoplástico obtenido de la polimerización de etilenglicol y ácido tereftálico. El PET se utiliza ampliamente en la industria manufacturera debido a sus buenas propiedades físicas y químicas.

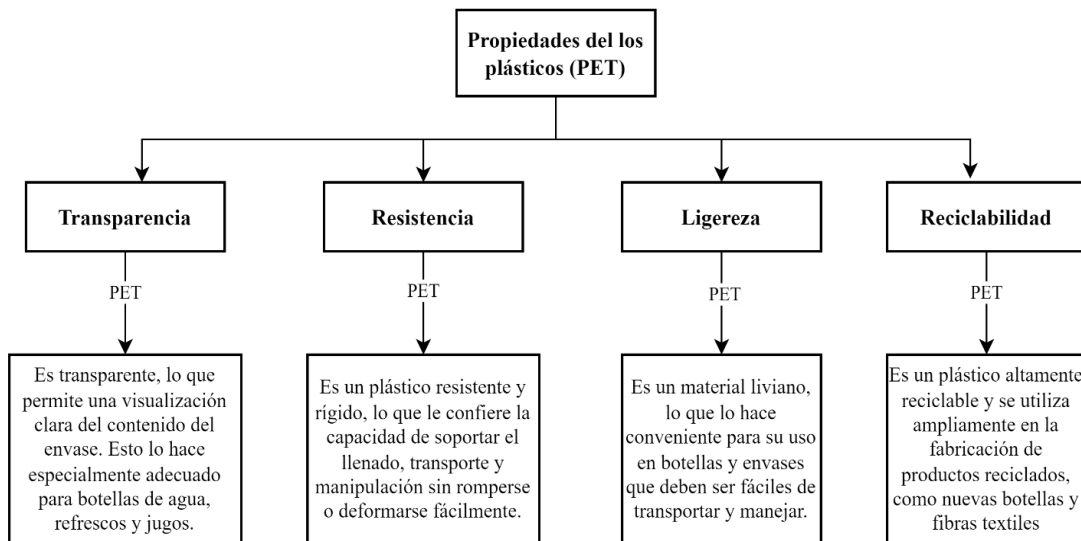


Figura 3.3. Propiedades de los plásticos PET.

- **Propiedades del polietileno**

En la siguiente tabla 3.3. se muestra detallada la información del polietileno ya que es un polímero con baja densidad, buena resistencia química y capacidad de expansión al extruir además es flexible y es fácil de procesar todos sus datos se encuentran detallados con su valor estándar.

Tabla 3.3. Propiedades polietileno.

<b>PROPIEDADES DEL TERMOPLÁSTICO POLIETILENO</b>	
<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Densidad	0.91 - 0.96 g/cm <sup>3</sup>
%Expansión de un fluido extruido	20 - 50%
Temperatura de fusión	180 - 250 °C
Resistencia a la tracción	10 - 40 MPa
Resistencia química	Alta resistencia a la mayoría de los químicos

### 3.4 PROCESO DE MANUFACTURA DE MATERIALES PLÁSTICOS

El proceso de manufactura de plásticos incluye la fusión del polímero, moldeado en la forma deseada, y enfriamiento para solidificación. Métodos comunes son impresión en 3D, mecanizado CNC, moldeo en vacío, fundición de polímeros, moldeo por rotación, moldeo por inyección, extrusión y moldeo por soplado los cuales detallamos a continuación en la siguiente tabla 3.4.

Tabla 3.4. Descripción del proceso de extrusión.

Tabla A. Descripción del proceso de extrusión

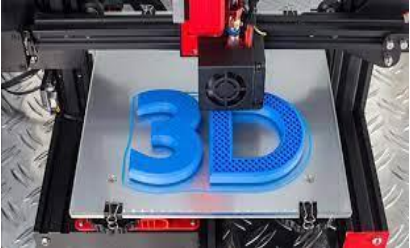

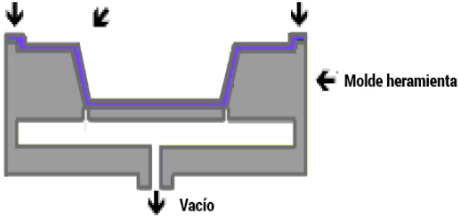
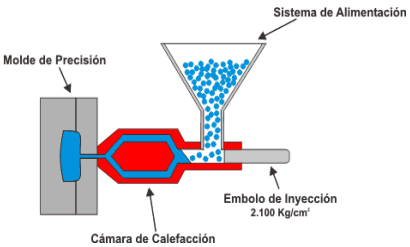
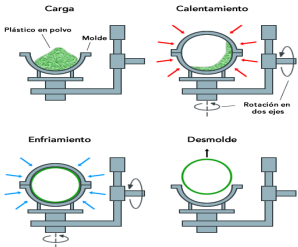
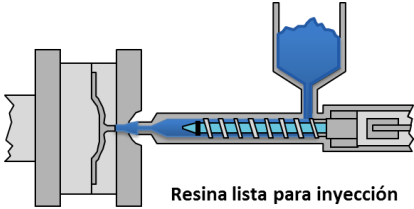
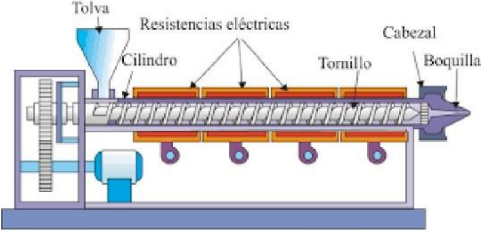
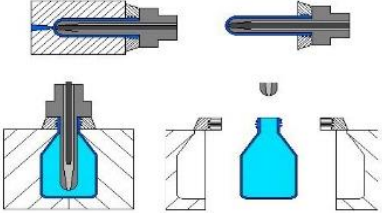
<b>PROCESO DE MANUFACTURA DE MATERIALES PLÁSTICOS</b>	
<b>Procesos</b>	<b>Descripción</b>
<p><b>Impresión 3D</b></p> 	<p>Las construir materiales capa por capa las impresoras 3D crean piezas 3D desde modelos CAD hasta la creación de una pieza física; los procesos de impresión 3D son mucho más lentos que los procesos de fabricación utilizados para la producción en masa y son más eficientes.</p>
<p><b>Mecanizado CNC</b></p> 	<p>Estos procesos comienzan con bloques, barras o varas sólidos de metal o de plástico a los que se les da forma retirando material de ellos mediante procesos de corte, perforación y amolado. El mecanizado CNC tiene lugares y áreas de mecanizado, torno, suelda y otros procesos de fabricación.</p>
<p><b>Moldeo en vacío</b></p> <p style="text-align: center;">Moldeado de material en la forma requerida</p>  <p style="text-align: right;">← Molde herramienta</p> <p style="text-align: center;">↓ Vacío</p>	<p>El conformado al vacío es un proceso de fabricación utilizado para crear diferentes materiales plásticos, durante el proceso de fundición al vacío se calienta una lámina de plástico y se adhiere al molde mediante succión.</p>
<p><b>Fundición de polímeros</b></p>  <p style="text-align: center;">Cámara de Calefacción</p> <p style="text-align: right;">Embolo de Inyección 2.100 Kg/cm<sup>2</sup></p> <p style="text-align: right;">Sistema de Alimentación</p>	<p>En la fundición de polímeros, el molde se llena con una resina líquida o caucho que provoca por una reacción química y solidificación. Los polímeros de ingeniería comunes incluyen poliuretano, resina epoxi, silicona y acrílico.</p>

Tabla B. Descripción del proceso de extrusión.

<p><b>Moldeo por rotación</b></p> 	<p>El moldeo por rotación (también llamado rotomoldeo) es un proceso en el que se calienta un molde hueco lleno de termoplástico en polvo y se gira el molde en torno a dos ejes para producir principalmente grandes objetos huecos. También hay disponibles procesos para el rotomoldeo de plásticos termoendurecibles, aunque son menos comunes.</p>
<p><b>Moldeo por inyección</b></p> 	<p>El material de plástico se calienta hasta fundirlo y se inyecta a alta presión en un congelador, donde se enfría y se endurece. El molde se forma en dos mitades y se separa después de la inyección para separar el material plástico.</p>
<p><b>Extrusión</b></p> 	<p>Los termoplásticos se fabrican mediante una extrusora, una máquina que procesa estos materiales. La materia prima se introduce de forma de granos finos a través de un embudo en un barril caliente y un cilindro roscado la transporta a la tubería. Este material se funde, por lo que ocupa menos espacio para salir por un extremo.</p>
<p><b>Moldeo por soplado</b></p> 	<p>Las materias primas plásticas se funden y procesan a través de boquillas. Así, tras múltiples procesos, se obtienen productos plásticos. El proceso produce residuos sólidos y utiliza agua como refrigerante.</p>

### 3.5 PROCESO DE EXTRUSIÓN

La extrusión de plástico es un proceso industrial que emplea máquinas extrusoras para procesar tanto materias primas como materiales reciclados. Este proceso implica un flujo continuo del material, combinado con presión, temperatura y empuje, permitiendo que el material fundido pase a través de un molde para adquirir la forma deseada.

La materia prima, que se presenta en forma de gránulos, se alimenta a través de un embudo que proporciona un suministro constante al cilindro calentado, conocido como "cañón". Dentro del cilindro, hay un husillo que desplaza el material a lo largo de su recorrido, aumentando la presión y elevando la temperatura, lo que funde y homogeneiza la materia prima.

En las máquinas extrusoras que basan su funcionamiento en el husillo o tornillo extrusor, existen dos principales partes: el alma que es el cuerpo del husillo y los filetes que ayudarán al transporte del material. Entre el alma y los filetes se forma un canal donde se receipta el material, el alma tiene un diámetro el cual no es constante y varía debido a que en el husillo se denotan tres zonas a lo largo de la operación:

#### 3.5.1 Diagrama de proceso

El proceso de extrusión consiste en hacer fluir un material plastificado a través de un dado en el cual se le da la forma deseada, para este caso serían hilos de PET.

El proceso de extrusión de polímeros solidos se puede dividir en cuatro etapas principales como se observa en la figura 3.4.

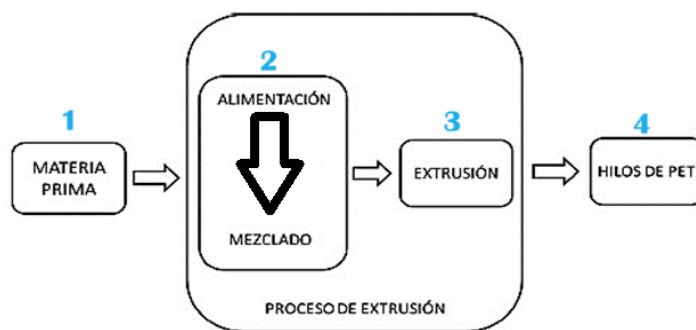


Figura 3.4. Diagrama de proceso.

#### 3.5.2 Partes de un extrusor

La división más común para extrusores de un sólo husillo consiste en 4 zonas, desde la alimentación del material hasta la salida por la matriz como se muestra en la figura 3.5.

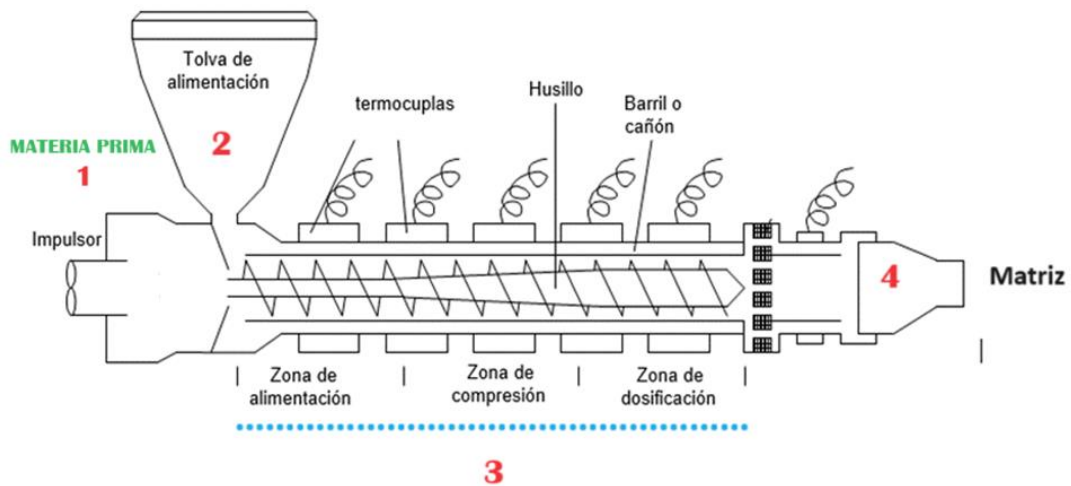


Figura 3.5. Partes comunes de un extrusor simple [2].

### 3.5.3 Clasificación y conceptos por zonas

- **Zona de Alimentación:** Se ubica en el inicio de la extrusora y se caracteriza por poseer la mayor profundidad en el canal, eso significa que el alma tendrá el menor diámetro de todo el husillo. El material ingresa a esta zona y cumple con la función de compactar y transportar el polímero a la siguiente zona
- **Zona de compresión:** Es la zona intermedia del husillo en la que el diámetro aumenta de manera progresiva, por lo tanto, la profundidad del canal se reduce en comparación con la zona de alimentación, su principal función es fundir al material y trasportarlo a la zona de dosificación.
- **Zona de Dosificación:** Se ubica al final de la extrusora, el diámetro del husillo aumenta de forma significativa y la profundidad del canal es casi nula. Esta zona abarca toda la presión generada por la extrusora y dosifica el polímero en estado de fundición hacia la boquilla de salida.

Tabla 3.5. Descripción del proceso de extrusión.

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Alimentación	La materia prima seleccionada en forma de gránulos ingresa a la tolva.
Mezclado	El material se mezcla en los canales de la zona de alimentación del husillo.
Dosificación	Los insumos se encuentran en la zona de mayor presión del husillo la cual es esencial.
Extrusión	Proceso de transformación de la materia prima de gránulos a la forma de hilos PET.

## **3.6 MATRICES PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN**

### **3.6.1 Definición**

La matriz en el proceso de extrusión es un componente importante que determina la forma final del material extruido. Estos dados son herramientas especialmente diseñadas que extruyen el material plástico a través de la abertura de la matriz y le dan una forma específica. La precisión del diseño de estos sustratos es fundamental ya que afecta directamente la calidad y el rendimiento del producto final.

Los dados pueden venir en una variedad de configuraciones y tamaños para adaptarse a los requisitos específicos del producto. Suelen estar fabricados con materiales duraderos, como acero de alta aleación, para resistir el desgaste y las altas temperaturas. Además, el molde debe mantener una distribución uniforme del flujo de material y controlar adecuadamente la temperatura para evitar defectos en el producto [5].

En resumen, las matrices de extrusión son las principales herramientas para transformar materiales plásticos fundidos en productos con formas y propiedades especiales.

### **3.6.2 Función principal**

La función de una matriz de extrusión es darle forma al material suministrado por el husillo, de acuerdo con la sección transversal de la cavidad de este. Por lo tanto, la matriz es un canal cuyo perfil cambia, desde el orificio del extrusor, hasta un orificio que produce la forma requerida. Con objeto de predecir el comportamiento de un termoplástico fundido en un canal de este tipo, se necesita conocer la viscosidad del material fundido en el margen requerido de velocidad, de esfuerzo cortante y temperatura, así como poder relacionar esta viscosidad con el flujo de material fundido bajo presión a través de las diferentes secciones de las que se compone el canal. Después, puesto que las caídas de presión, se puede calcular la caída de presión total y la descarga a través de toda la matriz de extrusión [5].

### **3.6.3 Tipos de matrices**

Los tipos de matrices de extrusión se clasifican en tres como lo son la matriz de paso directo, matriz de cabeza cruzada y matriz de cabeza descentrada entre las cuales se diseña dependiendo las características necesarias o cada tipo optimiza la forma y función del material extruido según la aplicación requerida como se muestra en la figura 3.6.

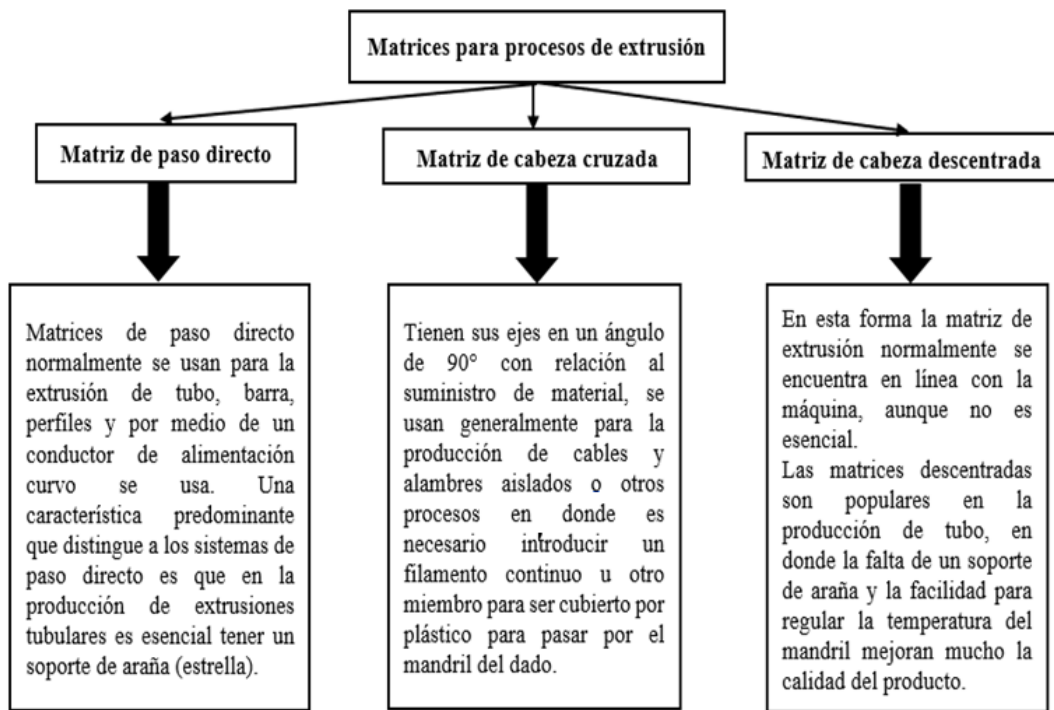


Figura 3.6. Matrices para proceso de extrusión.

### 3.6.4 Matriz paso directo

La función de la matriz es encontrar las formas necesarias para componentes adicionales (aunque se pueden crear más adelante). El molde se calienta externamente y garantiza que el material metálico cambie de forma mediante vibración y alcance la forma deseada del producto final. Por ejemplo, para la producción de barras se requiere un dado de forma troncocónica [6].

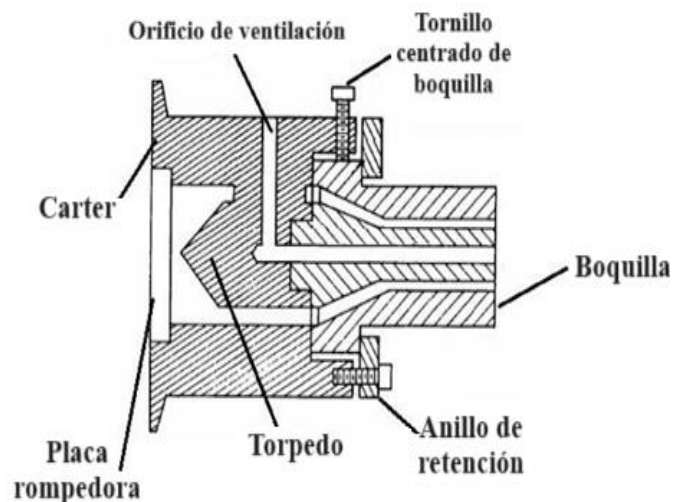


Figura 3.7. Matriz paso directo.

### 3.6.5 Placa rompedora

La sección por terminar de un extrusor es la zona de la matriz, que termina en la propia matriz. Situado en esta región se encuentra la porta mallas, la misma tiende a tener una parte común en la sección final la cual consta de un conjunto de mallas de dos o tres capas cubiertas de grasa de alambre situadas conjuntamente con el tornillo. El ensamble en la placa rompedora cumple con tres funciones las cuales las describiremos a continuación:

- Evitar la entrada de materiales indeseados, como polímeros no fundidos, polvos o cualquier otro objeto extraño.
- Crear un frente de presión al enfrentarse a la resistencia del bombeo en la zona anterior, estabilizando de esta manera el flujo del material. Estudio, diseño y optimización de una matriz para la extrusión de plástico [7].
- Eliminar la "memoria de giro" del material fundido, es decir, convertir el flujo helicoidal del material en un flujo paralelo más uniforme como se ve en la figura 3.8.

