



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA,  
MEZCLADORA Y PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE  
TRUCHAS PARA LA PARROQUIA PASA DE LA PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA”**

---

**AUTORES:** Alex Medardo Flores Pico

Jonathan Alexander Zuñiga Tirado

**TUTOR:** Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

**Ambato – Ecuador**

**Septiembre - 2023**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA, MEZCLADORA Y PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE TRUCHAS PARA LA PARROQUIA PASA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**", elaborado por los señores **Alex Medardo Flores Pico**, portador de la cédula de ciudadanía **C.I. 1804957650** y **Jonathan Alexander Zuñiga Tirado**, portador de la cédula de ciudadanía **C.I. 1850115674** estudiantes de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



.....  
**Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.**

**TUTOR**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Alex Medardo Flores Pico**, con C.I. 1804957650 y **Jonathan Alexander Zuñiga Tirado**, con C.I. 1850115674, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA, MEZCLADORA Y PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE TRUCHAS PARA LA PARROQUIA PASA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**", así como también los diseños, criterios, análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023

.....  
**Alex Medardo Flores Pico**

**C.I. 1804957650**

**AUTOR**

.....  
**Jonathan Alexander Zuñiga Tirado**

**C.I. 1850115674**

**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, septiembre 2023



.....  
**Alex Medardo Flores Pico**

**C.I. 1804957650**

**AUTOR**



.....  
**Jonathan Alexander Zuñiga Tirado**

**C.I. 1850115674**

**AUTOR**

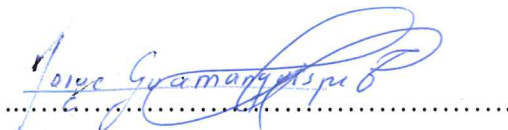


## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico. realizado por los estudiantes Alex Medardo Flores Pico y Jonathan Alexander Zuñiga Tirado de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA, MEZCLADORA Y PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE TRUCHAS PARA LA PARROQUIA PASA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"**.

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firma:



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.

**MIEMBRO CALIFICAZDOR**



Ing. César Hernan Arroba Arroba, Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

*Primero y antes que nada dedico este logro a Dios, por darme salud y fuerza para poder alcanzar esta meta, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente en cada momento de mi vida.*

*A mis padres, Ángel y Narcisa que me enseñaron a nunca darme por vencido sin importar que tan difícil sean los obstáculos que se presenten en la vida, por eso les quiero dedicar este logro a ustedes por siempre confiar en mí.*

*A mis hermanos, por siempre confiar en mi talento y motivarme a seguir para poder alcanzar mis sueños.*

*A mi familia, mi hija Yailín y mi esposa Jennifer, por estar siempre apoyándome a pesar de la distancia y dificultades que se presentaban en el transcurso de mi carrera, ustedes son mi más grande motivo de inspiración para alcanzar este logro.*

*Y, finalmente a todos los que creyeron en mí, a los que apoyaron con un granito de arena en mi vida personal y académica, por sus palabras y su actitud que me dieron fuerzas para cumplir este objetivo.*

***Alex Medardo Flores Pico***

## **DEDICATORIA**

*Dedico mi trabajo primeramente a Dios, por guiarme y darme la fuerza necesaria para cumplir mis metas.*

*A mis padres, María y Rubén que me han brindado todo su amor y cariño en cada etapa de mi vida. Gracias por motivarme a nunca rendirme y enseñarme que el esfuerzo y la dedicación son el mejor camino para cumplir mis sueños.*

*También se las dedico a mis hermanos, Karen, Bryan, María José y Sarahí, por todo el apoyo que me han brindado y sus palabras de aliento en cada momento.*

*A mis tíos Mayra y Oscar y a mi primita Valeria, por brindarme su ayuda incondicional y acompañarme en buenos y malos momentos.*

*Y finalmente, a todas las personas que creyeron que con sus palabras y actos me expresaron apoyo y cariño.*

***Jonathan Alexander Zuñiga Tirado***

## AGRADECIMIENTO

*Primero y antes que nada, doy gracias a Dios, por darme salud y fuerza para poder alcanzar esta meta, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido un pilar fundamental durante todo el periodo de estudio.*

*A mis padres, Ángel y Narcisa por su amor incondicional ya que ellos son quienes me enseñaron a dar mis primeros pasos, me enseñaron a ser una persona humilde y respetuosa. Gracias por motivarme a seguir adelante sin importar que tan difícil es el camino, gracias por siempre apoyarme en todas mis locuras y ocurrencias ustedes siempre creyeron en mí y sabían que lo iba a lograr, nunca se dieron por vencido y me enseñaron afrontar todas las dificultades sin nunca perder la cabeza ni morir en el intento.*

*A mis hermanos, ya que ellos han sabido ser el apoyo para poder superar todos los obstáculos que se han presentado tanto en mi vida personal como académica, gracias por su apoyo incondicional a pesar de los buenos y malos tiempos que hemos pasado juntos.*

*A mi hija Yailín, mi princesita hermosa la cual me enseñó que nunca es tarde para empezar de nuevo y poder alcanzar una meta. Eres mi más grande inspiración desde aquella madrugada que te vi nacer y escuché tu llanto por primera vez, ese sonido fue el aliento que me motivo a seguir adelante y conseguir este logro.*

*De manera muy especial también agradezco este logro a la mujer que me ha acompañado todo este recorrido, mi esposa Jennifer, ya que ella desde que éramos niños ha sabido brindarme su tiempo, sus consejos, su afecto y amor para poder llegar a cumplir esta meta tan anhelada, gracias por ser una buena madre y esposa, por estar ahí en las buenas y las malas, por confiar en mí y enseñarme a ser un hombre de bien. Te amo mucho y estoy muy feliz de que seas tú la persona con quien forme mi familia.*

**Alex Medardo Flores Pico**

## **AGRADECIMIENTO**

*Al concluir este proyecto, no me queda más que agradecer primeramente a Dios por guiarme durante estos años de estudio universitario y toda mi vida, otorgándome la fuerza necesaria para cumplir mis metas. Un agradecimiento enorme a mis padres, María y Rubén que con su amor y cariño han sido mi apoyo incondicional en todo el transcurso de mi vida y mi formación académica, brindándome la confianza en mí mismo y la fuerza para seguir. Agradezco también a mis hermanos, Karen, Bryan, María José y Sarahí que me han apoyado incondicionalmente brindándome su cariño y confianza en todo momento. Un agradecimiento especial a mis tíos Mayra y Oscar y a mi primita Valeria, que me han extendido su mano incontables veces y me han acompañado en buenos y malos momentos.*

*Agradezco enormemente, a mi amigo y compañero Alex Flores por el apoyo brindado durante toda la carrera y el esmero puesto durante el proyecto. Agradezco profundamente a mi amiga Angie Torres por su apoyo incondicional, sus palabras de motivación y sus consejos que me ayudaron mucho a continuar.*

*Agradezco a mi tutor Ing. Jorge López por su paciencia y guía durante el transcurso del proyecto y formación universitaria. Agradezco también a los docentes que me impartieron sus conocimientos para mi formación. A mis compañeros de aula gracias por las horas compartidas en las jornadas de estudio.*

*Por último, agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, a la facultad de ingeniería civil y mecánica y a mecánica por darme la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa institución. Agradezco también a cada miembro que conforma la universidad por su arduo trabajo que hace posible tener las condiciones necesarias para aprender.*

***Jonathan Alexander Zuñiga Tirado***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xxiv
ABSTRACT.....	xxv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema.....	1
1.1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo general .....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	5
1.3 Fundamento teórico.....	5
1.3.1 Pellets .....	5
1.3.2 Aplicación de los pellets .....	6
1.3.2.1 Pellets de residuo forestal.....	6
1.3.2.2 Pellets de plástico .....	6
1.3.2.3 Pellets de alimento balanceado.....	6

1.3.3	Alimento balanceado de animales.....	7
1.3.3.1	Alimento balanceado peletizado .....	8
1.3.3.2	Ventajas de los alimentos balanceados peletizados.....	8
1.3.3.3	Desventajas de los alimentos balanceados peletizados .....	9
1.3.4	Trucha arco iris .....	9
1.3.4.1	Anatomía y Fisiología de la trucha.....	10
1.3.4.2	Etapas de desarrollo de la trucha .....	10
1.3.5	Alimento balanceado para truchas .....	11
1.3.5.1	Cualidades que deben tener los balanceados para trucha.....	12
1.3.5.2	Composición del alimento balanceado para truchas .....	12
1.3.5.3	Propiedades nutricionales de la trucha arcoíris .....	13
1.3.5.4	Manejo de la alimentación .....	14
1.3.6	Proceso de peletizado.....	16
1.3.6.1	Etapas de peletizado .....	16
1.3.7	Normas para considerar en la producción de alimentos balanceado para trucha	17
1.3.8	Máquina peletizadora.....	18
1.3.8.1	Sistemas de la máquina peletizadora.....	19
1.3.9	Tipos de peletizadora .....	25
1.3.9.1	Peletizadora de matriz plana.....	25
1.3.9.2	Peletizadora de matriz anular .....	27
1.3.9.3	Peletizadoras por extrusión .....	27
1.3.10	Máquina mezcladora .....	29
1.3.10.1	Partes de la mezcladora.....	30
1.3.10.2	Tipos de mezcladora .....	31
1.3.11	Máquina dosificadora.....	35
1.3.11.1	Tipos de dosificadoras .....	36



1.3.12	Materiales en la industria alimenticia .....	42
CAPITULO II .....		46
METODOLOGÍA .....		46
2.1	Materiales .....	46
2.2	Métodos de investigación .....	52
2.2.1	Método de investigación documental .....	53
2.2.2	Método de investigación de campo.....	53
2.2.3	Método Experimental.....	53
2.3	Método de diseño .....	53
2.3.1	Etapas de diseño.....	54
2.3.2	Análisis mediante elementos finitos.....	55
2.3.2.1	Tipos de análisis de elementos finitos .....	55
2.4	Programas .....	56
2.4.1	CES EduPack 2019 .....	56
2.4.2	SolidWorks.....	56
2.4.3	ANSYS.....	57
2.5	Diagrama de flujo para el diseño y construcción del prototipo.....	57
2.6	Estudio de alternativas para la selección de máquinas.....	58
2.6.1	Alternativas del sistema de peletizado .....	58
2.6.2	Ponderación de alternativas.....	59
2.6.3	Selección del sistema de peletizado .....	59
2.6.4	Alternativas del tipo de peletizadora por extrusión.....	60
2.6.5	Selección del tipo de peletizadora por extrusión.....	61
2.6.6	Alternativas del sistema de Mezclado.....	62
2.6.7	Selección del sistema de mezclado .....	63
2.6.8	Alternativas de mezcladoras estáticas .....	63
2.6.9	Selección de mezcladoras estáticas .....	65

2.6.10	Alternativas del sistema de dosificado.....	65
2.6.11	Selección del sistema de dosificado.....	67
2.6.12	Alternativas de dosificadores volumétricos .....	67
2.6.13	Selección de dosificador volumétrico .....	69
2.6.14	Alternativas de controles eléctricos .....	69
2.6.15	Selección de controles eléctricos .....	70
2.6.16	Resumen de alternativas seleccionadas.....	71
2.7	Cálculos de diseño.....	71
2.7.1	Dimensionamiento del tornillo.....	71
2.7.2	Dimensiones calculadas del tornillo sinfín .....	83
2.7.3	Cálculos de fuerza y esfuerzos producidos en el husillo.....	84
2.7.4	Esfuerzos aplicados en el tornillo sinfín .....	88
2.7.5	Dimensionamiento de la cámara de compresión.....	92
2.7.6	Selección del material .....	95
2.7.6.1	Selección de acero inoxidable .....	96
2.7.7	Dimensionamiento de la tolva en el sistema de peletizado.....	98
2.7.8	Dimensionamiento del sistema de corte.....	99
2.7.9	Selección de rodamientos.....	102
2.7.10	Selección de pernos.....	107
2.7.11	Selección de bridas.....	115
2.7.12	Sistema de calentamiento .....	116
2.7.13	Dimensionamiento de la mezcladora .....	117
2.7.14	Selección de bandas de transmisión.....	126
2.7.15	Selección de bandas de transmisión para sistema de extrusión .....	129
2.7.16	Selección de bandas de transmisión para sistema de mezclado.....	133
2.7.17	Dimensionamiento del sistema de dosificado .....	137
2.7.18	Análisis de placas base para los motores .....	142

2.7.18.1	Análisis de placa base para motor principal .....	142
2.7.18.2	Análisis de placa base para motor del sistema de corte .....	143
2.7.19	Cálculo de cargas aplicadas en la estructura .....	143
CAPÍTULO III .....		148
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		148
3.1	Análisis y resultados de discusión .....	148
3.1.1	Análisis del tornillo sinfín .....	149
3.1.2	Análisis cámara de compresión .....	150
3.1.3	Análisis de resistencia térmica .....	152
3.1.4	Análisis de la temperatura en la cámara de compresión .....	154
3.1.5	Análisis de tolva de mezclado .....	155
3.1.6	Análisis de la tolva de dosificado .....	157
3.1.7	Análisis de la placa base para el motor principal .....	159
3.1.8	Análisis de la placa base para el sistema de corte .....	160
3.1.9	Análisis de la estructura .....	161
3.2	Pruebas de funcionamiento .....	169
3.2.1	Transferencia de temperatura .....	169
3.2.2	Pruebas para obtener los pellets .....	170
3.2.3	Verificación de calidad del pellet .....	178
3.2.4	Velocidad de producción .....	179
3.3	Costos aplicados en el proyecto .....	181
3.3.1	Costos de material de construcción .....	181
3.3.2	Costo de mano de obra .....	183
3.3.3	Costo de materia prima .....	184
3.3.4	Costos de diseño .....	185
3.3.5	Costo total del proyecto .....	185
3.3.6	Costo estimado del producto .....	185

CAPÍTULO IV .....	188
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	188
4.1 Conclusiones .....	188
4.2 Recomendaciones .....	189
BIBLIOGRAFÍA .....	190
ANEXOS .....	199

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Uso del alimento balanceado en distintas especies animales.....	7
Tabla 2. División de la trucha según su especie.....	9
Tabla 3. Etapas de desarrollo de la Trucha arcoíris. ....	11
Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas del alimento balanceado para truchas. ....	14
Tabla 5. Tabla de alimentos para 4000 truchas.....	15
Tabla 6. Tipos de rodillos de peletización. ....	23
Tabla 7. Configuración de tornillos sin fin en peletizadoras. ....	23
Tabla 8. Tipos de mecanismos de mezcladoras de sólidos. ....	29
Tabla 9. Propiedades del acero inoxidable 304.....	43
Tabla 10. Propiedades del acero inoxidable 316.....	44
Tabla 11. Propiedades del acero inoxidable 430.....	45
Tabla 12. Materiales y equipos. ....	46
Tabla 13. Alternativas de sistema de peletizado. ....	58
Tabla 14. Ponderación de alternativas. ....	59
Tabla 15. Selección del sistema de peletizado. ....	60
Tabla 16. Alternativas del sistema de peletizado por extrusión.....	60
Tabla 17. Selección del sistema de extrusión. ....	61
Tabla 18. Alternativas del sistema de mezclado. ....	62
Tabla 19. Selección del sistema de mezclado. ....	63
Tabla 20. Alternativas de mezcladoras estáticas.....	64
Tabla 21. Selección de mezcladoras estáticas.....	65
Tabla 22. Alternativas de sistema de dosificación. ....	66
Tabla 23. Ponderación del sistema de dosificado. ....	67
Tabla 24. Alternativas de dosificadores volumétricos. ....	68
Tabla 25. Ponderación de dosificadores volumétricos.....	69
Tabla 26. Alternativas de controles eléctricos. ....	70
Tabla 27. Ponderación de controles eléctricos. ....	71
Tabla 28. Resumen de alternativas seleccionadas.....	71
Tabla 29. Diámetro de tornillo. ....	72
Tabla 30. Parámetros de dimensionamiento del tornillo sinfín.....	73
Tabla 31. Relación de compresión. ....	73

Tabla 32. Paso del tornillo sinfín. ....	74
Tabla 33. Ángulo de hélice. ....	75
Tabla 34. Ancho de canal.....	76
Tabla 35. Huelgo radial.....	76
Tabla 36. Revoluciones requeridas. ....	77
Tabla 37. Potencia requerida.....	78
Tabla 38. Constante de cabezal de acuerdo con su forma.....	78
Tabla 39. Coeficiente de forma matriz de 22 perforaciones. ....	80
Tabla 40. Coeficiente de forma matriz de 44 perforaciones. ....	80
Tabla 41. Coeficiente de forma.....	81
Tabla 42. Valor de A.....	82
Tabla 43. Caudal de peletizado. ....	82
Tabla 44. Flujo de producción. ....	83
Tabla 45. Dimensiones del tornillo sinfín. ....	83
Tabla 46. Torque. ....	84
Tabla 47. Relación de diámetros.....	85
Tabla 48. Superficie transversal del tornillo. ....	86
Tabla 49. Presión máxima.....	87
Tabla 50. Fuerza axial. ....	88
Tabla 51. Carga repartida.....	88
Tabla 52. Momento de flexión máxima. ....	89
Tabla 53. Momento de inercia respecto al eje neutro. ....	89
Tabla 54. Esfuerzo normal. ....	90
Tabla 55. Esfuerzo cortante.....	90
Tabla 56. Esfuerzo de Von Mises. ....	91
Tabla 57. factor de seguridad Tornillo sinfín.....	92
Tabla 58. Esfuerzos de la Cámara de compresión ....	93
Tabla 59. Esfuerzo de Von Mises cámara de compresión. ....	94
Tabla 60. Factor de seguridad del cilindro.....	94
Tabla 61. Volumen de la tolva. ....	99
Tabla 62. Tiempo de giro de cuchillas.....	100
Tabla 63. Velocidad de giro de corte. ....	100
Tabla 64. Fuerza de corte.....	101

Tabla 65. Torque. ....	101
Tabla 66. Potencia de corte. ....	102
Tabla 67. Carga dinámica equivalente. ....	103
Tabla 68. Vida nominal. ....	105
Tabla 69. Carga estática equivalente. ....	105
Tabla 70. Factor de seguridad del rodamiento. ....	106
Tabla 71. Carga en pernos. ....	107
Tabla 72. Carga de prueba. ....	109
Tabla 73. Precarga. ....	109
Tabla 74. Torque del perno. ....	110
Tabla 75. La fracción de carga externa en el elemento. ....	111
Tabla 76. La fracción de carga en el perno. ....	111
Tabla 77. Fuerza restante del perno. ....	112
Tabla 78. Fuerza restante en el elemento. ....	112
Tabla 79. Carga externa. ....	113
Tabla 80. Esfuerzo de carga en el perno. ....	113
Tabla 81. Factores de seguridad. ....	114
Tabla 82. Volumen del producto. ....	118
Tabla 83. Cálculo de diámetro. ....	118
Tabla 84. Longitud del mezclador. ....	119
Tabla 85. Volumen de medio cilindro. ....	119
Tabla 86. Volumen extra. ....	120
Tabla 87. Altura extra del mezclador. ....	120
Tabla 88. Análisis de fuerzas. ....	121
Tabla 89. Esfuerzo máximo. ....	123
Tabla 90. Módulo de sección. ....	124
Tabla 91. Diámetro interno. ....	124
Tabla 92. Espesor tolva de mezclado. ....	125
Tabla 93. Torque de paletas. ....	125
Tabla 94. Potencia requerida para el sistema de mezclado. ....	126
Tabla 95. Relación de velocidad sistema de extrusión. ....	129
Tabla 96. Potencia requerida sistema de extrusión. ....	130
Tabla 97. Diámetros de poleas sistema de extrusión. ....	130



Tabla 98. Longitud de banda para el sistema de extrusión. ....	131
Tabla 99. Ángulo de contacto de la banda de extrusión. ....	131
Tabla 100. Velocidad de correa del sistema de extrusión. ....	131
Tabla 101. Potencia efectiva por banda en sistema de extrusión. ....	132
Tabla 102. Numero de bandas en el sistema de extrusión. ....	132
Tabla 103. Fuerza de tensado en banda de extrusión. ....	132
Tabla 104. Relación de velocidad sistema de mezclado. ....	133
Tabla 105. Potencia requerida sistema de mezclado. ....	133
Tabla 106. Diámetros de poleas sistema de mezclado. ....	134
Tabla 107. Longitud de banda para el sistema de mezclado. ....	134
Tabla 108. Ángulo de contacto de la banda de mezclado. ....	135
Tabla 109. Velocidad de correa del sistema de mezclado. ....	135
Tabla 110. Potencia efectiva por banda en sistema de mezclado. ....	136
Tabla 111. Numero de bandas en el sistema de mezclado. ....	136
Tabla 112. Fuerza de tensado en banda de mezclado. ....	136
Tabla 113. Profundidad de contenedor de dosificado. ....	137
Tabla 114. Contenedor cónico de dosificado. ....	138
Tabla 115. Valores de fuerza del contener de dosificado. ....	139
Tabla 116. Capacidad de materia en el vaso dosificador. ....	141
Tabla 117. Placa base para motor de extrusión. ....	142
Tabla 118. Placa base para sistema de corte. ....	143
Tabla 119. Carga muerta por componentes. ....	144
Tabla 120. Factor de mayoración. ....	144
Tabla 121. Combinación de cargas LRFD. ....	146
Tabla 122. Comparación de resultados tornillo sinfín. ....	150
Tabla 123. Comparación de resultados cámara de compresión. ....	152
Tabla 124. Transferencia de temperatura. ....	169
Tabla 125. Prueba para obtener pellets. ....	171
Tabla 126. Verificación de calidad del pellet. ....	178
Tabla 127. Resultados de velocidad de producción. ....	179
Tabla 128. Costos de materiales de construcción. ....	181
Tabla 129. Costo de mano de obra. ....	184
Tabla 130. Costos de materia prima. ....	184

Tabla 131. Costo total del proyecto. ....	185
Tabla 132. Costo estimado alimento balanceado.....	186
Tabla 133. Costo total unitario.....	187

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pellets.....	5
Figura 2. Trucha arcoíris .....	10
Figura 3. Sistema de alimentación .....	19
Figura 4. Sistema de compresión y extrusión por rodillos.....	20
Figura 5. Sistema de compresión y extrusión por tornillo sin fin .....	20
Figura 6. Sistema de corte.....	21
Figura 7. Sistema de transmisión .....	21
Figura 8. Máquina peletizadora.....	22
Figura 9. Configuración de peletizadora de matriz plana .....	26
Figura 10. Caracterización de la peletizadora de matriz anular .....	27
Figura 11. Peletizadora por extrusión partes.....	28
Figura 12. Peletizadora por extrusión monohusillo .....	28
Figura 13. Peletizadora por extrusión doblehusillo.....	29
Figura 14. Mezcladora de doble cono .....	32
Figura 15. Mezcladora tipo V .....	33
Figura 16. Mezcladora de cinta.....	33
Figura 17. Mezcladora vertical de tornillo .....	34
Figura 18. Mezcladora de paletas.....	34
Figura 19. Elementos que conforman una dosificadora.....	35
Figura 20. Partes de una dosificadora .....	35
Figura 21. Tipos de dosificadoras .....	37
Figura 22. Dosificador volumétrico .....	37
Figura 23. Dosificador de pistón accionado por pedal.....	38
Figura 24. Dosificador de tornillo sin fin.....	39
Figura 25. Dosificador de seis vasos telescópicos accionado por un servomotor .....	39
Figura 26. Dosificador por gravedad .....	40
Figura 27. Dosificadores gravimétricos .....	40
Figura 28. Dosificadora de tornillo y balanza.....	41
Figura 29. Dosificador multi cabezal .....	42
Figura 30. Dosificador de canal vibratorio .....	42
Figura 31. Diagrama de Flujo del proyecto. ....	57

Figura 32 . Paso del tornillo sinfín .....	74
Figura 33. Ilustración ángulo de hélice .....	75
Figura 34. Velocidad de corte .....	77
Figura 35. Viscosidad efectiva .....	87
Figura 36. Materiales grado alimenticio resistencia a la fatiga vs Precio. ....	95
Figura 37. Materiales grado alimenticio Tenacidad vs Precio. ....	95
Figura 38. Materiales grado alimenticio máxima temperatura en servicio vs precio. ....	96
Figura 39. Resistencia a la flexión vs precio.....	97
Figura 40. Resistencia a la compresión vs precio. ....	97
Figura 41. Conductividad térmica vs precio. ....	98
Figura 42. Rodamientos FAG de cuatro caminos .....	104
Figura 43. Selección de rodamiento FAG.....	107
Figura 44. Propiedades mecánicas de pernos.....	108
Figura 45. Factor de par torsión .....	110
Figura 46. Factor de rigidez .....	111
Figura 47. Bridas de cara plana de acero inoxidable .....	115
Figura 48. Resistencia térmica tipo abrazadera.....	116
Figura 49. Dimensiones de resistencia térmica.....	117
Figura 50. Diagrama de análisis estático.....	122
Figura 51. Tolva del dosificador. ....	140
Figura 52. Vaso dosificador. ....	141
Figura 53. Soporte de vaso telescópico.....	142
Figura 54. Diagrama eléctrico de control de temperatura con controlador de temperatura.....	147
Figura 55. Máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora. ....	148
Figura 56. Esfuerzo equivalente de Von Mises en el tornillo sinfín.....	149
Figura 57. Factor de seguridad del tornillo sinfín. ....	150
Figura 58. Esfuerzo equivalente de Von Mises en cámara de compresión.....	151
Figura 59. Factor de seguridad cámara de compresión.....	151
Figura 60. Deformación total en cámara de compresión. ....	152
Figura 61. Tiempo de calentamiento de la resistencia. ....	153
Figura 62. Tiempo en alcanzar la temperatura requerida en la zona de contacto. ...	153
Figura 63. Distribución térmica de la cámara de compresión.....	154

Figura 64. Tiempo requerido para alcanzar los 100 grados en la cámara de compresión. ....	155
Figura 65. Esfuerzo equivalente de Von Mises en tolva de mezclado. ....	155
Figura 66. Factor de seguridad de tolva de mezclado. ....	156
Figura 67. Deflexión total en la tolva de mezclado. ....	156
Figura 68. Esfuerzo equivalente de Von Mises en tolva de dosificado. ....	157
Figura 69. Factor de seguridad de la tolva de mezclado. ....	158
Figura 70. Deformación total de tolva de dosificado. ....	158
Figura 71. Deformación total en placa de motor de extrusión. ....	159
Figura 72. Esfuerzo equivalente de la placa. ....	159
Figura 73. Factor de seguridad. ....	160
Figura 74. Deformación total de la placa. ....	160
Figura 75. Esfuerzo equivalente de Von Mises en la placa. ....	161
Figura 76. Factor de seguridad placa base. ....	161
Figura 77. Carga viva de instalación. ....	162
Figura 78. Carga viva de ocupación. ....	162
Figura 79. Carga muerta total. ....	163
Figura 80. Combinación de carga método LRFD. ....	163
Figura 81. Resistencia de la estructura mediante el método LRFD. ....	164
Figura 82. Deformación total de la estructura. ....	165
Figura 83. Deformación en el eje X. ....	165
Figura 84. Deformación en el eje Y. ....	166
Figura 85. Deformación en el eje Z. ....	166
Figura 86. Esfuerzo directo. ....	167
Figura 87. Mínimo esfuerzo combinado. ....	168
Figura 88. Esfuerzo máximo combinado. ....	168
Figura 89. Recolección de pellet para pesado. ....	180

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto está orientado al desarrollo de una máquina para la elaboración y abastecimiento de alimentos balanceados de truchas para los piscicultores de la parroquia Pasa de la provincia de Tungurahua debido a que en la zona existe gran producción de esta especie y escasa comercialización de este alimento además de tener un precio elevado.

Para la ejecución del proyecto se partió de la recolección de información bibliográfica que permitió analizar el principio de funcionamiento de los diversos sistemas que conforman la máquina, para posteriormente establecer los parámetros de diseño como son la presión, la temperatura, la viscosidad, la humedad y las fuerzas que actúan sobre el prototipo. Además, se realizó simulaciones en programas de análisis especializados considerando los factores establecidos en el diseño para posteriormente seleccionar los tipos de materiales y sistemas establecidos por diversas normas que tienen relación con el tema. Finalmente se construyó el prototipo y se realizaron pruebas de funcionamiento con la materia prima.

Se fabricaron los pellets programando el prototipo a una temperatura de 100 grados centígrados en la cámara de compresión, una velocidad de giro del tornillo de 100 rpm, una viscosidad de la mezcla de 596.3 pascal segundo y en el transcurso de una hora se producen 48 kg de alimento balanceado. Una vez elaborado el pellet se realizan pruebas de flotabilidad y la aceptación que tiene la trucha hacia el producto.

**Palabras clave:** Pellet, dosificadora, mezcladora, peletizadora, viscosidad, flotabilidad.

## ABSTRACT

The project is oriented to the development of a machine for the production and supply of balanced trout feed for the fish farmers of the Pasa parish in the province of Tungurahua, due to the fact that in the area there is a large production of this species and little commercialization of this feed, in addition to having a high price.

For the execution of the project, we started with the collection of bibliographic information that allowed us to analyze the principle of operation of the various systems that make up the machine, to later establish the design parameters such as pressure, temperature, viscosity, humidity, and the forces acting on the prototype. In addition, simulations were performed in specialized analysis programs considering the factors established in the design to later select the types of materials and systems established by various standards related to the subject. Finally, the prototype was built, and functional tests were carried out with the raw material.