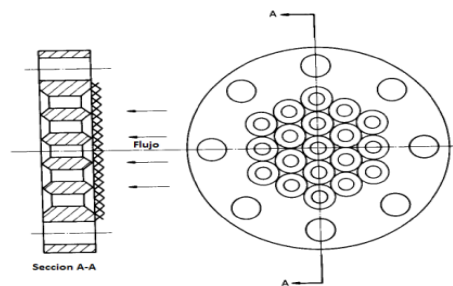


Figura 3.8. Placa rompedora [2].

#### 3.6.5.1 Especificaciones en base a su función

- El cribado ayuda a reducir de manera significativa los defectos del producto final y en otra sección a eliminar todas las partículas que no son deseadas. Casi siempre las partículas del metal o pequeñas tuercas y tornillos quedan atrapadas en la malla al igual que aglomerados del mismo material de relleno que no se ha usado de manera adecuada.
- Además de hacer que el producto salga defectuoso, las partículas metálicas dañan la matriz, lo cual es un grave problema, pues las matrices son caras y difíciles de reparar.
- La importancia de crear un frente de presión radica en que esta presión es la que proporciona la fuerza impulsora para vencer la resistencia de la matriz.

### 3.6.6 Torpedo

Algunos cabezales de extrusión tienen un elemento en el ducto de conexión entre la extrusora y el cabezal que facilita la función del plato rompedor, cambiando el flujo en espiral a uno

longitudinal. Debido a su forma, este dispositivo se conoce comúnmente como torpedo como se muestra en la figura 3.9.

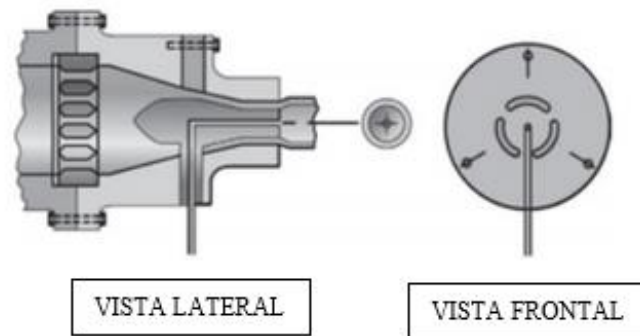


Figura 3.9. Torpedo [2].

### 3.6.7 Boquilla

La boquilla de extrusión es el componente del cabezal responsable de la formación final del extruido. Es crucial asegurar que el polímero fluya con un volumen y velocidad uniformes a lo largo de toda la circunferencia de la boquilla para obtener espesores consistentes. Los diseños modernos de boquillas cuentan con dos secciones claramente diferenciadas: la primera es la cámara de relajación, y la segunda, la cámara de salida. La cámara de relajación está diseñada para desacelerar el material y aumentar su tiempo de residencia en la boquilla, permitiendo que el polímero se relaje después de los esfuerzos causados por su paso a través de los filtros.

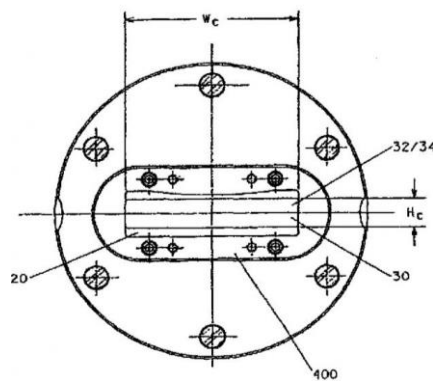


Figura 3.10. Boquilla [2].

#### 3.6.7.1 Consideraciones para el diseño de matrices de paso directo

El principal problema que existe con la matriz es que el material hincha a la salida, lo cual ocurre debido a las propiedades elásticas del fundido juntamente con el arrastre del material, que es necesario para asegurar un producto recto, la determinación de las dimensiones finales

del producto se realiza, usualmente, mediante ensayos causa - efecto. En algunos casos, es necesario un plato formador o plantilla para definir la forma.

La velocidad de salida de la matriz de una máquina extrusora depende de la caída de presión que tiene lugar a través de ella. Un aumento en la presión incrementa la salida, sin embargo, dicha presión puede actuar en sentido contrario reduciendo el transporte de material a través de la zona de dosificación del tornillo. Es necesario, por consiguiente, ajustar los diseños del tornillo y de la matriz para obtener una salida óptima para cada tipo de material.

El enfriamiento del material extruido debe ser rápido con el fin de mantener la forma, para ello suele usarse un baño de agua. En relación con lo anterior, extruir a baja temperatura sería más favorable, pero esto podría resultar en una reducción de la producción y en la necesidad de operar a presiones más altas.

### 3.6.7.2 Partes principales de una boquilla de extrusión productiva y de implementación.

La boquilla ya sea esta de productividad o de implementación de extrusión consta de entrada, canal de flujo, y salida, diseñados para guiar, compactar y moldear el material fundido, asegurando la forma y calidad del producto extruido como se muestra en las siguientes tablas 3.6 y 3.7

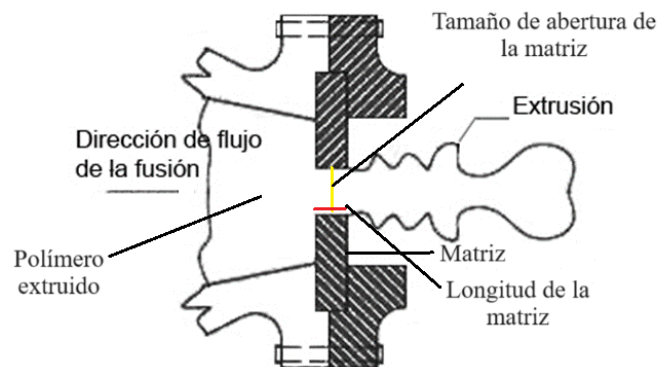
Tabla 3.6. Partes principales de una boquilla de extrusión productiva.

PARTES PRINCIPALES DE UNA BOQUILLA DE EXTRUSIÓN PRODUCTIVA	
	<p><b>Reglas generales para el diseño de matrices de extrusión productivas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una matriz debe consistir en el menor número de piezas posible, para minimizar los tiempos necesarios para su ensamblaje y limpieza. En su conexión se debe de tener cuidado en el centrado de todas las piezas a conectarse entre sí.</li> </ul>

- Las superficies que funcionan como sellos, ya que no se pueden evitar; deben ser planas y pequeñas para asegurar una distribución uniforme de las fuerzas sellantes sobre toda la superficie. En este punto debe de chequearse la presión.
- No deben de existir puntos muertos o esquinas en el canal de la matriz. Esto significa que se deben evitar filos, transiciones en la sección transversal o cambios de flujo.
- Zonas con secciones transversales grandes, como es el caso de zonas donde el tiempo de residencia es largo debido a velocidades del flujo bajas, provocan la degradación de algunos compuestos o materiales. Para estos materiales, el principio de un volumen mínimo por el canal de flujo debe de observarse.
- La superficie del canal de la matriz debe ser pulida o rectificada y si es necesario debe de cromarse. El cromado reduce la tendencia del flujo a adherirse a las paredes del canal con lo cual también se reduce el tiempo de residencia del material dentro de la matriz. El recubrimiento de cromo se desgasta con el uso por lo que debe de ser renovada después de cierto periodo de operación.
- Las líneas de flujo siempre provocan baja calidad en los productos extrudidos por lo que deben evitarse o disminuirse.

Tabla 3.7. Partes principales de una boquilla de extrusión de implementación.

### PARTES PRINCIPALES DE UNA BOQUILLA DE EXTRUSIÓN DE IMPLEMENTACIÓN



### Reglas generales para el diseño de matrices de extrusión a implementarse

- Una matriz debe consistir en el menor número de piezas posible, para minimizar los tiempos necesarios para su ensamblaje y limpieza. En su conexión se debe de tener cuidado en el centrado de todas las piezas a conectarse entre sí.
- Un número pequeño de piezas individuales también significa un número reducido de uniones en el cuerpo de la matriz a lo largo de la región del canal principal. No sólo existe la posibilidad de fugas de material si no sella bien, sino que también existe el riesgo de que el material se degrade en esas zonas. Por esto es que las uniones o juntas deben ser las mínimas posibles. Estas juntas deben situarse donde se tengan secciones transversales relativamente simples para facilitar el mantenimiento.

- Las superficies que funcionan como sellos, ya que no se pueden evitar; deben ser planas y pequeñas para asegurar una distribución uniforme de las fuerzas sellantes sobre toda la superficie. En este punto debe de chequearse la presión.
- Las dimensiones del cuerpo de la matriz deben adecuarse para mantener las deformaciones por presión dentro de límites justificables.
- Cuando sea posible, el material fundido debe alimentar la matriz de manera centrada.
- No deben de existir puntos muertos o esquinas en el canal de la matriz. Esto significa que se deben evitar filos, transiciones en la sección transversal o cambios de flujo.

## 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 4.1 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente propuesta se utilizará una metodología experimental que pretende relacionar las variables de producción del proceso de extrusión de plástico virgen y su relación con la geometría y variables de la matriz de una y varias bocas de sección circular sólida.

Para el análisis de resultados se utilizará una metodología cuantitativa a través de medición de variables de manera directa, y también a través de cálculo mediante ecuaciones que aproximen al valor de la magnitud que no se puede medir directamente.

Para el análisis cualitativo se utilizará tablas ponderadas que permitirán la toma decisiones especialmente en la selección de materiales para la fabricación de las matrices.

Tabla 4.1. Tabla de ponderación.

TABLA PARA LA TOMA DE DECISIÓN PONDERADA			
	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
CARACTERÍSTICA 1	VALORACIÓN	VALORACIÓN	VALORACIÓN
CARACTERÍSTICA 2	VALORACIÓN	VALORACIÓN	VALORACIÓN
CARACTERÍSTICA 3	VALORACIÓN	VALORACIÓN	VALORACIÓN
CARACTERÍSTICA n	VALORACIÓN	VALORACIÓN	VALORACIÓN
TOTAL	TOTAL OP 1	TOTAL OP 2	TOTAL OP n
VALORACIONES: 10 La opción es la mejor alternativa para satisfacer la característica 5 La opción cumple parcialmente la satisfacción de la característica 1. No es la mejor opción para cumplir las necesidades de la característica			

Para la obtención de los resultados de la propuesta tecnológica se utilizará los parámetros de diseño como estructura para dar respuesta a la problemática planteada, por lo que se desarrollará basado en los siguientes elementos:

## 4.2 ALCANCE (DEFINICIÓN DE REQUISITOS)

El análisis será de tipo experimental en un prototipo multifuncional diseñado por estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica (equipo existente y que se lo ha repotenciado para que sirva en extrusión de plásticos) como parte de interés para el análisis de diversos procesos de fabricación de materiales plásticos. Se realizará el diseño de la matriz siendo esta la que se adapte al tornillo, y a la estructura funcional de operación del equipo.

### 4.2.1 Establecimiento de la estructura funcional

En el cual se definirán las variables de producción del equipo prototipo que se utilizará, así como las variables a analizar en el diseño de la matriz.

Tabla 4.2. Variables de producción.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN			
Definición		Unidad	
Producción máquina extrusora en vacío	$Pdex$	Kilogramos / hora	[Kg/h]
Presión de extrusión	$Pex$	Pascal	[Pa]
Temperatura de alimentación-compresión	$T_{Al-co}$	Grados Celsius	[C]
Temperatura de dosificación	$Tdo$	Grados Celsius	[C]
Velocidad del tornillo	$Wto$	Revoluciones por minuto	[Rpm]
Densidad del material plástico	$Dpl$	Kilogramo / milímetros cúbicos	[Kg /mm <sup>3</sup> ]

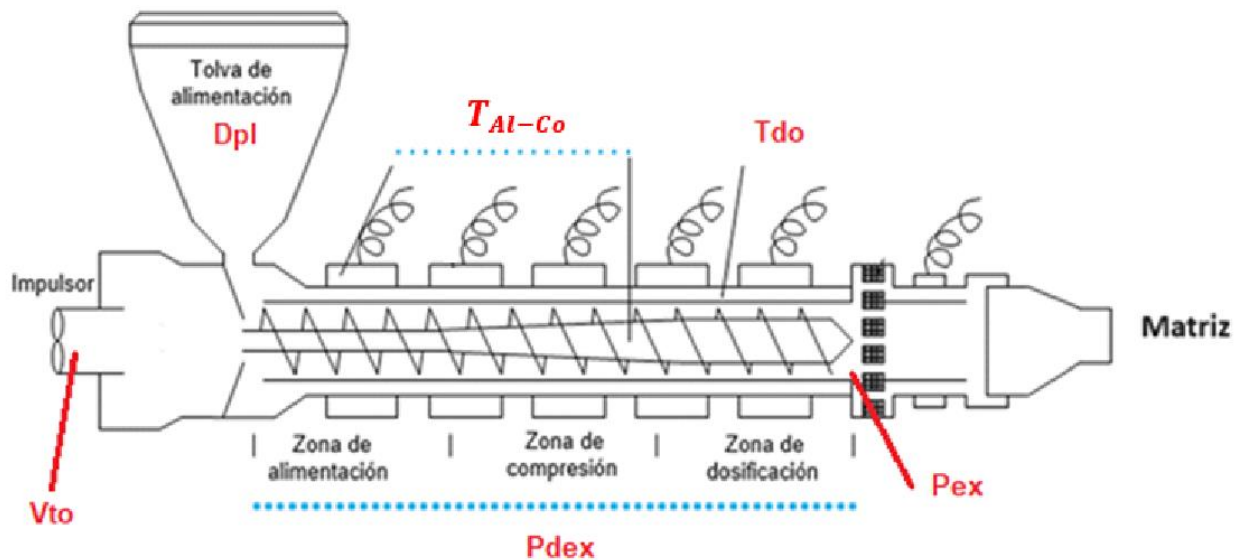


Figura 4.1. Estructura funcional (variables).

Tabla 4.3. Variables en diseño de matrices.

VARIABLES EN DISEÑO DE MATRICES			
Definición		Unidad	
Número de bocas	$N^{\circ}_{Bs}$	Unidades	[u]
Velocidad de extrusión	$V_{Ex}$	Milímetros / hora	[mm/h]
Longitud total de la matriz	$L_{Tm}$	Milímetros	[mm]
Longitud de tronco de cono	$L_{Co}$	Milímetros	[mm]
Diámetro mayor de tronco de cono	$\Phi_{Dm}$	Milímetros	[mm]
Diámetro menor de tronco de cono	$\Phi d$	Milímetros	[mm]
Área de sección de extrucción	$A_{ST}$	Milímetros cuadrados	[mm <sup>2</sup> ]
Porcentaje de expansión del plástico a la salida de la matriz	% exp	Porcentaje	[%]

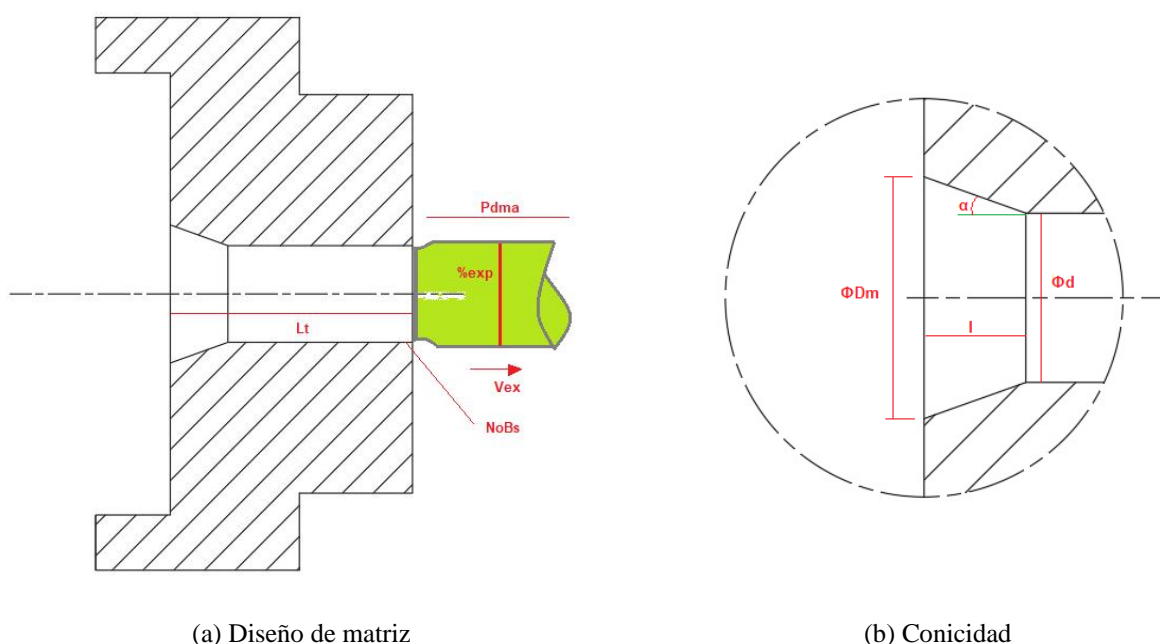


Figura 4.2. Variables para el diseño de matrices.

### 4.3 DISEÑO CONCEPTUAL

Se realizará con el siguiente orden:

1. Se analizará las variables de producción con la finalidad de garantizar la operatividad del equipo, es necesario mencionar que previo a esta propuesta tecnológica el equipo se encontraba adaptado para funcionar con una boca angular de 90 grados y accesorios para producir lana de plástico por centrifugación.
2. Se diseñará las matrices de acuerdo a las características geométricas del equipo prototipo, considerando que el análisis se centra únicamente en secciones sólidas circulares, con la prueba de diferentes números de bocas de salida. No se considera la necesidad de una placa rompedora por ser una máquina prototipo pequeña.

#### 4.4 DISEÑO DIMENSIONAL

Se utilizará una metodología cuantitativa y cualitativa para la determinación de las diferentes variables (de producción y de diseño de matrices), además al ser un proceso experimental se realizarán mediciones directas que servirán como datos de referencia para el análisis de los resultados, y en el caso de no existir la posibilidad de medición se utilizará cálculos indirectos para su determinación. Se la realizará con el siguiente orden:

1. Variables de producción, se lo realizará de la siguiente manera:

Tabla 4.4. Variables de producción.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN					
Definición		Método de determinación	Instrumento de medición	Ecuación	Unidades
Producción máquina extrusora en vacío	$P_{Dex}$	Indirecta	No aplica	$P_{Dex} = \frac{Vc(m^3) \cdot D_{pl}}{t}$ Ver detalle en memoria de cálculo	[Kg/h]
Densidad del material plástico	$D_{Pl}$	Indirecta	No aplica		[Kg/mm <sup>3</sup> ]
Temperatura de alimentación-compresión	$T_{Al-Co}$	Directa	Termocupla	No aplica	[°C]
Temperatura de dosificación	$T_{Do}$	Directa	Termocupla	No aplica	[°C]
Velocidad del tornillo	$W_{to}$	Directa	Tacómetro	No aplica	[Rpm]
Presión de extrusión	$P_{Ex}$	Indirecta	No aplica	$P_{Ex} = \frac{6\pi \cdot D \cdot L \cdot W_{to} \cdot u}{h^2 \cdot \tan\varphi}$ Ver detalle en memoria de cálculo	[Pa]
Amperaje de rompimiento	$Am_{ro}$	Directa	Amperímetro		[A]
Amperaje de producción	$Am_{pr}$	Directa	Amperímetro		[A]

2. Variables de diseño de matrices, se lo realizará de la siguiente manera.

Tabla 4.5. Variables en diseño de matrices

VARIABLES EN DISEÑO DE MATRICES					
Definición		Método de determinación	Instrumento de medición	Ecuación	Unidades
Longitud total de la matriz	Lt	Directa	Calibrador		[mm]
Número de bocas	NoBs	Directa	No aplica		[u]
Área de sección de extrucción	AST	Indirecta	Calibrador	$A_{ST} = \frac{\pi x (\phi d)^2}{4}$	[mm <sup>2</sup> ]
Área de total de extrucción	AST	Indirecta	Calibrador	$A_{ST} = \frac{\pi x (\phi d)^2}{4}$	[mm <sup>2</sup> ]
Diámetro mayor de tronco de cono	ΦDm	Directa	Calibrador		[mm]
Diámetro menor de tronco de cono	Φd	Directa	Directa		[mm]
Longitud de tronco de cono	l	Directa	Calibrador		[mm]
Conicidad de la boca de extrusión	Con	Indirecta	No aplica	$Con = \frac{\phi Dm - \phi d}{l}$	[%]
Inclinación de la conicidad	Icon	Indirecta	No aplica	$Icon = \frac{(\phi Dm - \phi d)/2}{l}$	[%]
Ángulo	α	Indirecta	No aplica	$\alpha = \sin^{-1} \left( \frac{(\phi Dm - \phi d)/2}{l} \right)$	[°]
Velocidad de extrusión	Vex	Indirecta	Flexometro ; cronómetro	$V_{ex} = \frac{\text{Longitud del material extruido}}{\text{Tiempo de extrusión}}$	[mm/h]
Productividad de la matriz	Pdma	Indirecta	No aplica	$Pdma = V_{ex} x A_{ST} x Dpl$	[Kg/h]
Porcentaje de expansión del plástico a la salida de la matriz	% exp	Indirecta	Calibrador	$\%exp = \frac{\phi \text{ material extruido} - \phi d}{\phi d}$	[%]

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. ALCANCE

Se realiza el análisis bajo las siguientes consideraciones:

Material a extruir: Polipropileno de baja densidad (PETS) virgen, con una granulometría media de 0,5 mm. Este material, conocido como polipropileno (PP), es un polímero termoplástico que se utiliza extensamente debido a la combinación de sus propiedades mecánicas, térmicas y químicas. Su densidad es relativamente baja, aproximadamente 0,90 g/cm<sup>3</sup>, lo que lo hace ligero y adecuado para aplicaciones en las que la reducción de peso es esencial. El PP presenta una notable resistencia a la deformación y a los impactos, además de ser químicamente inerte frente a ácidos y bases. Su temperatura de fusión, que oscila entre 160°C y 180°C, facilita un proceso de extrusión eficiente sin riesgo de deterioro térmico. Asimismo, su estabilidad dimensional y

su resistencia al agrietamiento por tensión lo hacen ideal para la producción de artículos duraderos, especialmente en aplicaciones industriales y de embalaje.

Pruebas en equipo prototipo multifuncional de origen ecuatoriano de construcción semi artesanal, con dos zonas de temperatura controlada y velocidad del usillo regulable.

- Productos de extrucción: secciones sólidas circulares con diámetros mínimos de 3 mm y máximo de 8 con tolerancias de +/- 0.5 mm.
- Número de bocas: mínimo 1 y máximo 4 dentro del margen de los diámetros establecidos.
- Sistema de acoplamiento: roscado.

## 5.2. ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL

Se define el proceso de acuerdo al siguiente diagrama funcional:



Figura 5.1. Análisis de funcionalidad de la maquina prototipo extrusora de plástico.

Variables de ingreso a la maquina son:

- Material (PP)
- Energía eléctrica
- Señal puesta en marcha

Variables de salida de la maquina son:

- Material extruido dependiendo el diseño de la matriz diseñada en base a los requerimientos del fabricante.

## 5.3 ESTRUCTURA FUNCIONAL POR SECCIONES

Este tipo de estructura nos permite dividir el proceso de la máquina extrusora de plástico PP en partes, para cualquier proceso de extrusión.

El propósito principal de estas máquinas es mejorar la gestión de los productos PP y utilizarlos en algunos procesos de manufactura así mismo contribuyendo a la gestión de residuos plásticos.

La estructura funcional de una maquina extrusora incluye los principales componentes y

diversas funciones necesarias para su operación o funcionamiento de la máquina antes de su proceso de funcionamiento, de manera que mediante análisis se pueda determinar el diseño, selección de componentes y materiales como se muestran identificados en la siguiente figura 4.2.

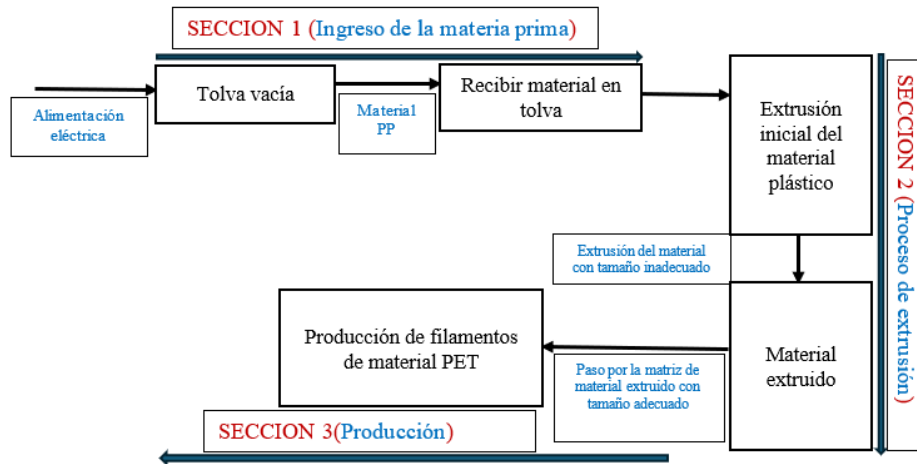


Figura 5.2. Estructura por secciones.

- **SECCIÓN 1- INGRESO DE LA MATERIA PRIMA**

Se procede a encender la maquina mediante el accionamiento de un seccionador ON/OFF, el ingreso de la materia prima comienza desde la selección del material PP hasta el llenado de esta.

- **SECCIÓN 2- PROCESO DE EXTRUSIÓN**

Al colocar la materia prima (PP) en la tolva de extrusión se procede a extruirlo, tal es el caso que una vez extruido el material éste pasa a por una camisa conducido por un tornillo sin fin hasta llegar al inicio de la siguiente etapa.

- **SECCIÓN 3- PRODUCCIÓN**

Luego del proceso de extrusión aquel fluido toma paso por la matriz sección circular diseñada produciendo filamentos plásticos de material PP en el cual influyen diversas variables como se toma en cuenta la conicidad de cada matriz diseñada en este proceso hasta que se llega a tener un resultado adecuado de extrusión como el cálculo de áreas de bocas y de velocidades de extrusión, dado este resultado el proceso se realiza hasta que se llegue a vaciar la tolva por completo el proceso se repetirá nuevamente desde el llenado de la tolva que se encuentra en la sección 1.

## **5.4 DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN**

El equipo fue sometido a mantenimiento correctivo dado que al iniciar el trabajo el equipo multifuncional se encontraba acoplado a un sistema de fibrado. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

### **Mantenimiento correctivo mecánico.**

- Se llevó a cabo el desmontaje del husillo debido a que se encontraba obstruido por acumulación de polímero, el cual ejercía presión sobre el componente. Posteriormente, se procedió a extraer el husillo y realizar una limpieza exhaustiva para remover cualquier residuo de polímero que pudiera estar afectando su funcionamiento.
- Se reemplazó una termocupla tipo K que estaba averiada, asegurando así la correcta medición y control de la temperatura en el proceso de extrusión.

### **Mantenimiento del gabinete eléctrico.**

- Se procedió a desmontar el gabinete eléctrico original de la máquina prototipo extrusora de plástico, cuyas dimensiones eran 300 mm x 300 mm x 200 mm de profundidad.
- Todos los componentes eléctricos fueron trasladados a un nuevo gabinete de mayor tamaño, con dimensiones de 400 mm x 400 mm y la misma profundidad de 200 mm.
- Se realizó un reacondicionamiento del cableado, organizándolo en canaletas ranuradas para mejorar la distribución y orden dentro del gabinete. Además, se implementaron dos selectores y un potenciómetro para mejorar el control de la máquina.
- Se eligió un variador de frecuencia de la marca SIEMENS, seleccionado específicamente en función de las características técnicas de la placa del motor ya instalado en la máquina.
- Finalmente, se llevó a cabo la instalación y programación del variador de frecuencia SIEMENS de 1 hp. Este dispositivo se implementó para proteger el motor contra sobrecargas, sobrecalentamiento y fallas en el suministro de energía. La principal razón para su instalación fue la necesidad de controlar la velocidad del motor al momento de girar el husillo, asegurando que se adapte a las especificaciones de la máquina prototipo.

Puesta a punto el equipo, se determinan los siguientes valores:

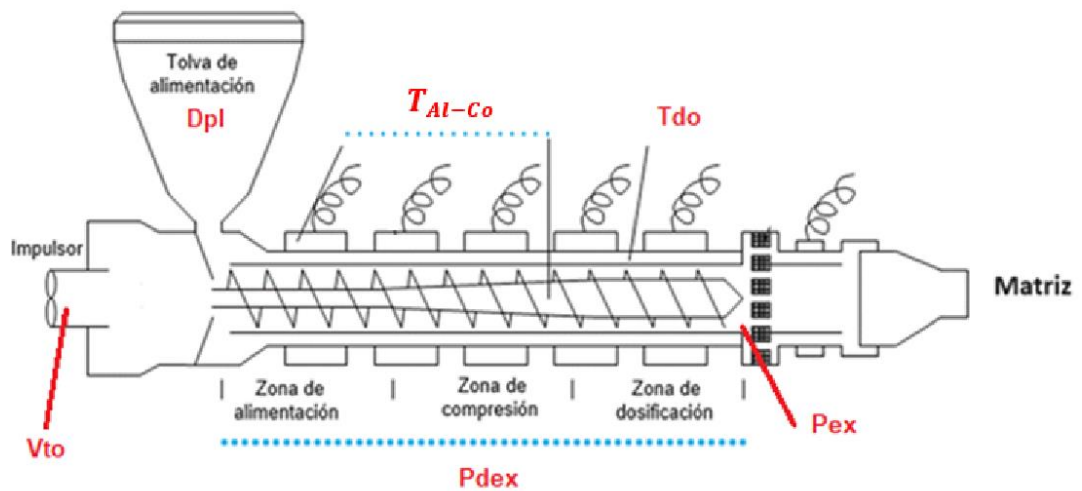


Figura 5.3. Variables definidas en la estructura funcional.

Tabla 5.1. Variables de producción.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN				
Definición		Valor	Unidad	
Producción máquina extrusora en vacío	$P_{Dex}$	0,05	Kilogramos / hora	[Kg/h]
Presión de extrusión	$P_{Ex}$	$1,104 \cdot 10^{-5}$	Pascal	[Pa]
Temperatura de alimentación-compresión	$T_{Al-co}$	180	Grados Celsius	[°C]
Temperatura de dosificación	$T_{Do}$	160	Grados Celsius	[°C]
Velocidad del tornillo	$V_{to}$	79,8	Revoluciones por minuto	[Rpm]
Densidad del material plástico	$D_{Pl}$	0,90	Kilogramo / milímetro cúbico	[Kg/mm <sup>3</sup> ]

### 5.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE MATRICES

No existen variables definidas ya que el equipo dispone únicamente de una placa acoplada a un anillo roscado que la fija al cilindro extrusor. El plástico extruido no fluye de manera uniforme en la placa inicial, por lo cual es necesario realizar un mantenimiento correctivo al equipo.

### 5.6 DISEÑO CONCEPTUAL

Se considera como base para el diseño de los diferentes tipos de matrices la siguiente estructura, la misma para diferentes diámetros y número de bocas, la matriz será acoplada utilizando la abrazadera roscada del diseño original.

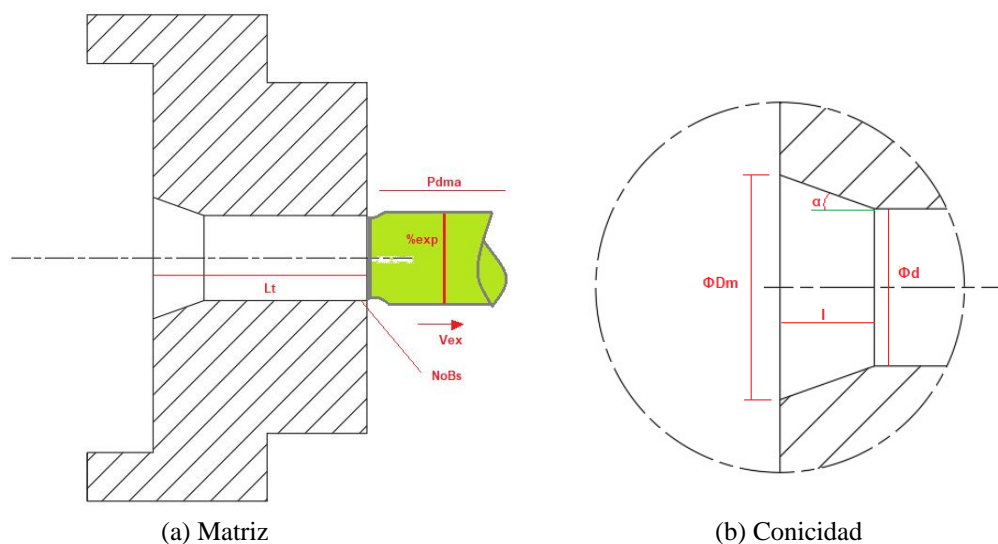


Figura 5.4. Análisis de funcionalidad de la maquina prototipo extrusora de plástico.

## 5.7 DISEÑO DIMENSIONAL

### 5.7.1 Selección de material

En la siguiente comparación se analizan tres tipos de aceros: 1018, 718 y 4340. Las características evaluadas incluyen temperatura máxima, mínima de trabajo, dilatación térmica, resistencia a la tracción, dureza, soldabilidad, maquinabilidad, costo por kilogramo y disponibilidad en el Ecuador. Este análisis busca determinar cuál de estos materiales es el más adecuado para la aplicación en la fabricación de matrices de extrusión, considerando tanto su rendimiento como su accesibilidad en el mercado local.

Tabla 5.2. Características de materiales a comprar.

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES A COMPARAR			
Característica	Acero 1018	Acero 718	Acero 4340
Temperatura Máxima de Trabajo (°C)	870	750	500
Dilatación Térmica (μm/m°C)	11,6	13	12,7
Resistencia a la Tracción (MPa)	440	1200	745
Dureza (Rockwell B)	71	105	95
Soldabilidad	Excelente	Buena	Moderada
Maquinabilidad	Excelente	Moderada	Buena
Costo en el mercado (USD/kg)	1,50	30 a 60	2,50
Disponibilidad en Ecuador	Alta	Baja	Buena

Tabla 5.3. Ponderación para su elección.

<b>CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES A COMPARAR</b>			
<b>Tabla para la toma de decisión ponderada</b>			
	Acero 1018	Acero 718	Acero 4340
Temperatura máxima de trabajo	10	5	1
Dilatación térmica	1	10	5
Resistencia a la tracción	1	10	5
Dureza	1	10	5
Soldabilidad	10	1	10
Maquinabilidad	10	1	5
Costo en el mercado	10	1	5
Disponibilidad en el Ecuador	10	1	5
<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL= 53</b>	<b>TOTAL= 39</b>	<b>TOTAL= 41</b>
<b>VALORACIONES:</b> 10 La opción es la mejor alternativa para satisfacer la característica. 5 La opción cumple parcialmente la satisfacción de la característica. 1. No es la mejor opción para cumplir las necesidades de la característica.			

### 5.7.2 Elección del acero 1018

El acero 1018 fue elegido con una ponderación superior de 53 como el mejor material debido a su equilibrio superior en términos de rendimiento, facilidad de maquinabilidad, costo competitivo y alta disponibilidad en el Ecuador. Sus propiedades lo hacen adecuado para la construcción de matrices de trabajo en caliente, ofreciendo una combinación de resistencia, ductilidad y soldabilidad, a un precio accesible y fácil de adquirir en el mercado local.

### 5.8 EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y CÁLCULOS GEOMÉTRICOS POR MATRIZ

Se muestra en las siguientes tablas el análisis y resultados en base a sus variables de diseño, producción y su geometría específica por matriz diseñadas en este estudio.

- **MATRIZ 1 SIN CONICIDAD:** 1 Boca y diámetro de salida de 12 mm.

Tabla 5.4. Matiz #1.

VARIABLES EN DISEÑO DE MATRICES #1				
Definición		Valor	Unidad	
Número de bocas	$NoBs$	1	Unidades	[u]
Velocidad de extrusión	$V_{ex}$	0	Metros / segundo	[m/s]
Longitud total de la matriz	$L_t$	11	Milímetros	[mm]
Longitud de tronco de cono	$L$	0	Milímetros	[mm]
Diámetro mayor de tronco de cono	$\Phi D_m$	0	Milímetros	[mm]
Diámetro menor de tronco de cono	$\Phi d$	0	Milímetros	[mm]
Área de sección de extrucción	$AST$	0,1130	Metros cuadrados	[m <sup>2</sup> ]

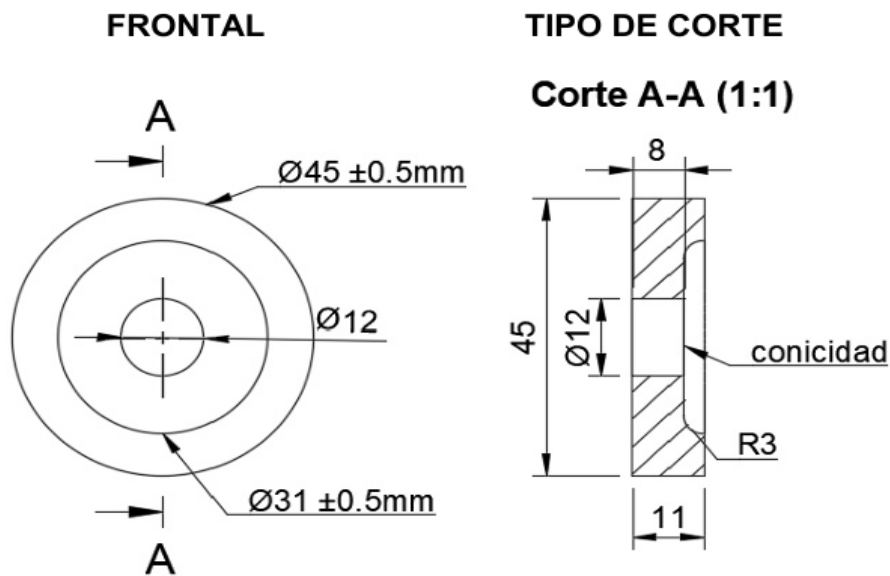


Figura 5.5. Geometría matriz #1.

Tabla 5.5. Matiz #1.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN				
Definición		Valor	Unidad	
Producción máquina extrusora matriz #1	$P_{Dex}$	0	Kilogramos / hora	[Kg/h]
Temperatura de alimentación - compresión	$T_{al-co}$	180	Grados Celsius	[C]
Temperatura de dosificación	$T_{do}$	160	Grados Celsius	[C]
Amperaje de trabajo	$A_T$	0	Amperios	[A]
Amperaje de rompimiento	$A_R$	0	Amperios	[A]
Velocidad del tornillo	$V_{to}$	0	Revoluciones por minuto	[Rpm]
Densidad del material plástico	$D_{Pl}$	0,90	Kilogramo / milímetro cúbico	[Kg /mm <sup>3</sup> ]

- **MATRZ 2 SIN CONICIDAD:** 4 Bocas y diámetro de salida de 3 mm.

Tabla 5.6. Matiz #2.

VARIABLES EN DISEÑO DE MATRICES #2				
Definición		Valor	Unidad	
Número de bocas	$NoBs$	4	Unidades	[u]
Velocidad de extrusión	$V_{ex}$	0	Metros / segundo	[m/s]
Longitud total de la matriz	$L_t$	11	Milímetros	[mm]
Longitud de tronco de cono	$L$	4	Milímetros	[mm]
Diámetro mayor de tronco de cono	$\Phi_{Dm}$	15	Milímetros	[mm]
Diámetro menor de tronco de cono	$\Phi d$	4	Milímetros	[mm]
Área de sección de extrucción	$A_{ST}$	0,2667	Metros cuadrados	[m <sup>2</sup> ]

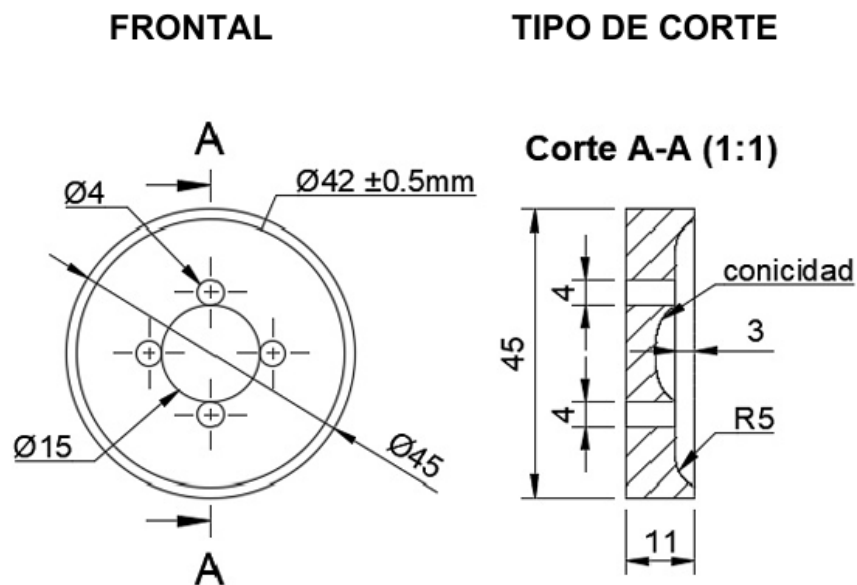


Figura 5.6. Geometría matriz #2.