The pellets were manufactured by programming the prototype at a temperature of 100 degrees Celsius in the compression chamber, a screw rotation speed of 100 rpm, a viscosity of the mixture of 596.3 pascal second and in the course of one hour 48 kg of balanced feed were produced. Once the pellet has been produced, buoyancy tests and the acceptance of the product by the trout are carried out.

**Key words:** pellet, dosing machine, mixer, pelletizer, viscosity, buoyancy.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Tema

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA, MEZCLADORA Y PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE TRUCHAS PARA LA PARROQUIA PASA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

#### 1.1.1 Antecedentes investigativos

En la actualidad en el Ecuador existen más de 210 piscinas para cultivo de truchas distribuidas en distintas provincias, entre ellas se encuentra la provincia de Tungurahua que ha ido incrementado la producción de esta especie gracias a la disponibilidad de cuencas hidrográficas que posee la provincia. En los últimos años la demanda de truchas ha incrementado, por esta razón aparecieron pequeños productores en la zona que se dedican a esta actividad, los cuales deben enfrentarse a inversiones que solventen el proceso de crianza, entre ellas los costos de la alimentación. En el proceso de crianza de truchas la alimentación representa el 60 % de inversión por lo que obliga a los piscicultores a buscar distintas alternativas de alimentación que reduzca los costos de producción [1].

En el artículo científico de Zárate Ivar et al. [2] enfocado en las características necesarias para la crianza de truchas, proporciona información recolectada mediante encuestas a productores de truchas de la zona de Aparimuc en Perú. La alimentación de acuerdo con la información dada de este artículo, nos indica que entre el 75% de los productores usan para sus criaderos productos fabricados y comercializados por las industrias de alimento animal, el 14% usa alimento fabricado por los mismos piscicultores y el 10% mezcla el alimento fabricado con alimento comercial.

El artículo presentado por Cervantes Lilia et al. [3] enfocada en diversas formas de producción de alimentos balanceado para truchas. En el cual se detallan los procesos de producción que interviene en la fabricación del alimento balanceado como el proceso de mezclado, peletizado, secado y enfriado. El artículo detalla que las

propiedades del alimento dependen de la forma de peletizado, este se puede clasificar en peletizado por extrusión dando al alimento propiedades de flotabilidad. También tenemos el peletizado por compresión, este método normalmente se utiliza para la fabricación de alimento de hundimiento.

La tesis de Salgado Julio [4] está enfocada en el reflatamiento de una planta de producción de alimento balanceado para trucha en Huaraz perteneciente a Perú, la cual tiene como objetivo el mantenimiento de las máquinas ya existente en la planta y de ser necesario la implementación de nueva maquinaria en la fábrica. En dicho documento se detalla las máquinas que se utilizan en el proceso de producción del alimento balanceado, la función que cumplen y la actividad que realizan en cada etapa de elaboración del alimento balanceado. La planta consta de molinos utilizados para triturar los productos de la mezcla, mezcladoras que tienen como función homogenizar los productos base, extrusoras que se encargan de formar los pellets o gránulos de balanceado y por último secadoras la cual tiene como función secar los pellets para evitar la presencia de hongos.

El trabajo de grado de Morales Rodrigo [5] habla sobre la elaboración de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para peces. El trabajo menciona aspectos importantes para la máquina peletizadora como las propiedades de los pellets, el proceso de peletizado, los componentes que conforman la peletizadora, los detalles de los tipos de peletizadora, el campo de aplicación, características y el funcionamiento de las máquinas. Para el diseño de la máquina peletizadora seleccionan el tipo, realizan los cálculos adecuados para la capacidad de la máquina incluyendo los análisis de carga.

### **1.1.2 Justificación**

En el sector de la acuicultura se desarrolla el cultivo de varias especies acuáticas como moluscos, mariscos, algas, salmones y truchas, este tipo de sector se ha ido desarrollando a nivel mundial de forma acelerada en especial la crianza de la trucha y el salmón las cuales tienen una gran demanda, el nivel de producción de acuerdo con [6] en el 2014 se obtenía alrededor de 74 millones de toneladas entre truchas y salmones que genera el 69% de la producción mundial los cuales se crían en más de 9 países, esta industria genera trabajo a más de 540 millones de personas en el mundo.

El proceso de crianza de las truchas es muy controlado debido a que estos peces son muy delicados, por lo que se necesita un ambiente adecuado para cultivarlos de la mejor manera. Los parámetros que deben cumplir las fuentes hídricas son: el control de oxígeno, la temperatura, el PH, la turbidez y la estructura química del agua. Además, debe incluir una alimentación controlada para cada etapa de crianza [7].

La crianza de truchas también se le denomina truchicultura y es una actividad creciente en el país, tanto que según [8] a partir del 2005 se registró 213 piscícolas que se dedica a la producción de truchas con la que se obtiene alrededor de 982 toneladas. Las propiedades óptimas para el desarrollo de estos peces son alturas mayores 1500 metros a nivel del mar, por lo que en las provincias que más se realiza esta actividad son Azuay, Pichincha y Tungurahua. Debido a estas condiciones la trucha criada en Ecuador es muy apetecida lo cual genera mucha demanda llegando a exportar alrededor de 5 toneladas anuales. A pesar de que la altura de crianza juega un papel muy importante para el desarrollo de las truchas no es el único factor, los criaderos invierten mucho para adecuar las condiciones necesarias para obtener productos de calidad como: reguladores de pH, medicamentos contra enfermedades y alimentos que son muy importante para la obtención de la trucha bajo estándares de calidad óptimos.

La Parroquia Pasa está ubicado según [9] a 17 km al occidente de la ciudad de Ambato a 3100 metros sobre el nivel del mar y cuenta con alrededor de 6499 habitantes distribuidos en sus diferentes comunidades cubriendo un área de aproximadamente 48 km de extensión. Muchas de las familias habitantes de esta Parroquia se dedican a la crianza de truchas, gracias a que cuenta con una gran diversidad de afluentes naturales y a la altura a la que se encuentra hace que el desarrollo de dicha actividad sea rentable. Esta actividad de acuerdo con [10] es relativamente nueva en la zona por lo que alrededor de 5 familias de la entrada a esta parroquia han iniciado con esta actividad, sin contar que también se realiza en las comunidades aledañas a la parroquia. Uno de los problemas que se han presentado es que los piscicultores no cuentan con un abastecimiento de alimento permanente para sus criaderos, ya que dependen netamente de proveedores que se ubican en otras zonas.

La aparición de la cuarentena por causa del covid-19 el 29 de febrero del 2020 genero inconvenientes para la adquisición de alimentos balanceados procedentes de otras zonas, de acuerdo con los propietarios del complejo deportivo “La playa del Chispo”

y Pesca deportiva “La gran rivera del rio Ambato” ubicadas en la Parroquia Pasa, presentaron numerosas perdidas por falta de alimento balanceado para truchas. Estos dos centros turísticos se abastecen de alimento balanceado proporcionado por dos industrias, una ubicada en la región Costa y otra ubicada en la ciudad de Riobamba, debido a que este producto no se produce en el cantón de Ambato y solo existe aproximadamente 2 distribuidores en la ciudad que dependen de las empresas mencionadas, ha generado que el producto tenga un costo elevado y que sea difícil de adquirir. Por esta razón nace la necesidad de producir alimento balanceado en la Parroquia Pasa con el fin de reducir costos de producción de esta especie y de comercializarlo a criaderos de la zona.

El presente trabajo de integración curricular tiene como propósito el diseño y construcción de una máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora de alimentos balanceados para truchas que sea capaz de suministrar las porciones adecuadas de materia prima para la elaboración de la formula, seguidamente se va a mezclar de forma homogénea los productos base mediante la implementación de un sistema de paletas, para posteriormente ser transportado mediante un tornillo sin fin a la cámara de peletizado generando alimento balanceado del tamaño y composición nutricional que requiera el productor cumpliendo las necesidades de cada etapa de crianza. En la actualidad de acuerdo con [11] los precios de compra y producción de alimentos balanceados para las truchas son muy costosos, tardan en llegar o no cumplen con los requerimientos nutricionales que buscan los piscicultores. Las familias productoras de la Parroquia Pasa buscan un ahorro económico y de tiempo en el proceso de obtención de alimento. Por lo cual se pretende llevar a cabo el diseño y construcción de una máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora de alimentos balanceados de truchas para la Parroquia Pasa de la Provincia de Tungurahua.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar y construir una máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora de alimentos balanceados de truchas para la Parroquia Pasa de la Provincia de Tungurahua.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar información relacionada con la elaboración de alimentos balanceados de truchas, producidos mediante peletización, para analizar el diseño y funcionamiento del sistema de dosificado, mezclado y peletizado de la máquina.
- Determinar los parámetros y condiciones de servicio óptimas para el diseño de la máquina.
- Diseñar la máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora para la producción alimentos balanceados de truchas, mediante programas de modelado.
- Construir la máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora de alimentos balanceados para truchas en base al diseño.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento para la verificación de los parámetros de diseño.

### 1.3 Fundamento teórico

#### 1.3.1 Pellets

Los pellets se definen como un comprimido de materia como se muestra en la Figura 1, donde se aglomeran las partículas en componentes cilíndricos con una longitud variable transformadas mediante procesos mecánicos. En este proceso intervienen factores como el calor, la presión y la humedad. Las razones para transformar la materia en pellets consisten en mejorar sus propiedades por este proceso y su facilidad de manipulación por la forma que adoptan [12].



Figura 1. Pellets [12].

### **1.3.2 Aplicación de los pellets**

Los pellets es una forma de concentrar la materia prima para distintas funciones y se pueden aplicar en distintas áreas y con distintos materiales como: Residuos forestales. Madera, plástico y alimento de animales.

#### **1.3.2.1 Pellets de residuo forestal**

Una de las aplicaciones de los pellets se da en la industria que maneja material forestal que dejan muchos residuos sin aprovechar como: los desperdicios de madera, corteza y aserrín. Para evitar que estos desperdicios sean desechados de forma incorrecta muchas de estas industrias optan por aprovecharlas creando pellets de residuo forestal que se utilizan como una alternativa del combustible para sistema de calefacción, hornos, entre otras. El beneficio de paletizar los residuos forestales es disminuir el desperdicio maderero y aprovecharlos como fuentes de energía, lo que genera un ingreso adicional en las industrias, además transformando los desperdicios en pellets se mejora las características y propiedades [13].

#### **1.3.2.2 Pellets de plástico**

La aplicación de los pellets en la industria ecológica ayuda al reciclaje de plásticos como botellas, fundas y otros residuos. Como ya se conoce existen muchos desperdicios de este material a nivel mundial, por esta razón la actividad de reciclaje del plástico es una propuesta muy competente para la reducción de desperdicios de esta naturaleza y usarlos para fabricar otros productos. El reciclaje de productos plásticos se ejecuta mediante varios pasos: la recolección, la clasificación, para posteriormente transformar el plástico en pellets. Mediante la peletización se comprime el plástico reciclado y se transforma en pequeños gránulos lo cual disminuye su espacio de almacenamiento y da facilidad para la reutilización del material que normalmente se usa para crear diversos productos entre ellos ropa [14].

#### **1.3.2.3 Pellets de alimento balanceado**

El alimento balanceado es esencial para el desarrollo de toda especie animal ya sea de granja o criaderos como: peces, aves y mamíferos siendo primordial para su nutrición

y crecimiento. La aplicación de los pellets en el alimento balanceado es una forma de comprimir la mezcla de productos y nutrientes necesarios para el animal mediante procesos mecánicos que dan como resultado gránulos cilíndricos del tamaño adecuado para que sean fácil de ingerir, además al peletizar la formula favorece las propiedades nutricionales y características del balanceado [15].

### 1.3.3 Alimento balanceado de animales

La industria de crianza animal es una actividad que siempre está en desarrollo, de estas actividades se obtiene muchos recursos que generan un aporte económico para los productores. Los alimentos balanceados son parte importante para la crianza del animal, por que aportan con nutrientes necesarios que complementan la dieta para su desarrollo. Cada especie animal responde a una necesidad diferente de alimentación con diferentes características y propiedades del alimento adecuadas para cada clase como se detalla en la Tabla 1 [16]

Tabla 1. Uso del alimento balanceado en distintas especies animales [17].

<b>Animal</b>	<b>Alimento</b>	<b>Descripción</b>
Avícola	Maíz. Balanceado en harina. Balanceado en pellets.	En el sector avícola el alimento principal es el maíz y el balanceado en pellets que complementa los nutrientes necesarios para la crianza.
Porcino	Desperdicios. Balanceado en harina. Balanceado en pellets.	Para la crianza de cerdos el alimento primordial en los criaderos es el alimento balanceado en su mayoría en pellets para evitar el desperdicio del producto alimenticio.
Ganadero	Forraje. Balanceado en pellets.	Los productores ganaderos usan como base alimenticia le forraje para el ganado y los alimentos balanceados como suplemento de nutrientes que favorecen en la producción de leche y carne.
Equino	Forraje. Balanceado de pellets.	Los criaderos de caballos usan el forraje como principal fuente de alimento para el animal complementado de alimento balanceado que aportan con nutrientes para la crianza del animal.

Tabla 1. Uso del alimento balanceado en distintas especies animales [17].  
(Continuación)

<b>Animal</b>	<b>Alimento</b>	<b>Descripción</b>
Canino	Alimento casero. Alimento en pellets. Croquetas.	Los dueños de perros por lo general usan la comida casera para alimentarlos, seguido por alimento con croquetas y alimento producido por peletización.
Peces	Balanceado en pellets	En los criaderos de peces el alimento primordial es el balanceado por lo general peletizado para darle las propiedades adecuadas para el consumo del animal.

### **1.3.3.1 Alimento balanceado peletizado**

La fabricación de alimento balanceado para animales tiene como finalidad la producción de alimento con las características y propiedades adecuadas para cada especie. La peletización es un proceso que transforma las harinas del alimento en concentraciones cilíndricas del tamaño requerido mediante la participación de distintos factores como el calor, la humedad y la presión. El factor importante para determinar la forma y el tamaño del alimento peletizado es la especie del animal, la etapa de crianza e inclusive la materia prima con la que está conformada [5].

El proceso de peletizado de alimentos para animales es muy versátil, por lo cual es implementado por muchas industrias y pequeños productores que fabrican su propio alimento para sus animales. En este proceso de producción se involucra maquinaria como mezcladora y peletizadora esenciales para la transformación del alimento. Estos tipos de producción siguen un proceso con las siguientes etapas que son: molido, mezclado, peletizado y secado, estas etapas varían de acuerdo con el productor y las condiciones de producción [5].

### **1.3.3.2 Ventajas de los alimentos balanceados peletizados**

Según [5] la peletización del balanceado brinda varias ventajas que se nombran a continuación:

- Reduce los desperdicios del alimento al momento del consumo.



- Facilita el consumo del alimento.
- Mejora la densidad y la proporción del alimento.
- Esteriliza el balanceado en el proceso de producción.
- Facilita la conservación del alimento.
- Facilita el transporte y manejo del alimento.
- Mejora las propiedades del alimento.
- Aporta con nutrientes, proteínas y grasas.
- Facilita el diseño de dietas.

### 1.3.3.3 Desventajas de los alimentos balanceados peletizados

Según [5] las desventajas de la producción y consumo del alimento peletizado son las siguientes:

- Una vez peletizado el alimento no se puede alterar la fórmula del balanceado.
- La materia prima debe pasar por varios procesos previos a la peletización que ocupa recursos y tiempo.
- El pellet puede resecarse y desmoronarse durante el transporte.
- Los alimentos de peletizado aumentan el consumo de agua.

### 1.3.4 Trucha arco iris

La trucha es parte de la familia de los salmónidos, habita principalmente en agua dulce que tenga una temperatura fría que va desde los 8°C hasta 16°C, su color más común es de tipo verdoso o grisáceo con una gran cantidad de manchas en su dorso que pueden ser negras o rojizas, esta especie es originaria del océano Pacífico en América del Norte y se extiende desde Alaska hasta el límite de California y México. Es una de las especies de mayor cultivo a nivel mundial debido a su resistencia y facilidad de crianza, de acuerdo con la Taxonomía de la trucha de Tabla 2 [18].

Tabla 2. División de la trucha según su especie [19].

<b>Reino:</b>	Animal
<b>Nombre común:</b>	Trucha arcoíris
<b>Familia:</b>	Salmonidae
<b>Genero:</b>	Oncorhynchus
<b>Especie:</b>	Mykiss

#### **1.3.4.1 Anatomía y Fisiología de la trucha**

Según [20] dice que mucho de los piscicultores desconocen cómo es en realidad el funcionamiento de los órganos digestivos que posee esta especie y el cómo son utilizados los alimentos cuando pasan por el sistema digestivo. De igual manera desconocen los factores más importantes que tienen que ver con la alimentación de la trucha. Esta especie es carnívora por lo que se alimenta de insectos y pequeños crustáceos que se encuentran en el agua [21].

Por lo general esta especie distingue los cuatro sabores básicos que son; dulce, salado, ácido y amargo, ubicando sus órganos gustativos en la boca del pez y sus alrededores e incluso podemos encontrarlos en la piel. La alimentación de las truchas corresponde al 60 % de costo total por lo que las raciones constan con materias primas altamente proteicas, por lo que ha sido un desafío encontrar otro tipo de proteína que sustituya a la harina de pescado para minimizar las fluctuaciones y reducir costos de producción de esta especie [20].

La trucha arcoíris se la distingue de los demás salmónidos por una característica muy peculiar, es por una franja ancha de color rosa que va desde el opérculo hasta su cola y su vientre posee un color blanco como se puede observar en la Figura 2 [18].




Figura 2. Trucha arcoíris [18].

#### **1.3.4.2 Etapas de desarrollo de la trucha**

La trucha arcoíris se desarrolla principalmente en 5 etapas hasta llegar a su consumo, en la Tabla 3 podemos apreciar de mejor manera cada etapa con sus características.

Tabla 3. Etapas de desarrollo de la Trucha arcoíris [18].

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ilustración</b>
<b>Ovas</b>	Luego de la fertilización de las ovas de trucha son incubadas en laboratorios que poseen la infraestructura adecuada y luego eclosionan convirtiéndose en larvas. La temperatura óptima para el desarrollo de las ovas es de 8°C a 12 °C.	
<b>Larvas</b>	Las larvas de trucha aparecen por primera vez al cumplir aproximadamente 400 UTA, unidades térmicas acumuladas y se alimentan principalmente del saco vitelino que poseen hasta llegar a ser alevines.	
<b>Alevines</b>	La etapa de alevinaje va desde los 3 cm hasta los 10 cm con un peso promedio de 12g, esta fase dura 3 meses. Son alimentados con balanceado tipo Inicio que contiene 45% proteína.	
<b>Juveniles</b>	En esta fase la talla promedio es de 10cm hasta alcanzar los 17cm con un peso promedio de 68g, con una duración de 2 meses. Se alimentan con balanceado de crecimiento con 40% de proteína	
<b>Engorde</b>	Su desarrollo va desde los 17cm hasta alcanzar los 26cm, con un peso promedio de 250g, la duración de esta fase es de 3 meses. Son alimentados con balanceado de engorde, contiene 35% de proteína.	

### 1.3.5 Alimento balanceado para truchas

El alimento balanceado para truchas es procesado mediante extrusión brindando así numerosas propiedades a los pellets una y más importante es la flotabilidad , de esta manera el piscicultor podrá arrojar el balanceado por todo el estanque para su

consumo. Este alimento representa el mayor costo de producción en la explotación de esta especie que van desde el 50% – 60% de costos totales en la producción de truchas [22].

Los alimentos son elaborados según las propiedades nutricionales que esta especie necesita en cada fase de su desarrollo hasta llegar a la etapa de comercialización. Gracias a todas estas propiedades las truchas adquieren mayor tasa de crecimiento y ganancia de peso, obteniendo así el máximo potencial de desarrollo de esta especie. Por otro lado, la flotabilidad y el tamaño de los pellets adecuados para la alimentación de las truchas es muy crucial ya que tiene como propósito obtener un máximo consumo y minimizar el desperdicio del concentrado [23].

#### **1.3.5.1 Cualidades que deben tener los balanceados para trucha**

De acuerdo con [23] se presentan algunas de las propiedades que deben tener los pellets de alimento balanceado para truchas:

- Bajo contenido de polvos.
- Alimento flotante.
- Incremento de la digestibilidad y aprovechamiento del balanceado.
- Reducción de heces fecales
- Reducción de bacterias por la temperatura de extrusión.
- Pellets compactos.

#### **1.3.5.2 Composición del alimento balanceado para truchas**

La dieta del concentrado debe tener altos niveles de proteínas y grasas de origen marino, como pueden ser la harina de pescado, harina de cascara de camarón y aceite de pescado debido a que la trucha es una especie carnívora en sus primeros periodos de vida. Cada uno de los pellets que consumen las truchas están micro particulados, lo que quiere decir que primero pasa un proceso de pulverización de los ingredientes, después es sometida a cocción mediante la extrusión para posteriormente ser cortados en diferentes tamaños según la necesidad que se requiere. De esta manera nos aseguramos de que los pellets que ingresan al agua no se disuelvan ni se separen unas de otras [23].

### 1.3.5.3 Propiedades nutricionales de la trucha arcoíris

Esta es una especie muy eficaz para catabolizar la proteína y lípidos que están presentes en los alimentos balanceados como fuente de energía, se necesita aproximadamente 15 vitaminas, las que debes ser proporcionadas en los pellets para asegurar un desarrollo de la trucha optimo, de igual forma es necesario la inclusión de minerales en la dieta para suplementar todos los requerimientos nutricionales que necesita la trucha [22].

**Proteína.** Este es un componente muy importante en los tejidos de los animales, estando relacionada a un sin número de reacciones y procesos que constituyen al desarrollo y vida de las células. Dentro de la crianza de truchas es empleada para el crecimiento y fuente energética de esta especie, siendo así el ingrediente más costoso y escaso que se puede encontrar en el mercado. La proteína según [22] constituye el 70 % del peso seco de materia orgánica que está presente en la carne del pez, los niveles de proteína que se usan deben cumplir las necesidades nutricionales de la especie que se esté cultivando para obtener así el máximo crecimiento.

**Lípidos.** Los diferentes lípidos como: aceite de pescado y grasas, empleados en la formulación de los alimentos balanceados para la trucha desempeñan dos funciones básicas: la primera es que tiene una fuente energética directa y la segunda proporciona ácidos grasos esenciales. En la elaboración de alimentos balanceados para trucha la aportación de un 24 % de lípidos generan efectos positivos de lo contrario si se emplea un mayor porcentaje de lípidos puede generar problemas en la alimentación de la trucha [22].

**Vitaminas.** En la elaboración de la dieta deben ser incluidas vitaminas liposolubles que son la vitamina C, A, D, E y K .Estas son las únicas vitaminas que puedes ser aprovechadas por las truchas, estas vitaminas tienen un rol muy importante que intervienen en el crecimiento, mismas que están encargadas de estimular gran cantidad de recciones metabólicas [22].

**Minerales.** Las truchas necesitan de cantidades mínimas de minerales al igual que muchas otras especies de animales, tomando en consideración la cantidad adecuada de

minerales que necesita esta especie que va de 2 a 3 % para la formulación de alimentos balanceados [22].

Según [24] los ingredientes que deben ser usados para la elaboración de alimentos balanceados de truchas deben cumplir algunos estándares de inocuidad y bromatología ya que los componentes del alimento balanceado deben tener cantidades equilibradas de nutrientes y sustancias energéticas para los peces. Estos alimentos deben estar diseñados de la siguiente manera cubriendo los estándares nutricionales en cada etapa de crecimiento de la trucha como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas del alimento balanceado para truchas [7].

<b>Método de ensayo</b>				
<b>Requisitos</b>	<b>Inicio</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Engorde/Acabado</b>	<b>Reproductores</b>
Proteína cruda (% min)	50	40	30	25
Grasa (% min)	10	10	10	20
Humedad (% max.)	14	14	14	14
Cenizas (% max)	15	12	12	12
Fibra cruda (% max)	5	4	4	5
Carbohidratos (% max)	25	25	25	25

#### **1.3.5.4 Manejo de la alimentación**

El personal encargado de suministrar el alimento a los peces debe tener el conocimiento necesario para su correcta distribución del balanceado por todo el estanque . Es recomendable que el trabajador encargado distribuya el alimento al voleo de una forma manual dispersándolo de forma homogénea por todo el estanque [25].

La cantidad suministrada de alimento balanceado para truchas en cada ración debe ser suministrada antes de llegar al fondo de los estanques, razón por la que es necesario inspeccionar la actividad y voracidad de los peces para que sus raciones suministradas sean las adecuadas. La

Tabla 5 muestra una guía de alimentación para 4000 ejemplares calculada desde la etapa de alevinaje hasta engorde.

Tabla 5. Tabla de alimentos para 4000 truchas [26].

<b>Primer mes</b>							
<b>Primera Quincena</b>							
Talla de alevines	Procedencia de cría de trucha	Tipo de Balanceado Piscis	Cantidad en gramos para 15 días	Cantidad diaria en gramos	Numero de botadas al día	Cantidad de alimento por cada botada (gramos)	Precio del alimento 15 días
3.5 a 4 cm	Francia	Inicio 3	6000	400	3	133	\$14.40
<b>Segunda Quincena</b>							
5 cm a 6 cm	Francia	Inicio 4	16000	1067	3	356	\$38.40
<b>Segundo mes</b>							
<b>Primera Quincena</b>							
Talla de alevines	Procedencia de cría de trucha	Tipo de Balanceado Piscis	Cantidad en gramos para 15 días	Cantidad diaria en gramos	Numero de botadas al día	Cantidad de alimento por cada botada (gramos)	Precio del alimento 15 días
7 a 8 cm	Francia	Inicio 5	24000	1600	3	533	\$53.12
<b>Segunda Quincena</b>							
9 cm a 10 cm	Francia	Talla c	33200	2213	3	738	\$57.60
<b>Tercer mes</b>							
<b>Primera Quincena</b>							
Talla de alevines	Procedencia de cría de trucha	Tipo de Balanceado Piscis	Cantidad en gramos para 15 días	Cantidad diaria en gramos	Numero de botadas al día	Cantidad de alimento por cada botada (gramos)	Precio del alimento 15 días
12 a 13 cm	Francia	Talla c	54000	3600	3	1200	\$72.00
<b>Segunda Quincena</b>							
14 a 16 cm	Francia	Engorde N°4	60000	4000	3	1333	\$86.40
<b>Cuarto mes</b>							
<b>Primera Quincena</b>							
Talla de truchas	Peso UNIT/GRAMOS	Tipo de Balanceado Piscis	Cantidad en gramos para 15 días	Cantidad diaria en gramos	Numero de botadas al día	Cantidad de alimento por cada botada (gramos)	Precio del alimento 15 días
17 a 18 cm	80 a 120	Engorde N°4	76000	5067	2	2533	\$89.3
<b>Segunda Quincena</b>							
18 a 21 cm	120 a 160	Engorde N°5	100000	6667	2	3333	\$118
<b>Quinto mes</b>							
<b>Primera Quincena</b>							
Talla de truchas	Peso UNIT/GRAMOS	Tipo de Balanceado Piscis	Cantidad en gramos para 15 días	Cantidad diaria en gramos	Numero de botadas al día	Cantidad de alimento por cada botada (gramos)	Precio del alimento 15 días
21 a 23 cm	200 a 230	Engorde N°5	120000	8000	2	4000	\$141

Tabla 5. Tabla de alimentos para 4000 truchas [26]. (Continuación)

Segunda Quincena							
23 a 26 cm	230 a 300	Pigmento	120000	8000	2	4000	\$150
Sexto mes							
Primera Quincena							
Talla de truchas	Peso UNIT/GRAMOS	Tipo de Balanceado Piscis	Cantidad en gramos para 15 días	Cantidad diaria en gramos	Numero de botadas al día	Cantidad de alimento por cada botada (gramos)	Precio del alimento 15 días
26 a 28 cm	300 a 310	Pigmento	120000	8000	2	4000	\$150
Segunda Quincena							
28 a 30 cm	310 a 330	Pigmento	120000	8000	2	4000	\$150
Séptimo mes							
Primera Quincena							
Talla de truchas	Peso UNIT/GRAMOS	Tipo de Balanceado Piscis	Cantidad en gramos para 15 días	Cantidad diaria en gramos	Numero de botadas al día	Cantidad de alimento por cada botada (gramos)	Precio del alimento 15 días
30 a 33 cm	330 a 350	Engorde N°7	120000	8000	2	4000	\$160
Segunda Quincena							
23 a 26 cm	350 a 400	Engorde N°7	120000	8000	2	4000	\$160

### 1.3.6 Proceso de peletizado

El peletizado de balanceado para animales es producido mediante un proceso que conlleva algunas actividades que transforman y preparan la materia base para el alimento. El proceso de peletizado tiene pequeñas diferencias entre cada alimento que se prepara por las características que se le debe dar dependiendo de la especie y edad del animal como: el método de peletizado y variables como la temperatura, presión y humedad. Las actividades que conforman este proceso son molido, dosificado, mezclado, peletizado, enfriando y secado [12].

#### 1.3.6.1 Etapas de peletizado

Por lo general en el proceso de peletizado hay que seguir una serie de etapas que se nombran a continuación [12]:

- **Etapas de molido:** En el proceso de molido se tritura la materia prima solida mediante molinos para reducir su consistencia en harinas de distintas densidades.