Tabla 5.7. Matiz #2.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN				
Definición		Valor	Unidad	
Producción máquina extrusora matriz #2	$P_{Dex}$	0	Kilogramos / hora	[Kg/h]
Temperatura de alimentación - compresión	$T_{al-co}$	180	Grados Celsius	[C]
Temperatura de dosificación	$T_{do}$	160	Grados Celsius	[C]
Amperaje de trabajo	$A_T$	4,3	Amperios	[A]
Amperaje de rompimiento	$A_R$	4,8	Amperios	[A]
Velocidad del tornillo	$V_{to}$	80,9	Revoluciones por minuto	[Rpm]
Densidad del material plástico	$D_{Pl}$	0,90	Kilogramo / milímetro cúbico	[Kg /mm <sup>3</sup> ]

- **MATRIZ 3 CON CONICIDAD:** 1 Bocas y diámetro de salida de 8 mm.

Tabla 5.8. Matiz #3.

VARIABLES EN DISEÑO DE MATRICES #3				
Definición		Valor	Unidad	
Número de bocas	$NoBs$	1	Unidades	[u]
Velocidad de extrusión	$V_{ex}$	0,012	Metros / segundo	[m/s]
Longitud total de la matriz	$L_t$	18	Milímetros	[mm]
Longitud de tronco de cono	$L$	4	Milímetros	[mm]
Diámetro mayor de tronco de cono	$\Phi_{Dm}$	16	Milímetros	[mm]
Diámetro menor de tronco de cono	$\Phi d$	9	Milímetros	[mm]
Área de sección de extrucción	$A_{ST}$	0,5026	Metros cuadrados	[m <sup>2</sup> ]

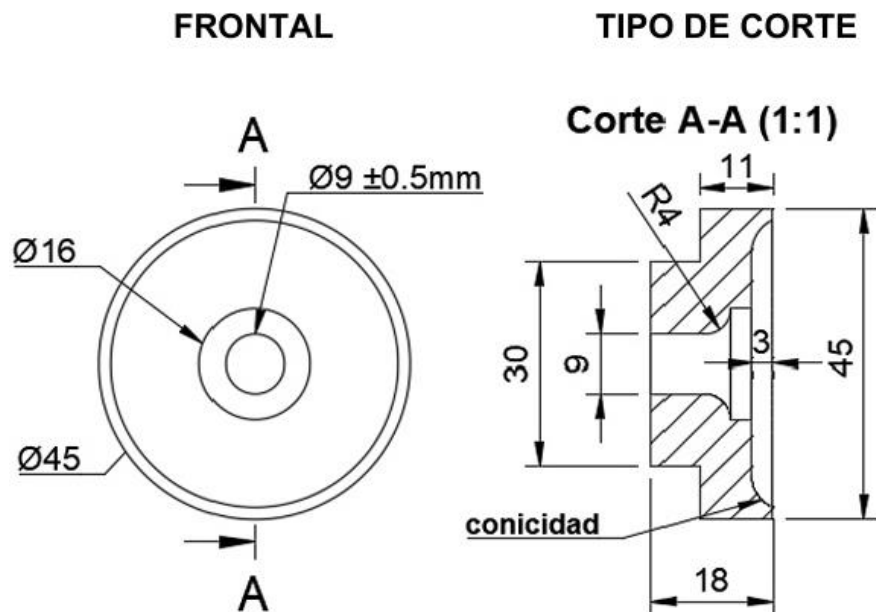


Figura 5.7. Geometría matriz #3.

Tabla 5.9. Matiz #3.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN				
Definición		Valor	Unidad	
Producción máquina extrusora matriz #3	$P_{Dex}$	277	Kilogramos / hora	[Kg/h]
Temperatura de alimentación - compresión	$T_{al-co}$	180	Grados Celsius	[C]
Temperatura de dosificación	$T_{do}$	160	Grados Celsius	[C]
Amperaje de trabajo	$A_T$	3,2	Amperios	[A]
Amperaje de rompimiento	$A_R$	3,8	Amperios	[A]
Velocidad del tornillo	$V_{to}$	52,1	Revoluciones por minuto	[Rpm]
Densidad del material plástico	$D_{Pl}$	0,90	Kilogramo / milímetro cúbico	[Kg /mm <sup>3</sup> ]

- **MATRIZ 4 CON CONICIDAD:** 2 Bocas y diámetro de salida de 4 mm.

Tabla 5.10. Matiz #4.

VARIABLES EN DISEÑO DE MATRICES #4				
Definición		Valor	Unidad	
Número de bocas	$NoBs$	2	Unidades	[u]
Velocidad de extrusión	$V_{ex}$	0,062	Metros / segundo	[m/s]
Longitud total de la matriz	$L_t$	18	Milímetros	[mm]
Longitud de tronco de cono	$L$	4	Milímetros	[mm]
Diámetro mayor de tronco de cono	$\Phi_{Dm}$	16	Milímetros	[mm]
Diámetro menor de tronco de cono	$\Phi d$	9	Milímetros	[mm]
Área de sección de extrucción	$A_{ST}$	0,2513	Metros cuadrados	[m <sup>2</sup> ]

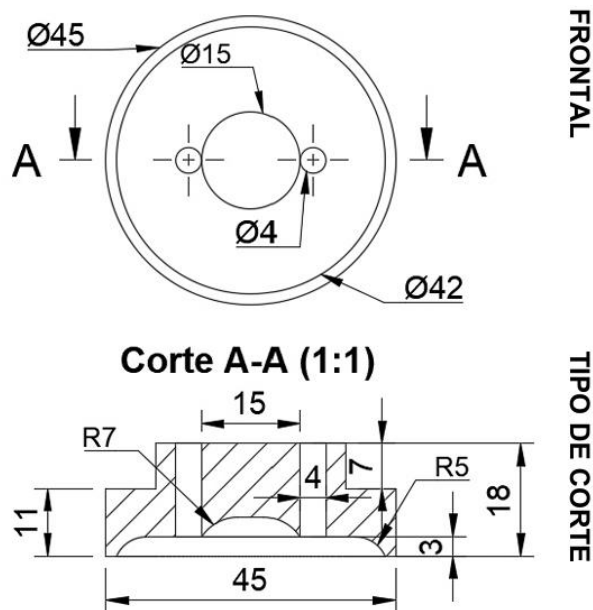


Figura 5.8. Geometría matriz #4.

Tabla 5.11. Matiz #4.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN				
Definición		Valor	Unidad	
Producción máquina extrusora matriz #4	$P_{Dex}$	560	Kilogramos / hora	[Kg/h]
Temperatura de alimentación - compresión	$T_{al-co}$	180	Grados Celsius	[C]
Temperatura de dosificación	$T_{do}$	160	Grados Celsius	[C]
Amperaje de trabajo	$A_T$	5,2	Amperios	[A]
Amperaje de rompimiento	$A_R$	5,4	Amperios	[A]
Velocidad del tornillo	$V_{to}$	65,2	Revoluciones por minuto	[Rpm]
Densidad del material plástico	$D_{Pl}$	0.9,	Kilogramo / milímetro cúbico	[Kg /mm <sup>3</sup> ]

- **MATRIZ 5 CON CONICIDAD:** 3 Bocas y diámetro de salida de 4 mm.

Tabla 5.12. Matiz #5.

VARIABLES EN DISEÑO DE MATRICES #5				
Definición		Valor	Unidad	
Número de bocas	$NoBs$	3	Unidades	[u]
Velocidad de extrusión	$V_{ex}$	0,075	Metros / segundo	[m/s]
Longitud total de la matriz	$L_t$	18	Milímetros	[mm]
Longitud de tronco de cono	$L$	5	Milímetros	[mm]
Diámetro mayor de tronco de cono	$\Phi_{Dm}$	15	Milímetros	[mm]
Diámetro menor de tronco de cono	$\Phi d$	4	Milímetros	[mm]
Área de sección de extrucción	$A_{ST}$	0,3769	Metros cuadrados	[m <sup>2</sup> ]

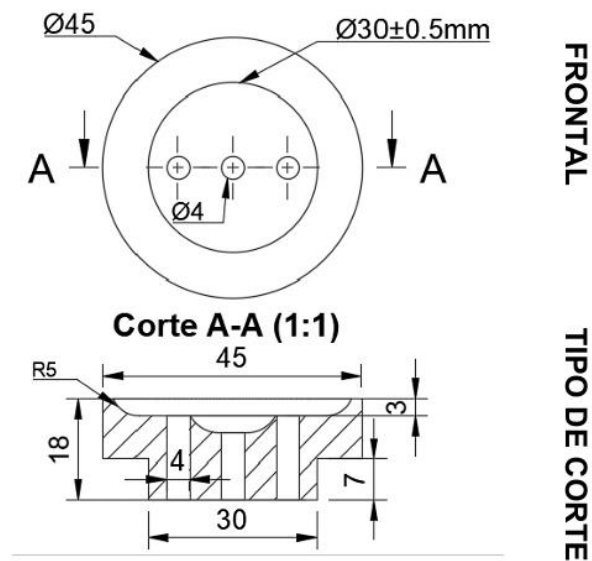


Figura 5.9. Geometría matriz #5.

Tabla 5.13. Matiz #5.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN				
Definición		Valor	Unidad	
Producción máquina extrusora matriz #5	$P_{Dex}$	162	Kilogramos / hora	[Kg/h]
Temperatura de alimentación - compresión	$T_{al-co}$	180	Grados Celsius	[C]
Temperatura de dosificación	$T_{do}$	160	Grados Celsius	[C]
Amperaje de trabajo	$A_T$	4,9	Amperios	[A]
Amperaje de rompimiento	$A_R$	5,2	Amperios	[A]
Velocidad del tornillo	$V_{to}$	78,9	Revoluciones por minuto	[Rpm]
Densidad del material plástico	$D_{Pl}$	0,90	Kilogramo / milímetro cúbico	[Kg /mm <sup>3</sup> ]

## 5.9 ANÁLISIS EN BASE A EL FUNCIONAMIENTO ESPECIFICO POR MATRIZ

Tabla 5.14. Análisis específico por matriz.

TIPOS DE MATRICES	Conicidad	Longitud total (mm)	Temperatura de extrusión(°C)	Velocidad del tornillo (RPM)	Velocidad de extrusión (m/s)	Amperios de rompimiento(A)	Amperio de trabajo(A)	Observaciones
Matriz 1 Simple Ø 12mm	No existe	X	160-180	X	X	X	X	No funciona la matriz por falta de presión en la salida del material
Matriz 2 Cuatro Ø 3mm	Ø Dm 15mm Ø d 4mm 1 4mm Con 2.7mm	11	160-1800	80,9	X	4,8	4,3	Si funciona solo que existe una mala fluidez en la pieza base a la matriz.
Matriz 3 Simple Ø 8mm	Ø Dm 15mm Ø d 8mm 1 4mm Con 1.17mm	18	160-180	52,1	0,012	3,8	3,2	Excelente funcionamiento
Matriz 4 Doble Ø 4mm	Ø Dm 16mm Ø d 4 mm 1 4 mm Con 3mm	18	160-180	65,2	0,062	5,4	5,2	Excelente funcionamiento
Matriz 5 Triple Ø 4mm	Ø Dm 15mm Ø d 4mm 1 5mm Con 2.2mm	18	160-180	78,9	0,075	5,2	4,9	Excelente funcionamiento

## 5.10 DISEÑO CONCEPTUAL

En este apartado se analiza distintas opciones para función de extruir el plástico especificando las alternativas existentes y escogiendo la más adecuada.

### 5.10.1 Análisis de alterativas

Se deberá analizar que alternativa es viable para la construcción del proyecto, ciertos autores nos mencionan que siempre se debe evaluar y seleccionar la alternativa más conveniente y fiable, esto se puede aplicar a ideas, objetivos o proyectos. Para la elaboración del análisis de alternativas se va a tomar los siguientes parámetros.

## 5. 11 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

Se analiza mediante este proceso los recursos y cantidades necesarias a considerar en el desarrollo del proyecto de tesis para garantizar la selección de los materiales al momento en el que se proceda a la adaptación del sistema de matrices para la extrusión de plásticos. Se detallan a continuación los costos de materiales, costos directos e indirectos del proyecto.

### 5.11.1 Costos directos de fabricación

Se determina el costo del proyecto de tesis asumiendo los valores de los materiales seleccionados para la adaptación del sistema de inyección según referencia de precios encontrados en algunos catálogos de fabricantes los mismos que figuran valores de precio al mercado en este momento.

Tabla 5.15. Costos de material.

CANTIDAD	ELEMENTOS	PRECIO UNIT.	COSTO
<b>Sistema de Control</b>			
2	Seccionador ON-OFF	\$ 3,00	\$ 6,00
1	Potenciómetro	\$ 2,30	\$ 2,30
<b>Protecciones Eléctricas</b>			
1	Breaker bifásico 13Amp	\$ 14,00	\$ 14,00
2	Canaleta Plástica Dexson Dxn10062 Ranurada PVC	\$ 9,30	\$ 18,60
3	Cable concéntrico SJT2X10AWG L=1m	\$ 2,62	\$ 7,86
1	Enchufe trifásico 3 polos + tierra 32A/415V Legrand	\$ 9,48	\$ 9,48
50	Conectores de crimpado de terminales	\$ 0,10	\$ 5,00
1	Caja metálica para automatización 400x400x200 mm	\$ 70,00	\$ 70,00
<b>Materiales</b>			

1	Barra de acero 1018, 3" L=10cm	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Barra de acero 1018, 2" L=20cm	\$ 18,00	\$ 18,00
1	Barra de nylon 1" L=20cm	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Otros materiales	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Técnicos y mano de obra	\$ 200,00	\$ 200,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 406,20</b>

### 5.11.2 Costo de las horas de ingeniería en diseño

Para lograr el diseño conceptual del sistema de diseño de matrices de plástico de baja densidad se ha requerido de tiempo entre la realización de pruebas y corrección de errores. Para determinar el costo de la hora de trabajo se toma como referencia el salario básico en el Ecuador en la actualidad (año 2024) es de \$460 (cuatrocientos sesenta dólares) y de acuerdo con lo que estipula la Ley Laboral, donde menciona que durante la semana deben cumplirse las 40 horas laborales.

$$\# \text{horas} = \text{horas diarias} \times \text{días laborables al mes}$$

$$\# \text{horas al mes} = 160 \text{ horas laboradas}$$

$$\text{Costo de la hora} = \frac{\text{Salario básico}}{\# \text{horas al mes}}$$

(V.1)

$$\text{Costo de la hora} = \frac{\$460}{160} = \$2,87 \text{ la hora}$$

Tabla 5.16. Costos de diseño de ingeniería.

DESCRIPCIÓN	# HORAS	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Diseño mecánico de la matriz	80	2,87	229,60
Ensamble eléctrico y mecánico	40	2,87	114,80
Correcciones	60	2,87	172,20
<b>Total</b>			<b>\$ 516,60</b>

- **Costos Directos.**

Tabla 5.17. Costos directos.

DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
Costos Materiales	406,20
Costo horas de ingeniería	516,60
<b>TOTAL</b>	<b>922,80</b>

- **Costos Indirectos**

Los Valores que intervienen en la fabricación del producto para complementar indirectamente la terminación del mismo.

Tabla 5.18. Costos Indirectos.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Gastos operativos (Impresiones)	20
Ingeniería en detalle e investigación	40
Otros	40
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

### 5.11.3 Costo total

Tabla 5.19. Presupuesto.

RUBRO	VALOR
Costos Directos.	<b>922,80</b>
Costos Indirectos.	<b>100,00</b>
<b>Presupuesto</b>	<b>1022,80</b>

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- Para determinar las variables que influyen en el proceso de extrusión y en el diseño de matrices, es esencial identificar y analizar los factores clave que afectan tanto la calidad del producto final. Estos factores incluyen la temperatura del material, la velocidad de extrusión, la presión aplicada, las características del material a ser extruido, así como el diseño geométrico de la matriz, que afecta directamente el flujo y la forma del producto final. Al comprender y controlar estas variables, es posible optimizar el proceso de extrusión, mejorar la calidad del producto, y reducir el desperdicio y los costos operativos.
- Para diseñar diferentes matrices de bocas circulares para este prototipo extrusor de plástico, es crucial seleccionar materiales adecuados que permitan una construcción precisa y duradera de las matrices. Estos materiales deben ser resistentes al desgaste y al calor generado durante el proceso de extrusión. La geometría de las bocas circulares debe estar cuidadosamente diseñada para asegurar un flujo uniforme del material y la formación correcta del perfil extruido. Al experimentar con diferentes configuraciones y materiales, es posible optimizar el rendimiento del prototipo, asegurando que la extrusión sea eficiente y que el producto final cumpla con las especificaciones deseadas.
- Para determinar la correlación entre las variables de producción de la máquina y el diseño de la matriz, es fundamental analizar cómo los parámetros operativos, como la velocidad de extrusión, la presión y la temperatura, interactúan con las características del diseño de la matriz, como su geometría y los materiales utilizados. Una correlación sólida entre estas variables permitirá predecir cómo ajustes en el diseño de la matriz afectan el rendimiento de la máquina y la calidad del producto final.

### **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un diseño de la matriz con más longitud para poder obtener un terminado más aceptable, diseñando el sistema de enfriamiento de la matriz para que el material extruido tenga una mayor rigidez.
- Al momento de apagar el equipo se recomienda no dejar material polímero dentro del husillo ya que puede ocasionar un remordimiento al momento de retomar el trabajo de manera inicial.
- Se recomienda que para la validación y comprobación de funcionalidad de la máquina

extrusora de plásticos de baja densidad se debe proceder a la implementación del sistema de matrices diseñadas y puesta en marcha de la máquina en esta propuesta tecnológica ya que esto ayudará a comprobar los parámetros, los componentes seleccionados y podrá ser mejorada según el criterio ingenieril para garantizar la calidad de productos mediante el proceso de extrusión de plásticos y la vida útil de la máquina.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] M. J. V. Ulloa, "El reciclaje de plásticos, un reto para lograr una economía circular," CEDAMAZ, vol. 12, no. 2, p. 5, 2022.
- [2] "Extrusión de materiales plásticos," *Tecnología de los plásticos*.blogspot.com. [En línea]. Disponible: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>. [Accedido: 05-junio-2024].
- [3] M. G. Guamán, " Determinación de perfiles de temperatura para el proceso de extrusión de polipropileno virgen y polipropileno reciclado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciudad Riobamba, Ecuador, 2017.
- [4] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Material Science and Engineering: An Introduction*. Hoboken, NJ: Wiley, 2018.
- [5] T. A. Osswald and J. P. Hernández-Ortiz, *Polymer Processing: Modeling and Simulation*. Munich: Hanser, 2014.
- [6] "Máquinas extrusoras de plástico: ¿Qué son, para qué sirven?," *Tecnobiometric*, 18 enero 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.tecnobiometric.com/maquinas-extrusoras-de-plastico-que-son-y-para-que-sirven/>. [Accedido: 12-junio-2024].
- [7] D. V. Rosato, D. V. Rosato, and M. G. Rosato, *Injection Molding Handbook*. New York: Springer, 2000.
- [8] CPM, «Papeles y Conversiones de México,» 16 Agosto 2022. [En línea]. Aviable: <https://www.pcm.com.mx/learning-center/diferencias-entre-el-plastico-virgen-y-pellet-reciclado>. [Accedido: 15-junio-2024].

- [9] DIPAC, «CATÁLOGO GENERAL DE PRODUCTOS DE ACERO,»  
*DIPAC LATACUNGA*, vol. 5, nº 18, p. 84, julio 2022.
- [10] A.-. Internacional, «Aginter,» 21 Mayo 2018. [En línea]. Aviable:  
[https://www.aginter.com.ar/perforaciones\\_cribas\\_martillos.php](https://www.aginter.com.ar/perforaciones_cribas_martillos.php). [Accedido:19-junio-2024].
- [11] R. G. Budynas, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México: Octava edición, 2014.
- [12] C. E. Naranjo Izurieta, "Diseño y construcción de una máquina elaboradora de hilo PET," Tesis de Ingeniería, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador, 2015.
- [13] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. Hoboken, NJ: Wiley, 2016.
- [14] DIPAC, «CATÁLOGO GENERAL DE PRODUCTOS DE ACERO,» *DIPAC LATACUNGA*, vol. 5, nº 18, p. 84, julio 2022.
- [15] "Aceros & Materiales," Bohman, [En línea]. Disponible: <https://bohman.com.ec/aceros-materiales>. [Accedido: 27-junio-2024].
- [16] "Manufactura aditiva como proceso productivo: una realidad," *Plastico.com*, [En línea]. Disponible: <https://www.plastico.com/es/noticias/manufactura-aditiva-como-proceso-productivo-una-realidad>. [Accedido: 29-junio-2024].
- [17] F. Casa and H. Clavijo, *Universidad Técnica de Cotopaxi*, vol. 1.2018
- [18] "Estudios sectoriales: Plásticos by Cámara de Industrias de Guayaquil - issuu." [https://issuu.com/industrias/docs/cig-estudio\\_sectorial\\_pl\\_sticos](https://issuu.com/industrias/docs/cig-estudio_sectorial_pl_sticos). [Accedido: 1-julio-2024].
- [19] Universidad de Salamanca, "Los plásticos," Open Course, p. 47, 2010, [Online]. Available: <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseanzas-tecnicas/materiales>

ii/contenidos/PLASTICOS.pdf. [Accedido: 8-julio-2024].

- [20] “Macromoléculas de los plásticos: junio <http://trabajoquimica204.blogspot.com/2012/06/> (accessed May 14, 2020). L. P. Method and T. Method, “EX,” 2014. [Accedido: 12-julio-2024].
- [21] L.P. Method and T. Method, “EX,” 2014.
- [22] P. Acuña Ruiz and M. A. Plasencia Alvarez, "Diseño de una máquina extrusora-inyectora de plásticos de baja densidad," Universidad Técnica de Cotopaxi, Sept. 2020.
- [23] DIPAC, «CATÁLOGO GENERAL DE PRODUCTOS DE ACERO,» DIPAC LATAACUNGA, vol. 5, n° 18, p. 84, julio 2022.
- [24] "IIRSACERO, 'Ficha Técnica Acero 1018', Aug. 2019. [Online]. Available: <https://iirsacero.com.mx/wp-content/uploads/2019/08/Ficha-T%C3%A9cnica-Acero-1018-iirsacero.pdf>. “[Accedido: 20-julio-2024].

## **8. ANEXOS**

# **Anexo I**

## **Informe de similitud**

## Informe de originalidad

---

NOMBRE DEL CURSO

TUTORIA

NOMBRE DEL ALUMNO

CHRISTIAN GENARO ORTEGA RODRIGUEZ

NOMBRE DEL ARCHIVO

CHRISTIAN GENARO ORTEGA RODRIGUEZ - COMPROBACION

SE HA CREADO EL INFORME

21 ago 2024

---

### Resumen

Fragmentos marcados	10	3 %
Fragmentos citados o entrecomillados	0	0 %

### Coincidencias de la Web

uide.edu.ec	4	0,9 %
formlabs.com	1	0,6 %
studocu.com	1	0,5 %
coursehero.com	1	0,4 %
xdoc.mx	1	0,3 %
unam.mx	1	0,3 %
slideshare.net	1	0,2 %

---

## **Anexo II**

### **Máquina prototipo instancia inicial**

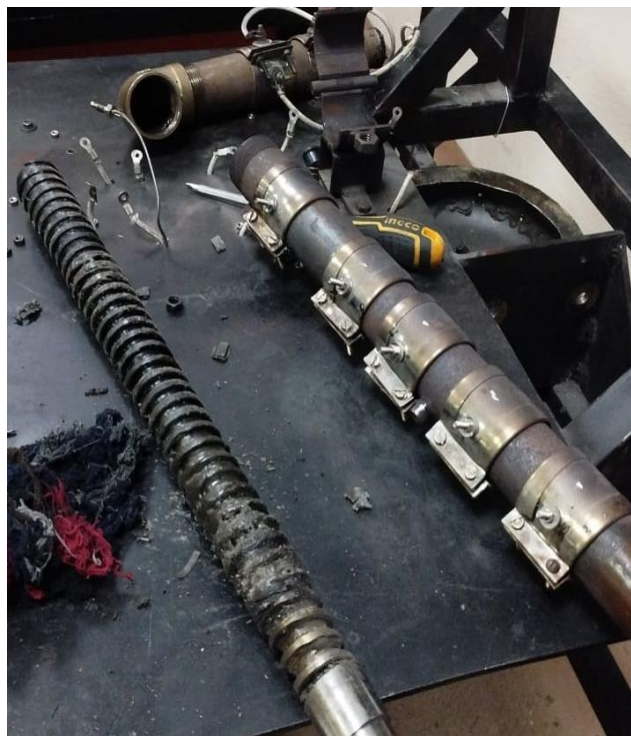
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 1-2

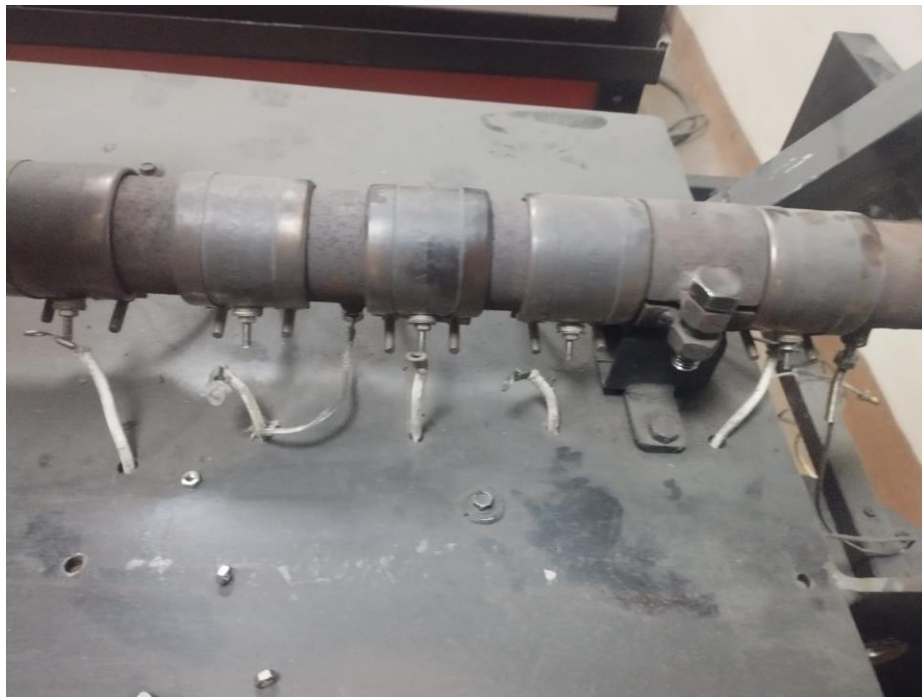
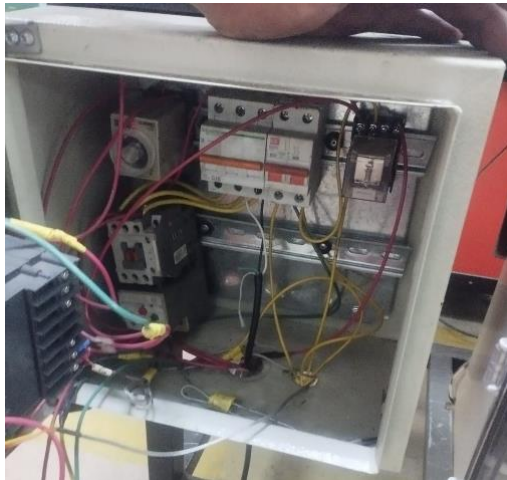
Máquina prototipo instancia inicial

**1. Máquina prototipo**



Estructura mecánica y eléctrica instancia inicial.

1.2. Partes eléctricas



## **Anexo III**

# Mantenimiento del gabinete eléctrico e implementación del variador

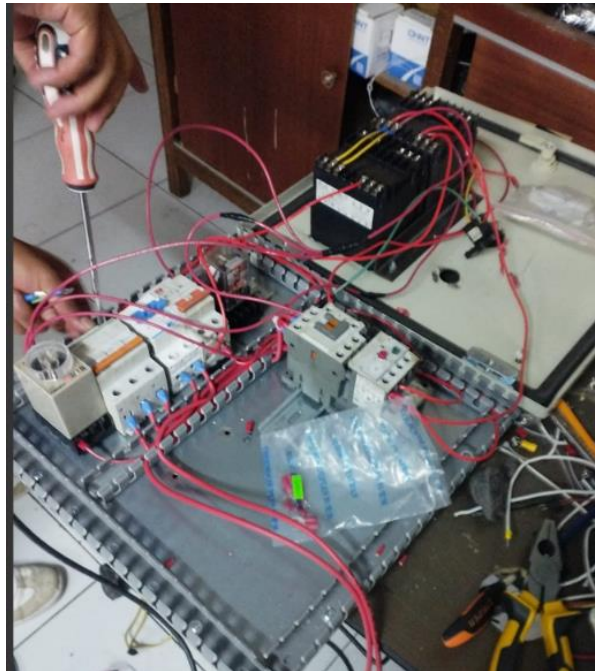
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo III

Mantenimiento del gabinete eléctrico e implementación del variador.

**2 MANTENIMIENTO DEL GABINETE**

2.1 Cambio de todos los componentes a un gabinete nuevo de 400 mm x 400 mm y profundidad de 200 mm.



Anexo III

Implementación del variador de frecuencia.

2.2. Implementación del variador

2.2.1. Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un dispositivo que controla la velocidad y el par de un motor eléctrico ajustando la frecuencia y la tensión de la energía suministrada al motor.



Figura II.1 Variador de frecuencia

2.2.2. Función

Su función principal es la de regular la velocidad y el par motor de manera eficiente.

Aquí te detallo sus funciones principales:

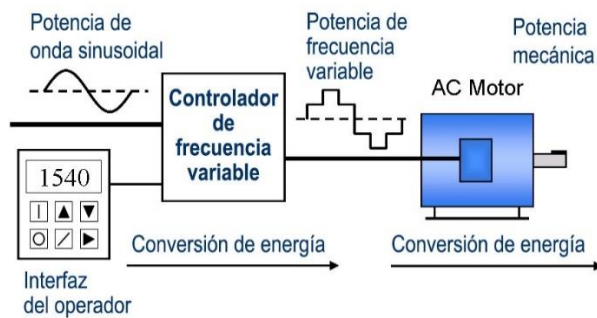
- **Control de Velocidad:** Permite ajustar la velocidad del motor cambiando la frecuencia de la corriente que recibe. Esto es esencial en aplicaciones donde se requiere una velocidad variable, como en sistemas de ventilación, bombas, y transportadores.
- **Ahorro Energético:** Al ajustar la velocidad del motor según la demanda, se pueden reducir los consumos energéticos. Esto es especialmente útil en aplicaciones de carga variable, donde el motor no necesita funcionar a plena capacidad todo el tiempo.
- **Mejora de la Eficiencia del Sistema:** Optimiza el rendimiento del sistema al ajustar la velocidad del motor para que se adapte a las necesidades específicas de la aplicación, lo que puede prolongar la vida útil del equipo y reducir el mantenimiento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
 INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo III

Implementación del variador de frecuencia SIEMENS.

- **Protección del Motor:** Ofrecen protección adicional al motor, como la protección contra sobrecargas, sobrecalentamientos y fallos en el suministro de energía. También pueden ayudar a evitar el arranque y parada brusca del motor, lo que reduce el estrés mecánico.



2.2.3. Datos principales del motor para la elección del variador

Descripción	Datos
Potencia del motor	0.75 kw (1 hp)
Voltaje	220V
Corriente	3.9 A
Frecuencia	60 Hz

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo III

Elección del variador de acuerdo a los datos del variador.

## VARIADORES DE VELOCIDAD SINAMICS V20 APLICACIONES BÁSICAS

Sinamics V20 ofrece funcionalidades básicas para la mayor parte de las aplicaciones industriales de velocidad variable. Ejemplo: bombas, fajas transportadoras, ventiladores y compresores. Trabaja en control de voltaje-frecuencia (V/F, V/f y FCC).

**Especificaciones técnicas**

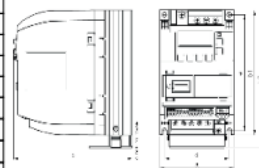
Frecuencia de salida:	0-599 Hz, resolución 0.01 Hz.
Tipo de protección:	IP20.
Temperatura de operación máxima:	60 °C.
Entradas digitales:	4 ópticamente aisladas (PNP/NPN).
Salidas digitales:	2 (30 VDC/0.5 A y 250 VAC/0.5A).
Entradas análogas:	2 (0-10 VDC y 0/4-20 mA).
Salida análoga:	1 (0-20 mA).
Panel operador básico:	Integrado.
Comunicación:	USS, Modbus RTU RS485



Aplicaciones: Compensación de deslizamiento, arranque al vuelo, controlador PID y arranque secuencial de bombas  
Bloques de función libre: AND, OR, XOR, NOT, D-FF, RS-FF, Timer, ADD, SUB, MUL, DIV y CMP

Código (MLFB)	Potencia (LO) HP	Potencia (LO) KW	Corriente (LO) A	Potencia (HO) HP	Potencia (HO) KW	Corriente (HO) A	Tamaño Constructivo	Precio Lista Unit. \$
<b>SINAMICS V20 1 AC 200 V - 240 V (-10 ... +10%)</b>								
100365756	0.5	0.37	2.3	0.5	0.37	2.3	FSAA <sup>(1)</sup>	310
100371062	1	0.75	3.9	1	0.75	3.9	FSAB <sup>(1)</sup>	366
100254295	1.5	1.1	6	1.5	1.1	6	FSAC <sup>(1)</sup>	475
100254296	2	1.5	7.8	2	1.5	7.8	FSAC <sup>(1)</sup>	539
100254297	3	2.2	11	3	2.2	11	FSAD <sup>(1)</sup>	830
100254298	4	3	13.6	4	3	13.6	FSAD <sup>(1)</sup>	964
<b>SINAMICS V20 3 AC 380 V - 480 V (-15 ... +10%)</b>								
100254278	0.5	0.37	1.3	0.5	0.37	1.3	FSA <sup>(1)</sup>	538
100254280	1	0.75	2.2	1	0.75	2.2	FSA <sup>(1)</sup>	551
100254281	1.5	1.1	3.1	1.5	1.1	3.1	FSA <sup>(1)</sup>	688
100254282	2	1.5	4.1	2	1.5	4.1	FSA <sup>(1)</sup>	673
100254283	3	2.2	4.8	3	2.2	4.8	FSA <sup>(1)</sup>	806
100254284	4	3	7.3	4	3	7.3	FSB <sup>(1)</sup>	983
100254285	5	4	8.24	5	4	8.24	FSB <sup>(1)</sup>	1,014
100254286	7.5	5.5	11	7.5	5.5	11	FSC <sup>(1)</sup>	1,305
100254287	10	7.5	16.5	10	7.5	16.5	FSD	1,611
100254288	15	11	21	15	11	21	FSD	1,992
100254289	20	15	31	20	15	31	FSD	2,548
100330088	30	22	40	25	18.5	34	FSE	3,179
100330340	40	30	52	30	22	40	FSE	3,646

Tamaño Constructivo	Altura H (mm)	Ancho L (mm)	Profundidad P (mm)
FSAA	142	68	107.8
FSAB	142	68	127.8
FSAC	160.9	90.8	147
FSAD	176.5	136.6	158.8
FSA	166	90	145.5
FSB	160	140	164.5
FSC	182	184	169
FSD	206.5	240	172.5
FSE	264.5	245	209



**Notas:** <sup>1)</sup> Si se requiere utilizar resistencia de frenado para las tallas FSA, FSB y FSC se debe hacer uso de un módulo de frenado 6SL3201-2AD20-8VA0 que se ubica en la página 3/4 "Componentes opcionales para V20".

Para la selección del equipo la potencia es solamente orientativa, la selección correcta del mismo debe hacerse con la corriente nominal del motor.

Para la selección del variador de velocidad puede utilizar el App SINAMICS SELECTOR, disponible para Android e Iphone de manera gratuita\* (QR Página 3-2)

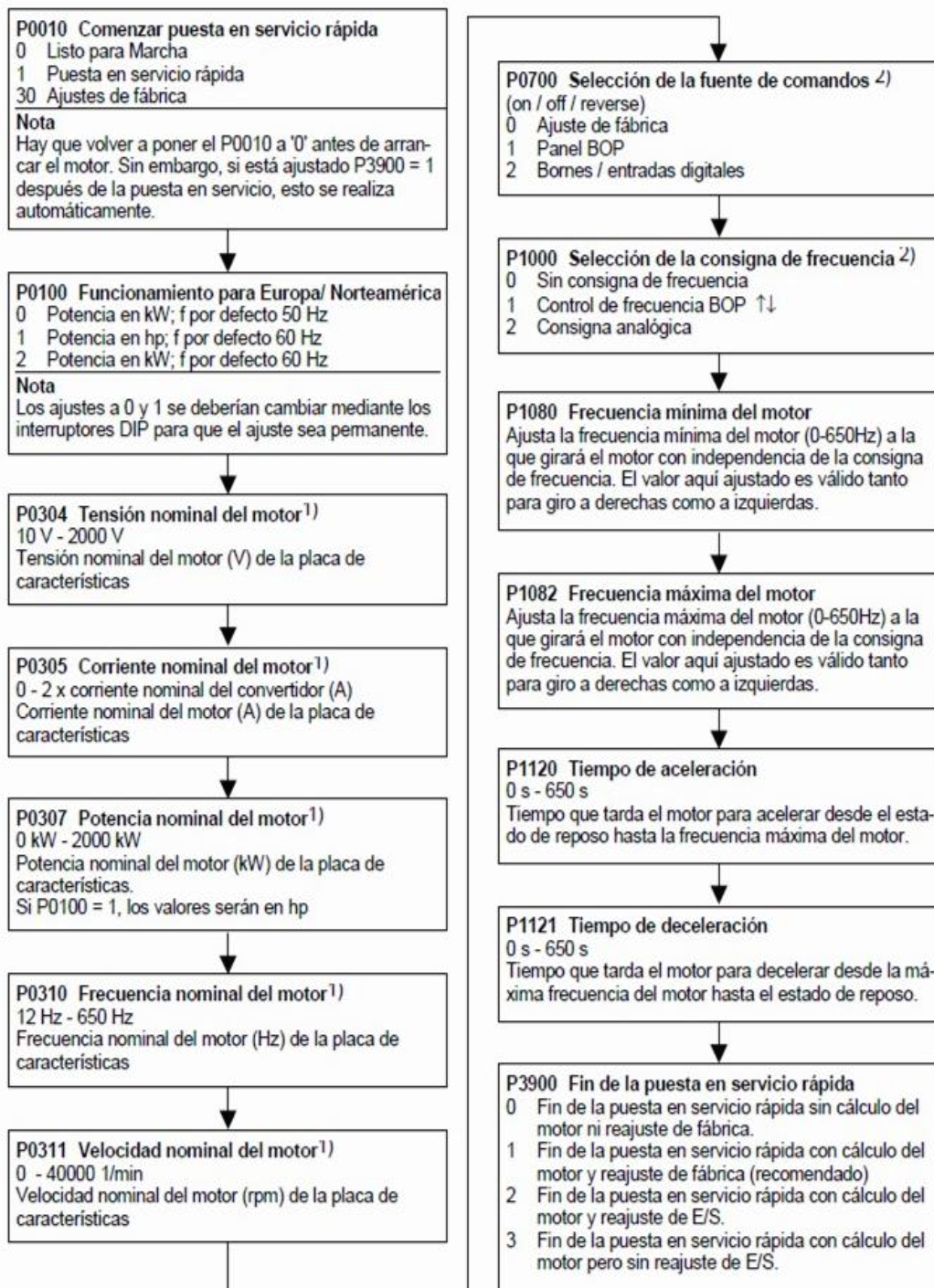
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
 INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo III

Implementación del variador de frecuencia SIEMENS.