- **Etapa de dosificado:** Esta etapa se encarga de proporcionar los ingredientes de la formula en cantidades adecuadas, se puede realizar de forma manual o automática.
- **Etapa de mezclado:** Es donde todos los ingredientes de la formula se homogenizan en un solo producto.
- **Etapa de peletizado:** Es el proceso de compactación de la formula del alimento mediante la compresión del preparado hacia una matriz que determina el tamaño del alimento que posteriormente es cortado por cuchillas a la longitud necesaria.
- **Etapa de enfriado y secado:** Cuando el alimento este peletizado se da un tiempo de reposo donde se seca y enfría durante un tiempo determinado.

### **1.3.7 Normas para considerar en la producción de alimentos balanceado para trucha**

Para el diseño y construcción de la máquina dosificadora, mezcladora, peletizadora de alimento balanceado para truchas se toma como referencias varias normas enfocadas a este tema. Estas normas servirán como guía de muchos parámetros que se debe considerar para fabricar esta máquina como: el tipo de material, parámetros de diseño y requisitos de higiene. Además de estar enfocada en la máquina, también hay normas orientadas al alimento balanceado que da a conocer su terminología y clasificación. Las normas que se usa como referencia en el presente proyecto son las siguientes: INEN-EN 1672-2 [27], NTE INEN-ISO 12100-2 [28] y NTE INEN 1643:2003 [29], las cuales son normas nacionales que se resumen a continuación:

#### **INEN-EN 1672-2**

La INEN-EN 1672-2 [27] es una Norma Técnica Ecuatoriana adaptada al español de la Norma Europea EN 1672-2: 2005 +A1: 2009 [30], la cual habla sobre maquinaria para procesar alimentos y los parámetros que deben cumplir para ser aprobada. Esta norma habla sobre los criterios que debe cumplir la maquinaria como higiene y seguridad necesarios, debido a que están en contacto directo con la producción de alimento tanto como para las personas y los animales. Además, nos indica algunos parámetros de diseño que deberá tomarse en cuenta para evitarse riesgo de contaminación en el alimento.

## **NTE INEN-ISO 12100-2**

La NTE INEN-ISO 12100-2 [28] es una Norma Técnica Ecuatoriana adaptada al español de la Norma Internacional ISO 12100-2:2003 [31], la cual trata sobre la seguridad en las máquinas y los parámetros que servirán como guía para que los diseñadores consideren aspectos necesarios para que estas sean seguras durante su funcionamiento y ciclo de vida.

## **NTE INEN 1643:2003**

La NTE INEN 1643:2003 [29] es una Norma Técnica Ecuatoriana que está enfocado al producto que se obtiene de nuestro proyecto, que es el alimento balanceado para truchas. Esta norma se enfoca al alimento para animales habla de su terminología y clasificación detallando las características de las distintas variedades de alimento animal y la materia prima que se componen.

### **1.3.8 Máquina peletizadora**

El objetivo de las máquinas peletizadoras es transformar el alimento balanceado en pequeños gránulos comprimidos denominado pellets, este proceso se realiza con el fin de aumentar la densidad del alimento y darle una forma con la que se pueda dividir en porciones de una manera más uniforme y rápida [32].

Las peletizadoras es un conjunto de componentes y sistemas que generan las condiciones necesarias en la máquina a través de las distintas partes para su funcionamiento. La materia introducida en esta máquina será transportada y comprimida hacia una matriz con una disposición de agujeros de determinado tamaño, haciendo que el material se compacte al pasar por los agujeros de la matriz para posteriormente ser cortada a una seleccionada longitud a través de una serie de cuchillas. Los componentes pueden variar en su forma y disposición adaptándose al material que se va a procesar y al resultado de los pellets que se quiere obtener dando lugar a distintos tipos de peletizadoras [33].

### 1.3.8.1 Sistemas de la máquina peletizadora

En la actualidad existen distintos tipos de peletizadoras adaptadas a las necesidades de cada industria en las que son implementadas para facilitar la obtención de productos con la calidad y características que se requieren, a pesar de las diferencias que se pueden presentar entre cada tipo de máquina los sistemas que lo conforman son muy parecidos y su funcionamiento sigue teniendo el mismo principio que es comprimir el material en pellet.

#### Sistema de alimentación

El sistema de alimentación es el que permite el ingreso de la materia a procesar al interior de la máquina peletizadora directo a la cámara de compresión, este sistema está constituido por una tolva de alimentación como se muestra en la Figura 3 [34].

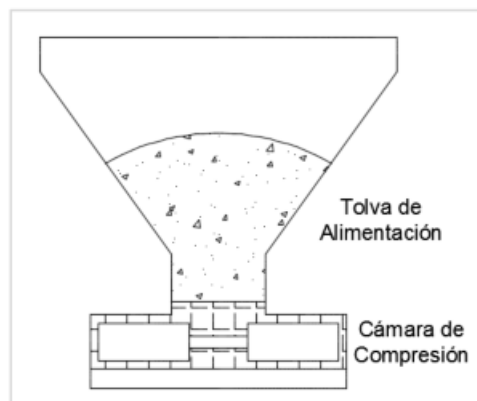


Figura 3. Sistema de alimentación [34].

#### Sistema de compresión y extrusión

El sistema de compresión y extrusión es la parte de la máquina donde se compacta la materia prima en pellets mediante la aplicación de presión. Este sistema puede estar constituido por componentes diferentes dependiendo del tipo de peletizadora, estos pueden ser formados por rodillos o por tornillos sin fin [34].

- **Sistema mediante rodillos:** Este sistema de compresión y extrusión está constituido por rodillos, un eje y una matriz. Una vez que la materia prima ingresa al sistema es comprimida por rodillos contra la matriz que tiene una configuración de agujeros por donde es extruida en cilindros como se ve en la Figura 4 [34].

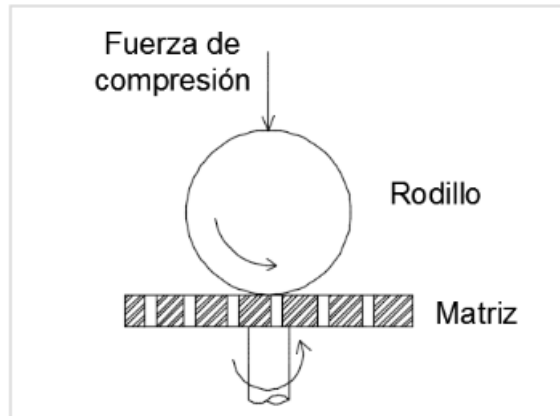


Figura 4. Sistema de compresión y extrusión por rodillos [34].

- **Sistema mediante tornillo sin fin:** La configuración de este sistema sustituye los rodillos por tornillos sin fin, donde la materia prima es comprimida hacia la matriz mediante el movimiento del tornillo como se muestra en la Figura 5 [35].

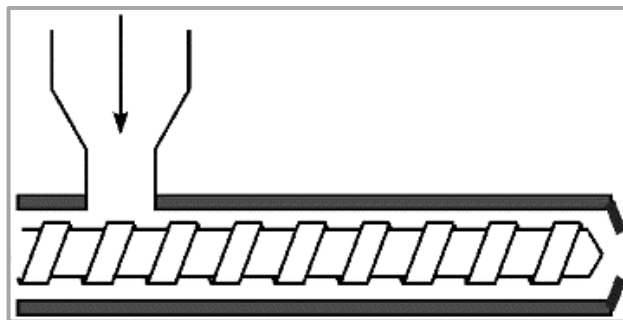


Figura 5. Sistema de compresión y extrusión por tornillo sin fin [35].

### Sistema de corte

El sistema de corte es el encargado de cortar los pellets al tamaño solicitado, una vez que sale del sistema de extrusión en formas cilíndricas. Este sistema como se muestra en la Figura 6, está conformado por un juego de cuchillas que giran a cierta velocidad y van cortando el alimento peletizado, una de las características de este sistema es que se puede regular la velocidad de las cuchillas para poder determinar el tamaño del pellet [34].

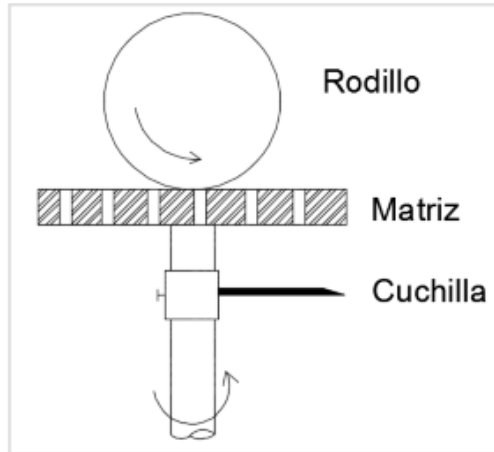


Figura 6. Sistema de corte [34].

### Sistema de transmisión

En la Figura 7 se presenta el sistema de transmisión, que se encarga de proporcionar la potencia necesaria para que la máquina realice su trabajo. Está compuesto por un motor que genera la potencia para poner en funcionamiento los componentes de la peletizadora, esta potencia es transferida del motor a la máquina mediante componentes como: engranes, poleas y bandas de transmisión que se encargan también de regular la velocidad y la potencia que llega a la peletizadora [34].

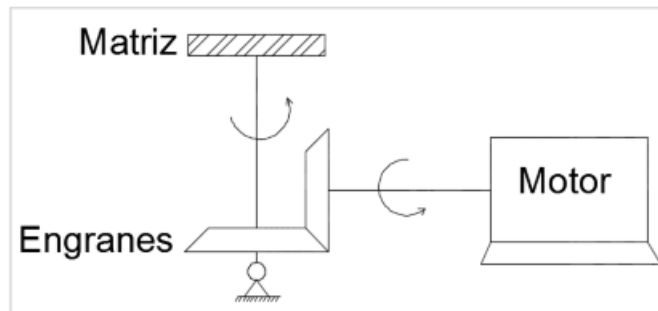


Figura 7. Sistema de transmisión [34].

### 1.3.8.2 Partes de las peletizadoras

Las peletizadoras poseen diversos sistemas que están compuestos por distintos componentes que comprimen la materia prima en pellets. Las partes de estas máquinas varían de acuerdo con el tipo de peletizadora, por lo general las partes más importantes se detallan a continuación:

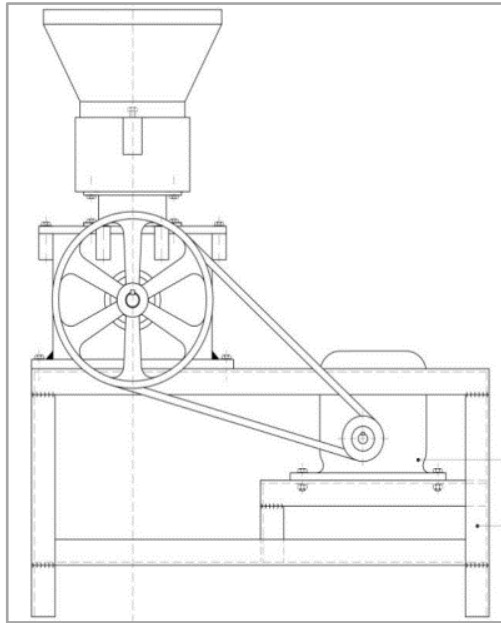


Figura 8. Máquina peletizadora [34].

### **Tolva de alimentación**

La tolva es parte del sistema de alimentación el cual recibe la materia prima a medida de la capacidad para la que está diseñada y alimenta el sistema de compresión de la peletizadora [36].






### **Cámara de compresión**

En la cámara de compresión se aloja los componentes del sistema de compresión y extrusión de la máquina como los rodillos, la matriz y dependiendo del tipo de peletizadora los tornillos sin fin [5].

### **Rodillo**

Los rodillos son parte de sistema de compresión, se encargan de comprimir la materia prima ejerciendo presión hacia la matriz. El tipo y la forma de los rodillos dependerán de la aplicación de la peletizadora, la disposición y la forma de la matriz sin alterar el funcionamiento, estos componentes están contruidos de un material resistente al desgaste y la abrasión adecuados para procesar distintos materiales. Las características de los rodillos deben tener una configuración que ayude a aumentar la tracción sin comprometer la presión que ejerce sobre la materia para su extrusión, los tipos de rodillos se muestran en la Tabla 6 [32].

Tabla 6. Tipos de rodillos de peletización [32].

<b>Tipos de rodillos</b>	
Rodillo perforado con icono	
Rodillo perforado cilíndrico	
Rodillo dentado con perforaciones	
Rodillo cerrado dentado	
Rodillo dentado	

### **Tornillo sin fin**

Los tornillos sin fin son parte del sistema de compresión dependiendo del tipo de peletizadora se encarga de comprimir la materia prima hacia la matriz. El tornillo sin fin transporta y comprime desde la tolva de alimentación hasta la matriz de extrusión, estos elementos están constituidos por un cuerpo cilíndrico rodeado con una aleta continua de forma helicoidal construidos con materiales resistentes a la abrasión y adecuado para la manipulación de la materia prima en el proceso. El uso de rodillos o tornillos sin fin en los tipos de máquinas peletizadoras dependerán de la aplicación para las que se requieran y las características que se necesite del producto. La configuración de los tornillos sin fin que pueden tener las peletizadoras se muestra en la Tabla 7 [35].

Tabla 7. Configuración de tornillos sin fin en peletizadoras [35].

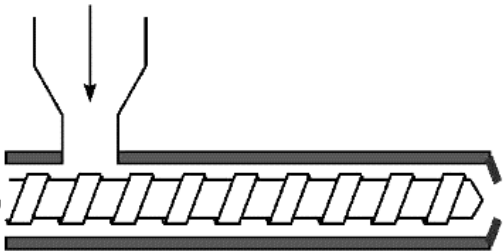
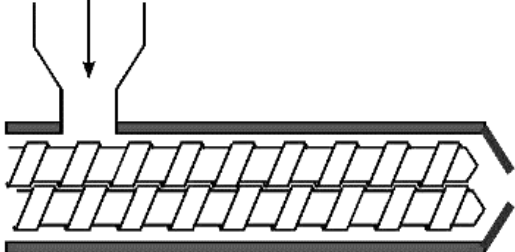
<b>Tipo de configuración de tornillos sin fin en peletizadoras</b>	
<b>Monohusillo</b>	<b>Doblehusillo</b>
	

Tabla 7. Configuración de tornillos sin fin en peletizadoras [35]. (continuación)

<b>Tipo de configuración de tornillos sin fin en peletizadoras</b>	
<b>Monohusillo</b>	<b>Doblehusillo</b>
Este tipo de configuración posee un solo tornillo sin fin en la cámara de compresión, este tipo de peletizadora son las más convencionales.	La configuración de doble husillo está conformada por dos tornillos sin fin dentro de la cámara de compresión ubicados de forma paralela entre sí.

### **Matriz**

La matriz es el componente que parte del sistema de compresión y extrusión de la peletizadora. Está formada por una configuración de agujeros en donde con la ayuda de los rodillos o tornillos sin fin la materia prima es extruida a través de los orificios de la matriz formando cilindros comprimidos del material. La matriz es un componente muy propenso al desgaste por el uso que tiene, por esta razón están fabricados con materiales resistentes a la corrosión [5].

### **Cuchillas**

Las cuchillas son elementos que forman parte del sistema de corte se encargan de cortar los pellets en el tamaño seleccionado al instante que salen de la matriz. Estos elementos están conectados a un motor y a un regulador de velocidad que permiten regular la velocidad de giro de las cuchillas lo cual posibilita ajustar el tamaño de los pellets [5].

### **Motor**

El motor es parte del sistema de transmisión y se encarga de generar energía mecánica y mediante diversos elementos transmite el movimiento hacia los componentes de la máquina peletizadora que entran en funcionamiento como: la matriz, Los rodillos, el tornillo sin fin y las cuchillas. Los elementos que se mueven con la ayuda del motor dependerán del tipo de peletizadora que se esté empleando [5].

### **Eje de transmisión**

El eje es el elemento que recibe el movimiento del motor en la máquina y lo transmite a los componentes que entran en funcionamiento en la peletizadora [5].



## **Poleas**

Las poleas son elementos del sistema de transmisión que sirven para transferir potencia y movimiento del motor al eje de transmisión de la máquina peletizadora [5].

## **Banda de transmisión**

La banda de transmisión es un elemento que se encarga de transportar el movimiento y la potencia recibida de la polea del motor hacia la polea del eje de la peletizadora [5].

## **Estructura**

La estructura es el soporte donde se ensambla todos los elementos de la peletizadora conformando los sistemas de transmisión, alimentación, compresión, extrusión y corte. La fabricación de este elemento se realiza con perfiles estructurales constituido por un material adecuado para la estructura y la carga que van a soportar [34].

### **1.3.9 Tipos de peletizadora**

Existen varios tipos de peletizadoras que se pueden aplicar a un sinnúmero de utilidades, en distintas áreas de la industria donde se fabrican pellets de distintos materiales como: residuos forestales para usarlos como combustible, materia plástica para su reciclaje alimentos balanceados para distintas especies de animales. Debido a que las máquinas peletizadoras son usadas para procesar diversos materiales, estas deben adaptarse a ellas y a las características que se planea obtener, por esta razón hay gran variedad de peletizadoras que se definen por su principio de funcionamiento. Por estos detalles las máquinas peletizadoras se clasifican en varios tipos como: peletizadora de matriz plana, peletizadora de matriz anular y peletizadora por extracción [34], [35].

#### **1.3.9.1 Peletizadora de matriz plana**

La peletizadora de matriz plana se caracteriza por la forma de su matriz, como se ve en la Figura 9 que es cilíndrica con una configuración de agujeros por donde el material se comprime en pellets con la ayuda de una serie de rodillos. Esta máquina lleva su proceso de peletización de forma vertical, normalmente su nivel de producción está en un rango bajo hasta medio. Los beneficios de estas máquinas son su versatilidad puesto

que pueden procesar distintos tipos de material y su precio de fabricación es baja en comparación a otros tipos de peletizadoras. Estas peletizadoras pueden ser de dos tipos debido a su configuración que pueden ser las siguientes: peletizadora de rodillos móviles y matriz fija y peletizadora de rodillos fijos y matriz móvil [34].

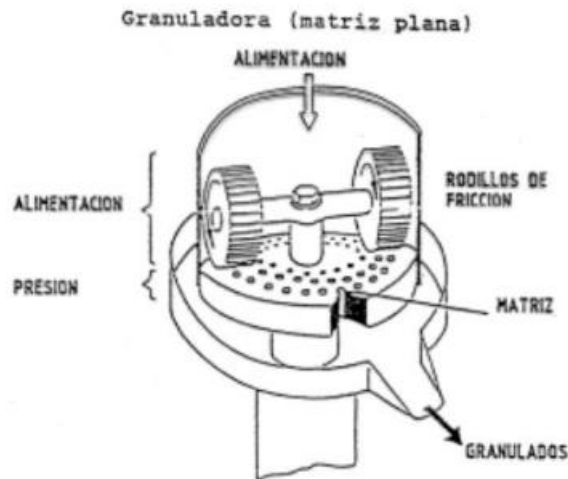


Figura 9. Configuración de peletizadora de matriz plana [34].

### **Peletizadora de rodillos móviles y matriz fija**

Las peletizadoras de rodillos móviles y matriz fija pertenecen al grupo de matriz plana y se caracterizan por su configuración de funcionamiento. Esta posee una matriz que permanece estática y una serie de rodillos móviles, que giran sobre ella comprimiendo la materia prima. Este tipo de peletizadoras se utiliza para formar pellets de residuos forestales para usarlo como combustible y de forraje para alimento de animales [5].

### **Peletizadora de rodillos fijos y matriz móvil**

Las peletizadoras de rodillos fijos y matriz móvil forman parte del grupo de matriz plana y se caracteriza por su configuración de funcionamiento. En este caso la serie de rodillos permanecen estáticos y el elemento que gira es la matriz, ejerciendo presión a la materia prima con la ayuda de los rodillos. Esta configuración de peletizadoras generalmente se aplica para fabricar pellets de alimento balanceado para varias especies de animales y de forraje para alimento animal [34].

### 1.3.9.2 Peletizadora de matriz anular

Las peletizadoras de matriz anular se diferencian por la forma de los elementos con respecto a la peletizadora de matriz plana. La forma de la matriz de esta máquina es cilíndrica como se muestra en la Figura 10 con una distribución de perforaciones en su superficie, en la cual la materia prima se comprime del interior al exterior del componente con la ayuda de una distribución de rodillos adecuada para la matriz. Este tipo de peletizadoras son aplicadas en industrias de alta producción por esta razón tiene un gran consumo de energía, son poco utilizadas para peletizar mezclas [34].

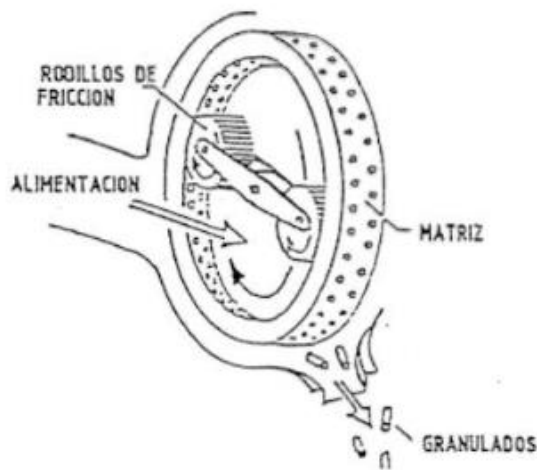


Figura 10. Caracterización de la peletizadora de matriz anular [34].

### 1.3.9.3 Peletizadoras por extrusión

Las peletizadoras por extrusión se pueden ver en la Figura 11 también se conocen como extrusora, esta máquina se caracteriza por su configuración de funcionamiento el cual consta de uno o varios tornillos sin fin dentro de la cámara de compresión, el objetivo del elemento es transportar y comprimir la materia prima hacia la matriz que se ubica al final de la cámara. Por las características de esta máquina son utilizadas en las industrias del procesamiento plástico y en la fabricación de pellets de balanceados que deben tener una flotabilidad necesaria para algunas especies de animales normalmente peces de criadero. Este tipo de peletizadora se puede diferenciar en dos tipos de máquinas por su cantidad de tornillos sin fin dentro de la cámara de

compresión y se clasifican en: peletizadora por extrusión monohusillo y peletizadora por extrusión doblehusillo [35].

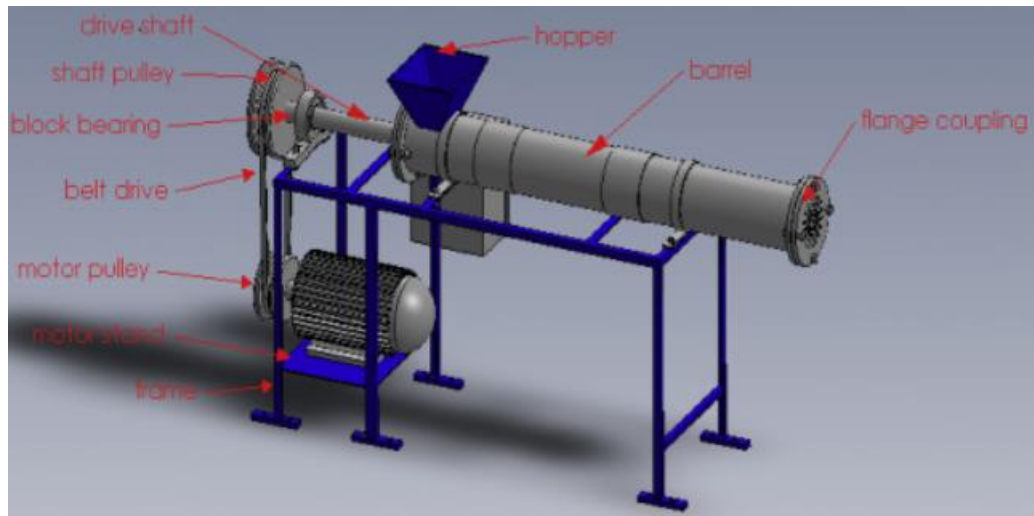


Figura 11. Peletizadora por extrusión partes [36].

### Peletizadora por extrusión monohusillo

Las peletizadoras por extrusión monohusillo se definen por que poseen un solo tornillo sin fin en la cámara de compresión como se muestra en la Figura 12, gracias a esto el control de la velocidad de la máquina es más precisa, además este tipo de configuración es más utilizada en el área alimenticia, por que ayuda a formar la materia prima de una forma más específica a los pellets [35].

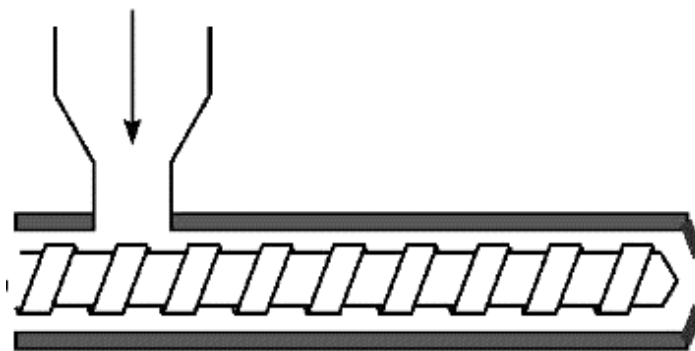


Figura 12. Peletizadora por extrusión monohusillo [35].

### Peletizadora por extrusión doblehusillo

Las peletizadoras por extrusión de doblehusillo se define por tener una configuración de dos tornillos sin fin dentro de la cámara de compresión como se ve en la Figura 13, esta disposición lo hace ser muy aplicada en las industrias plásticas, porque ofrece una

mejor homogenización de la materia prima durante el proceso de peletización, sin embargo, debido a la configuración de la peletizadora el control de la velocidad y dirección de los husillos es difícil [35].

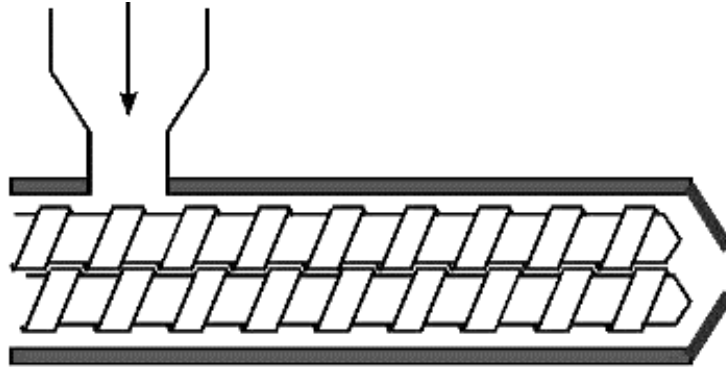


Figura 13. Peletizadora por extrusión doblehusillo [35].

### 1.3.10 Máquina mezcladora

El proceso de mezclado es esencial en la preparación de la materia prima para el peletizado del alimento balanceado, debido a que en este proceso las distintas harinas se combinan formando una sola mezcla. Las mezcladoras son máquina que tienen como función combinar distintos tipos de materia prima de forma homogénea entre ellas formando un solo componente. Los sistemas de una mezcladora pueden variar de acuerdo con el estado de la materia a procesar las cuales son: líquidos, sólidos y gaseosos [37].

Las mezcladoras de materia sólida es una máquina que se encarga de homogenizar varias materias sólidas como polvos o gránulos. Este tipo de máquinas pueden estar conformados por varios mecanismos los cuales se mencionan en la Tabla 8 [38].

Tabla 8. Tipos de mecanismos de mezcladoras de sólidos [38].

Tipo de mecanismo	Descripción
<b>Movimiento convectivo</b>	Este tipo de mezclado se da cuando por medio del sistema de la mezcladora la materia se transporta de un espacio a otro dentro de la cámara. Este tipo de mecanismos son vistos en mezcladores de volteo y en mezcladoras que poseen tornillo sin fin.

Tabla 8. Tipos de mecanismos de mezcladoras de sólidos [38]. (Continuacion)

<b>Tipo de mecanismo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Mezclado por difusión</b>	El mezclado por difusión se da con la ayuda de la gravedad, el cual causa que la materia se mueva a través de una superficie con pendiente sin necesidad de aplicar ningún otro movimiento.
<b>Mezclado por cizalla</b>	El mezclado por cizalla se da cuando se crea secciones de deslizamiento en la masa de polvo cuando se comienza a mezclar.

### 1.3.10.1 Partes de la mezcladora

Las mezcladoras están conformadas por varias partes y elementos que permiten el funcionamiento de esta máquina. Cada parte tendrá una forma diferente dependiendo del tipo de mezcladora que se adaptaran a las propiedades y características del material, para mezclarlos de forma eficiente y homogénea. Las partes principales de una mezcladora son los siguientes: cámara de mezcla, paletas de mezcla, eje de las paletas, motor y estructura [39].

#### **Cámara de mezclado**

La cámara de mezclado es la parte de la máquina donde se deposita las distintas harinas, en ella se aloja las paletas y el eje de las paletas. Este elemento puede ser de muchas formas dependiendo del tipo de mezcladora [37].

#### **Paletas**

Las paletas son los elementos que se encargan de mezclar la materia prima una vez que ingresan a la cámara de mezclado, mediante el movimiento giratorio de estos elementos mueve las harinas homogenizándolas en una sola combinación. Estas partes pueden tener distintas formas dependiendo la mezcladora y su mecanismo [37].