2,2.4. Programación del variador

Para la programación del variador se lo realizo de acuerdo con la guía técnica con los parámetros más comunes que se van a configurar.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo III

Implementación del variador de frecuencia SIEMENS.

2,2.5. Instalación del gabinete eléctrico



# **Anexo IV**

## Máquina prototipo estado actual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo IV

Máquina prototipo estado actual.



# **Anexo V**

## Material para las matrices y acople

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo V

Características del material de las matrices.



## EJES

### ACERO DE TRANSMISIÓN

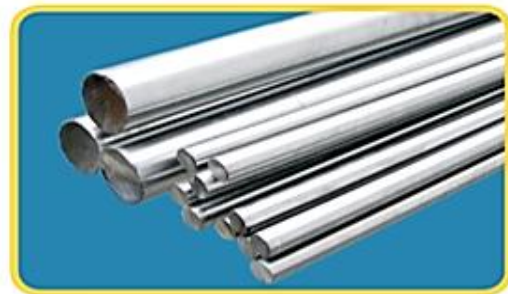
#### Especificaciones Generales:

Norma: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Largo: 6 mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm <sup>2</sup> )	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

#### DIMENSIONES

DIÁMETRO
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo V

Características del material de los bocines.

### BRONCE FOSFÓRICO

Calidad SAE 40/SAE 660

Generalidades: Aleación de cobre de buenas cualidades elásticas y de resistencia al desgaste. Alta pureza de material, con la eliminación total de porosidad interna. Buena conductividad térmica, resistencia a la corrosión y facilidad de maquinado.

#### ANÁLISIS TÍPICO %

	Cu	Sn	Pb	Zn
SAE 40	85%	5%	5%	5%

#### APLICACIONES

- Donde hay aplicación de cargas ligeras y velocidades de baja a media, con sistemas de lubricación normal.
- Respaldos de cojinetes, arandelas de empuje de transmisiones automáticas automotrices, cojinetes múltiples, manguitos de bomba y bocines.
- Donde se requiere mucho maquinado.
- Dureza de suministro: mínimo 70HB.

#### MEDIDAS EN STOCK

##### REDONDO

Diámetro (pulgadas)	Peso (Kg/m)
1/2	1.1
5/8	1.8
3/4	2.5
7/8	3.5
1	4.5
1 1/8	5.7
1 1/4	7.0
1 3/8	8.5
1 1/2	10.1
1 3/4	13.8
2	18.0
2 1/4	22.8
2 1/2	28.2
2 3/4	34.1
3	40.6
3 1/2	55.2
3 1/4	51.65
3 3/4	63.4
4	72.2
4 3/4	101.8
5	112.7
5 1/4	124.3
5 1/2	136.4
6	162.3
7	221.0
7 1/2	253.7
8	288.6
9	365.3
10	451.0

##### REDONDO

Diámetro (mm)	Peso (Kg/m)
16	1.1.8
21	3.1
26	4.7
31	6.7
36	9.1
41	11.8
46	14.8
51	18.2
56	21.9
61	26.0
66	30.4
76	40.4
86	51.7
91	57.9
96	64.4
102	72.7
112	87.7
122	104.0
127	112.7
132	121.8
142	140.9
152	161.5
172	206.8
182	231.5
192	257.7
202	285.2
222	344.5
232	376.2
252	443.9

##### PLATINAS

Espesor x ancho (mm)	Peso (Kg/m)
12x312	33.3
22 x 312	61.1



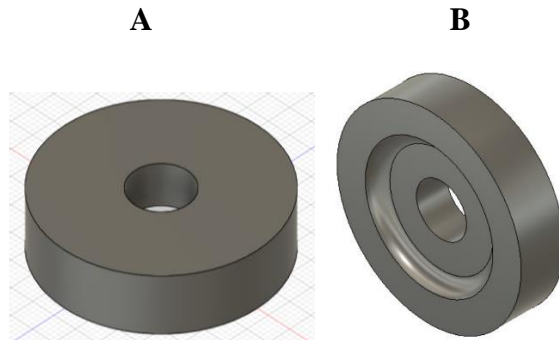
**Anexo VI**  
Primer estudio  
Diseño de matriz y acople

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

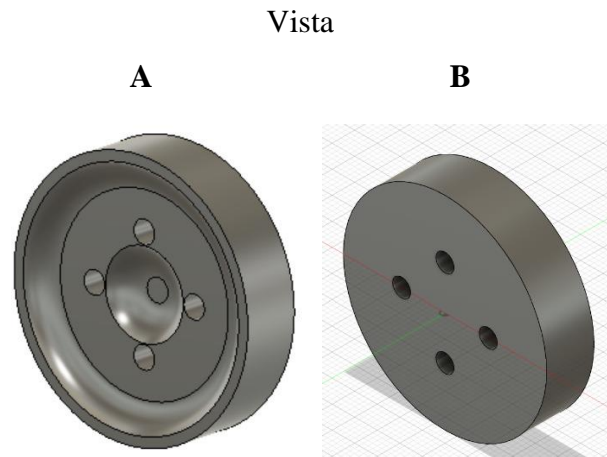
Anexo VI

Diseño matrices y acoples del primer estudio.

Matriz sección circular de una boca  $\varnothing$  12 mm.  
Vista



Matriz sección circular de cuatro bocas  $\varnothing$  4 mm.  
Vista



Acople para la matriz.



**Anexo VII**  
Segundo estudio  
Diseño de matices

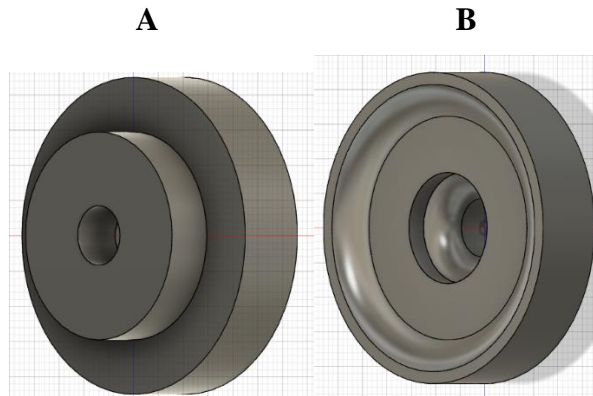
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo VII

Fabricación de matrices.

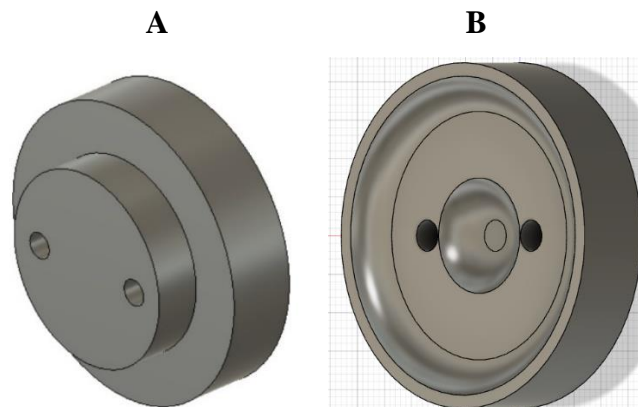
Matriz sección circular de una boca  $\varnothing$  8 mm.

Vista



Matriz sección circular de dos bocas  $\varnothing$  4 mm.

Vista



Matriz sección circular de tres bocas  $\varnothing$  4 mm.

Vista

A



# **Anexo VIII**

## Ficha técnica del polímero

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo VIII

Ficha técnica del polipropileno.

PLÁSTICOS TÉCNICOS

**Polipropileno-PP**



*Polímero termoplástico que presenta excelente resistencia química e inocuidad ante compuestos orgánicos y ácidos, siendo así de aplicación para la industria alimentaria, posee buena rigidez, dureza y resistencia superficial; logrando así una buena estabilidad dimensional.*

*Aplicación: cajas, botellas, tuberías, industria automotriz, envases de alimentos y cosméticos.*

Propiedades Físicas	Valor	Unidad	Comentario
Gravedad específica	0.91	g / cm <sup>3</sup>	ASTM D792
Absorción de Agua	<= 0.010	%	Sumergido, 24hr; ASTM D570
	<= 0.010	%	Saturación en Agua (23°C), ASTM D570

Propiedades Mecánicas (23°C)	Valor	Unidad	Comentario
Dureza	78	Shore D	ASTM D2240
Esfuerzo de tracción	33	MPa	ASTM D638
Esfuerzo de tracción(65°C)	2.76	MPa	ASTM D638
Módulo de tracción	1.31	GPa	ASTM D638
Alargamiento de rotura	400	%	ASTM D638
Esfuerzo de flexión	33.1	MPa	ASTM D790
Módulo de flexión	1.34	GPa	ASTM D790
Esfuerzo de compresión	34.5	MPa	10 % de Deformación, ASTM D695
Módulo de compresión	1.38	GPa	ASTM D695
Ensayo de impacto Izod con entalle	0.641	J/cm	ASTM D256 Tipo A
Coefficiente de fricción dinámica	0.25		Seco vs. Acero; QTM55007
Maquinabilidad	3		Rango 1-10, 1 fácil de maquinar

Propiedades Térmicas	Valor	Unidad	Comentario
Fusión	164	°C	Máximo cristalino; ASTM D3418
Máxima temperatura de servicio	82	°C	Temperatura del aire continuo
Deflexión a 1.8 MPa	98	°C	ASTM D648
Inflamabilidad	HB		Espesor 3.17 mm

Nota: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup> ; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

Dirección: Jr. Cárcamo 540 - 542, Lima 1 Lima - Perú  
 www.emacin.com.pe    Teléfono: (01) 715 - 0297 / 715 - 0298

**Anexo IX**  
Análisis estático de los diferentes tipos  
de aceros

☐ **Modelo de simulación 1**

☐ **Estudio 2: tensión estática**

☐ **Propiedades del estudio**

Tipo de estudio	Tensión estática
Fecha de la última modificación	2024-08-20, 07:36:21

☐ **Configuración**

☐ **General**

Tolerancia de contacto	0.10 mm
Eliminar los modos de cuerpos rígidos	No

☐ **Amortiguamiento**

☐ **Malla**

Tamaño medio de elemento (% del tamaño del modelo)	
Sólidos	10
Escala de tamaño de malla por pieza	No
Tamaño medio de elemento (valor absoluto)	-
Orden de elemento	Parabólico
Crear elementos de malla curva	Sí
Ángulo de giro máx. en curvas (grad.)	60
Relación de tamaño máx. de malla adyacente	1.5
Relación de aspecto máxima	10
Tamaño mínimo de elemento (% del tamaño medio)	20

☐ **Refinado de malla adaptable**

Número de pasos de refinado	0
Tolerancia de convergencia de resultados (%)	20
Parte de los elementos para refinar (%)	10
Resultados para la precisión de la línea base	Tensión de von Mises

☐ **Materiales**

Componente	Material	Factor de seguridad
Cuerpo1	Acero AISI 1018 106 LC	Límite de elasticidad

☐ **Acero AISI 1018 106 LC**

Densidad	7.870E-06 kg / mm <sup>3</sup>
Módulo de Young	207000.00 MPa
Coefficiente de Poisson	0.33
Límite de elasticidad	250.00 MPa
Resistencia máxima a tracción	354.00 MPa
Conductividad térmica	0.052 W / (mm C)
Coefficiente de dilatación térmica	1.150E-05 / C
Calor específico	486.00 J / (kg C)

☐ **Contactos**

☐ **Malla**

Tipo	Nodos	Elementos
Sólidos	352573	237222

☐ **Caso de carga1**

☐ **Restricciones**

☐ **Fijo1**

Tipo	Fijo
Ux	Fijo
Uy	Fijo
Uz	Fijo

☐ **Entidades seleccionadas**

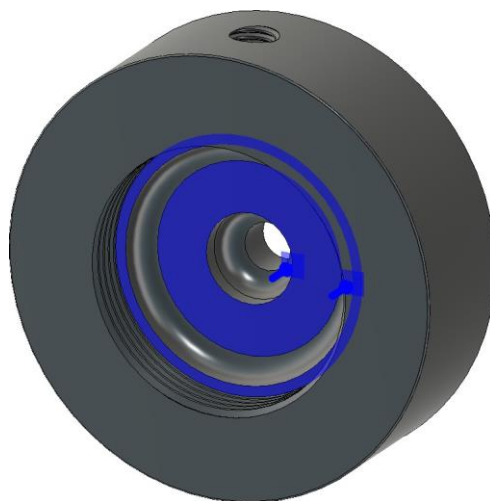


☐ **Cargas**

☐ **Presión1**

Tipo	Presión
Magnitud	0.001 MPa

☐ **Entidades seleccionadas**



☐ **Resultados**

☐ **Resumen de resultados**

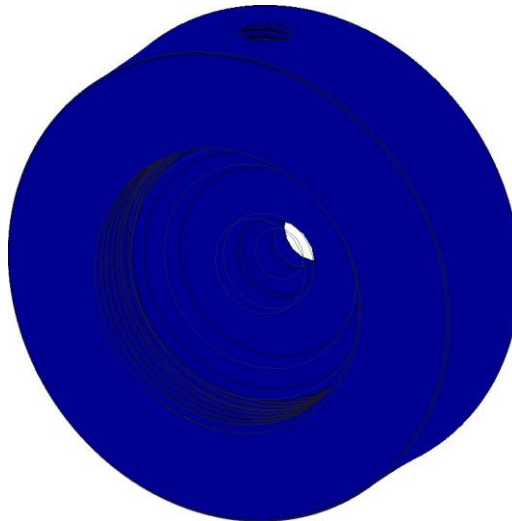
Nombre	Mínimo	Máximo
Factor de seguridad		
Coefficiente de seguridad (por cuerpo)	15.00	15.00
Estrés		
von Mises	1.319E-06 MPa	0.103 MPa
Primera principal	-0.01 MPa	0.153 MPa
Tercera principal	-0.028 MPa	0.044 MPa
Normal XX	-0.015 MPa	0.063 MPa

Normal YY	-0.018 MPa	0.144 MPa
Normal ZZ	-0.014 MPa	0.051 MPa
Corte XY	-0.017 MPa	0.01 MPa
Corte YZ	-0.017 MPa	0.031 MPa
Corte ZX	-0.007 MPa	0.003 MPa
Desplazamiento		
Total	0.00 mm	4.936E-07 mm
X	-1.359E-07 mm	9.806E-08 mm
Y	-4.934E-07 mm	2.847E-08 mm
Z	-1.306E-07 mm	1.107E-07 mm
Fuerza de reacción		
Total	0.00 N	0.011 N
X	-0.002 N	0.002 N
Y	-6.158E-05 N	0.01 N
Z	-0.003 N	0.002 N
Deformación		
Equivalente	0.00	6.303E-07
Primera principal	0.00	7.161E-07
Tercera principal	-3.821E-07	1.105E-09
Normal XX	-1.861E-07	3.067E-08
Normal YY	-6.813E-08	5.124E-07
Normal ZZ	-1.438E-07	4.786E-08
Corte XY	-2.195E-07	1.246E-07
Corte YZ	-2.199E-07	4.036E-07
Corte ZX	-9.449E-08	4.410E-08
Fuerza de contacto		
Total	0.00 N	0.00 N
X	0.00 N	0.00 N
Y	0.00 N	0.00 N
Z	0.00 N	0.00 N

**Factor de seguridad**

**Coefficiente de seguridad (por cuerpo)**

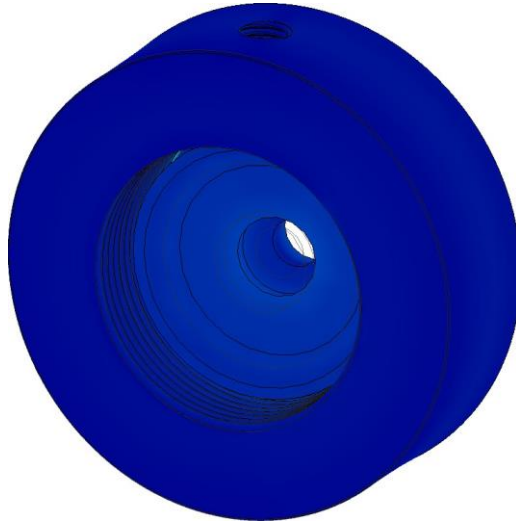
0.00  8.00



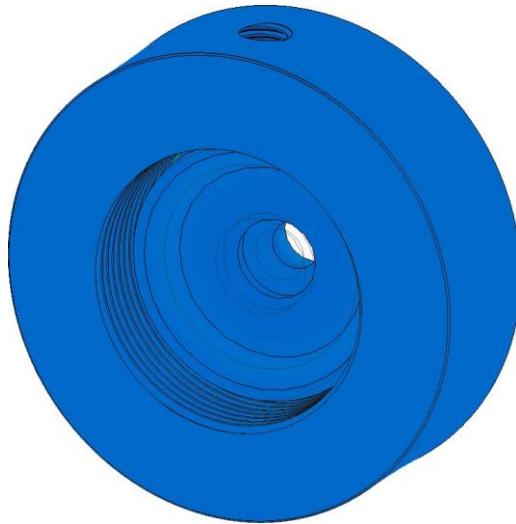
**Estrés**

**von Mises**

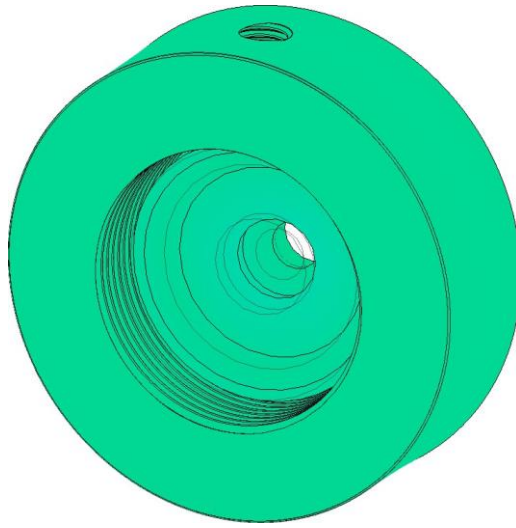
[MPa] 0.00  0.103



☐ **Primera principal**  
[MPa] -0.01 0.153



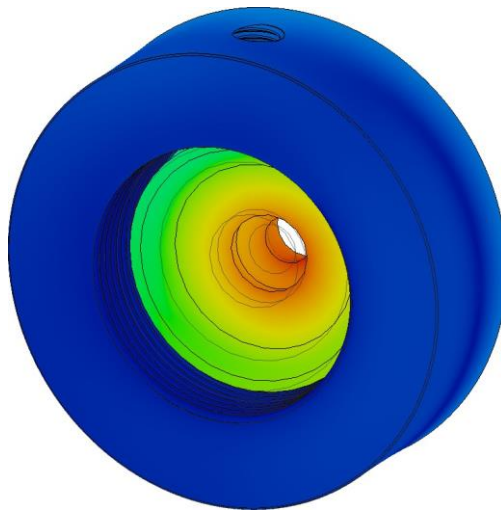
☐ **Tercera principal**  
[MPa] -0.028 0.044



☐ **Desplazamiento**

☐ **Total**

[mm] 0.00E-07  4.936E-07



☐ **Modelo de simulación 1**

☐ **Estudio 2: tensión estática**

☐ **Propiedades del estudio**

Tipo de estudio	Tensión estática
Fecha de la última modificación	2024-08-20, 07:54:35

☐ **Configuración**

☐ **General**

Tolerancia de contacto	0.10 mm
Eliminar los modos de cuerpos rígidos	No

☐ **Amortiguamiento**

☐ **Malla**

Tamaño medio de elemento (% del tamaño del modelo)	
Sólidos	10
Escala de tamaño de malla por pieza	No
Tamaño medio de elemento (valor absoluto)	-
Orden de elemento	Parabólico
Crear elementos de malla curva	Sí
Ángulo de giro máx. en curvas (grad.)	60
Relación de tamaño máx. de malla adyacente	1.5
Relación de aspecto máxima	10
Tamaño mínimo de elemento (% del tamaño medio)	20

☐ **Refinado de malla adaptable**

Número de pasos de refinado	0
Tolerancia de convergencia de resultados (%)	20
Parte de los elementos para refinar (%)	10
Resultados para la precisión de la línea base	Tensión de von Mises

☐ **Materiales**

Componente	Material	Factor de seguridad
Cuerpo1	Acero AISI 1020 107 LC	Límite de elasticidad

☐ **Acero AISI 1020 107 LC**

Densidad	7.870E-06 kg / mm <sup>3</sup>
Módulo de Young	207000.00 MPa
Coefficiente de Poisson	0.33
Límite de elasticidad	260.00 MPa
Resistencia máxima a tracción	441.00 MPa
Conductividad térmica	0.052 W / (mm C)
Coefficiente de dilatación térmica	1.170E-05 / C
Calor específico	486.00 J / (kg C)

☐ **Contactos**

☐ **Malla**

Tipo	Nodos	Elementos
Sólidos	352573	237222

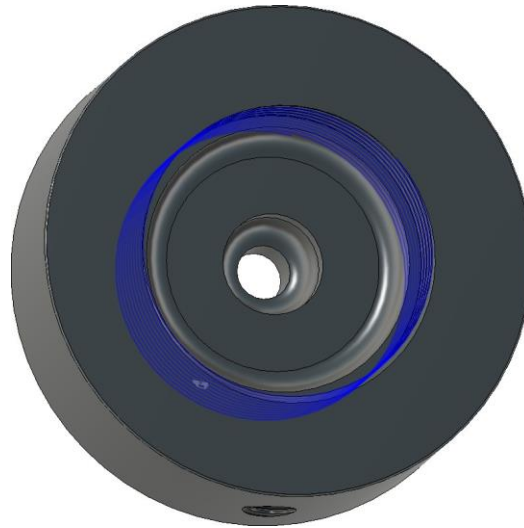
☐ **Caso de carga1**

☐ **Restricciones**

☐ **Fijo1**

Tipo	Fijo
Ux	Fijo
Uy	Fijo
Uz	Fijo

☐ **Entidades seleccionadas**

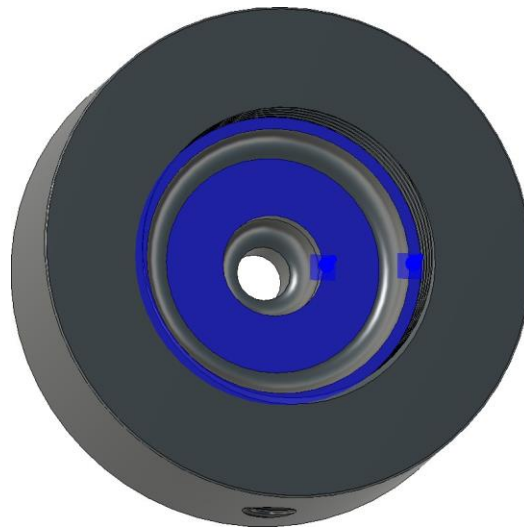


☐ **Cargas**

☐ **Presión1**

Tipo	Presión
Magnitud	0.001 MPa

☐ **Entidades seleccionadas**



☐ **Resultados**

☐ **Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Factor de seguridad		
Coefficiente de seguridad (por cuerpo)	15.00	15.00
Estrés		
von Mises	1.319E-06 MPa	0.103 MPa

Primera principal	-0.01 MPa	0.153 MPa
Tercera principal	-0.028 MPa	0.044 MPa
Normal XX	-0.015 MPa	0.063 MPa
Normal YY	-0.018 MPa	0.144 MPa
Normal ZZ	-0.014 MPa	0.051 MPa
Corte XY	-0.017 MPa	0.01 MPa
Corte YZ	-0.017 MPa	0.031 MPa
Corte ZX	-0.007 MPa	0.003 MPa
Desplazamiento		
Total	0.00 mm	4.936E-07 mm
X	-1.359E-07 mm	9.806E-08 mm
Y	-4.934E-07 mm	2.847E-08 mm
Z	-1.306E-07 mm	1.107E-07 mm
Fuerza de reacción		
Total	0.00 N	0.011 N
X	-0.002 N	0.002 N
Y	-6.158E-05 N	0.01 N
Z	-0.003 N	0.002 N
Deformación		
Equivalente	0.00	6.303E-07
Primera principal	0.00	7.161E-07
Tercera principal	-3.821E-07	1.105E-09
Normal XX	-1.861E-07	3.067E-08
Normal YY	-6.813E-08	5.124E-07
Normal ZZ	-1.438E-07	4.786E-08
Corte XY	-2.195E-07	1.246E-07
Corte YZ	-2.199E-07	4.036E-07
Corte ZX	-9.449E-08	4.410E-08
Fuerza de contacto		
Total	0.00 N	0.00 N
X	0.00 N	0.00 N
Y	0.00 N	0.00 N
Z	0.00 N	0.00 N

**Factor de seguridad**

**Coefficiente de seguridad (por cuerpo)**

0.00  8.00



**Estrés**

**von Mises**

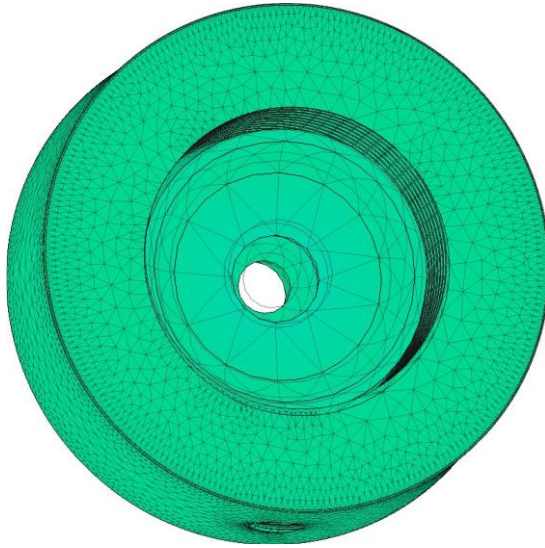
[MPa] 0.00  0.103



☐ **Primera principal**  
[MPa] -0.01 0.153



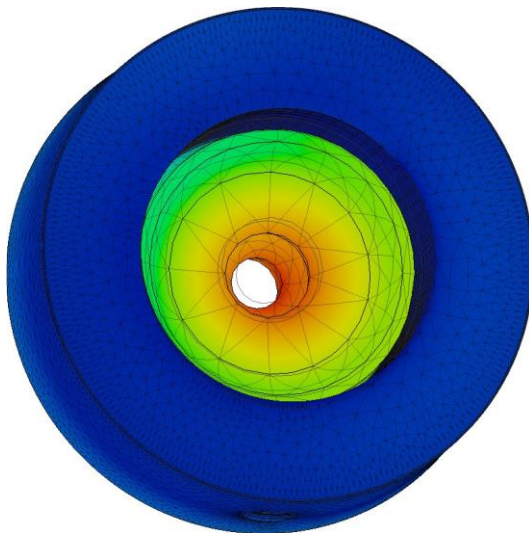
☐ **Tercera principal**  
[MPa] -0.028 0.044



☐ **Desplazamiento**

☐ **Total**

[mm] 0.00E-07  4.936E-07



☐ **Modelo de simulación 1**

☐ **Estudio 2: tensión estática**

☐ **Propiedades del estudio**

Tipo de estudio	Tensión estática
Fecha de la última modificación	2024-08-20, 08:15:57

☐ **Configuración**

☐ **General**

Tolerancia de contacto	0.10 mm
Eliminar los modos de cuerpos rígidos	No

☐ **Amortiguamiento**

☐ **Malla**

Tamaño medio de elemento (% del tamaño del modelo)	
Sólidos	-
Escala de tamaño de malla por pieza	No
Tamaño medio de elemento (valor absoluto)	30.00 mm
Orden de elemento	Parabólico
Crear elementos de malla curva	Sí
Ángulo de giro máx. en curvas (grad.)	60
Relación de tamaño máx. de malla adyacente	1.5
Relación de aspecto máxima	10
Tamaño mínimo de elemento (% del tamaño medio)	20

☐ **Refinado de malla adaptable**

Número de pasos de refinado	0
Tolerancia de convergencia de resultados (%)	20
Parte de los elementos para refinar (%)	10
Resultados para la precisión de la línea base	Tensión de von Mises

☐ **Materiales**

Componente	Material	Factor de seguridad
Cuerpo1	Acero AISI 4340 350B RT	Límite de elasticidad

☐ **Acero AISI 4340 350B RT**

Densidad	7.850E-06 kg / mm <sup>3</sup>
Módulo de Young	207000.00 MPa
Coefficiente de Poisson	0.33
Límite de elasticidad	1102.00 MPa
Resistencia máxima a tracción	1171.00 MPa
Conductividad térmica	0.045 W / (mm C)
Coefficiente de dilatación térmica	1.230E-05 / C
Calor específico	475.00 J / (kg C)

☐ **Contactos**

☐ **Malla**

Tipo	Nodos	Elementos
Sólidos	241355	162216

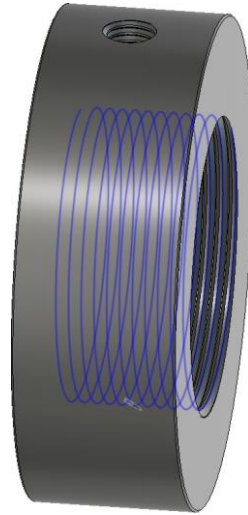
☐ **Caso de carga1**

☐ **Restricciones**

☐ **Fijo1**

Tipo	Fijo
Ux	Fijo
Uy	Fijo
Uz	Fijo

☐ **Entidades seleccionadas**

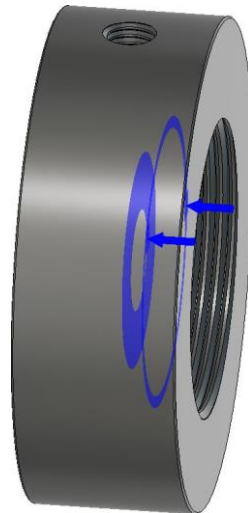


☐ **Cargas**

☐ **Presión1**

Tipo	Presión
Magnitud	0.001 MPa

☐ **Entidades seleccionadas**



☐ **Resultados**

☐ **Resumen de resultados**

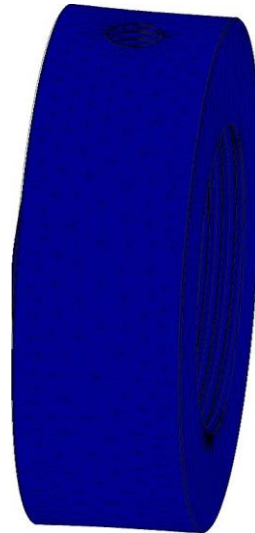
Nombre	Mínimo	Máximo
Factor de seguridad		
Coefficiente de seguridad (por cuerpo)	15.00	15.00
Estrés		
von Mises	2.515E-06 MPa	0.092 MPa

Primera principal	-0.01 MPa	0.112 MPa
Tercera principal	-0.043 MPa	0.03 MPa
Normal XX	-0.01 MPa	0.046 MPa
Normal YY	-0.018 MPa	0.108 MPa
Normal ZZ	-0.016 MPa	0.035 MPa
Corte XY	-0.022 MPa	0.01 MPa
Corte YZ	-0.011 MPa	0.028 MPa
Corte ZX	-0.004 MPa	0.011 MPa
Desplazamiento		
Total	0.00 mm	4.824E-07 mm
X	-1.369E-07 mm	9.660E-08 mm
Y	-4.823E-07 mm	2.829E-08 mm
Z	-1.344E-07 mm	1.121E-07 mm
Fuerza de reacción		
Total	0.00 N	0.011 N
X	-0.002 N	0.002 N
Y	-4.293E-05 N	0.011 N
Z	-0.003 N	0.006 N
Deformación		
Equivalente	0.00	4.958E-07
Primera principal	0.00	5.354E-07
Tercera principal	-3.996E-07	7.355E-10
Normal XX	-1.828E-07	8.689E-08
Normal YY	-5.290E-08	4.186E-07
Normal ZZ	-2.014E-07	5.656E-08
Corte XY	-2.826E-07	1.332E-07
Corte YZ	-1.471E-07	3.562E-07
Corte ZX	-5.083E-08	1.426E-07
Fuerza de contacto		
Total	0.00 N	0.00 N
X	0.00 N	0.00 N
Y	0.00 N	0.00 N
Z	0.00 N	0.00 N

**Factor de seguridad**

**Coefficiente de seguridad (por cuerpo)**

0.00  8.00



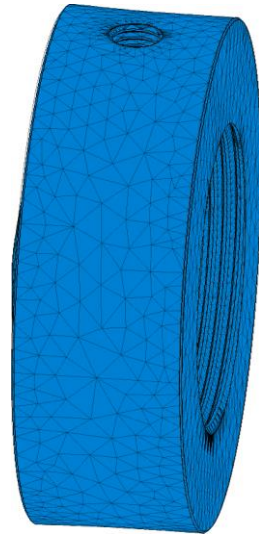
**Estrés**

**von Mises**

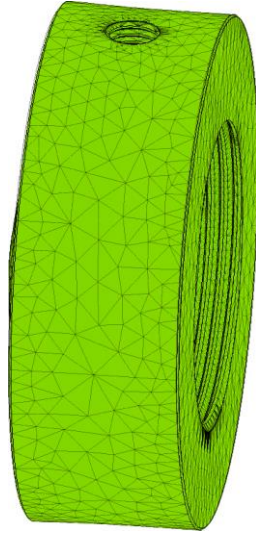
[MPa] 0.00  0.092



☐ **Primera principal**  
[MPa] -0.01 0.112



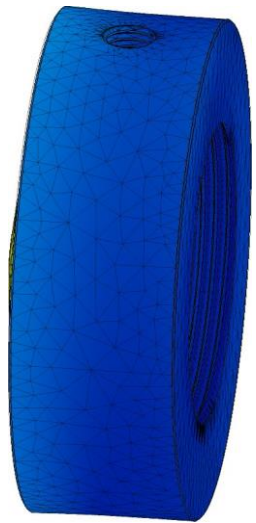
☐ **Tercera principal**  
[MPa] -0.043 0.03



☐ **Desplazamiento**

☐ **Total**

[mm] 0.00E-07  4.824E-07



☐ **Modelo de simulación 1**

☐ **Estudio 2: tensión estática**

☐ **Propiedades del estudio**

Tipo de estudio	Tensión estática
Fecha de la última modificación	2024-08-20, 08:27:58

☐ **Configuración**

☐ **General**

Tolerancia de contacto	0.10 mm
Eliminar los modos de cuerpos rígidos	No

☐ **Amortiguamiento**

☐ **Malla**

Tamaño medio de elemento (% del tamaño del modelo)	
Sólidos	-
Escala de tamaño de malla por pieza	No
Tamaño medio de elemento (valor absoluto)	30.00 mm
Orden de elemento	Parabólico
Crear elementos de malla curva	Sí
Ángulo de giro máx. en curvas (grad.)	60
Relación de tamaño máx. de malla adyacente	1.5
Relación de aspecto máxima	10
Tamaño mínimo de elemento (% del tamaño medio)	20

☐ **Refinado de malla adaptable**

Número de pasos de refinado	0
Tolerancia de convergencia de resultados (%)	20
Parte de los elementos para refinar (%)	10
Resultados para la precisión de la línea base	Tensión de von Mises

☐ **Materiales**

Componente	Material	Factor de seguridad
Cuerpo1	Inconel 718	Límite de elasticidad

☐ **Inconel 718**

Densidad	8.086E-06 kg / mm <sup>3</sup>
Módulo de Young	185200.00 MPa
Coefficiente de Poisson	0.30
Límite de elasticidad	772.00 MPa
Resistencia máxima a tracción	875.00 MPa
Conductividad térmica	0.011 W / (mm C)
Coefficiente de dilatación térmica	1.280E-05 / C
Calor específico	427.00 J / (kg C)

☐ **Contactos**

☐ **Malla**

Tipo	Nodos	Elementos
Sólidos	241355	162216

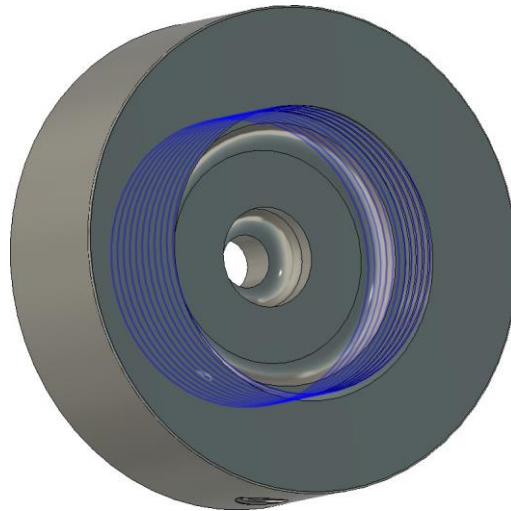
☐ **Caso de carga1**

☐ **Restricciones**

☐ **Fijo1**

Tipo	Fijo
Ux	Fijo
Uy	Fijo
Uz	Fijo

☐ **Entidades seleccionadas**

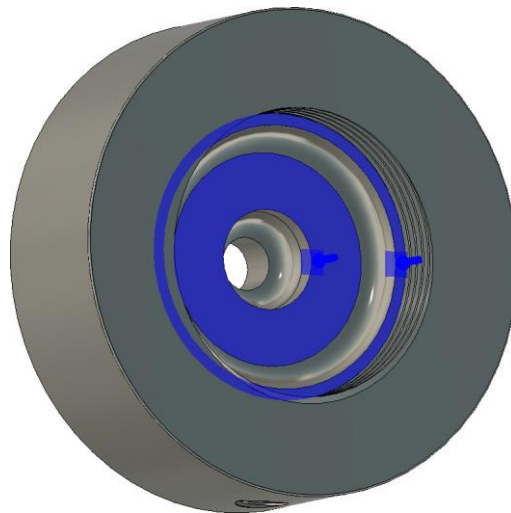


☐ **Cargas**

☐ **Presión1**

Tipo	Presión
Magnitud	0.001 MPa

☐ **Entidades seleccionadas**



☐ **Resultados**

☐ **Resumen de resultados**

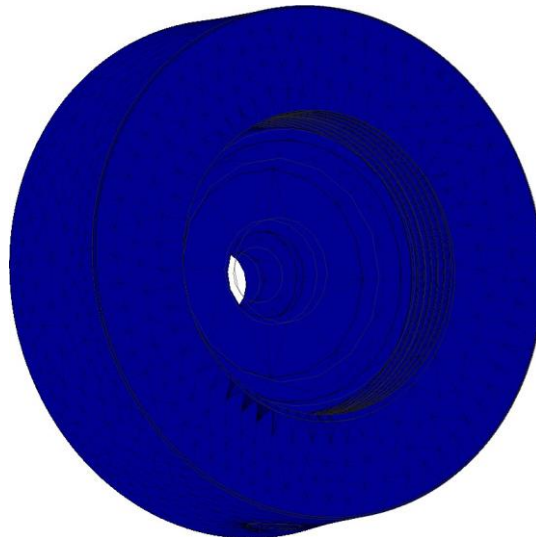
Nombre	Mínimo	Máximo
Factor de seguridad		
Coefficiente de seguridad (por cuerpo)	15.00	15.00
Estrés		
von Mises	2.405E-06 MPa	0.096 MPa

Primera principal	-0.009 MPa	0.113 MPa
Tercera principal	-0.042 MPa	0.027 MPa
Normal XX	-0.01 MPa	0.041 MPa
Normal YY	-0.017 MPa	0.108 MPa
Normal ZZ	-0.016 MPa	0.034 MPa
Corte XY	-0.023 MPa	0.011 MPa
Corte YZ	-0.012 MPa	0.029 MPa
Corte ZX	-0.004 MPa	0.012 MPa
Desplazamiento		
Total	0.00 mm	5.470E-07 mm
X	-1.538E-07 mm	1.106E-07 mm
Y	-5.469E-07 mm	3.247E-08 mm
Z	-1.510E-07 mm	1.252E-07 mm
Fuerza de reacción		
Total	0.00 N	0.011 N
X	-0.002 N	0.002 N
Y	-4.444E-05 N	0.011 N
Z	-0.003 N	0.006 N
Deformación		
Equivalente	0.00	5.665E-07
Primera principal	0.00	6.311E-07
Tercera principal	-4.510E-07	9.214E-10
Normal XX	-2.115E-07	9.944E-08
Normal YY	-6.262E-08	4.811E-07
Normal ZZ	-1.928E-07	6.387E-08
Corte XY	-3.199E-07	1.492E-07
Corte YZ	-1.670E-07	4.039E-07
Corte ZX	-4.942E-08	1.620E-07
Fuerza de contacto		
Total	0.00 N	0.00 N
X	0.00 N	0.00 N
Y	0.00 N	0.00 N
Z	0.00 N	0.00 N