### **Eje de las paletas**

El eje es el elemento que recibe el movimiento del motor en la máquina y lo transmite a las paletas que se montan en ellas, haciendo que entre en funcionamiento la mezcladora [5].

### **Motor**

El motor es la parte que se encarga de generar energía mecánica y mediante diversos elementos transmite el movimiento hacia el eje de las paletas, haciendo que giren dentro de la cámara de mezclado activando su funcionamiento [5].

### **Estructura**

La estructura es el soporte donde se ensambla todas las partes de la mezcladora. La fabricación de este elemento se realiza con perfiles estructurales constituido por un material adecuado para la estructura y la carga que van a soportar [34].

#### **1.3.10.2 Tipos de mezcladora**

Las mezcladoras son máquinas que mediante el movimiento de sus componentes combinan la materia prima de forma homogénea. La velocidad de movimiento de la máquina determinara la calidad y rapidez del mezclado. Para el mezclado de materia solida como polvos o gránulos existen distintos tipos de máquinas mezcladoras que se dividen en dos grupos: mezcladoras móviles y mezcladoras fijas [38].

#### **Mezcladoras móviles**

Las mezcladoras móviles se caracterizan por generar movimiento rotacional con su cámara de mezclado sin la necesidad de usar paletas para combinar la materia. El funcionamiento de estas mezcladoras se da con el movimiento de rotación de la cámara de mezclado que mueve la materia prima en su interior por acción de la gravedad, por esta razón la máquina se llena hasta el 80% de capacidad para que tenga libre movimiento y se homogenice las harinas. Estas mezcladoras móviles pueden presentarse en distintos tipos y se caracterizan por la forma de su cámara de mezclado, que se detallan a continuación [38]:

### **Mezcladoras de doble cono**

Los mezcladores de doble cono son máquinas mezcladoras móviles con la forma de dos conos como se muestra en la Figura 14, que, rota para mezclar la materia, tiene aberturas en cada uno de sus extremos por la cual puede llenarse o vaciarse con facilidad por cualquiera de las dos aberturas. La forma de esta mezcladora hace que sea fácil su limpieza y es usado en industrias químicas, alimenticias, plásticas, entre otras más [38].



Figura 14. Mezcladora de doble cono [38].

### **Mezcladoras tipo V**

Las mezcladoras tipo V, son máquinas con una configuración de dos cilindros combinados que forman una V entre ellas, con una inclinación que va desde 45 a 90 grados, como se ve en la Figura 15. El tipo de mecanismo que se aplica en estas mezcladoras son las de movimiento convectivo. El funcionamiento de esta máquina se da cuando mediante un eje con placas hace rotar la cámara de mezcla, además de generar movimiento entre los planos. Esta mezcladora genera una combinación homogénea de la materia en corto tiempo con gastos bajos de energía [38].





Figura 15. Mezcladora tipo V [38].

### **Mezcladoras estáticas**

Las mezcladoras estáticas son aquellas máquinas que mantienen sin movimiento rotacional la cámara de mezclado y a su vez cuentan con elementos internos que homogenizan la materia como: paletas, tornillos sin fin, cuchillas, entre otras. Esta configuración de mezcladoras es usada para mezclar sólidos de una manera uniforme y eficiente [38].

### **Mezcladoras de cinta**

Las mezcladoras de cinta son máquinas que poseen un eje central que atraviesa la cámara de mezclado, con una configuración de paletas en forma de hélice que recorre todo el eje como se ve en la Figura 16, a esta configuración también se la conoce como Ribbon Blender. Estas máquinas son usadas comúnmente para mezclar materia sólida como polvos y granulados, en el caso de mezclar polvos la máquina tarda entre 5 a 10 minutos y granulados de entre 20 minutos o más [38].

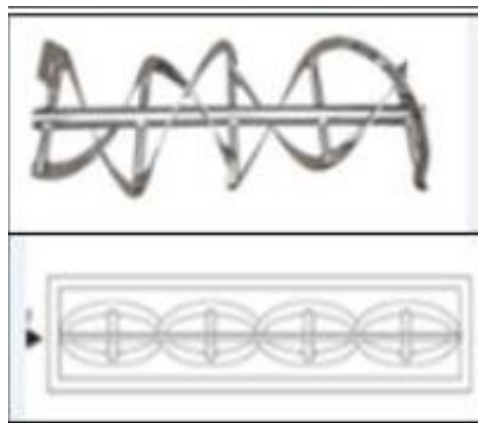


Figura 16. Mezcladora de cinta [38].

### Mezcladoras verticales de tornillo

Las mezcladoras verticales de tornillo que se muestra en la Figura 17, son máquinas de forma cónica orientadas de forma vertical que poseen un tornillo sin fin dentro de la cámara de mezclado, conectado a un eje que mueve los componentes a mezclar de abajo hacia arriba y mediante el efecto de la gravedad lleva de nuevo la mezcla al fondo del cono. Este movimiento constante de la materia lo hace ideal para incorporar componentes en cantidades pequeñas, son usadas para mezclar componentes solidos como polvos y granulados [38].

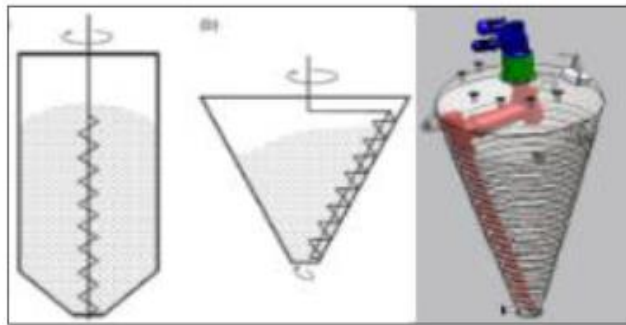


Figura 17. Mezcladora vertical de tornillo [38].

### Mezcladoras de paletas

Las mezcladoras de paletas que se muestra en la Figura 18, son máquinas con una configuración de paletas dentro de la cámara de mezclado que se conectan a un eje, las cuales efectúan un movimiento giratorio que homogenizan los componentes a mezclar de forma lenta [38].



Figura 18. Mezcladora de paletas [38].

### 1.3.11 Máquina dosificadora

Los dosificadores son herramientas primordiales que ayudan mucho a empresas en los diferentes procesos gracias a que incrementa la productividad, disminuye tiempos y minimiza el recurso humano. El dosificador tiene como función principal llenar o proporcionar producto a una cantidad adecuada varias veces por un determinado ciclo de tiempo o constantemente, entregando de una forma ágil y con el menor desperdicio posible de las sustancias procesadas por lo que es de gran utilidad en las industrias alimenticias [40].

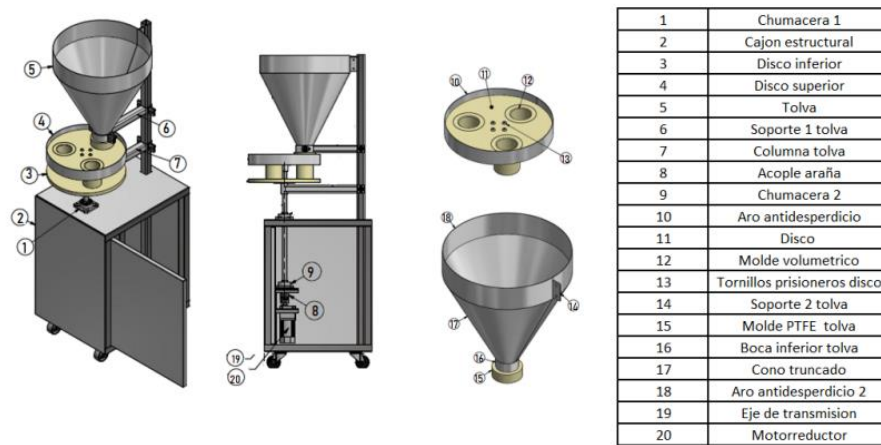


Figura 19. Elementos que conforman una dosificadora [41].

Los elementos que conforman la dosificadora pueden variar dependiendo del producto que se desea dosificar, la cantidad que se va a descargar ya sea por peso o volumen.[42].

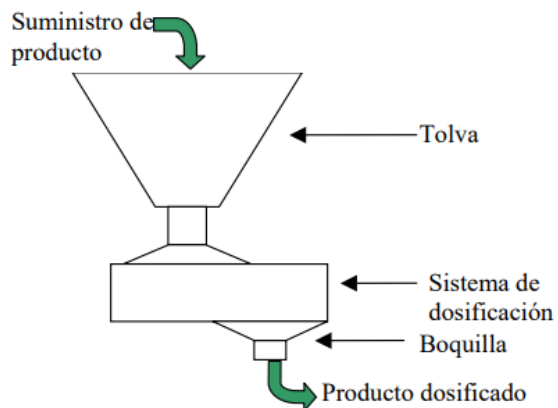


Figura 20. Partes de una dosificadora [42].

## **Tolva**

La tolva tiene como función primordial contener el producto en su interior para ser dosificado, es la parte de la dosificadora encargada de recibir la materia prima que se va a dosificar, este puede ser transportado por una banda o por un tornillo transportador o a su vez puede ser descargado manualmente [42].

## **Sistema dosificador**

Es el mecanismo más importante dentro del dosificador debido a que este encargado de medir y proporcionar la cantidad exacta del producto que se requiere, para pasar a un siguiente proceso como puede ser empaquetado o para mezclar ingredientes. La cantidad suministrada puede realizarse mediante dos formas: por volumen o por peso, todo esto depende de las necesidades que requiere el operario [42].

## **Boquilla o tubo de descarga**

Su función principal es mantener el producto almacenado hasta ser descargados según la necesidad que se requiera de igual forma estos tubos evitan que haya contacto directo del operario y la dosificadora, reduciendo posibles accidentes laborales [43].

## **Clasificación de una dosificadora.**

Para la determinación del tipo de dosificadora depende mucho de las características que posee el producto que se va a dosificar de este modo podemos regular la precisión y medida que vamos a necesitar. Considerando que la parte más importante al momento de dosificar es la masa de dicho producto [42].

### **1.3.11.1 Tipos de dosificadoras**

En la Figura 21, se va a presentar un esquema en el cual se muestra de forma simplificada los diferentes tipos de dosificadores más comunes en el mercado.

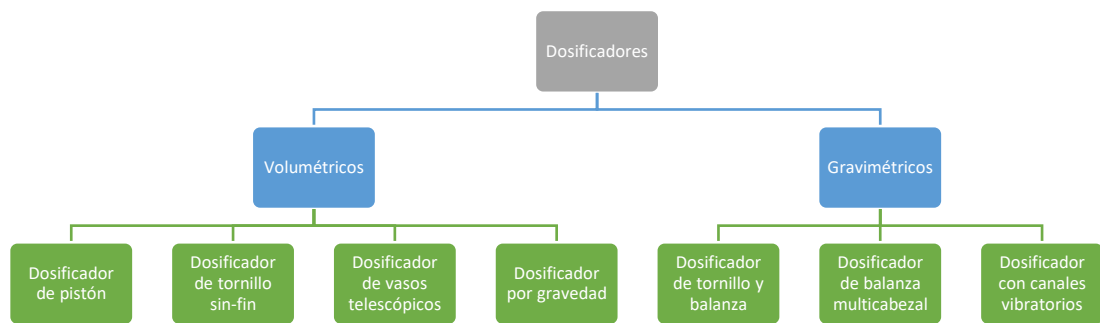


Figura 21. Tipos de dosificadoras [42].

### Dosificadores volumétricos

Estos dosificadores tienen como principal función controlar el sistema de flujo de un producto mediante la descarga de un volumen constante. Dicha descarga está en función del volumen por lo tanto el operario debe controlar las cantidades necesarias que requiere. Al ser volumétricos no tienen la capacidad de medir masa, por lo que es esencial determinar el porcentaje de producto que desea dosificarse, estos sistemas de dosificadores constan de un disco giratorio el cual gira mediante la ayuda de un motor, el disco cuenta con un sistema de recipientes que al ir girando suministra el producto en la cámara de mezclado como se observa en la Figura 22. Este tipo de sistema es el más empleado en el ámbito laboral, gracias a su facilidad de operación y accesibilidad económica. Este sistema está diseñado para trabajar con productos homogéneos como líquidos, salsa o pure [40].

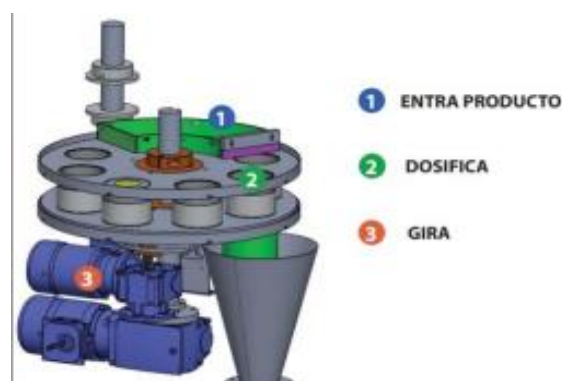


Figura 22. Dosificador volumétrico [40].

### **Dosificador de pistón**

Este dosificador en la Figura 23, consta por lo general de una bomba dosificadora constituida por (pistón y cámara de dosificación) y por un sistema de válvulas de tres vías o válvulas de bola. En donde por medio de una tolva se introduce el producto y mediante una tubería en la parte superior se llena la cámara de dosificación. Una vez llenada la cámara el pistón inicia su carrera, de esta manera succiona el producto para dar por terminado el proceso de llenado, posteriormente se activa las válvulas las cuales permiten el paso del producto hasta que este logre llegar a la válvula de dosificación y permita la salida del material [42].



Figura 23. Dosificador de pistón accionado por pedal [42].

### **Dosificador de tornillo sin fin**

Este dosificador necesita una fuente de control, el cual está compuesto por un tornillo sin fin que se encuentra en la tolva de alimentación. Este sistema es utilizado para productos que tienen un difícil deslizamiento. El tornillo funciona de una manera independiente, es decir que el sentido de giro no es un inconveniente debido a que posee un servomotor temporizado a la necesidad de cada industria. Este sistema fue diseñado principalmente para productos en polvo que contengan un cierto grado de humedad como indica la Figura 24 [40].

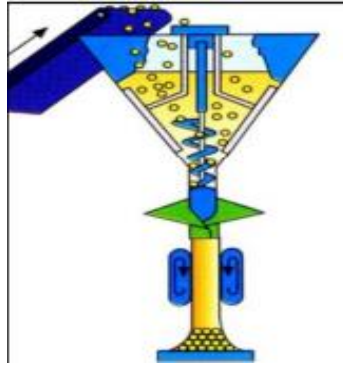


Figura 24. Dosificador de tornillo sin fin [40].

### **Dosificado de vasos telescópicos**

Este dosificador consta de una tolva que contiene el material, un mezclador, un sistema de vasos telescópicos y un motorreductor para que este gire lentamente según requiera el personal como en la Figura 25. Funciona mediante la acumulación del producto en la tolva, este puede ser de forma manual o automática y mediante el movimiento del agitador los vasos se van llenando según la necesidad que se requiera para posteriormente ser depositados en los envases que se vayan a emplear para su empaquetamiento [42].



Figura 25. Dosificador de seis vasos telescópicos accionado por un servomotor [42].

### **Dosificador por gravedad**

Este es un dosificador que fue diseñado para trabajar con líquidos el cual básicamente está constituido por un embace donde se concentra el líquido que es proporcionado por otro tanque principal mediante la ayuda de un flotador que está ubicado en su parte interna del contenedor ver en la Figura 26. En la parte inferior del estanque contiene

una llave de paso la cual está programada para habilitar el paso del líquido cuando se requiera [42].

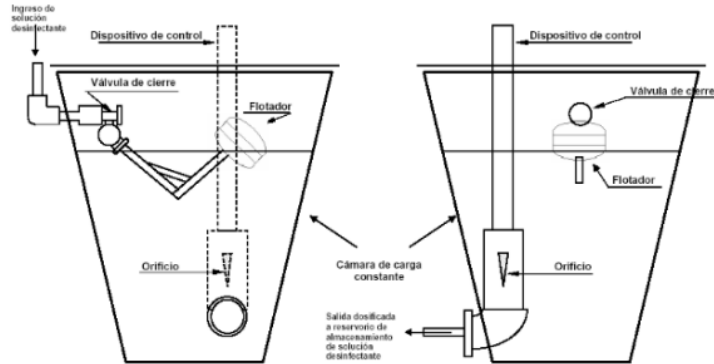


Figura 26. Dosificador por gravedad [42].

### Dosificadores gravimétricos

Los dosificadores gravimétricos fueron diseñados especialmente para productos de forma heterogénea, es decir, aquellos materiales que impiden una dosificación igual, este tipo de dosificadores se emplean principalmente para productos como: las papas fritas, chifles, cueritos, las cortezas, la pasta y otros productos más.

El principio de esta máquina consta de una o más células de pasaje que están integradas en el mecanismo y estas miden el producto que se quiere dosificar, transformando la fuerza generada en un impulso eléctrico que envía una señal al sistema de control. Este sistema puede compensar automáticamente las desviaciones que puede haber en la dosificación. En conclusión, podemos decir que los dosificadores gravimétricos tienen tasas de error menores que los volumétricos como se observa en la Figura 27 [42].



Figura 27. Dosificadores gravimétricos [42].



### **Dosificadores de tornillo y balanza**

En la Figura 28 se emplea un dosificador para productos que tengan difícil fluidez como pueden ser polvos, consta principalmente de la combinación de un tornillo, una balanza y una tolva de alimentación, donde se puede suministrar producto de forma manual o automáticamente. Para iniciar el ciclo de dosificación del material se activa el tornillo para que este empiece a girar y a depositar el producto en los contenedores de carga, una vez depositado el peso necesario de producto a empacar, el sistema de la dosificadora envía una señal al PLC para que impida el movimiento del tornillo y posteriormente para que vuelva a cumplir el ciclo [42].

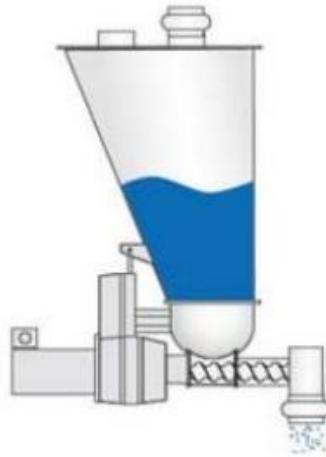


Figura 28. Dosificadora de tornillo y balanza [42].

### **Dosificador con balanza multi cabezal**

Como su nombre lo dice es un sistema que tiene múltiples cabezas como se muestra en la Figura 29 y cada una de ellas resguarda el material que va a caer en un elevador de cargas, es el sistema más rápido y preciso para poder dosificar sólidos ya sean homogéneos o no homogéneos. Gracias a la gran velocidad de trabajo este tipo de dosificador no puede ser suministrado de una forma manual y está obligado a usar un sistema de elevador de productos para su alimentación [40].



Figura 29. Dosificador multi cabezal [40].

### **Dosificador con canales vibratorios**

Este tipo de dosificador se observa en la Figura 30, está constituido por una tolva vibratoria y de igual forma por unos canales vibratorios que van sincronizados automáticamente con cada ciclo que contiene la máquina para poder dosificar el producto continuamente [42].



Figura 30. Dosificador de canal vibratorio [42].

### **1.3.12 Materiales en la industria alimenticia**

Los aceros inoxidables son muy usados para la fabricación de implantes biomédicos y en máquinas y equipos de la industria de alimentos, este tipo de material es muy

utilizado gracias a sus propiedades de alta resistencia a la corrosión. El acero inoxidable es el material más común que se emplea en el área alimenticia [44].

### Usos comunes de los aceros inoxidables

Según [45] estos son los diferentes usos que se les puede dar al acero inoxidable para el uso de las personas:

- Fabricación farmacéutica
- Fabricación de productos químicos
- Transporte industrial y químico
- Recipientes a presión
- Cisternas y tuberías para aplicaciones químicas
- Equipo médico
- Muebles para exteriores
- Cocinas comerciales
- Producción y procesamiento de alimentos en ambientes salinos
- Electrodomésticos comerciales

Los aceros inoxidables según [45] deben estar compuestos por al menos un 10.5% de cromo. También debe tener características en la aleación como son: el molibdeno, níquel, titanio, cobre, nitrógeno, fósforo y selenio. A continuación, se presentan una serie de aceros inoxidables que se emplean en la industria alimentaria como son:

**Acero Inoxidable 304:** este material es muy común en la elaboración de máquinas para el sector alimenticio, es usado con frecuencia en todo el mundo debido a gran resistencia que presenta ante la corrosión y a su fácil accesibilidad. Este material posee un 16-24 % de cromo y un 35% de níquel. Además, tiene diversas propiedades como se observa en la Tabla 9, cuenta con cantidades pequeñas de carbono y magnesio, este material puede resistir a la corrosión de cualquier tipo de ácidos oxidantes por que facilita su desinfección, por este motivo se lo emplea en la industria alimentaria [46].

Tabla 9. Propiedades del acero inoxidable 304 [46].

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Valor original</b>
Densidad	7.93 g/cm <sup>3</sup>
<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Valor original</b>
Dureza, Brinell	123 HB

Tabla 9. Propiedades del acero inoxidable 304 [46]. (Continuación)

Dureza, Rockwell B	70 HR
Resistencia última a la tracción, máxima	505 MPa
Resistencia a la tracción, rendimiento	215 MPa
Alargamiento a la rotura	70 %
Módulo de elasticidad	193 GPa
<b>Propiedades térmicas</b>	<b>Valor original</b>
Conductividad térmica	16,30 W/ mK
Punto de fusión	1400- 1455 °C

**Acero inoxidable 316:** Dentro de la empresa alimentaria este tipo de acero viene a ser el segundo más utilizado, sus propiedades son similares al de acero inoxidable 304 por eso posee un material de composición similar. Lo que le diferencia es su porcentaje de molibdeno que va desde un 2 a 3 %, esta adición lo que hace es incrementar su resistencia a la corrosión, principalmente de cloruros y otros solventes industriales. Las propiedades están en la Tabla 10, se emplea en procesos químicos, maquinaria para la industria alimenticia y para la fabricación de instrumentos médicos quirúrgicos [45].

Tabla 10. Propiedades del acero inoxidable 316 [47].

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Valor original</b>
Densidad	8 g/cc
<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Valor original</b>
Dureza, Rockwell B	79 HR
Resistencia última a la tracción	580 MPa
Resistencia a la tracción, rendimiento	290 MPa
Alargamiento a la rotura	50 %
Módulo de elasticidad	193 Gpa
<b>Propiedades térmicas</b>	<b>Valor original</b>
Conductividad térmica	16,30 W/ mK
Punto de fusión	1370-1400 °C

**Acero inoxidable 430:** Este acero es muy similar al 304 y 316 ya que tiene el mismo contenido de cromo, pero a diferencia este cuenta con otras propiedades que se encuentran en la Tabla 11, cuenta con porcentaje de níquel inferior por lo que su precio en el mercado disminuye. Otra de sus diferencias es que este material tiene una aleación ferrítica por lo que es magnética, este tipo de aleaciones posee una resistencia al agrietamiento por corrosión la cual es producida por baja tensión [48].

Tabla 11. Propiedades del acero inoxidable 430 [49].

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Valor original</b>
Densidad	7.80 g/cc
<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Valor original</b>
Dureza, Brinell	85 HB
Resistencia ultima a la tracción, máxima	517MPa
Resistencia a la tracción, rendimiento	345 MPa
Alargamiento a la rotura	25 %
Módulo de elasticidad	200 Gpa
<b>Propiedades térmicas</b>	<b>Valor original</b>
Conductividad térmica	26,30 W/ mK
Punto de fusión	1425- 1510 °C

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Materiales

Los materiales y equipos utilizados en la construcción se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12. Materiales y equipos.

EQUIPO/MATERIALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Ejes de acero AISI 430	Ejes de acero inoxidable AISI 430 de 40 mm y 20 mm de diámetro	
Plancha de acero inoxidable	Plancha de acero inoxidable AISI 304 de espesor de 0,7 mm usada para la fabricación de la tolva de mezclado.	
Tubo cuadrado	Tubo cuadrado ASTM A 36 de 40x40x3 mm usada para armar la estructura de soporte.	
Ángulo metálico	Ángulo metálico ASTM A 36 de 30x3 mm se usa para formar parte de la tolva de mezclado.	
Plancha de acero	Plancha de acero ASTM A 36 de 5 mm de espesor.	
Tubo de acero inoxidable	Tubo de acero inoxidable AISI 430 de 70 mm con espesor de 10 mm, para la cámara de compresión.	

Tabla 12. Materiales y equipos. (Continuación)

EQUIPO/MATERIALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Bridas	Bridas de acero AISI 316 de cuatro perforaciones para anclaje por tornillos M16.	
Disco de corte	Disco de corte para tronzadora y amoladora.	
Disco de desbaste	Disco de desbaste para amoladora tiene como función pulir los cordones de soldadura.	
Disco flap	Disco flap para amoladora tiene como función dar el acabado superficial de los elementos como el pulido y limpieza.	
Electrodos	Electrodos de soldadura 6011 y electrodos de acero inoxidable.	
Chumaceras	Chumacera se conforman por un rodamiento montado en una estructura permite que un eje en rotación se apoye,	

Tabla 12. Materiales y equipos. (Continuación)





EQUIPO/MATERIALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Rodamientos	Los rodamientos permiten la libre rotación del tornillo sinfín dentro de la cámara de compresión y el eje de mezclado.	
Varilla lisa	Varilla lisa de acero Inoxidable 316 de 8 mm de espesor son las partes de las paletas de mezclado.	
Resistencia térmica	Resistencia térmica tipo abrazadera con diámetro de 70 mm y longitud de 110 mm de 650 W permite calentar la cámara de compresión.	
Termocupla	Termocupla K tipo tornillo rosca ¼ de 500 grados, es un sensor que capta la temperatura que se encuentra en la superficie de lectura.	
Panel de control	Caja de control 20x30x15 cm, permite proteger ;los sistemas de control de la máquina.	
Control de temperatura	Control de temperatura digit 48x48 es capaz de controlar la temperatura que se suministrara a la cámara de compresión.	



Tabla 12. Materiales y equipos. (Continuación)








EQUIPO/MATERIALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Relé	Relé de estado sólido 1P 25 A sirve para conmutar el paso de la electricidad que llega a sus terminales y es parte del sistema de control de la resistencia térmica.	
Poleas	Poleas de transmisión de 4, 10 y 20 pulgadas, mediante las poleas transmite la potencia y velocidad del motor hacia la máquina.	
Motores	Motores de 5hp y ¼ hp, proporciona la potencia necesaria para desarrollar el trabajo.	
Pulsador paro de emergencia	Es un elemento de la caja de control que sirve para detener la operación de la máquina en caso de que se presente alguna complicación.	
Pulsadores	Los pulsadores de color verde y rojo se encargan de encender y apagar el sistema que se controla.	
Cable eléctrico para 220 V	Es un elemento importante para conectar la corriente eléctrica hacia los componentes, para sus diferentes funciones.	
Variador de velocidad	Variador de velocidad de 1 hp, permite variar la velocidad del motor de corte ajustando la velocidad a la adecuada.	





Tabla 12. Materiales y equipos. (Continuación)

EQUIPO/MATERIALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Bandas de transmisión	Bandas de transmisión permite mover el sistema de mezclado y peletizado de la máquina.	
Escuadras magnéticas	Las escuadras magnéticas se usan para ubicar las partes de las estructuras en un ángulo recto para ser soldados.	
Pintura anticorrosiva	Pintura anticorrosiva utilizado para pintar la estructura,	
Solvente de pintura	Solvente de pintura se usa para facilitar la aplicación de la pintura.	
Pernos, arandelas y tuercas	Pernos, arandelas, rodela a presión y tuercas elementos de unión tipo M8, M12, M16 y M20.	
Amoladora	Amoladora máquina que gira un disco y permite realizar distintas funciones como corte, pulido, entre otras.	

Tabla 12. Materiales y equipos. (Continuación)

EQUIPO/MATERIALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Taladro manual	Taladro manual es una herramienta eléctrica que permite realizar perforaciones en los elementos.	
Tronzadora	Tronzadora es una máquina eléctrica utilizada para cortar perfiles estructurales a las dimensiones y grados necesarios	
Taladro de pedestal	Taladra de pedestal se utiliza para realizar perforaciones en elementos metálicos.	
Soldadora indura	Soldadora de marca indura de 110/220 V, 60 Hz, tiene un rango de amperaje de 50-190 Amp.	
Torno	El torno nos ayuda a mecanizar piezas que conforman la máquina como la matriz de extrusión, eje de tornillo sin fin entre otras.	
Broca escalonada	Proba de tipo escalonada para acero.	
Brocas para acero	Brocas para perforaciones en acero de distintas medidas para cabida de los tornillos y tuercas.	

Tabla 12. Materiales y equipos. (Continuación)

EQUIPO/MATERIALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Remachadora	Herramienta mecánica utilizada para insertar remaches.	
Gafas de protección	Las gafas de protección es parte de la seguridad del trabajado evita cualquier incrustación de residuos en los ojos.	
Guantes de protección	Los guantes de protección evitan todo tipo de daño en las manos resultado del trabajo que se ejecuta.	
Tapones de oídos	Los tapones de oídos son importantes para reducir la contaminación auditiva producido por las máquinas en el proceso de fabricación.	
Mandil	Sirve para proteger el cuerpo de diferentes actividades que se realiza en el proceso de fabricación.	
Computadora	Equipo esencial para el desarrollo del proyecto, el cual nos permite realizar investigación, diseño entre otras tareas.	