**Factor de seguridad**

**Coefficiente de seguridad (por cuerpo)**

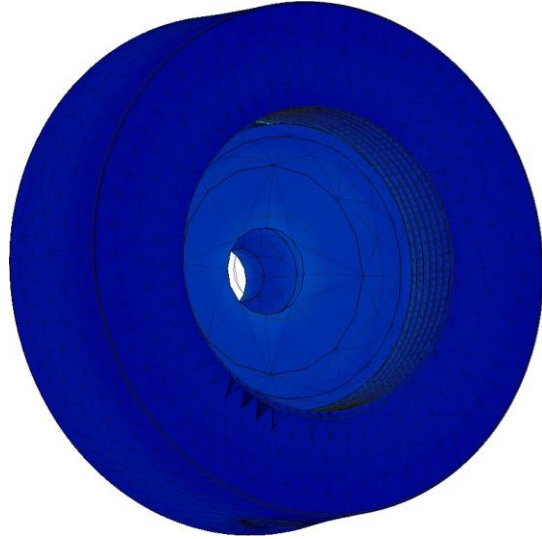
0.00  8.00



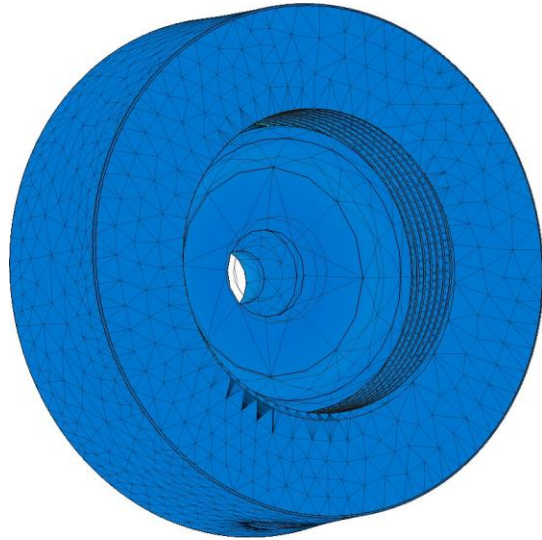
**Estrés**

**von Mises**

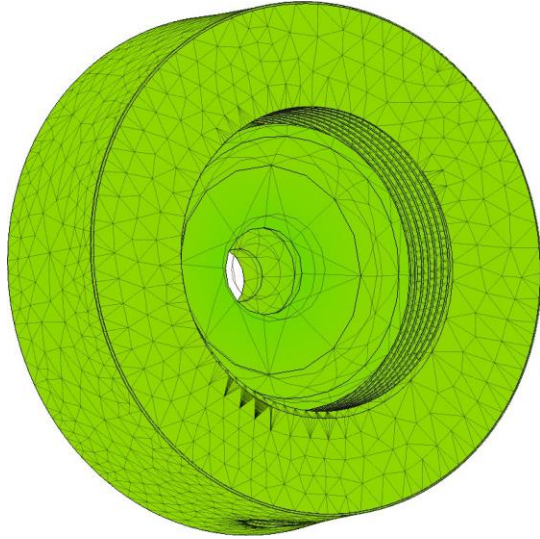
[MPa] 0.00  0.096



☐ **Primera principal**  
[MPa] -0.009 0.113



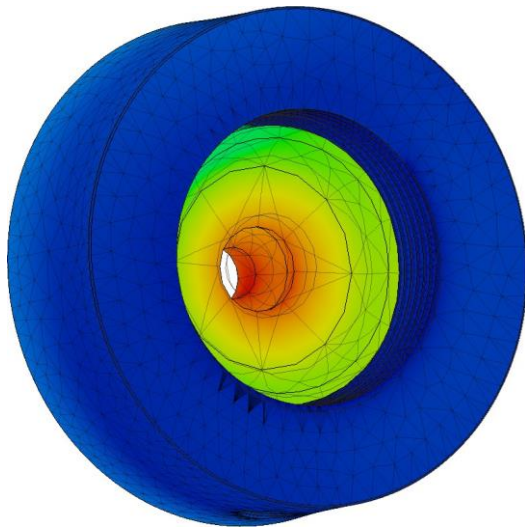
☐ **Tercera principal**  
[MPa] -0.042 0.027



☐ **Desplazamiento**

☐ **Total**

[mm] 0.00E-07  5.47E-07



**Anexo X**  
Primer estudio  
Fabricación de matriz y acople

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo X

Matrices del primer estudio y acople.

Matriz sección circular de una boca  $\varnothing$  12 mm.  
Vista

**A**



**B**



Matriz sección circular de cuatro bocas  $\varnothing$  4 mm.

Vista

**A**



**B**



**Anexo XI**  
Segundo estudio  
Fabricación de matrices

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo XI

Fabricación de matrices.

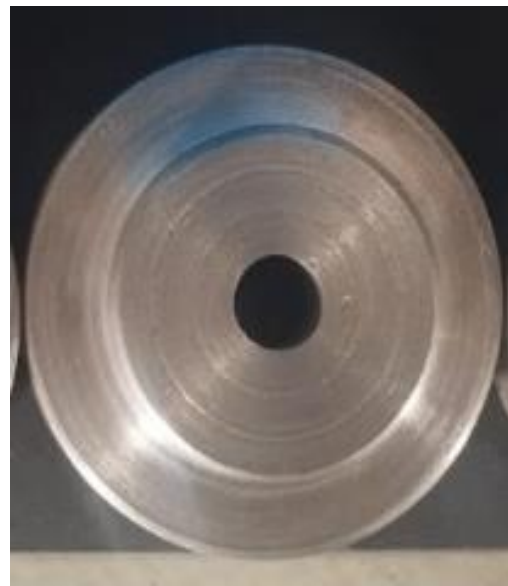
Matriz sección circular de una boca  $\varnothing$  8 mm.

Vista

**A**



**B**



Matriz sección circular de dos bocas  $\varnothing$  4 mm.

Vista

**A**



**B**



## **Anexo XII**

Toma de datos en vacío de máquina  
prototipo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo XII

Toma de datos de las RPM a 40 Hz, 50 Hz, 60 Hz.

RPM 40 Hz.



RPM a 50 Hz.



RPM a 60 Hz.



**Anexo XIII**  
Pruebas realizadas con matriz de dos  
bocas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo XIII

Matriz diseñada e implementada en el segundo estudio.



**Anexo XIV**  
Memoria de cálculos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
 INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo XIV

Cálculo de áreas.

<b>Cálculo del área en cada boca</b>		
Matriz	Cálculo	Área
Área de la matriz 1 Simple Ø 12mm	$A = (\pi * r^2)$ $A = (\pi * 6^2)$	$0.1130 \text{ m}^2$
Área de la matriz 2 Cuatro Ø 3mm	$A = 4(\pi * r^2)$ $A = 4(\pi * 1.5^2)$	$0.2667 \text{ m}^2$
Área de la matriz 3 Simple Ø 8mm	$A = (\pi * r^2)$ $A = (\pi * 4^2)$	$0.5026 \text{ m}^2$
Área de la matriz 4 Doble Ø 4mm	$A = 2(\pi * r^2)$ $A = 2(\pi * 2^2)$	$0.2513 \text{ m}^2$
Área de la matriz 5 Triple Ø 4mm	$A = 3(\pi * r^2)$ $A = 3(\pi * 2^2)$	$0.3769 \text{ m}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo XIV

Cálculo de productividad de cada matriz

Cálculo de producción		
Matriz	Cálculo	Producción
Área de la matriz 3 Simple Ø 8mm	$P = V_{ext} * A$ $P = 43.2 \frac{m}{h} * 0.5026 m^2$	$27.71 \frac{m^3}{h}$
Área de la matriz 4 Doble Ø 4mm	$P = V_{ext} * A$ $P = 223.2 \frac{m}{h} * 0.2513 m^2$	$56.09 \frac{m^3}{h}$
Área de la matriz 5 Triple Ø 4mm	$P = V_{ext} * A$ $P = 43.2 \frac{m}{h} * 0.3769 m^2$	$16.28 \frac{m^3}{h}$

Velocidad de extrusión

Análisis y calculo en base a una muestra

Muestra	Fórmula	Aplicación
6.5 cm = 19 seg	$V_E = \frac{Longitud}{Tiempo}$	$V_E = \frac{0.075m}{24 seg} = 0.0031 \frac{m}{seg}$

Cálculo para determinar material ingresado en la tolva en Kg

$$Material\ en\ la\ tova = \frac{1.925\ lb * 1\ kg}{2.205\ lb}$$

$$Material\ en\ la\ tolva = 0.873\ kg$$

Cálculo para determinar material extruido en Kg

$$Material\ extruido = \frac{1.900\ lb * 1\ kg}{2.205\ lb}$$

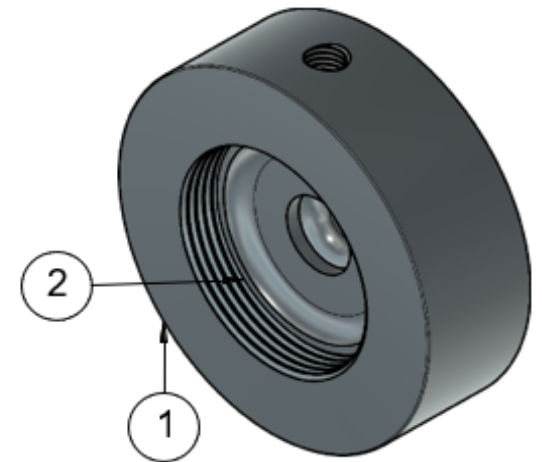
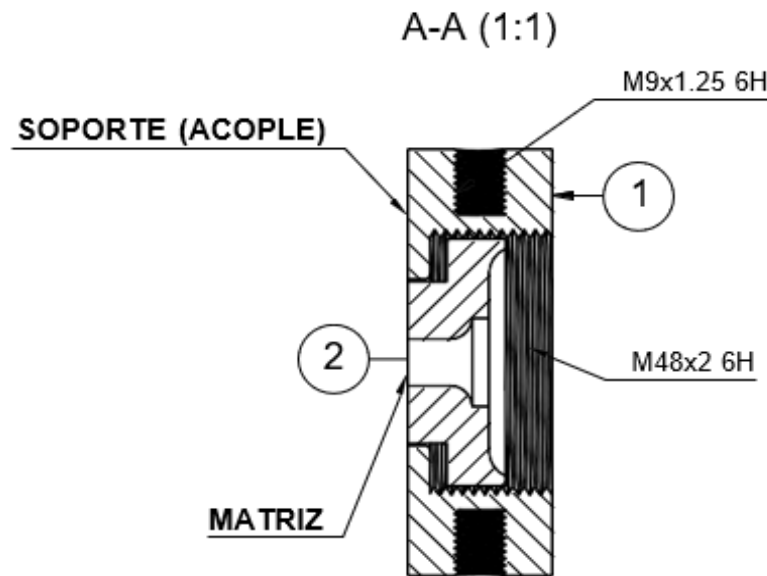
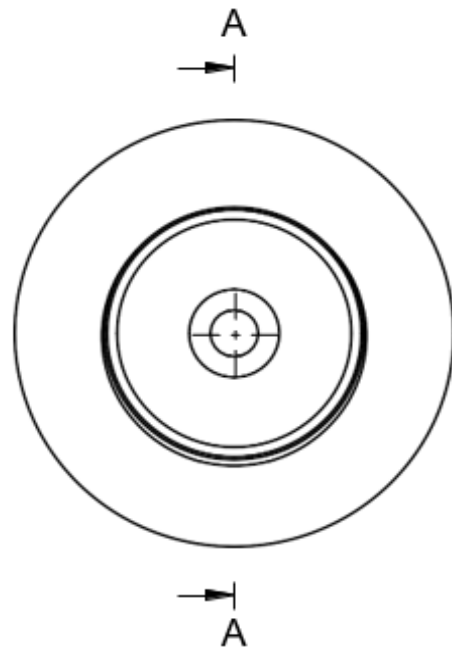
$$Material\ extruido = 0.86\ kg$$


# **Anexo XV**

## **Planos**

Lista de piezas					
elemento	ctd	número de pieza	nombre de pieza	material	masa
1	1	PIEZA_1	PIEZA_1 v8	Acero AISI 4340 350B RT	0.63 kg
2	1	PIEZA_3	PIEZA_3 v7	Acero AISI 4340 350B RT	0.13 kg

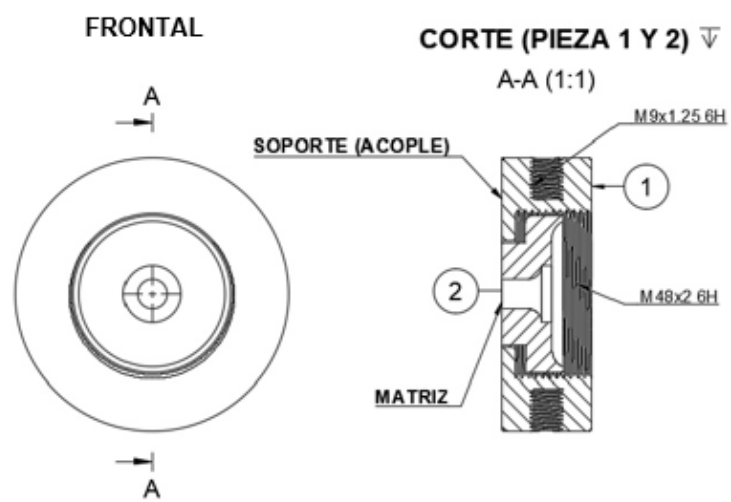
### CORTE (PIEZA 1 Y 2) ▾



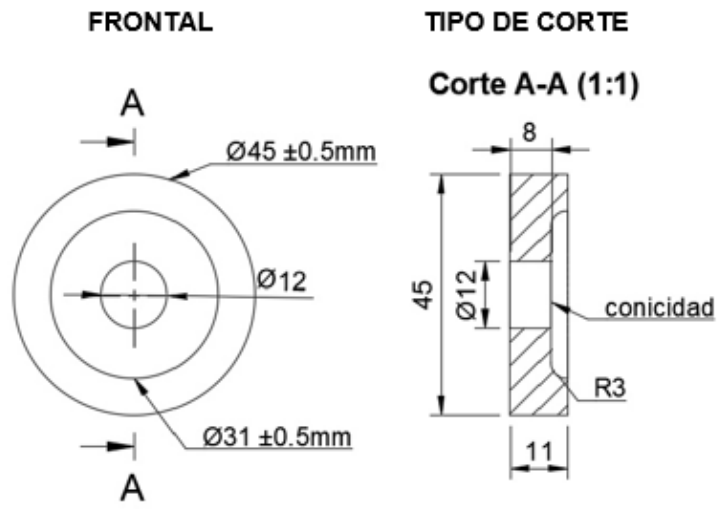
				Tolerancias	(Peso)	Materiales	
				±0.5mm	0,76 kg	ACERO DE TRANSMISIÓN 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación	Escala
				Dib. 30/07/2024	Ortega C. y Pizarro J.	PIEZA PRINCIPAL 1	1.1
				Rev.	Ing. Héctor Reinoso		
				Apro.	Ing. Héctor Reinoso		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Número de Dibujo	
						01 de 02	
						Ingeniería Electromecánica UTC	

Lista de piezas			
elem ento	nombre de pieza	material	masa
1	PIEZA_1 v8	Acero AISI 4340 350B RT	0.63 kg
2	PIEZA_3 v7	Acero AISI 4340 350B RT	0.13 kg

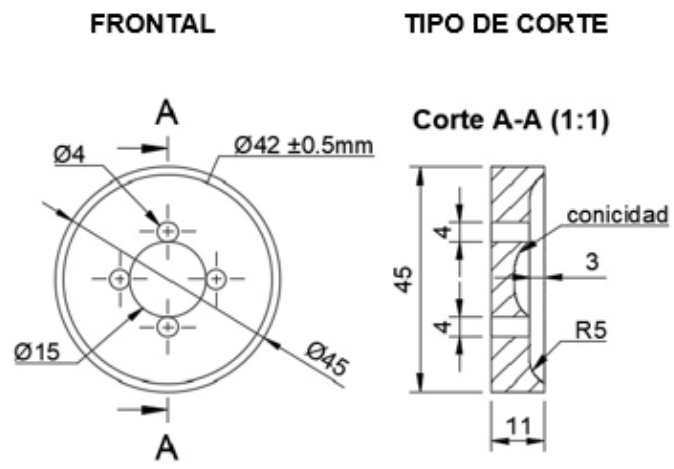
### CONJUNTO



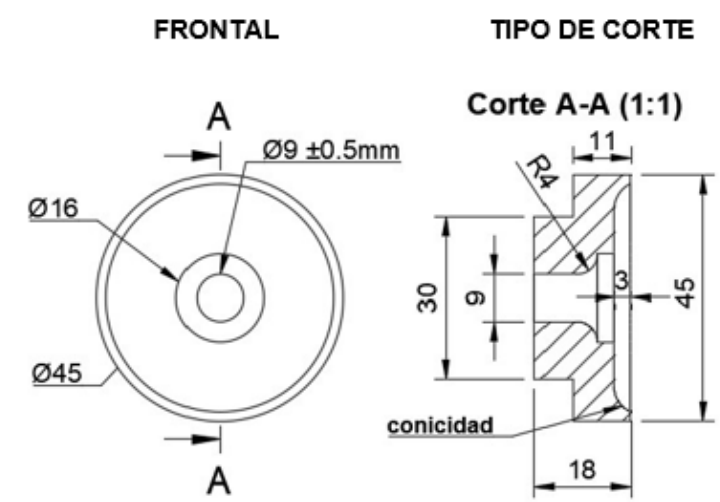
### MATRIZ 1



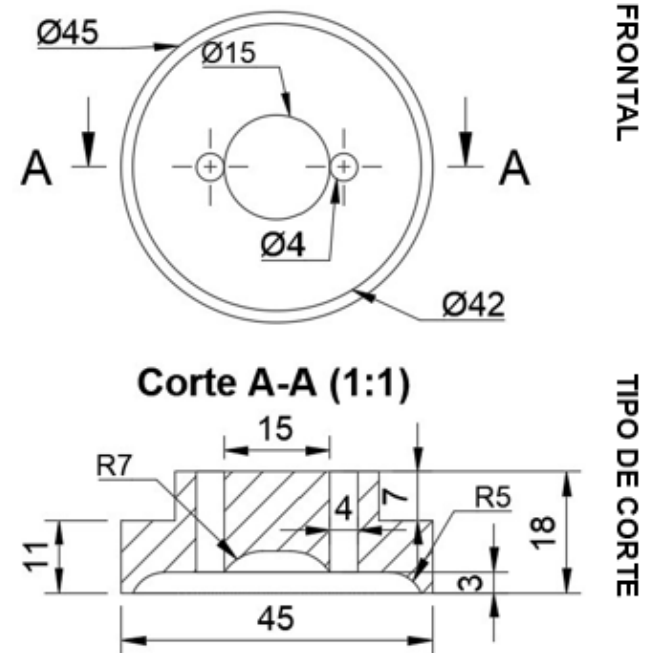
### MATRIZ 2



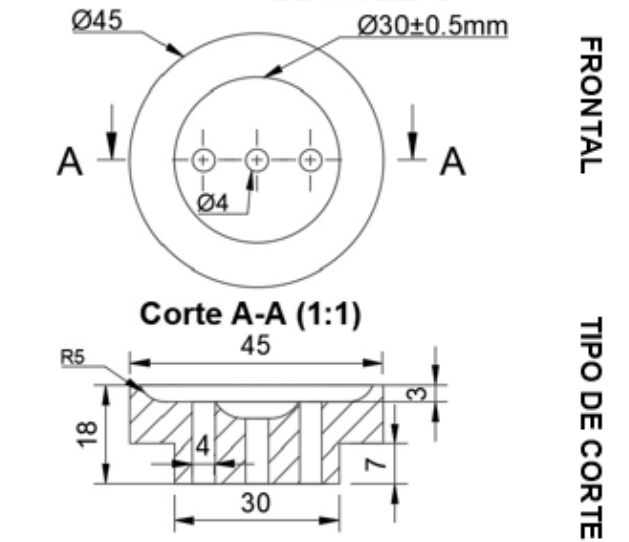
### MATRIZ 3



### MATRIZ 4



### MATRIZ 5



Tolerancia	(Piso)	Material	ACERO DE TRANSMISIÓN 1015
$\pm 0.5\text{mm}$	0,76 Kg		
Fecha	Nombre	Descripción	CONJUNTO DE MATRICES
10/02/2024	Diego C. y Piedad P.		
Esc.	Ing. Héctor Estrella		1.1
Apr.	Ing. Héctor Estrella		
Número de Dibujo		02 de 02	
Universidad Técnica de Cotacachi		Ingeniería Electrónica UTC	