## 2.2 Métodos de investigación

En el presente trabajo se busca fabricar una máquina capaz de producir pellets de alimento balanceado para truchas, esto es necesario aplicar distintos métodos de investigación que ayudan a determinar información y parámetros necesarios para el desarrollo del proyecto. Los tipos de métodos que se aplican son los siguientes:

### **2.2.1 Método de investigación documental**

La investigación documental de acuerdo con [50] se define como un procedimiento científico de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información con relación al tema del proyecto. Este tipo de investigación es importante para recolectar datos e información del principio de funcionamiento, parámetros de diseño y posibles materiales de construcción de la máquina mediante fuentes bibliográficas confiables como tesis, libros y artículos científicos.

### **2.2.2 Método de investigación de campo**

El método de investigación de campo según [51] se conoce como investigación directa tiene como finalidad obtener información mediante distintas técnicas en el campo de aplicación del proyecto. Este método es importante para recabar información fundamental para definir diversos criterios para el diseño y construcción de la peletizadora, desde la selección de los materiales para la construcción, seleccionar el tipo de máquina, dimensionamiento, entre otras.

### **2.2.3 Método Experimental**

El método de investigación experimental de acuerdo con [51] se define como una actividad basada en métodos y técnicas, donde se modifica parámetros con el fin de presentar actividades que no se pueden dar en condiciones normales. Este método es importante para estimar los cambios que se pueden producir en la máquina ya sea en los materiales, los componentes y la disposición de los elementos.

## **2.3 Método de diseño**

En el proyecto se emplea el diseño que de acuerdo con [52] se lo define como una actividad compuesta por varios procesos desde la identificación del problema hasta el desarrollo y prueba de la máquina. Este proceso tiene como objetivo el desarrollar y seleccionar cada componente que conformara la máquina, siguiendo una serie de pasos secuenciales necesarios para su cumplimiento con la ayuda de recursos como programas de diseño y simulación. Los programas usados en la fase de diseño facilitan

dimensionar, seleccionar y parametrizar cada parte mecánica y ejecutar posibles correcciones en el diseño antes del proceso de construcción.

### **2.3.1 Etapas de diseño**

Para el diseño del proyecto técnico se sigue un proceso que se divide en varias etapas que se relacionan entre ellas. De acuerdo con [53] las etapas de diseño son las siguientes: planteamiento del problema, recolección de información, diseño teórico, selección de materiales, simulación, construcción del prototipo y pruebas de funcionamiento.

La primera etapa del diseño es el planteamiento del problema en el cual se identifica una necesidad o una oportunidad que se pretende satisfacer mediante el diseño de maquinaria o procesos, en este caso el desarrollo de una máquina capaz de peletizar alimento balanceado para truchas. La segunda etapa es la recolección de información la cual se lleva a cabo mediante distintos métodos de investigación como: Investigación documental, Investigación de campo e investigación experimental, con las que se recolecta datos necesarios para la selección del tipo de sistemas de la máquina, para determinar parámetros de diseño, selección de componentes y selección de materiales.

La tercera etapa es el diseño teórico en la cual, con los datos obtenidos mediante los métodos de investigación, se puede parametrizar mediante cálculos y dimensionamiento cada componente de la máquina en el diseño, para desarrollar cada componente se usa programas como SolidWorks [54] enfocado en el modelado de piezas. La cuarta etapa del diseño es la selección de materiales donde se escoge los componentes y los materiales que se van a aplicar en la dosificadora, mezcladora y peletizadora.

La quinta etapa tenemos la simulación que se basan en métodos de elementos finitos, se aplica para el análisis y diagnósticos de la estructura y componentes de la máquina de factores como: desplazamientos, deformaciones, tensiones y factores de seguridad, además, de fenómenos: térmicos, acústicos, electrodinámicos, dinámicos y de flujo [55]. En este método se usa el programa ANSYS [56] en el cual se simula las cargas

aplicadas y el funcionamiento de la máquina, a partir de los datos obtenidos se realizan cambios si es necesario en el diseño con el fin de mejorar su calidad.

Al tener el diseño final de la máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora se deberá cotizar los materiales y procesos de construcción que se detallaran en el diseño para posteriormente adquirirlos. En la etapa de construcción se empezará a fabricar y adquirir los componentes, una vez obtenido los elementos se montarán las partes y se ensamblara cada componente de acuerdo con el diseño. Para finalizar se realizará pruebas de funcionamiento para corroborar que toda la máquina funcione de manera adecuada y de ella se obtenga el alimento balanceado del tamaño y características requeridas.

### **2.3.2 Análisis mediante elementos finitos**

El análisis de elementos finitos con las siglas CAE que proviene del término en inglés Computer Aided Engineering es aplicado en la simulación de la máquina peletizadora con el fin de analizar y mejorar la calidad. Este método de análisis se caracteriza por determinar un numero contable “finitos” de variables en los elementos que son sometidos a cargas y fenómenos que se pueden analizar. Estos elementos se pueden dividir en diferentes partes con diversas formas a lo que se conoce como mallado, estos elementos están entrelazados entre ellos formando nodos y puntos nodales [55].

El método de análisis por elementos finitos de acuerdo con [55] se aplica para evaluar los distintos elementos sometidos a cargas o fenómenos con el fin de determinar su eficiencia, donde se aplica criterios de resistencia, rigidez y fatiga para determinar factores de seguridad, desplazamientos, deformaciones y tensiones. Con los distintos métodos de CAE se puede analizar fenómenos como: térmico, acústico, dinámico, electromagnético y de flujos, con la ayuda del programa ANSYS [56].

#### **2.3.2.1 Tipos de análisis de elementos finitos**

En la máquina a diseñar en el proyecto se aplica los siguientes análisis mediante elementos finitos:

### **Análisis estructura mediante elementos finitos**

El análisis estructural mediante elementos finitos se aplica en los componentes que son sometidos a cargas en la máquina como la estructura, con el fin de determinar distintos factores que se presentan como: desplazamientos, deformaciones, tensiones y hasta el factor de seguridad que presenta al someterse a determinadas cargas y condiciones de servicio, donde se aplican los criterios de resistencia, rigidez o fatiga [55].

### **Análisis térmico mediante elementos finitos**

El análisis térmico mediante elementos finitos se aplica en este proyecto, con el fin de analizar la transferencia de calor presentes en los componentes del sistema de peletizado de la máquina. Este análisis estudia tres métodos de transferencia de calor los cuales son: conducción, convección y radiación [57].

## **2.4 Programas**

A continuación, se presenta los programas utilizados para el diseño de la máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora.

### **2.4.1 CES EduPack 2019**

CES EduPack [58] es un programa desarrollado para la selección de materiales de una forma versátil y simplificada. Esta selección se realiza estableciendo los parámetros de los materiales adecuados para el diseño, los cuales se puede interpretar gracias a las gráficas que proporciona el programa con respecto a las características que se buscan, brindando una lista de materiales que cumplen con los parámetros para su selección.

### **2.4.2 SolidWorks**

SolidWorks es un programa de diseño asistido por computadora, que ayuda a modelar piezas y ensamblajes en 3D el cual posee un sin número de soluciones para el desarrollo de la máquina, en donde se puede diseñar y simular mediante los datos generados por el programa para el desarrollo producto [54].



### 2.4.3 ANSYS

ANSYS es un programa computacional que sirve para determinar distintos criterios mediante el método de elementos finitos, al proporcionar las condiciones de servicio y parámetros que se aplican en los componentes. Con este programa se puede analizar distintos fenómenos como: térmico, acústico, dinámico, electromagnético y de flujos, además del análisis estructural [56].

### 2.5 Diagrama de flujo para el diseño y construcción del prototipo

En la Figura 31 se presenta un diagrama de flujo donde se detalla cada proceso que interviene en el desarrollo del proyecto.

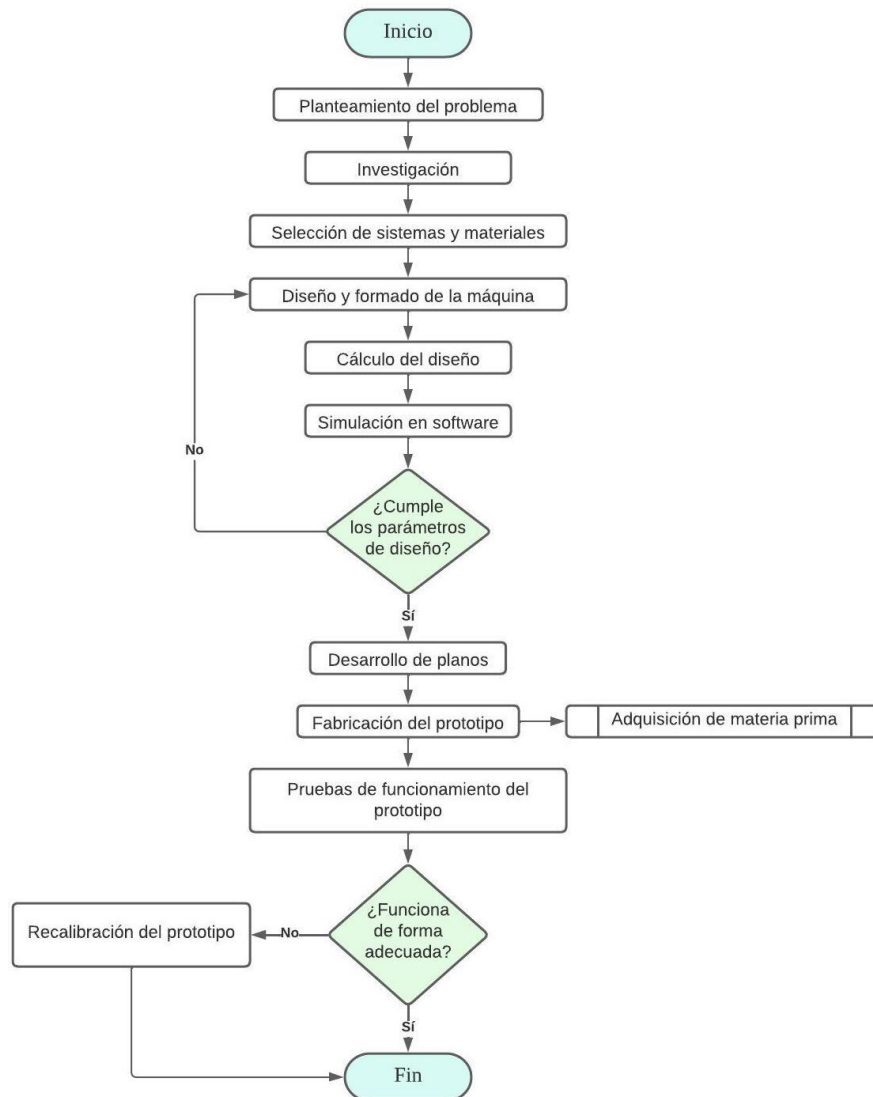


Figura 31. Diagrama de Flujo del proyecto.

## 2.6 Estudio de alternativas para la selección de máquinas

Para la elaboración de la máquina de alimentos balanceados para truchas, está constituida de tres sistemas principales que son: peletizado, mezclado y dosificado. Cada uno de estos sistemas tienen diversas opciones, de esta manera escogeremos la mejor alternativa para el diseño de la máquina en base a lo seleccionado.

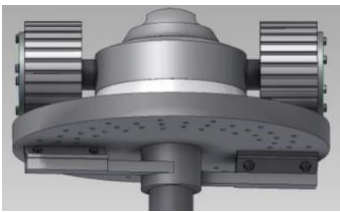

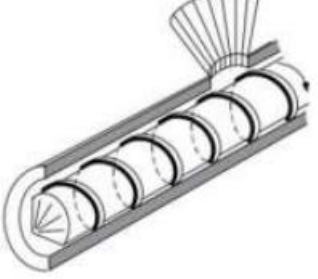
### 2.6.1 Alternativas del sistema de peletizado

En las alternativas del sistema de peletizado se consideran los tres tipos principales de peletizadoras que son: Peletizadora de matriz plana, peletizadora de matriz anular y peletizadora por extrusión como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Alternativas de sistema de peletizado [5], [32]-[59].

<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Peletizadora de matriz plana.</b>	<b>Peletizadora de matriz anular.</b>	<b>Peletizadora por extrusión.</b>
En la primera alternativa se presenta la peletizadora de matriz plana, la cual está conformado por un conjunto de rodillos que comprimen el material hacia matriz plana. Esta puede ser de dos configuraciones diferentes: la primera de rodillos móviles con matriz fija y la segunda de rodillos fijos con matriz móvil.	La segunda alternativa se presenta la peletizadora de matriz anular, la cual está conformado por una matriz de forma cilíndrica en la que, con ayuda de un conjunto de rodillos con la forma adecuada para dicha matriz, la materia es comprimida de adentro hacia afuera por el giro de los rodillos dentro de la forma de la matriz.	Como tercera alternativa se presenta la peletizadora por extrusión también conocida como extrusora, está conformado por un tornillo sin fin dentro que transporta y comprime el material hacia la matriz ubicada al final de la cámara de compresión. Esta puede ser de dos configuraciones diferentes: monohusillo y doblehusillo.
<b>Ventajas</b> Pueden procesar distintos tipos de materiales. El costo de la máquina es bajo en comparación de la matriz anular. De fácil mantenimiento.	<b>Ventajas</b> Son usadas para producción de grandes cantidades. Pueden procesar distintos tipos de materiales. Velocidad de producción alta.	<b>Ventajas</b> Proporciona flotabilidad al pellet. Mejor homogenización del material. Mejor control de velocidad.

Tabla 13. Alternativas de sistema de peletizado [5], [32]-[59]. (Continuación)

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<p><b>Desventajas</b>                      Rango de producción bajo.                      Tamaños de pellets estándar.                      Desgaste de rodillos.</p>	<p><b>Desventajas</b>                      No son utilizadas para peletizar mezclas.                      Tiene un gran consumo de energía.                      El costo es relativamente alto.</p>	<p><b>Desventajas</b>                      Difícil control de velocidad y dirección.                      Rango de producción bajo a medio.                      Procesan productos definidos.</p>
		

### 2.6.2 Ponderación de alternativas

Con las alternativas que se han propuesto se realiza una ponderación de cada alternativa frente a distintos parámetros que se toman en consideración, para la selección de los distintos sistemas y materiales. Cada alternativa de selección de los sistemas y materiales son evaluados bajo los siguientes valores, que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Ponderación de alternativas.

Ponderación	Calificación
5	Excelente
3	Regular
1	Malo

### 2.6.3 Selección del sistema de peletizado

En la Tabla 15 se presenta la ponderación de las alternativas del sistema de peletizado con los diferentes parámetros considerados para el proyecto.

Tabla 15. Selección del sistema de peletizado.

Parámetros	Alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	5	3	5
Consumo energético	5	1	3
Mantenimiento	5	1	5
Capacidad de producción	1	5	3
Flotabilidad del pellet	1	1	5
Seguridad	5	5	5
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>26</b>

Una vez culminada la ponderación de las alternativas mostradas en la Tabla 15, se selecciona la alternativa con la mayor puntuación, en este caso es la Alternativa 3 que se refiere a la peletizadora por extrusión siendo el sistema más viable para el proyecto.

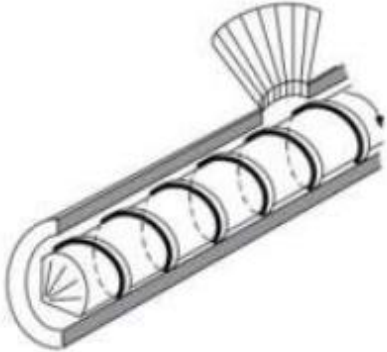
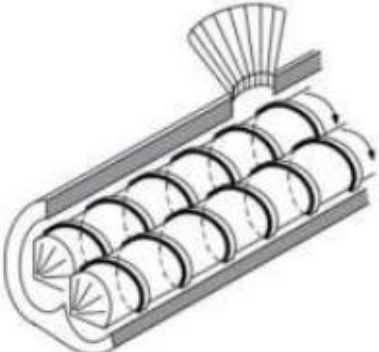
#### 2.6.4 Alternativas del tipo de peletizadora por extrusión

La ponderación de los tipos de sistemas de peletizado, nos da como mejor opción la alternativa 3 la cual se refiere a las peletizadoras por extrusión. Para seleccionar el tipo de configuración de estos sistemas de peletizado, se presentan dos alternativas: monohusillo y doblehusillo mostradas en la Tabla 16.

Tabla 16. Alternativas del sistema de peletizado por extrusión [59].

Alternativa 1	Alternativa 2
<b>Peletizadora por extrusión monohusillo.</b>	<b>Peletizadora por extrusión doblehusillo.</b>
La primera alternativa se refiere a la peletizadora por extrusión monohusillo, la cual está constituida por un solo tornillo sin fin dentro de la cámara de compresión encargada de transportar y comprimir la materia hacia la matriz.	La segunda alternativa se presenta la peletizadora por extrusión doblehusillo, está constituido por una configuración de dos tornillos sin fin dentro de la cámara de compresión que transportan la materia hacia la matriz.

Tabla 16. Alternativas del sistema de peletizado por extrusión [59]. (continuación)

<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<p><b>Ventajas</b></p> <p>El control de velocidad es bastante preciso.</p> <p>Precio de fabricación bajo en comparación al doblehusillo.</p> <p>Proporciona flotabilidad al pellet.</p>	<p><b>Ventajas</b></p> <p>La homogenización de la materia es buena en comparación al monohusillo.</p> <p>Es aplicada en el procesamiento de materia plástica.</p> <p>El control de velocidad es bastante preciso.</p>
<p><b>Desventajas</b></p> <p>Rango de producción de bajo a media.</p> <p>La homogenización de la materia es baja en comparación al doblehusillo.</p>	<p><b>Desventajas</b></p> <p>Precio de construcción elevado en comparación al monohusillo.</p> <p>El control de velocidad y dirección es difícil.</p>
	

### 2.6.5 Selección del tipo de peletizadora por extrusión

En la Tabla 17 se presenta la ponderación de las alternativas del sistema de extrusión con los diferentes parámetros considerados para el proyecto.

Tabla 17. Selección del sistema de extrusión.

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativas</b>	
	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
Costo	5	3
Consumo energético	3	1
Mantenimiento	5	3
Capacidad de producción	3	3
Flotabilidad del pellet	5	5
Seguridad	5	5
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>20</b>

Al finalizar la ponderación de las alternativas en la Tabla 17, nos da como conclusión que la alternativa 1 correspondiente a la peletizadora por extrusión monohusillo es la mejor opción para el proyecto.

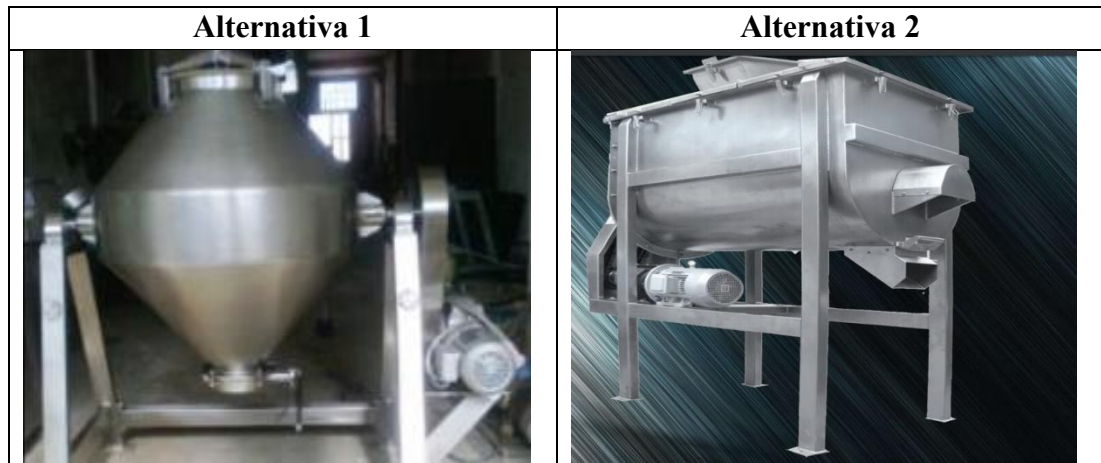
### 2.6.6 Alternativas del sistema de Mezclado

Dentro de las alternativas para el sistema de mezclado tenemos dos grupos muy importantes que se deben tomar en consideración los cuales están divididos en mezcladoras móviles (Mezcladora de doble cono, Mezcladora tipo V) y mezcladoras estáticas (Mezcladora de cinta, Mezcladora verticales de tornillo, Mezcladoras de paletas) dichos grupos se detallan de mejor manera en la Tabla 18.

Tabla 18. Alternativas del sistema de mezclado [60], [61]-[62].

<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<b>Mezcladoras móviles</b>	<b>Mezcladoras estáticas</b>
Esta máquina se caracteriza principalmente por proporcionar movimiento rotacional con la cama de mezclado sin necesitar de paletas o algo similar para combinar la materia. Todo el material que se encuentra en su interior es mezclado gracias a la gravedad y el movimiento circular que genera.	La segunda alternativa nos brinda un diseño en el cual la cámara de mezclado no gira y a su vez contiene mecanismos internos que le permite homogenizar la materia. Este tipo de sistema se emplea para mezclar diversos materiales ya sean sólidos y polvos de una manera eficiente.
<b>Ventajas</b> No hay esquinas muertas en la mezcla. El movimiento espacial multidimensional puede hacer que el material se mezcle bien. Cuando el polvo tiene buena fluidez y propiedades físicas similares se puede obtener un mezclado uniforme.	<b>Ventajas</b> Puede mezclar grandes proporciones de mezcla continuamente. Puede romper grumos que se presentan en la mezcla. Mezcla polvos semisólidos y líquidos eficientemente.
<b>Desventaja</b> La eficiencia de mezcla es baja y el tiempo de mezcla es largo. Tiene una baja tasa de carga. Cuando el polvo no tiene propiedades físicas similares no son fáciles de mezclar.	<b>Desventaja</b> Dificultad para la limpieza. Presencia de un espacio muerto. Presenta residuos en la descarga

Tabla 18. Alternativas del sistema de mezclado [60], [61]-[62]. (Continuación)



### 2.6.7 Selección del sistema de mezclado

En la Tabla 19 se presenta la ponderación de los parámetros de selección de los sistemas de mezclado.

Tabla 19. Selección del sistema de mezclado.

Parámetros	Alternativas	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	3	5
Consumo energético	5	5
Mantenimiento	5	3
Capacidad de mezclado	1	3
Eficiencia de mezclado	5	3
Seguridad	3	5
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>24</b>

Una vez ponderado los parámetros de las alternativas del sistema de mezclado, en la Tabla 19 se puede evidenciar que la alternativa 2, referente a las mezcladoras estáticas tiene la puntuación más alta, por lo tanto, se selecciona para aplicarlo en el proyecto.

### 2.6.8 Alternativas de mezcladoras estáticas

En la ponderación de alternativas de los sistemas de mezclado, nos da como mejor opción la alternativa 2 que se refiere a las mezcladoras estáticas. Para seleccionar el

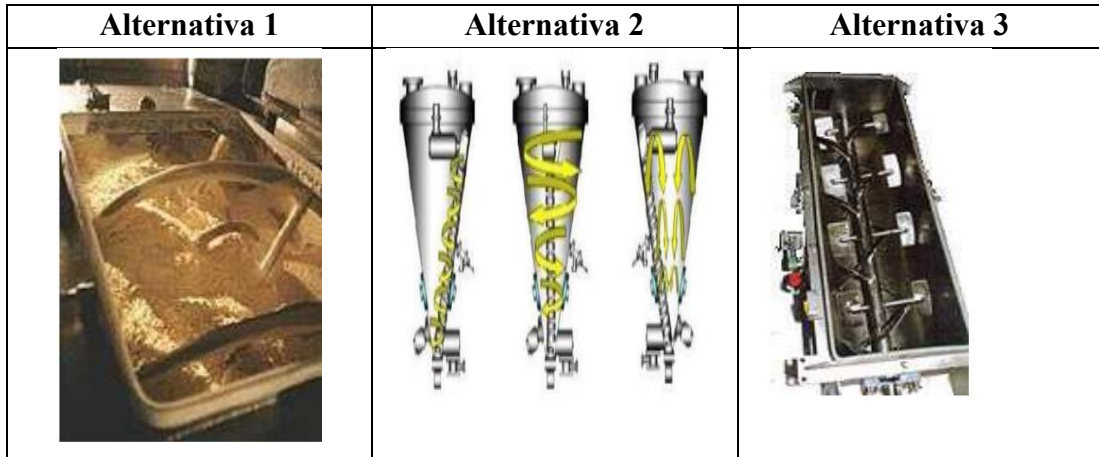
tipo de mezcladora estática se presenta las siguientes alternativas: mezcladora por cinta, mezcladora vertical de tornillo y mezcladora de paletas como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Alternativas de mezcladoras estáticas [60], [61].

<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Mezcladoras de cinta</b>	<b>Mezcladoras verticales de tornillo</b>	<b>Mezcladoras de paletas</b>
Posee un eje central que atraviesa la cámara de mezclado, con un juego de paletas en forma de hélice. Esta máquina se utiliza comúnmente para mezclar diferentes materiales como polvos y granulados.	Esta alternativa nos proporciona una máquina que contiene una tolva en forma vertical y cónica. En el centro posee un tornillo sin fin para mover a los componentes hacia abajo. Este sistema es ideal para incorporar cantidades reducidas de materia.	Como tercera alternativa tenemos una máquina que consta de un sistema de paletas que se encuentran en el interior de la tolva o cámara de mezclado conectadas a un eje principal. Se emplea para homogenizar materiales gruesos y viscosos.
<b>Ventajas</b> Tiene movimiento radial y axial. Mezclado mediante cizallamiento. Mezclador de velocidad baja. Moderado consumo de energía. Buen barrido del material. Rompimiento de partículas debido al roce de las cintas y de la carcasa. Mezcla polvos semisólidos y líquidos.	<b>Ventajas</b> Mezclado rápido. Consumo medio de energía. Rompimiento de los aglomerados. Útiles cuando se debe incorporar una parte pequeña de producto. Mezclado por convección (movimiento planetario del tornillo sin fin)	<b>Ventajas</b> Puede mezclar polvos semisólidos y líquidos eficientemente. Rompimiento de grumos. Mezclador de velocidad baja. Moderado consumo de energía. Tiene movimiento radial y axial.
<b>Desventajas</b> Difícil limpieza. Se genera abrasión. Velocidad lenta de mezclado.	<b>Desventajas</b> No mezcla materiales granulados. Produce algo de abrasión. Dificultad para limpieza.	<b>Desventajas</b> Dificultad para limpieza. Velocidad lenta de mezclado. Posee partes muertas de mezcla.



Tabla 20. Alternativas de mezcladoras estáticas [60], [61]. (Continuación)



### 2.6.9 Selección de mezcladoras estáticas

En la Tabla 21 se presenta la ponderación de los parámetros de selección de las mezcladoras estáticas.

Tabla 21. Selección de mezcladoras estáticas.

Parámetros	Alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	3	1	5
Consumo energético	3	1	3
Mantenimiento	3	3	3
Capacidad de mezclado	3	5	3
Eficiencia de mezclado	5	3	5
Seguridad	5	5	5
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>24</b>


Una vez ponderadas las alternativas referentes a las mezcladoras estáticas, en la Tabla 21 se puede evidenciar que la alternativa 3 sobre mezcladoras de paletas tiene la puntuación más alta, por lo tanto, este tipo de mezcladora se aplica en el proyecto.

### 2.6.10 Alternativas del sistema de dosificado

Dentro de las alternativas para el sistema de dosificado tenemos dos grupos muy importantes que se deben tomar en consideración los cuales están divididos en

dosificadores Volumétricos y dosificadores gravimétricos dichos sistemas se detallan de mejor manera en la Tabla 22.

Tabla 22. Alternativas de sistema de dosificación [40], [42].

<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<b>Dosificadores volumétricos</b>	<b>Dosificadores gravimétricos</b>
<p>Esta máquina se caracteriza principalmente por controlar el sistema del flujo mediante su volumen. Consta de un disco giratorio con diferentes vasos el cual gira con ayuda de un servomotor. En este tipo de dosificadoras es necesario determinar las porciones volumétricas requeridas.</p>	<p>La segunda alternativa se emplea para productos de forma heterogénea como los sólidos granulados. Consta de una o más células que están integradas en el mecanismo, de esta manera miden el producto que se quiere dosificar.</p>
<p><b>Ventajas</b>            Bajo costo en comparación a la gravimétricas.            Fácil operación.            Diseñada para trabajar con productos homogéneos.            Fácil mantenimiento.            Menor consumo energético.</p>	<p><b>Ventajas</b>            Taza de error menor a las volumétricas.            Mide la masa.            Compensan automáticamente el cambio de variaciones.            Posee sistemas automáticos.</p>
<p><b>Desventaja</b>            No mide la masa.            Se calibra en función del material.            No compensan de forma automática los cambios del material.</p>	<p><b>Desventaja</b>            Dificultad para el mantenimiento.            Dificultad para dosificar polvos.            Se necesita personal capacitado para su manejo.            Mayor consumo energético.</p>
	

### 2.6.11 Selección del sistema de dosificado

En la Tabla 23 se presenta la ponderación de los parámetros de selección de los sistemas de dosificado.

Tabla 23. Ponderación del sistema de dosificado.

Parámetros	Alternativas	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	5	1
Consumo energético	5	3
Mantenimiento	5	1
Facilidad de operación	5	3
Eficiencia de dosificado	3	5
Seguridad	5	5
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>18</b>

Una vez ponderado los parámetros de las alternativas del sistema de dosificado, en la Tabla 23 se puede evidenciar que la alternativa 1, referente a los dosificadores volumétricos tiene la puntuación más alta, por lo tanto, se selecciona como mejor opción para el proyecto.

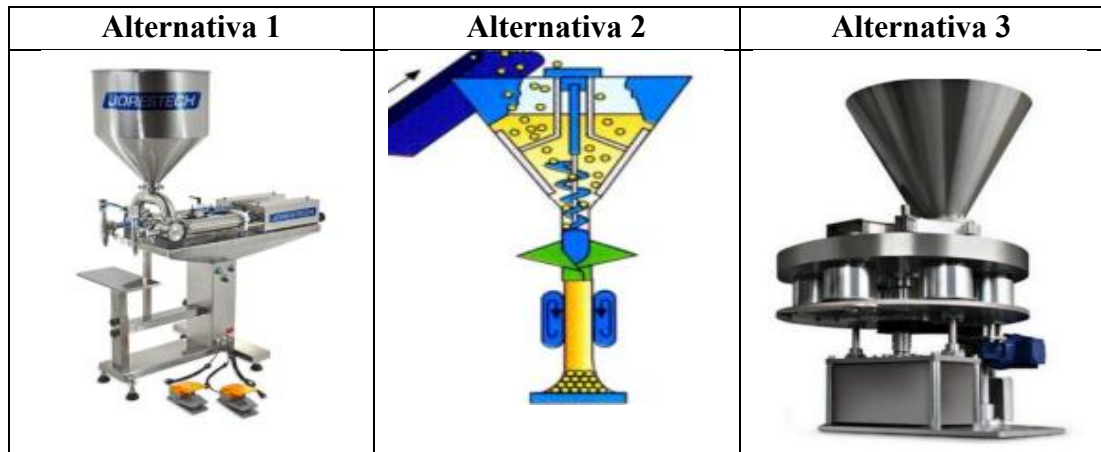
### 2.6.12 Alternativas de dosificadores volumétricos

En la selección de alternativas de los sistemas de dosificado, nos da como mejor opción la alternativa 1 que se refiere a dosificadores volumétricos. Para seleccionar el tipo de dosificador volumétrico más eficiente se presenta las siguientes alternativas: dosificador de pistón, dosificador de tornillo sin fin y dosificador de vasos telescópicos como muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Alternativas de dosificadores volumétricos [40], [42].

<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Dosificador de pistón</b>	<b>Dosificador de tornillo sin fin</b>	<b>Dosificador de vasos telescópicos</b>
Posee una bomba dosificadora conformada por (un pistón, una Cámara de dosificado y una configuración de válvulas de 3 vías). La materia se introduce por una tolva a través de una tubería, hasta llenar la cámara para que posteriormente se active el pistón.	La alternativa 2 trata sobre un dosificador de tornillo sin fin, el cual se encuentra en el interior de la tolva. Normalmente este sistema se ocupa en productos de difícil deslizamiento. El sistema fue diseñado para productos en polvo que contengan cierto grado de humedad.	En la alternativa 3, dosificador de vasos telescópicos el operario debe determinar la cantidad adecuada, todo esto depende del volumen que presenta el material que se desea dosificar. El sistema de funcionamiento puede ser manual o semiautomático el control de giro.
<b>Ventajas</b> Se emplea para productos líquidos y semilíquidos. La temperatura no influye en la dosificación. La dosificación se da mediante un proceso mecánico. Bajo consumo energético.	<b>Ventajas</b> Tiene un funcionamiento continuo. Se utilizan para productos de difícil deslizamiento. Posee un variador de tensión y velocidad dependiendo de la necesidad. Bajo consumo energético.	<b>Ventajas</b> Son eficientes para polvos, granulados y Su dosificación es más rápida en comparación a otros dosificadores. Costo de fabricación es bajo. Los vasos telescópicos son intercambiables. Requiere menos mantenimiento. Bajo consumo energético.
<b>Desventajas</b> Difícil limpieza. Difícil mantenimiento. Costo elevado. Ciclo de accionamiento lento.	<b>Desventajas</b> Mantenimiento relativamente difícil. Ciclo de dosificación lenta. Cantidad de dosificado pequeña por cada ciclo.	<b>Desventajas</b> Son menos precisas. No mide masa. Se calibra en función del material.

Tabla 24. Alternativas de dosificadores volumétricos [40], [42]. (Continuación)



### 2.6.13 Selección de dosificador volumétrico

En la Tabla 25 se presenta la ponderación de los parámetros de selección de las alternativas de los diferentes dosificadores volumétricos.

Tabla 25. Ponderación de dosificadores volumétricos.

Parámetros	Alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	3	3	5
Consumo energético	5	5	5
Mantenimiento	1	3	5
Facilidad de operación	5	5	5
Eficiencia de dosificado	5	3	3
Seguridad	5	5	5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>28</b>

Una vez culminada la ponderación de los parámetros de cada alternativa como se muestra en la Tabla 25, nos da como conclusión que la alternativa 3 es la mejor opción para aplicar en el proyecto.

### 2.6.14 Alternativas de controles eléctricos

Se presentan tres posibles alternativas de sistemas de control eléctrico aplicable en el proyecto las cuales se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26. Alternativas de controles eléctricos [53], [63].

<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Control manual</b>	<b>Control semiautomático</b>	<b>Control automático</b>
En la alternativa 1 se presenta el control manual, este control es muy simple debido a que se aplica manualmente el inicio del sistema. Por lo general este sistema de control se aplica directamente en la máquina.	La alternativa 2 trata sobre el control semiautomático, en este sistema se emplea componentes como: pulsadores, interruptores, combinadores, entre otras. Se emplea para controlar los procesos de una forma más eficiente a través de una caja de mando.	En el control automático se inicia encendiendo el equipo de forma manual a través de un pulsador y posteriormente se regula automáticamente a través de controladores PLC optimizando procesos y mejorando el desempeño.
<b>Ventajas</b> Fácil manipulación. Tiene un costo de aplicación económico. Fácil mantenimiento No consume energía. No necesita programación.	<b>Ventajas</b> Aumenta la eficiencia de la máquina. Posee controles de voltaje. Tiene alto índice de seguridad para el operario. Costo de aplicación relativamente bajo. Consumo energético relativamente bajo	<b>Ventajas</b> Calibración automática. Seguridad alta para los operarios. Posee controles de voltaje. Control eficiente de los procesos. Alto índice de calidad en el producto.
<b>Desventajas</b> Control de calidad inapropiado Bajo parámetro de seguridad para el operario. Accionamiento relativamente lento Riesgo de fallo mecánico.	<b>Desventajas</b> Fácil mantenimiento. Necesita programación. Cantidad de dosificado pequeña por cada ciclo.	<b>Desventajas</b> Difícil mantenimiento. Costo de aplicación alto. Alto consumo de energía. Necesita Programación de los controladores PLC.

### 2.6.15 Selección de controles eléctricos

En la Tabla 27 se presenta la ponderación de parámetros de las distintas alternativas de controladores eléctricos.

Tabla 27. Ponderación de controles eléctricos.

Parámetros	Alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	5	3	1
Consumo energético	5	5	1
Mantenimiento	5	5	1
Facilidad de operación	5	3	1
Eficiencia	1	5	5
Seguridad	1	5	5
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>14</b>

Como nos muestra la Tabla 27 la alternativa más viable de controladores eléctricos es la alternativa 2 referente al control semiautomático. Este tipo de controlador nos brinda distintos beneficios al momento de controlar el proyecto.

#### 2.6.16 Resumen de alternativas seleccionadas

En la Tabla 28 se muestra las distintas alternativas seleccionadas para el desarrollo del proyecto.

Tabla 28. Resumen de alternativas seleccionadas.

Sistema	Alternativas	
Sistema de Peletizado	Alternativa 1	Peletizadora por extrusión monohusillo
Sistema de mezclado	Alternativa 3	Mezcladoras de paletas
Sistema de dosificado	Alternativa 3	Dosificador de vasos telescópicos
Sistema de control eléctrico	Alternativa 2	Control semiautomático

## 2.7 Cálculos de diseño

Los cálculos para el diseño se presentan a continuación:

### 2.7.1 Dimensionamiento del tornillo

Para el dimensionamiento del tornillo sinfin extrusor se realiza los siguientes cálculos:

### Diámetro del tornillo

Para determinar el diámetro adecuado que debe tener el tornillo se usa como referencia el diámetro interno de la cámara de compresión que tiene un valor 50 *mm* mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{D_i}{1.006} \quad \text{Ec. ( 1 )}$$

Donde:

$D_i$ : Diámetro interno de la cámara de compresión [*mm*]

$D$ : Diámetro del tornillo sinfín [*mm*]

Tabla 29. Diámetro de tornillo.

Termino	Valor [ <i>mm</i> ]
$D_i$	50
$D$	49,7

### Relación de compresión

La relación de compresión nos ayuda a determinar la presión que se ejerce en el material a medida que pasa por la cámara de compresión y está dada por la siguiente ecuación:

$$\beta = \frac{h_1}{h_2} \quad \text{Ec. ( 2 )}$$

Donde:

$h_1$ : profundidad de la zona de alimentación [*mm*]

$h_2$ : profundidad de la zona de extrusión [*mm*]

$\beta$ : relación de compresión

Los valores de dimensionamiento para el tornillo sinfín de profundidad en las diferentes zonas y el espesor del filete se muestra en la Tabla 30, en función del



diámetro, Para lo cual se estima el valor del espesor de 5 mm y los valores de profundidad en las distintas zonas se determina mediante el diámetro del eje del tornillo como se muestra en los pasos siguientes.

Tabla 30. Parámetros de dimensionamiento del tornillo sinfín [64].

Diámetro (D)	Paso (t)	Profundidad del canal en la zona de alimentación (H <sub>1</sub> )	Profundidad del canal en la zona de extrusión (H <sub>2</sub> )	Anchura de cresta (e)
32	32	6	1.9	3.8
45	45	8	2.1	5
63	63	9.6	2.4	6.3
90	90	11.2	2.8	9
125	125	13.5	3.2	12
160	160	15	3.7	15

Para determinar los valores de profundidad de la zona de alimentación y extrusión se utiliza la ecuación que se muestra a continuación, se toma como datos que el eje del tornillo sinfín de la zona de alimentación es de 30 mm y en la zona de extrusión en diámetro del eje es de 40 mm.

$$d_i = D - 2h_i \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

$d_i$ : Diámetro del eje en las zonas de alimentación y extrusión [mm]

$h_i$ : Profundidad de la zona de alimentación y extrusión [mm]

En la Tabla 31 se presenta el resultado de la relación de compresión para el diámetro nominal del tornillo sinfín, los valores de profundidad de las respectivas zonas y el espesor del filete, estos valores se obtienen mediante la interpolación. Para obtener la relación de compresión se reemplazan los datos en la ecuación anterior.

Tabla 31. Relación de compresión.

Termino	Valor	Unidades
$D$	49,7	mm
$d_1$	30	mm
$d_2$	40	mm
$h_1$	9,45	mm
$h_2$	4,45	mm

Tabla 31. Relación de compresión. (Continuación)

Termino	Valor	Unidades
$e$	5	$mm$
$\beta$	3,81	

### Paso del tornillo

El paso del tornillo es la distancia entre dos filetes como se muestra en Figura 32, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t = 0,8 * D \quad \text{Ec. ( 4 )}$$

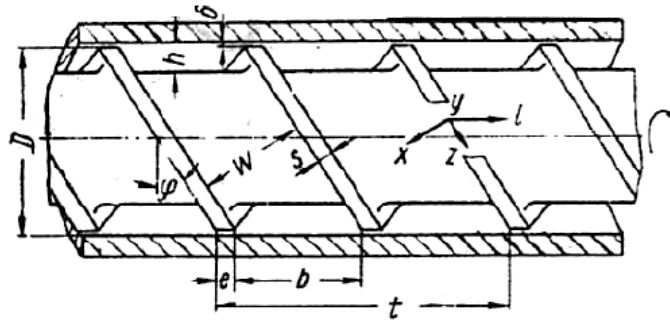


Figura 32 . Paso del tornillo sin fin [65].

Donde:

$t$ : Diámetro del tornillo sin fin

Tabla 32. Paso del tornillo sin fin.

Termino	Valor [mm]
$D$	49,7
$t$	39,76

### Ángulo de hélice

El ángulo de hélice es el grado de inclinación del filete con respecto al eje del tornillo como se ve en la Figura 33, la ecuación que se utiliza para determinar el ángulo de inclinación es la siguiente:

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{t}{\pi * D}\right) \quad \text{Ec. ( 5 )}$$

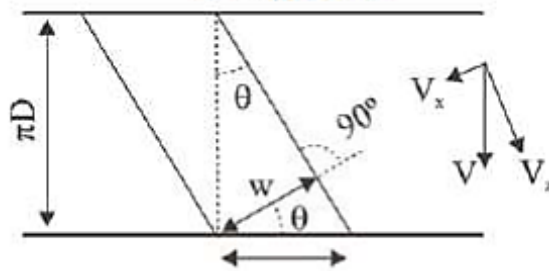


Figura 33. Ilustración ángulo de hélice [35].

Donde:

$\varphi$ : Ángulo de hélice

$S$ : Paso diametral [ $mm$ ]

Para el cálculo del ángulo de hélice se utiliza un paso diametral de  $20\text{ mm}$ .

Tabla 33. Ángulo de hélice.

Termino	Valor	Unidades
$D$	49,7	$mm$
$t$	39,76	$mm$
$\varphi$	14,29	$grados$

### Ancho del canal

El ancho del canal es la distancia que hay entre el final de un filete y el comienzo del otro como se ve en la Figura 32, este se le calcula con la siguiente ecuación:

$$W = S * \cos \varphi - e \quad \text{Ec. ( 6 )}$$

Donde:

$W$ : Ancho del canal [ $mm$ ]

Tabla 34. Ancho de canal.

Termino	Valor [mm]
<i>e</i>	5
<i>S</i>	20
<i>W</i>	14,38

### Huelgo radial

El huelgo radial es la holgura que existe entre el tornillo y la cámara de compresión, la ecuación para determinar este valor es la siguiente:

$$\delta = 0,003 * D \quad \text{Ec. ( 7 )}$$

Donde:

$\delta$ : Huelgo radial [*mm*]

Tabla 35. Huelgo radial.

Termino	Valor [mm]
<i>D</i>	49,7
$\delta$	0,149

### Velocidad angular requerida para el tornillo

La velocidad angular del tornillo sinfín son el número de vueltas que completa cada minuto, dicha velocidad es impulsada por un motor y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\dot{\gamma} * h_2 * 1s}{\pi * D} \quad \text{Ec. ( 8 )}$$

Donde:

$\eta$ : Velocidad angular [*rpm*]

$\dot{\gamma}$ : Velocidad de corte [ $S^{-1}$ ]

La velocidad de corte se determina mediante la Figura 34 donde se identifica el proceso de extrusión que tiene un rango que va desde los 10 hasta  $10^3 \text{ S}^{-1}$ , para este caso se toma un valor de  $20 \text{ S}^{-1}$ .

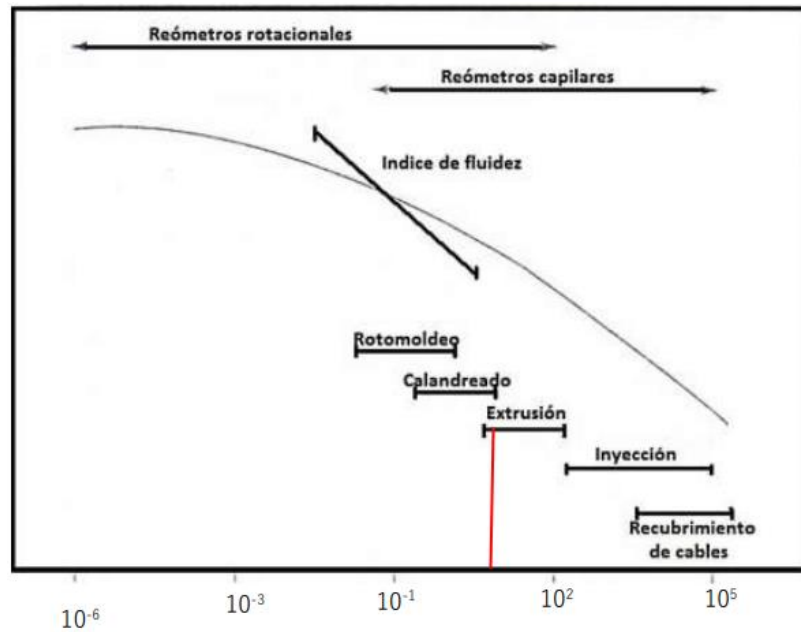


Figura 34. Velocidad de corte [59].

Una vez determinado el valor de la velocidad de corte para la extrusión, la velocidad angular del tornillo se muestra en la

Tabla 36. Revoluciones requeridas.

Termino	Valor	Unidades
$\dot{\gamma}$	20	$\text{S}^{-1}$
$h_2$	4,85	mm
$D$	49,7	mm
$\eta$	37,27	rpm

Con el fin de seleccionar las revoluciones requeridas que debe generar el motor como se muestra en Tabla 36 se le aproxima a un valor estándar en relaciones a motores en el mercado, siendo así el valor resultante es de  $37,27 \text{ rpm}$  se lo lleva hasta  $50 \text{ rpm}$ .

### Potencia requerida

La potencia requerida es la rapidez de extrusión o mejor definida como el trabajo por unidad de tiempo que se calcula con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\eta * \pi * D^3}{K^2} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

$N$ : Potencia requerida [ $Hp$ ]

$K$ : Factor de proporcionalidad

Para calcular la potencia requerida es necesario determinar el factor de proporcionalidad que de acuerdo con [66] tiene un valor de 66,7.

Tabla 37. Potencia requerida.

Termino	Valor	Unidades
$K$	66,7	
$\eta$	37,27	$rpm$
$D$	49,7	$mm$
$N$	4,33	$Hp$

El valor que se obtiene en la potencia requerida es de 3231,58  $W$ , al transformarle en  $Hp$  da un valor de 4,33  $Hp$ , pero para la selección del motor se aproxima ese valor a 5  $Hp$ .

### Coeficiente de forma geométrica

Para determinar el coeficiente de forma geométrica es importante conocer la geometría que presenta el cabezal para seleccionar la ecuación adecuada como se muestra en la Tabla 38, en este caso se utiliza un canal para malla filtrante debido a que la configuración de la máquina tiene una matriz con una secuencia de perforaciones para formar los pellets.

Tabla 38. Constante de cabezal de acuerdo con su forma [67].

Tipo de canal	Formula	Nomenclatura
Para canal cilíndrico	$k_1 = \frac{\pi * d^4}{128 * L}$	d: diámetro de canal L: Longitud de canal
Para malla filtrante	$k_2 = \frac{\pi * n * d_o^4}{128 * b}$	n: Cantidad de orificios do: Diámetro de orificios en la malla

Tabla 38. Constante de cabezal de acuerdo con su forma [67]. (Continuación)

Tipo de canal	Formula	Nomenclatura
Para canal cónico con el diámetro menor en la salida del material	$k_3 = \frac{3\pi * d_o^3 * d_1^3}{128L(d_o^2 + d_o d_1 + d_1^2)}$	do: Diámetro de material en entrada anular cilíndrico d1: Diámetro de canal anular de material en la salida
Para canal anular cilíndrico	$k_4 = \frac{\pi}{8L} \left[ R_e^4 - R_i^4 - \frac{(R_e^2 - R_i^2)}{2.3lg \frac{R_e}{R_i}} \right]$	Re: Diámetro exterior Ri: Diámetro interior
Para canal anular cónico	$k_5 = \frac{\pi(R_o \delta_2 - R_1 \delta_1)}{6Lm}$	Ro: Radio medio entrada R1: Radio medio salida $\delta_1$ : Ancho de la rendija en la entrada $\delta_2$ : Ancho de la rendija en la salida m: Coeficiente
Para canal de rendija con sección rectangular y trapezoidal	$k_6 = \frac{bh^3}{12L}$ $k_7 = \frac{b_1 h_1^2 h_2^2}{6L(h_1 + h_2)}$	b: Longitud de la rendija h: Ancho de la rendija h1: Ancho de la rendija en la entrada h2: Ancho de la rendija en la salida
Canal de sección transversal cualquiera	$k_8 = \frac{F^3}{2L_1 P}$	F: Sección transversal de la malla P: Perímetro de la sección L1: Longitud de la canal

De acuerdo con la configuración de la matriz del proyecto, debido a que la peletizadora posee una matriz intercambiable se calcula el coeficiente de forma para dos tipos de matices usando la siguiente ecuación:

$$k_2 = \frac{\pi * n * d_o^4}{128 * b} \quad \text{Ec. ( 10 )}$$

Donde:

$K_2$ : Coeficiente de forma Geométrica para malla filtrante. [ $mm^3$ ]

$d_o$ : Diámetro de orificios de la matriz [mm]

$b$ : Espesor de la matriz [mm]

$n$ : Cantidad de orificios de la matriz

Para una matriz con un espesor de 20 mm que cuenta con 22 perforaciones en su configuración que tiene un diámetro de 6 mm cada una, se muestra en la Tabla 39 el coeficiente de forma que se calcula con la ecuación 11.

Tabla 39. Coeficiente de forma matriz de 22 perforaciones.

Termino	Valor	Unidades
$d_0$	6	mm
$b$	20	mm
$n$	22	
$K_2$	34,98	mm <sup>3</sup>

Para una matriz con un espesor de 20 mm que cuenta con 44 perforaciones en su configuración que tiene un diámetro de 3 mm cada una, se muestra en la Tabla 40 el coeficiente de forma que se calcula con la ecuación 11.

Tabla 40. Coeficiente de forma matriz de 44 perforaciones.

Termino	Valor	Unidades
$d_0$	3	mm
$b$	20	mm
$n$	44	
$K_2$	4,37	mm <sup>3</sup>

Una vez que se obtiene el coeficiente de forma geométrica para las configuraciones de matrices que se obtienen para el proyecto, se determina el coeficiente de forma total con la ecuación que se muestra a continuación:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\sum K_1} + \frac{1}{\sum K_2} + \frac{1}{\sum K_i}} \quad \text{Ec. ( 11 )}$$

Donde:

$K$ : Coeficiente de forma geométrica [mm<sup>3</sup>]

Con la ecuación 12 se calcula la forma geométrica total del cabezal de la peletizadora, debido a que su configuración es de malla filtrante, se toma los datos de los



coeficientes de malla filtrante de las dos matrices aplicadas como se indica en la Tabla 41.

Tabla 41. Coeficiente de forma.

Termino	Valor [mm <sup>3</sup> ]
$K_21$	34,98
$K_22$	4,7
$K$	3,88

### Caudal

El caudal de la peletizadora indica el volumen de material que transforma en una cantidad determinada de tiempo y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{A * \text{ctn } \varphi * \left( \frac{L_1}{h_1^2} + \frac{L_2}{h_1 h_2} + \frac{L_3}{h_2^2} \right)}{\frac{\varphi}{K} + \text{csc } \varphi^2 * \left( \frac{L_1}{h_1^3} + \frac{L_2(h_1 + h_2)}{2h_1^2 h_2} + \frac{L_3}{h_2^3} \right)} \quad \text{Ec. ( 12 )}$$

Donde:

$Q$ : Caudal de material procesado [ $m^3/h$ ]

$A$ : Coeficiente dado por la velocidad angular y la superficie [ $mm^2/min$ ]

$L_1$ : Longitud de la zona de alimentación [ $mm$ ]

$L_2$ : Longitud en la zona de compresión [ $mm$ ]

$L_3$ : Longitud en la zona de extrusión [ $mm$ ]

El coeficiente dado por la velocidad angular y la superficie se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi^2 * D^2 * \eta}{2} \quad \text{Ec. ( 13 )}$$

Con los valores calculados anteriormente como el diámetro y las revoluciones requeridas se determina el coeficiente A, como se detalla en la Tabla 42.

Tabla 42. Valor de A

Termino	Valor	Unidades
$D$	49,7	$mm$
$\eta$	50	$rpm$
$A$	609514,16	$mm^2/min$

Para el cálculo del caudal se utiliza la ecuación 13, para el tornillo se define las siguientes longitudes: la zona de alimentación mide 300  $mm$ , la zona de compresión mide 250  $mm$  y la zona de extrusión mide 50  $mm$

Tabla 43. Caudal de peletizado.

Termino	Valor	Unidades
$D$	49,7	$mm$
$A$	609514,16	$mm^2/min$
$K$	3,88	$mm^2$
$L_1$	300	$mm$
$L_2$	250	$mm$
$L_3$	50	$mm$
$h_1$	9,85	$mm$
$h_2$	4,85	$mm$
$\varphi$	14,29	$grados$
$Q$	855257,28	$\frac{mm^3}{min}$

Como resultado nos da un caudal de peletizado de 855257,28  $mm^3/min$  se expresa en la Tabla 43 los cuales se transforman a  $m^3/h$  por tanto el valor resultante es de 0,0513  $m^3/h$ .

### Flujo de producción

El flujo de producción es la cantidad de producto procesado en una determinada cantidad de tiempo y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_p = Q * \rho \quad \text{Ec. ( 14 )}$$

Donde:

$Q_p$ : Flujo de producción de la peletizadora [ $kg/h$ ]

$\rho$ : Densidad [ $kg/m^3$ ]

Se toma en cuenta que la densidad del material a ingresar de acuerdo con [68] tiene un promedio de  $1027,2 kg/m^3$ .

Tabla 44. Flujo de producción.

Termino	Valor	Unidades
$Q$	0,0513	$m^3/h$
$\rho$	1027,2	$kg/m^3$
$Q_p$	52,71	$kg/h$

El valor del flujo de producción se indica en la Tabla 44 se define como la cantidad de alimento balanceado en kilogramos producido por una hora por la peletizadora la cual nos indica que será  $52,71 kg/h$ .

### 2.7.2 Dimensiones calculadas del tornillo sinfín

En la Tabla 45 Se presenta el resumen de los valores determinados para el dimensionamiento de la máquina, que se han calculado para el diseño del tornillo, algunos de estos valores serán aproximados por motivo de facilidad de selección de equipo que se encuentra estandarizado en el mercado, como la selección del motor.

Tabla 45. Dimensiones del tornillo sinfín.

Termino	Símbolo	Valor	Unidades
Diámetro del tornillo	$D$	49,7	$mm$
Paso del tornillo	$t$	39,76	$mm$
Espesor de hélice	$e$	5	$mm$
Relación de compresión	$\beta$	2.03	
Ángulo de hélice	$\varphi$	14,29	$grados$
Ancho del canal	$W$	14,38	$mm$
Huelgo radial	$\delta$	0,149	$mm$
Velocidad angular	$\eta$	50	$rpm$
Potencia requerida	$N$	5	$Hp$
Longitud de la zona de alimentación	$L_1$	300	$mm$
Longitud de la zona de compresión	$L_2$	250	$mm$
Longitud de la zona de extrusión	$L_3$	50	$mm$
Diámetro del eje en la zona de alimentación	$d_1$	30	$mm$
Diámetro del eje en la zona de extrusión	$d_2$	40	$mm$

Tabla 45. Dimensiones del tornillo sinfín. (Continuación)

<b>Termino</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Longitud del tornillo	$L$	600	$mm$
Caudal de material procesado	$Q$	0,0513	$m^3/h$
Flujo de producción de la peletizadora	$Q_p$	52,71	$kg/h$

### 2.7.3 Cálculos de fuerza y esfuerzos producidos en el husillo

Para calcular los esfuerzos y factor de seguridad permisibles que se aplica en el tornillo sinfín, se toma al elemento como un eje empotrado en uno de sus extremos, las ecuaciones aplicadas se guían en el libro de diseño en ingeniería mecánica [69], lo cual nos ayudará a revisar las dimensiones que se calcularon anteriormente.

#### Torque

El torque es la fuerza de giro que tiene el tornillo sinfín y se calcula con la siguiente fórmula:

$$T = K * \frac{N}{\eta} \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde:

$T$ : Torque [ $N * m$ ]

$K$ : Constante de proporcionalidad en el sistema métrico [ $N * m$ ]

En el cálculo del torque se necesita conocer el valor de la constante de proporcionalidad métrica que de acuerdo con [66] nos dice que es  $9550 N * m$ , además, los valores de la potencia y las revoluciones requeridas para el tornillo, en la Tabla 46 se muestra el valor del torque.

Tabla 46. Torque.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
$K$	9550	$N * m$
$\eta$	50	$rpm$
$N$	3,72	$kw$
$T$	712,14	$N * m$

### Relación del diámetro del husillo

La relación del diámetro para el tornillo sinfín, se da entre los diámetros del eje en las zonas de alimentación y extrusión por la siguiente ecuación:

$$u = \frac{d_1}{d_2} \quad \text{Ec. ( 16 )}$$

Donde:

$u$ : Relación de diámetros

$d_1$ : Diámetro del eje en zona de alimentación [ $mm$ ]

$d_2$ : Diámetro del eje en zona de extrusión [ $mm$ ]

Aplicando la ecuación 18 se determina que el diámetro del eje en la zona de alimentación es de 32,9  $mm$  y de la zona de extrusión es de 45,3  $mm$ . Por lo tanto, la relación entre diámetros se detalla en la Tabla 47.

Tabla 47. Relación de diámetros.

Termino	Valor	Unidades
$h_1$	9,85	$mm$
$h_2$	4,85	$mm$
$d_1$	30	$mm$
$d_2$	40	$mm$
$u$	0,75	

### Superficie transversal del tornillo sinfín

La superficie transversal del tornillo es el área del eje y las hélices del tornillo y se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} * (1 - u^2) \quad \text{Ec. ( 17 )}$$

Donde:

$S$ : Superficie transversal del tornillo [ $mm^2$ ]

El valor de la superficie transversal del tornillo se muestra en la Tabla 48.

Tabla 48. Superficie transversal del tornillo.

Termino	Valor	Unidades
<i>D</i>	49,7	<i>mm</i>
<i>u</i>	0,75	
<i>S</i>	848,78	<i>mm<sup>2</sup></i>

### Presión máxima generada

Al momento de procesar el balanceado a través de la cámara de compresión, es forzada mediante el tornillo y generar una presión mientras el material pasa por la zona de extrusión su presión aumenta y esta se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_{max} = \frac{6 * \pi * D * L * N * \mu}{h_2^2 * \tan \varphi} \quad \text{Ec. ( 18 )}$$

Donde:

$P_{max}$ : Presión máxima del tornillo [*MPa*]

*L*: Longitud total del tornillo [*mm*]

$\mu$ : Viscosidad efectiva [*Pa \* s*]

Para calcular la presión máxima es necesaria determinar la viscosidad efectiva del material a procesar la cual es una mezcla de productos adecuados para la nutrición de la trucha, de acuerdo con [68] se toma la combinación de la mezcla del alimento balanceado EX5 como se muestra en la Figura 35 la cual nos señala que  $P_{max} = 596,3 \text{ Pa} * s$ , el análisis esta adecuado para la peletización del alimento a través de la extrusión.

ENo	Feed mix	Apparent viscosity (Pa s)	Starch gel <sup>a</sup> (%)	Hardness (N)	SEI	Extrudate density (kg m <sup>-3</sup> )	Closed porosity (%)	Open porosity (%)	Total porosity (%)	Solid SV ratio (× 10 <sup>-3</sup> /μm)	MCWT μm	MCS μm	Connectivity density (× 10 <sup>-7</sup> /μm <sup>3</sup> )
1	EX7	705.7	88.5	241.0	1.25	983.8	0.48	36.4	39.6	65.6	47.1	136.70	88.9
2	EX6	673.9	91.8	179.2	1.30	942.3	0.25	46.5	46.6	90.0	37.7	132.74	154.4
3	EX11	1023.9	85.5	209.5	1.30	980.5	0.49	41.9	42.1	73.8	42.5	136.60	102.1
4	EX2	858.6	89.1	232.3	1.18	1095.2	0.56	36.2	36.5	53.1	58.0	152.04	76.4
5	EX5	596.3	91.0	225.8	1.15	1027.2	0.79	36.7	37.2	54.1	53.3	141.49	76.9
6	EX3	398.0	92.0	198.6	1.10	1030.7	0.80	42.3	42.8	77.3	36.6	127.65	95.6
7	EX14	705.4	89.7	214.2	1.22	1008.1	0.49	40.5	40.8	66.4	49.0	133.40	83.3
8	EX13	673.0	87.9	170.9	1.30	958.0	0.33	42.7	42.9	78.2	40.5	139.08	99.5
9	EX12	573.5	87.6	244.5	1.13	1055.8	0.54	37.6	37.9	58.7	51.4	143.94	82.8
10	EX1	1381.6	78.5	136.2	1.44	904.3	0.25	51.9	52.0	102.5	33.9	136.42	153.4
11	EX4	1031.2	91.6	194.9	1.30	987.0	0.54	45.1	45.4	70.9	45.4	188.82	89.1

Figura 35. Viscosidad efectiva [68].

Con la ecuación 19 se determina el valor de la presión máxima generada en la cámara de compresión como se muestra en la Tabla 49, el cual ingresa el valor de la velocidad angular requerida de 5 Hp a 0,83 rev/s.

Tabla 49. Presión máxima.

Termino	Valor	Unidades
$D$	49,7	mm
$\varphi$	14,29	grados
$N$	0,83	rev/s
$L$	600	mm
$h_2$	4,85	mm
$\mu$	596,3	Pa * s
$P_{max}$	46,63	MPa

El valor de la presión máxima nos da como resultado 46632035,06 Pa, lo cual transformando nos queda el valor de 46,63 MPa.

### Fuerza axial

La fuerza axial ejercida sobre el tornillo se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_{axial} = S * P_{max} \quad \text{Ec. (19)}$$

Donde:

$F_{axial}$ : Fuerza axial [N]

En la Tabla 50 se muestra el resultado de la fuerza axial calculado con la ecuación 21.

Tabla 50. Fuerza axial.

Termino	Valor	Unidades
$S$	848,78	$mm^2$
$P_{max}$	46,63	$MPa$
$F_{axial}$	39580,36	$N$

#### 2.7.4 Esfuerzos aplicados en el tornillo sinfín

##### Carga repartida

La carga repartida en el tornillo sinfín se determina mediante la siguiente ecuación:

$$q = \frac{m * g}{L} \quad \text{Ec. (20)}$$

Donde:

$q$ : Carga repartida [ $N/m$ ]

$m$ : masa [ $kg$ ]

$g$ : gravedad [ $m/s^2$ ]

A través del programa SolidWorks se determina la masa del tornillo sinfín la cual nos da un valor de 5,99  $kg$  y la gravedad es de 9,81  $m/s^2$ , con estos datos determinados la carga distribuida a través del tornillo sinfín como se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51. Carga repartida.

Termino	Valor	Unidades
$m$	5,99	$kg$
$L$	0,6	$m$
$g$	9,81	$m/s^2$
$q$	97,93	$N/m$

##### Momento de flexión máxima

El momento de flexión máxima se calcula mediante la siguiente ecuación:



$$M_f = \frac{q * L^2}{2} \quad \text{Ec. ( 21 )}$$

Donde:

$M_f$ : Momento de flexión máxima [ $N * m$ ]

Tabla 52. Momento de flexión máxima.

Termino	Valor	Unidades
$q$	97,93	$N/m$
$L$	0,6	$m$
$M_f$	17,63	$N * m$

En la Tabla 52 se muestra el resultado del momento de flexión máxima que se ejerce en el tornillo sinfín.

### Momento de inercia respecto al eje neutro

Para determinar el momento de inercia respecto al eje neutro se utiliza la siguiente ecuación:

$$w_o = \frac{\pi * D^3}{32} * (1 - u^3) \quad \text{Ec. ( 22 )}$$

Donde:

$w_o$ : Momento de inercia respecto al eje neutro [ $m^3$ ]

Tabla 53. Momento de inercia respecto al eje neutro.

Termino	Valor	Unidades
$q$	97,93	$N/m$
$D$	0,0497	$m$
$u$	0,75	
$w_o$	$6,97 * 10^{-6}$	$m^3$

El resultado del momento de inercia con respecto al eje neutro del tornillo sinfín se expresa en la Tabla 53.

### Esfuerzo normal del tornillo sinfín

El esfuerzo normal del husillo se determina con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F_{axial}}{S} + \frac{M_f}{w_o} \quad \text{Ec. ( 23 )}$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo normal del husillo [ $MPa$ ]

Tabla 54. Esfuerzo normal.

Termino	Valor	Unidades
$S$	0,000849	$mm^2$
$F_{axial}$	39580,36	$N$
$M_f$	17,63	$N * m$
$w_o$	$6,97 * 10^{-6}$	$m^3$
$\sigma$	49161877,92	$Pa$

En la Tabla 54 se muestra que el esfuerzo normal del tornillo sinfín nos da un valor de 41161877,92  $Pa$  que al transformarlo nos da un valor de 49,16  $MPa$ .

### Esfuerzo cortante soportado por el tornillo sinfín

El esfuerzo cortante soportado por el tornillo sinfín se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{16 * T}{\pi * D^3 * (1 - u^4)} \quad \text{Ec. ( 24 )}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante soportado por el tornillo sin fin [ $MPa$ ]

Tabla 55. Esfuerzo cortante.

Termino	Valor	Unidades
$D$	0,0497	$m$
$T$	712,14	$N * m$
$u$	0,75	
$\tau$	43215093,74	$Pa$

En la Tabla 55 Tabla 54 se muestra que el esfuerzo cortante soportado por el tornillo sinfín nos da un valor de 43215093,74 Pa que al transformarlo nos da un valor de 43,21 MPa.

### Esfuerzo efectivo de Von Mises

Para determinar el esfuerzo efectivo de Von Mises se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. ( 25 )}$$

Donde:

$\sigma'$ : Esfuerzo efectivo de Von Mises [MPa]

$\sigma_x$ : Esfuerzo normal en x [MPa]

$\sigma_y$ : Esfuerzo normal en y [MPa]

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo cortante en xy [MPa]

Tabla 56. Esfuerzo de Von Mises.

Termino	Valor [MPa]
$\sigma_x$	49,16
$\sigma_y$	0
$\tau_{xy}$	43,21
$\sigma'$	89,55

### Factor de seguridad

Para determinar el factor de seguridad se aplica la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec. ( 26 )}$$

Donde:

$\eta$ : Factor de seguridad

$S_y$ : Resistencia a la fluencia [MPa]

Tabla 57. factor de seguridad Tornillo sinfín.

Termino	Valor	Unidades
$S_y$	345	MPa
$\sigma'$	89,55	MPa
$\eta$	3,85	

### 2.7.5 Dimensionamiento de la cámara de compresión

La cámara de compresión es de geometría cilíndrica que contiene el tornillo sinfín, por esta razón, se ejerce presión generada por el funcionamiento del extrusor en las paredes internas del cilindro, para calcular el esfuerzo aplicado en la cámara se utiliza la teoría de cilindros a presión de pared gruesa como nos indica el libro de diseño de máquinas de Robert L. Norton [70].

#### Esfuerzo tangencial

El cilindro de la cámara de compresión no está sometida a una presión externa solo una interna por el uso de la máquina, por tanto, el esfuerzo tangencial se calcula con la siguiente ecuación:

$$\sigma_t = \frac{r_i^2 * P_i}{r_o^2 * r_i^2} * \left[ 1 + \frac{r_o^2}{r^2} \right] \quad \text{Ec. ( 27 )}$$

#### Esfuerzo Radial

El esfuerzo radial cuando no es sometido a una presión externa se determina con la siguiente ecuación:

$$\sigma_r = \frac{r_i^2 * P_i}{r_o^2 * r_i^2} * \left[ 1 - \frac{r_o^2}{r^2} \right] \quad \text{Ec. ( 28 )}$$

#### Esfuerzo para cilindros con extremos cerrados

La cámara de compresión es un cilindro que está cerrada en los extremos y para calcular este esfuerzo se lo hace con la siguiente ecuación:

$$\sigma_r = \frac{r_i^2 * P_i}{r_o^2 * r_i^2} \quad \text{Ec. (29)}$$

Donde:

$r_i$ : Radio interno [mm]

$r_o$ : Radio externo [mm]

$P_i$ : Presión interna [MPa]

$r$ : Radio del punto de interés [mm]

$\sigma_t$ : Esfuerzo tangencial [MPa]

$\sigma_r$ : Esfuerzo radial [MPa]

$\sigma_a$ : Esfuerzo para extremos cerrados [MPa]

Tabla 58. Esfuerzos de la Cámara de compresión

Termino	Valor	Unidades
$r_i$	25	mm
$r_o$	35	mm
$r$	25	mm
$P_i$	46,63	MPa
$\sigma_t$	143,78	MPa
$\sigma_r$	-46,63	MPa
$\sigma_a$	48,58	MPa

### Esfuerzo tridimensional efectivo de Von Mises

Para determinar el esfuerzo de Von Mises se utiliza la ecuación descrita a continuación:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 * (\sigma_y - \sigma_z)^2 * (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}} \quad \text{Ec. (30)}$$

Donde:

$\sigma_x$ : Esfuerzo en x [MPa]

$\sigma_y$ : Esfuerzo en y [MPa]

$\sigma_z$ : Esfuerzo en z [MPa]

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo cortante en xy [MPa]

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo cortante en yz [MPa]

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo cortante en zx [MPa]

Los esfuerzos que se utiliza para determinar el valor de esfuerzo de Von Mises son los que se calcula en la Tabla 58 donde el esfuerzo tangencial viene a ser el esfuerzo en x, el esfuerzo radial se lo toma como el esfuerzo en z y el esfuerzo de extremos cerrados es el esfuerzo en. Los esfuerzos cortantes tienen un valor de cero.

Tabla 59. Esfuerzo de Von Mises cámara de compresión.

Termino	Valor [MPa]
$\sigma_x$	143,78
$\sigma_y$	48,58
$\sigma_z$	-46,63
$\tau_{xy}$	0
$\tau_{yz}$	0
$\tau_{zx}$	0
$\sigma'$	164,90

### Factor de seguridad cámara de compresión

Para determinar el factor de seguridad del cilindro de la cámara de compresión se utiliza la ecuación 27, donde el material de fabricación es acero inoxidable AISI 430.

Tabla 60. Factor de seguridad del cilindro.

Termino	Valor	Unidades
$S_y$	345	MPa
$\sigma'$	164,90	MPa
$\eta$	2,1	

## 2.7.6 Selección del material

De acuerdo con la norma INEN-EN 1672-2 [27], en la que se detalla los materiales adecuados para procesar alimentos ya sea para el consumo humano o animal. Esta norma indica que todo elemento que este directamente en contacto con el alimento debe ser fabricado con materiales de grado alimenticio como: Aceros inoxidables, aleaciones de aluminio, aleaciones de magnesio y aleaciones de zinc [53]. Para la selección del material se toma en consideración: resistencia a la fatiga en función del precio como se muestra en la Figura 36, tenacidad vs precio como se ve en la Figura 37 y máxima temperatura en servicio vs precio como se muestra en la Figura 38.

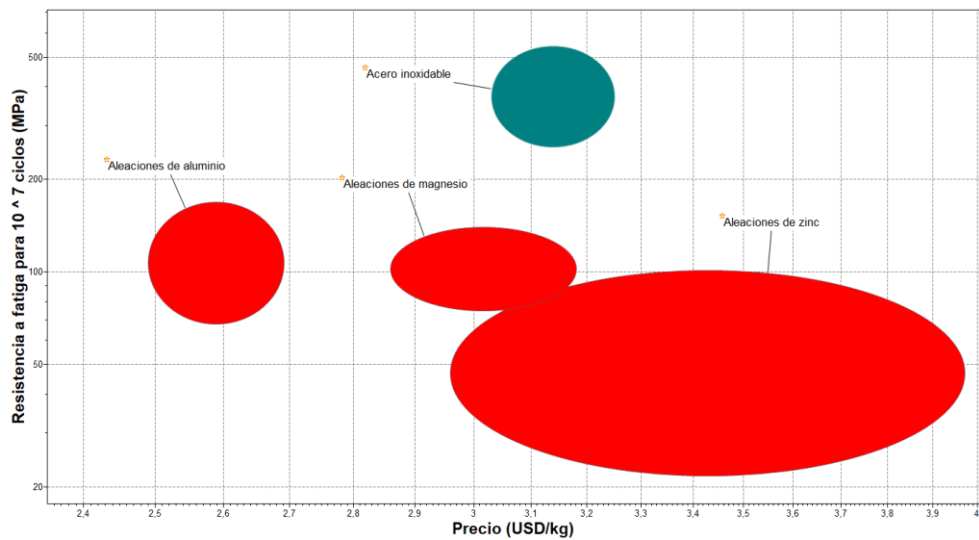


Figura 36. Materiales grado alimenticio resistencia a la fatiga vs Precio.

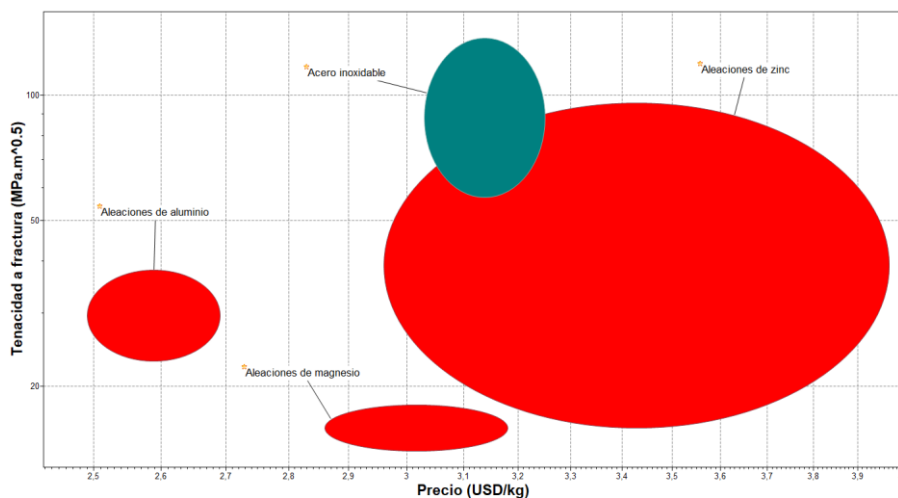


Figura 37. Materiales grado alimenticio Tenacidad vs Precio.

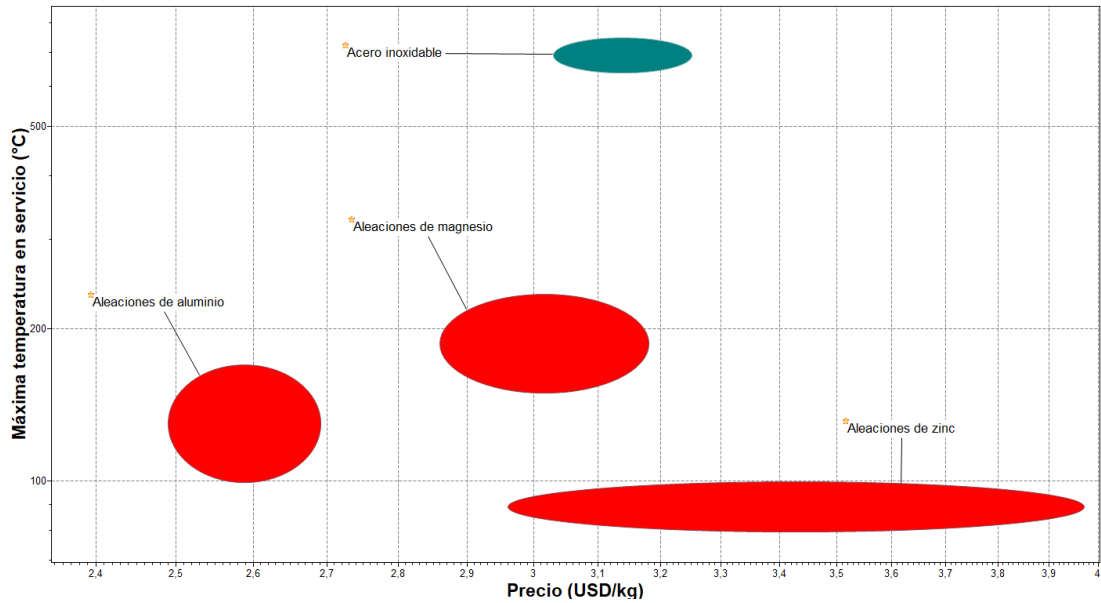


Figura 38. Materiales grado alimenticio máxima temperatura en servicio vs precio.

Tras haber realizado diferentes análisis comparativos en el programa CES Edupack 2019 para la selección de materiales, se llega a la conclusión de que el mejor material para la fabricación de las partes que están en contacto con el alimento es el acero inoxidable, ya que tiene una gran resistencia a la fatiga, tenacidad y máxima temperatura en servicio características importantes para el proyecto. Debido a que la máquina trabaja con esfuerzos elevados y a altas temperaturas es esencial el uso del acero inoxidable.

### 2.7.6.1 Selección de acero inoxidable

Entre los aceros inoxidables tenemos varias opciones en el mercado las cuales son: AISI 430, AISI 304 y AISI 316 que poseen características casi similares entre ellas, estos materiales son empleados en la industria alimenticia. Mediante un análisis comparativo se seleccionará el material con mejores características y en función del precio como: resistencia a la flexión como se muestra en la Figura 39, resistencia a la compresión en la Figura 40 y conductividad térmica en la Figura 41.



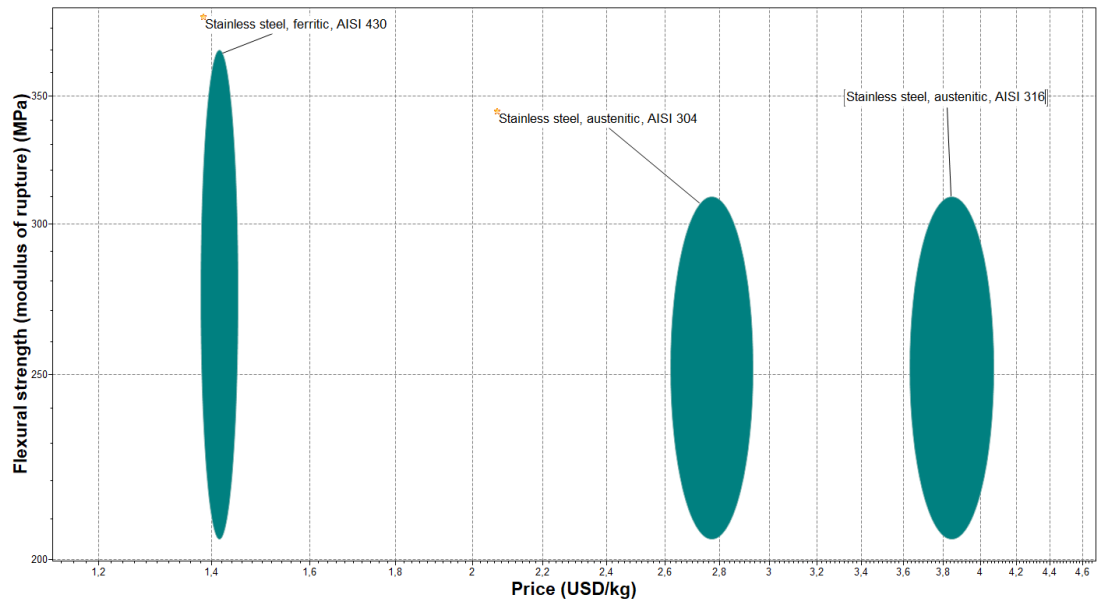


Figura 39. Resistencia a la flexión vs precio.

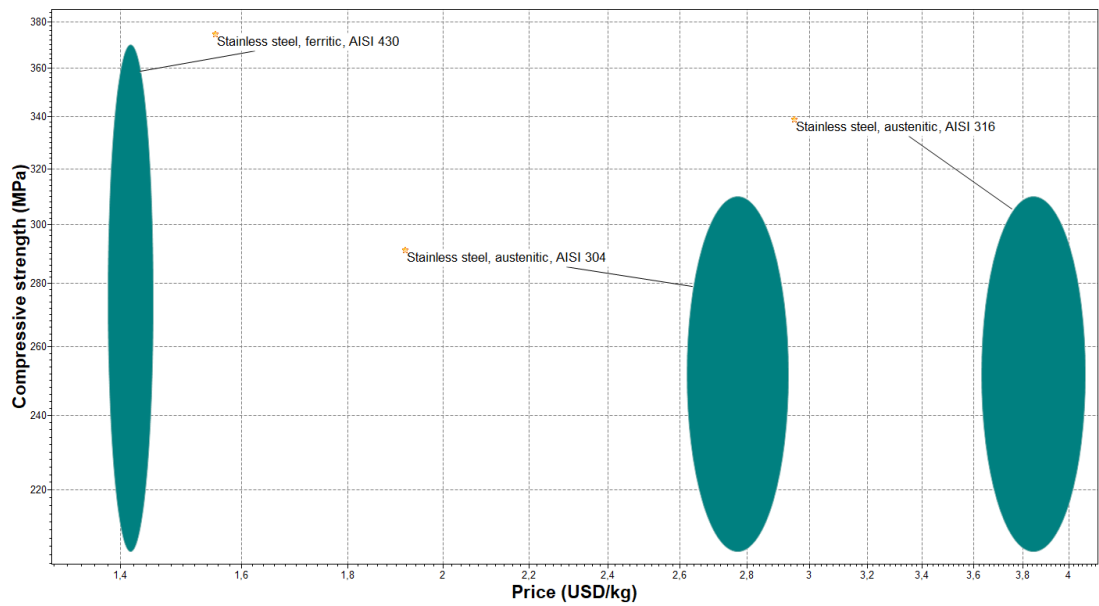


Figura 40. Resistencia a la compresión vs precio.

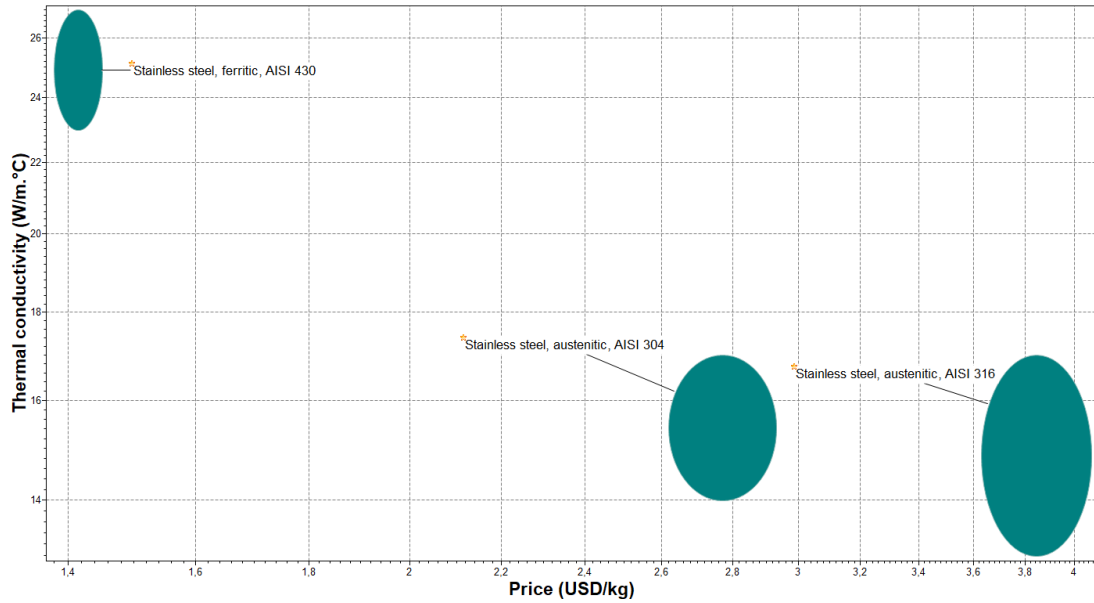


Figura 41. Conductividad térmica vs precio.

Después de haber analizado los aceros inoxidable con el programa CES Edupack 2019, el material seleccionado para la fabricación del tornillo sinfín y la cámara de compresión es el acero AISI 430 por sus buenas características con relación a su precio, en comparación con los aceros AISI 304 y AISI 316. Este material conforma las partes que están en contacto directo con el alimento y soportan diversas cargas y condiciones en su funcionamiento.

### 2.7.7 Dimensionamiento de la tolva en el sistema de peletizado

En el diseño de la tolva de alimentación para la peletizadora, considerando que el tamaño y volumen de la tolva se calcula el volumen de almacenamiento de este elemento mediante la siguiente ecuación:

$$V_T = \frac{(a^2 + b^2 + ab)h}{3} \quad \text{Ec. ( 31 )}$$

Donde:

$V_T$ : Volumen de la tolva [ $mm^3$ ]

$a$ : Lado de la parte cuadrada superior [ $mm$ ]

$b$ : Lado de la parte cuadrada inferior [ $mm$ ]

h: Altura de la tolva [mm]

Tabla 61. Volumen de la tolva.

Termino	Valor	Unidades
<i>a</i>	150	<i>mm</i>
<i>b</i>	60	<i>mm</i>
<i>h</i>	150	<i>mm</i>
$V_T$	1755	$cm^3$

El volumen de la tova mediante la ecuación 1 nos da como resultado  $1755000\text{ mm}^3$ , los cuales se transforma y nos queda  $1755\text{ cm}^3$ , el volumen de la tolva es la adecuada

### 2.7.8 Dimensionamiento del sistema de corte

Para dimensionar las cuchillas y el sistema de corte, se usa como referencia los datos calculados en el dimensionamiento del tornillo sinfín, como el caudal de producción en  $mm^3/s$  para determinar el tiempo de giro de las cuchillas.

#### Tiempo de giro de las cuchillas

Para determinar el tiempo de giro se utiliza la siguiente ecuación:

$$t = \frac{L}{V} \quad \text{Ec. ( 32 )}$$

Donde:

*t*: Tiempo de giro de cuchillas [s]

*L*: Longitud de pellet [mm]

*V*: Velocidad de producción [mm/s]

La velocidad de producción se toma del volumen de producción calculado en la Tabla 43 que da un valor de  $855257,28\text{ mm}^3/min$ , se divide por el área del diámetro interno de la cámara de compresión dando un valor de velocidad de producción  $7,26\text{ mm/s}$ , con estos datos se determina el tiempo de giro de corte como se ve en la Tabla 62, tomando en cuenta que el pellet debe tener una longitud de  $6\text{ mm}$ .

Tabla 62. Tiempo de giro de cuchillas.

Termino	Valor	Unidades
$L$	6	$mm$
$V$	7,26	$mm/s$
$t$	0,83	$s$

### Velocidad de giro en el sistema de corte

La velocidad de giro del sistema de giro se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_g = \frac{60}{t * N} \quad \text{Ec. ( 33 )}$$

Donde:

$N$ : Numero de cuchillas

$V_g$ : Velocidad de giro del sistema de corte [ $rpm$ ]

El número de cuchillas del sistema de corte es 3, con esto la velocidad de giro se muestra en la Tabla 63.

Tabla 63. Velocidad de giro de corte.

Termino	Valor	Unidades
$t$	0,83	$s$
$N$	3	
$V_g$	24,20	$rpm$

### Fuerza de corte

La fuerza de corte se calcula con la ecuación que se muestra a continuación:

$$F = \frac{\pi * d^2}{4} * \tau * n \quad \text{Ec. ( 34 )}$$

Donde:

$d$ : Diámetro de pellet [ $mm$ ]

$\tau$ : Esfuerzo de corte [ $MPa$ ]

$n$ : Numero de perforaciones de la matriz

$F$ : Fuerza de corte [ $N$ ]

El esfuerzo de corte de la mezcla de alimento balanceado en pellet extruido de acuerdo con [71] es de 0,394  $MPa$ , cuando es sometido a una temperatura de extrusión de 100 °C con un grado de digestión de 97 %, con este valor se calcula la fuerza de corte como se muestra en la Tabla 64.

Tabla 64. Fuerza de corte.

Termino	Valor	Unidades
$d$	6	$mm$
$\tau$	0,394	$MPa$
$n$	22	
$F$	243,22	$N$

### Torque

El torque se calcula con la siguiente ecuación:

$$T = r * F \quad \text{Ec. ( 35 )}$$

Donde:

$r$ : Radio de las cuchillas [ $m$ ]

$T$ : Torque [ $Nm$ ]

Tabla 65. Torque.

Termino	Valor	Unidades
$r$	0,030	$m$
$F$	243,22	$N$
$T$	7,30	$Nm$

### Potencia de corte

La potencia de corte se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{T * V_g}{K} \quad \text{Ec. (36)}$$

Donde:

$K$ : Constante de proporcionalidad en el sistema métrico [ $Nm$ ]

$P$ : Potencia [ $kW$ ]

La constante de proporcionalidad en el sistema métrico tiene como valor 9550  $Nm$ , con este valor se determina la potencia que se muestra en la Tabla 66

Tabla 66. Potencia de corte.

Termino	Valor	Unidades
$V_g$	24,20	$rpm$
$T$	7,30	$Nm$
$K$	9550	$Nm$
$P$	0,0185	$kW$

La potencia de corte calculada es de 0,0185  $kW$  es igual a 0,025  $hp$  por motivos de estandarización de los motores en el mercado, se determina que el motor a utilizar es de  $\frac{1}{4}$   $hp$ . Para el material de las cuchillas se selecciona el acero inoxidable AISI 304 que es un material de grado alimenticio de acuerdo con la norma INEN-EN 1672-2, este material es utilizado para la fabricación de utensilios de cocina entre ellos herramientas de corte que están en contacto directo con el alimento.

### 2.7.9 Selección de rodamientos

Para seleccionar los rodamientos se considera las fuerzas que actúan en el tornillo sinfín anteriormente calculados, en este caso la carga axial a la que es sometida el tornillo es alta, por esta razón el tipo de rodamiento seleccionado para este componente son los rodamientos FAG de cuatro caminos los cuales se caracterizan por tener cuatro caminos de rodadura de una sola hilera que es capaz de soportar grades cargas axiales [72].

### Carga dinámica equivalente

La carga dinámica equivalente para los rodamientos con cuatro caminos nos da a conocer que la ecuación a utilizar para determinar este parámetro está en función de  $\frac{F_a}{F_r}$  si esta relación entre la carga axial y la carga radial es mayor a 0,95, en este caso el valor de la relación es de 676,59 por tanto la ecuación a utilizar para calcular la carga dinámica es la siguiente:

$$P = 0,6F_r + 1,07F_a \quad \text{Ec. ( 37 )}$$

Donde:

$P$ : Carga dinámica equivalente [ $kN$ ]

$F_r$ : Carga radial [ $kN$ ]

$F_a$ : Carga axial [ $kN$ ]

La carga radial aplicada se toma el valor del peso del tornillo sinfín y para la carga axial se toma el valor determinado en los cálculos de carga del elemento, estos datos se presentan en la Tabla 67.

Tabla 67. Carga dinámica equivalente.

Termino	Valor [kN]
$F_a$	39,58
$F_r$	0,05867
$P$	42,33

### Selección de rodamiento

La selección de rodamientos se considera el diámetro de eje y el tipo de rodamiento a utilizar en este caso son rodamientos FAG de cuatro caminos y el diámetro del eje es de 30 mm, para esto se selecciona el rodamiento de la Figura 42 donde se obtiene los datos de capacidad de carga estática y dinámica.

Eje	Dimensiones										Peso ~ kg	Capacidad de carga		
	d mm	D	B	r <sub>s</sub> min	H ~	J ~	a ~	a <sub>n</sub>	b <sub>n</sub>	r <sub>n</sub>		din. C kN	estát. C <sub>0</sub> kN	
20	20	52	15	1,1	41,4	30,6	26					0,184	30	19,6
25	25	52	15	1	43,1	34,2	27					0,171	25,5	18,6
	25	62	17	1,1	49,5	37,5	31					0,256	44	31,5
30	30	62	16	1	50,6	40,3	32					0,254	36,5	27,5
	30	72	19	1,1	58	44	36					0,379	58,5	43
35	35	72	17	1,1	59	47,9	38					0,359	44	35,5
	35	80	21	1,5	64,8	50,7	41					0,504	62	51
40	40	80	18	1,1	66,8	53,6	42					0,399	56	46,5
	40	90	23	1,5	73,3	56,6	46					0,704	86,5	68
45	45	85	19	1,1	72	58,4	45					0,467	64	57
	45	100	25	1,5	81,7	63,6	51					0,934	102	83
50	50	90	20	1,1	76,3	63,6	49					0,609	61	56
	50	110	27	2	89,5	70,8	56					1,39	110	91,5
55	55	100	21	1,5	84,7	70,6	54					0,697	80	76,5
	55	120	29	2	97,8	77,5	61					1,76	127	108
60	60	110	22	1,5	93	77,3	60					0,89	96,5	93
	60	130	31	2,1	106,9	84,2	67					2,2	146	127
65	65	120	23	1,5	101,5	84,1	65					1,27	104	104
	65	140	33	2,1	114,4	90,9	72					2,71	163	146
70	70	125	24	1,5	106,3	89,1	68					1,22	118	122
	70	150	35	2,1	123,6	97,6	77					3,29	183	166
75	75	130	25	1,5	111,5	94	72					1,35	125	129
	75	160	37	2,1	131	104,3	82	10,1	8,5	2		3,96	212	204
80	80	140	26	2	119,6	100,9	77					1,84	132	137
	80	170	39	2,1	140,8	110,7	88	10,1	8,5	2		4,65	224	220
85	85	150	28	2	128,6	107,5	82					2,3	153	160
	85	180	41	3	148,6	117,8	93	11,7	10,5	2		5,54	245	255

Figura 42. Rodamientos FAG de cuatro caminos [72].

### Vida nominal del rodamiento

Para determinar la vida nominal del rodamiento en vueltas se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n * 10^6 \text{ Vueltas} \quad \text{Ec. (38)}$$

Para determinar la vida nominal en horas se utiliza la ecuación que se describe a continuación:

$$L_{10}h = \left(\frac{C}{P}\right)^n * \frac{10^6}{60 * \eta} \text{ horas} \quad \text{Ec. (39)}$$

Donde:

$C$ : Capacidad de carga dinámica equivalente [ $kN$ ]

$n$ : Factor de tipo de rodamiento



$\eta$ : Velocidad de giro [*rpm*]

$L_{10}$ : Vida nominal en vueltas

$L_{10}h$ : Vida nominal en horas

El factor del tipo de rodamiento de acuerdo con [73] nos dice que para rodamiento de bolas el factor es igual a 3 y para rodamientos de rodillos es 10/3, en este caso el rodamiento a utilizar es de tipo bolas por tanto el factor de tipo de rodamiento es 3. La capacidad de carga dinámica se obtiene de la Figura 42.

Tabla 68. Vida nominal.

Termino	Valor	Unidades
$C$	58,5	<i>kN</i>
$P$	42,33	<i>kN</i>
$n$	3	
$\eta$	50	<i>rpm</i>
$L_{10}$	$2,64 * 10^6$	Vueltas
$L_{10}h$	880	Horas

### Carga estática equivalente

Al determinar la carga estática equivalente del rodamiento se utiliza la ecuación descrita a continuación:

$$P_o = F_r + 0,58F_a \quad \text{Ec. ( 40 )}$$

Donde:

$P_o$ : Carga estática equivalente [*kN*]

Tabla 69. Carga estática equivalente.

Termino	Valor [ <i>kN</i> ]
$F_a$	39,58
$F_r$	0,05867
$P_o$	23,02

## Factor de seguridad

Para determinar el factor de seguridad del rodamiento se utiliza la siguiente ecuación:

$$fs = C_o/P_o \quad \text{Ec. ( 41 )}$$

Donde:

$C_o$ : Capacidad de carga estática equivalente [ $kN$ ]

$fs$ : Factor de seguridad

La capacidad de carga estática equivalente se obtiene de la Figura 42

Tabla 70. Factor de seguridad del rodamiento.

Termino	Valor	Unidades
$C_o$	43	$kN$
$P_o$	23,2	$kN$
$fs$	1,87	

El factor de seguridad de los rodamientos según [73] están dado en rangos de acuerdo con las cargas de funcionamiento a las que son sometidas, como se muestra a continuación:

- 1,5 a 3 para exigencias severas.
- 1 a 1,5 para condiciones normales.
- 0,5 a 1 para funcionamiento sin exigencias de ruido o precisión.

El factor de seguridad de las cargas aplicadas en el rodamiento es de 1,83, de acuerdo con el trabajo que va a realizar el rodamiento se considera que será sometido a condiciones severas por tanto se encuentra dentro del rango de referencia, entonces el rodamiento seleccionado para el tornillo sinfín es el rodamiento FAG de cuatro caminos QJ306TVP como se muestra en la Figura 43.

Eje	Dimensiones											Peso kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min <sup>-1</sup>	Denominación abreviada Rodamiento FAG
	d mm	D	B	r <sub>s</sub> min	H	J	a	a <sub>s</sub>	b <sub>s</sub>	r <sub>e</sub>	din. C		estát. C <sub>0</sub>			
20	20	52	15	1,1	41,4	30,6	26					0,184	30	19,6	28000	0,3504MPA
25	25	52	15	1	43,1	34,2	27					0,171	25,5	18,6	26000	0,3505MPA
	25	62	17	1,1	49,5	37,5	31					0,256	44	31,5	14000	0,3505TVP
30	30	62	18	1	60,0	40,3	30					0,354	36,8	27,8	30000	0,3508MPA
	30	72	19	1,1	68	44	36					0,379	58,5	43	11000	0,3508TVP

Figura 43. Selección de rodamiento FAG [72].

### 2.7.10 Selección de pernos

Para seleccionar los tornillos de sujeción de la cámara de compresión sujetas por las bridas, para el sellado de las cámaras hacia el rodamiento y la matriz de extrusión, se realiza mediante la teoría de uniones a tensión, basados en el libro de diseño mecánico de Shigley [69].

#### Carga

La carga que debe soportar es la fuerza axial producida por el tornillo sinfín dividida para la cantidad de pernos a utilizar en las bridas como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P = \frac{P_{total}}{N} \quad \text{Ec. (42)}$$

Donde:

$P_{total}$ : Carga total [N]

$P$ : Carga dividida para el numero de pernos [N]

$N$ : Número de pernos

El número de pernos que se selecciona para la unión son 4, entonces, la cargar por perno se muestra en la Tabla 71.

Tabla 71. Carga en pernos.

Termino	Valor	Unidades
$N$	4	
$P_{total}$	39580,36	$N$
$P$	9895,09	$N$

## Carga de prueba

La carga de prueba se determina a través de la ecuación que se muestra a continuación:

$$F_p = A_t * S_p \quad \text{Ec. ( 43 )}$$

Donde:

$A_t$ : Área de tornillo [ $mm^2$ ]

$S_p$ : Resistencia de prueba [ $MPa$ ]

$F_p$ : Carga de prueba [ $N$ ]

Para determinar la resistencia de prueba mínima de los pernos se identifica el valor mediante la Figura 44, donde, mediante la selección de la clase y el material del perno se determina el valor.








Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima,* MPa	Resistencia mínima a la tensión,* MPa	Resistencia mínima a la fluencia,* MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

Figura 44. Propiedades mecánicas de pernos [69].

El perno para utilizar es un M16 de la clase 4.8 que tiene un diámetro nominal de 16 mm, con un área de 201,6 mm<sup>2</sup>, con estos valores se determina la carga de prueba como se muestra en la Tabla 72.

Tabla 72. Carga de prueba.

Termino	Valor	Unidades
$S_p$	310	$MPa$
$A_t$	201,6	$mm^2$
$F_p$	62329,2	$N$

### Precarga

Para determinar la precarga del perno se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_i = 0,75 * F_b \quad \text{Ec. ( 44 )}$$

Donde:

$F_i$ : Precarga [ $N$ ]

La precarga de acuerdo con [69] nos dice que para conexiones no permanentes y sujetadores reutilizados tiene un factor de 0,75 y si la conexión es permanente tiene un factor 0,90, para este caso se utiliza el factor de 0,75 y obtener la precarga que se muestra en Tabla 73.

Tabla 73. Precarga.

Termino	Valor	Unidades
$F_p$	62329,2	$N$
$F_i$	46746,9	$N$

### Torque

El torque se determina con la siguiente ecuación:

$$T = K * F_i * d \quad \text{Ec. ( 45 )}$$

Donde:

$T$ : Torque del perno [ $Nm$ ]

$d$ : Diámetro nominal [ $m$ ]

$K$ : Factor de par torsión

El factor de par torsión se determina en función de la condición del perno, para este caso se selecciona el factor sin recubrimiento y acabado negro mediante la Figura 45.

Condición del perno	<i>K</i>
Sin recubrimiento, acabado negro	0.30
Galvanizado	0.20
Lubricado	0.18
Con recubrimiento de cadmio	0.16
Con Anti-Seize Bowman	0.12
Con tuercas Bowman-Grip	0.09

Figura 45. Factor de par torsión [69].

El torque del perno, para un M16 de clase 4.8 se calcula en la

Tabla 74. Torque del perno.

Termino	Valor	Unidades
<i>K</i>	0,30	
<i>F<sub>i</sub></i>	46746,9	<i>N</i>
<i>d</i>	0,016	<i>m</i>
<i>T</i>	224.39	<i>Nm</i>

### Fracción de carga externa en el elemento

La fracción de carga externa en el elemento se determina con la siguiente ecuación:

$$P_b = C * P \quad \text{Ec. ( 46 )}$$

Donde:

*P<sub>b</sub>*: Fracción de carga externa en el elemento [*N*]

*C*: Factor *C* de rigidez

El factor *C* de rigidez del perno mediante la Figura 46.

Agarre del perno, pulg	Rigideces, $M$ lbf/pulg			
	$k_b$	$k_m$	$C$	$1 - C$
2	2.57	12.69	0.168	0.832
3	1.79	11.33	0.136	0.864
4	1.37	10.63	0.114	0.886

Figura 46. Factor de rigidez [69].

El valor de la fracción de carga externa en el elemento se indica en

Tabla 75. La fracción de carga externa en el elemento.

Termino	Valor	Unidades
$C$	0,168	
$P$	9895,09	$N$
$P_b$	1662,37	$N$

### Fracción de carga en el perno

La fracción de carga en el perno se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_m = (1 - C) * P \quad \text{Ec. (47)}$$

Donde:

$P_m$ : La fracción de carga en el perno [ $N$ ]

$(1 - C)$ : Factor  $1 - C$  de rigidez

Para determinar el factor  $(1 - C)$  de rigidez se determina mediante la Figura 46, con este dato se determina el valor de la fracción de carga aplicada en el perno como se ve en Tabla 76.

Tabla 76. La fracción de carga en el perno.

Termino	Valor	Unidades
$1 - C$	0,832	
$P$	9895,09	$N$
$P_m$	8232,65	$N$

### Fuerza restante en el perno

La fuerza restante aplicada en el perno se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F_b = P_b + F_i \quad \text{Ec. ( 48 )}$$

Donde:

$F_b$ : Fuerza restante en el perno [N]

Tabla 77. Fuerza restante del perno.

Termino	Valor [N]
$F_i$	46746,9
$P_b$	1662,36
$F_b$	48409,26

### Fuerza restante en el elemento

La fuerza restante aplicada en el elemento se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F_m = P_m - F_i \quad \text{Ec. ( 49 )}$$

Donde:

$F_m$ : Fuerza restante en el elemento [N]

Tabla 78. Fuerza restante en el elemento.

Termino	Valor [N]
$F_i$	46746,9
$P_m$	8232,65
$F_m$	-38514,24

### Carga externa

La carga externa aplicada en el perno se calcula con la ecuación que de describe a continuación:



$$P_o = \frac{F_i}{(1 - C)} \quad \text{Ec. ( 50 )}$$

Donde:

$P_o$ : Carga externa [N]

El valor de la carga externa se determina en la Tabla 79.

Tabla 79. Carga externa.

Termino	Valor	Unidades
$1 - C$	0,832	
$F_i$	46746,9	N
$P_o$	56186,18	N

### Esfuerzo de carga en el perno

Para determinar el esfuerzo de carga en el perno se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma_p = \frac{F_b}{A_t} \quad \text{Ec. ( 51 )}$$

Donde:

$\sigma_p$ : Esfuerzo de carga en el perno [MPa]

Tabla 80. Esfuerzo de carga en el perno.

Termino	Valor	Unidades
$F_b$	48409,26	N
$A_t$	201,6	mm <sup>2</sup>
$\sigma_p$	240,77	MPa

### Factor de seguridad en los pernos

Los factores para determinar para la selección de pernos son: el factor de seguridad de carga estática, factor de carga y factor de seguridad contra la separación, los cuales se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

### Factor de seguridad de carga estática

$$\eta_p = \frac{S_p}{\sigma_p} \quad \text{Ec. ( 52 )}$$

### Factor de carga

$$\eta_L = \frac{F_p - F_i}{P_b} \quad \text{Ec. ( 53 )}$$

### Factor de seguridad contra la separación

$$\eta_o = \frac{P_o}{P} \quad \text{Ec. ( 54 )}$$

Donde:

$\eta_p$ : Factor de seguridad de carga estática

$\eta_L$ : Factor de carga

$\eta_o$ : Factor de seguridad contra la separación

Tabla 81. Factores de seguridad.

Termino	Valor	Unidades
$F_p$	62329,2	<i>N</i>
$P_o$	56186,18	<i>N</i>
$S_p$	310	<i>MPa</i>
$\sigma_p$	240,77	<i>MPa</i>
$P$	9895,09	<i>N</i>
$F_i$	46746,9	<i>N</i>
$\eta_p$	1,3	
$\eta_L$	9,37	
$\eta_o$	5,68	

Los factores de seguridad de carga estática, de carga y contra la separación se muestra en la Tabla 81, se selecciona pernos M16 de clase de propiedad 4.8 de material de bajo y medio carbono, para la unión de bridas en la cámara de compresión.

### 2.7.11 Selección de bridas

Para seleccionar las bridas adecuados para el cilindro de la cámara de compresión es importante saber el diámetro exterior de del tubo, el diámetro exterior de la cámara de compresión es de 70 mm con el dato podemos seleccionar la brida adecuada para el elemento.

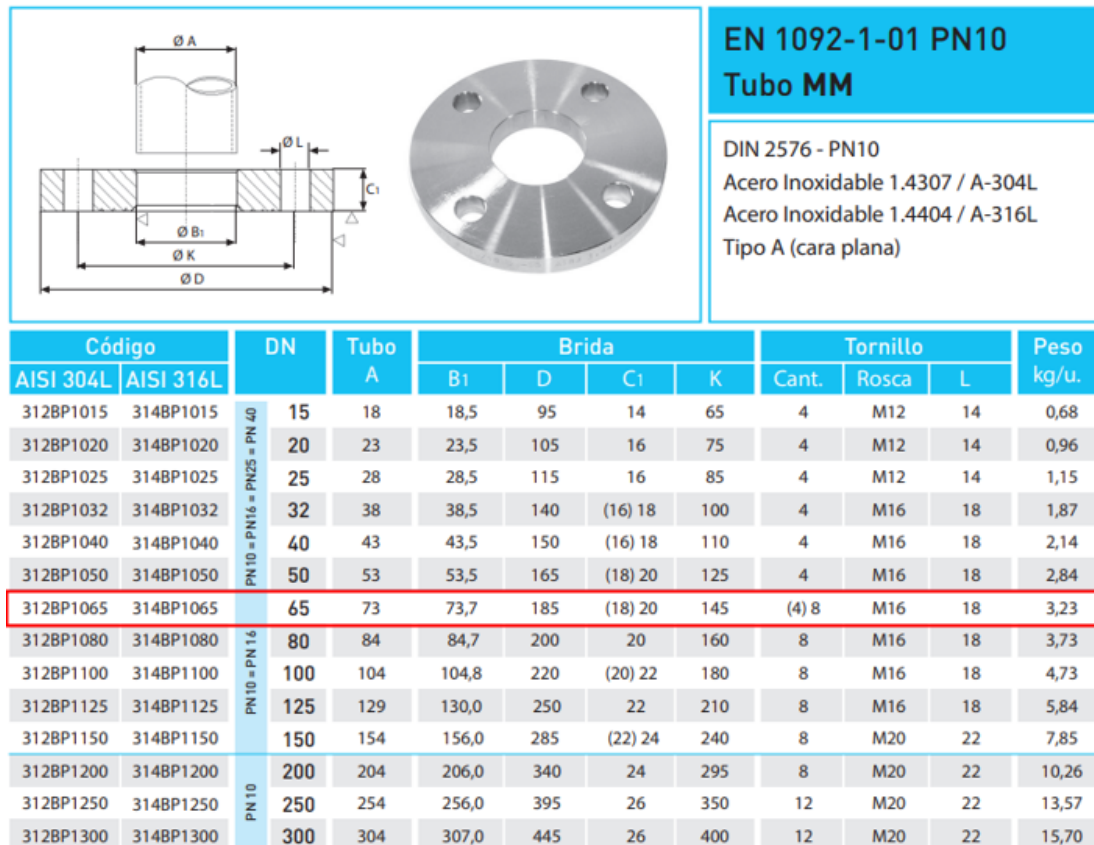


Figura 47. Bridas de cara plana de acero inoxidable [74].

Las bridas seleccionadas para la cámara de compresión se muestran en la Figura 47 tomada del catálogo de Inoxpres [74], donde se elige las bridas de cara plana adecuadas para ser soldadas, hechas de material AISI 316L la cual responde al código 314BP1065, esta brida está diseñada para tubos 73 mm de diámetro exterior el cual coincide con el tubo aplicado para la cámara de compresión, el número de perforaciones seleccionado para este elemento es de 4 en la brida para tornillos de rosca M16.

### 2.7.12 Sistema de calentamiento

El sistema de calentamiento para el proceso de extrusión es importante para la formación del pellet de alimento balanceado para truchas, la temperatura que debe alcanzar es la del punto de ebullición del agua 100 °C, este sistema se encarga de calentar la mezcla dentro de la cámara de compresión, por tanto, el elemento utilizado para aumentar la temperatura son las resistencias térmicas.

La forma de la cámara de compresión es cilíndrica, por esta razón el tipo de resistencia a utilizar es la resistencia térmica de tipo abrazadera como se muestra en la Figura 48, este tipo de elemento se ajusta muy bien a la forma de la cámara de compresión esto hace que tenga una buena distribución térmica por todo el elemento.



Figura 48. Resistencia térmica tipo abrazadera.

El tipo de resistencia por abrazadera seleccionada son del código RCAH30-I como se muestra en la Figura 49.

Código	Dimensiones en mm		Wattios	Peso En kg
	ØInterior	Ancho		
RCAH30-24X34-I	Ø24	34	125	0,12
RCAH30-30X25-I	Ø30	25	140	0,11
RCAH30-30X30-I	Ø30	30	150	0,11
RCAH30-32X30-I	Ø32	30	150	0,13
RCAH30-32X38-I	Ø32	38	225	0,13
RCAH30-35X25-I	Ø35	25	160	0,12
RCAH30-35X30-I	Ø35	30	180	0,11
RCAH30-35X38-I	Ø35	38	250	0,12
RCAH30-35X48-I	Ø35	48	310	0,13
RCAH30-40X30-I	Ø40	30	250	0,14
RCAH30-40X38-I	Ø40	38	300	0,14
RCAH30-40X42-I	Ø40	42	325	0,11
RCAH30-45X30-I	Ø45	30	250	0,12
RCAH30-45X48-I	Ø45	48	400	0,13
RCAH30-50X30-I	Ø50	30	275	0,14
RCAH30-50X55-I	Ø50	55	490	0,15
RCAH30-55X25-I	Ø55	25	230	0,16
RCAH30-55X38-I	Ø55	38	400	0,12
RCAH30-55X48-I	Ø55	48	500	0,13
RCAH30-60X20-I	Ø60	20	210	0,14
RCAH30-60X38-I	Ø60	38	450	0,12
RCAH30-65X25-I	Ø65	25	290	0,13
RCAH30-65X42-I	Ø65	42	500	0,14
RCAH30-70X30-I	Ø70	30	400	0,13
RCAH30-70X38-I	Ø70	38	500	0,14
RCAH30-70X48-I	Ø70	48	650	0,15
RCAH30-80X30-I	Ø80	30	450	0,16
RCAH30-80X48-I	Ø80	48	750	0,15
RCAH30-90X30-I	Ø90	30	500	0,21
RCAH30-90X42-I	Ø90	42	800	0,16
RCAH30-100X30-I	Ø100	30	600	0,19

Figura 49. Dimensiones de resistencia térmica [75].

El tipo de resistencia térmica por abrazadera seleccionada es la RCAH30-70X48-I, debido a que esta se ajusta al diámetro de la cámara de compresión con un ancho de 48 mm que será distribuida a través de la longitud del cilindro, tiene como características una tensión de funcionamiento de 240 V con una potencia de 650 W y la temperatura máxima de trabajo de 450 °C.

### 2.7.13 Dimensionamiento de la mezcladora

#### Volumen del producto

Para el dimensionamiento de la tolva es necesario determinar el volumen que ocupa la materia prima, el cual puede ser determinado mediante la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{V_p} \quad \text{Ec. ( 55 )}$$

Donde:

$\rho$ : Densidad de la materia prima (harinas) [ $kg/m^3$ ]

$m$ : Masa [ $kg$ ]

$V_p$ : Volumen del producto [ $m^3$ ]

Tomando en cuenta el valor del flujo de producción de la peletizadora se usa como referencia el valor de 52,71 kg como la masa de definida para el cálculo, además según [68] la densidad de la mezcla es de 1027.2 kg/ $m^3$ .

Tabla 82. Volumen del producto.

Termino	Valor	Unidades
$\rho$	1027.2	kg/ $m^3$
$m$	53	kg
$V_p$	0,05	$m^3$

El volumen determinado en la Tabla 82 ocupa el 50 % de la tolva con el riesgo de producirse derrames, para lo que se implementa un sistema de chapas en sus laterales con el fin de evitar desperdicio en la etapa de mezclado.

#### Diámetro de la tolva de mezclado

Para determinar el diámetro debemos considerar que se utiliza un semicilindro, el cual se determina por la siguiente ecuación:

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{8 * m}{2.5 * \rho * \pi}} \quad \text{Ec. ( 56 )}$$

Donde:

$\emptyset$ : Diámetro de la tolva de mezclado [ $m$ ]

Tabla 83. Cálculo de diámetro.

Termino	Valor	Unidades
$\rho$	1027.2	kg/ $m^3$
$m$	53	kg
$\emptyset$	0,37	$m$

En la Tabla 83 se muestra el diámetro calculado de la tolva de mezclado en relación con la densidad y masa de la materia que contendrá este elemento.

### Longitud de la tolva de mezclado

Para determinar la longitud de la tolva de acuerdo con [76] se utiliza la siguiente ecuación:

$$L = \frac{4 * V_p}{\pi * \emptyset^2} \quad \text{Ec. ( 57 )}$$

Donde:

$L$ : Longitud [ $m$ ]

Tabla 84. Longitud del mezclador.

Termino	Valor	Unidades
$V_p$	0,05	$m^3$
$\emptyset$	0,37	$m$
$L$	0,47	$m$

La longitud de la tolva de mezclado se muestra en la Tabla 84, nos da un valor de 0,42  $m$  la cual se aproxima a los 0,45  $m$  por facilidad de diseño.

### Volumen de medio cilindro

El volumen de medio cilindro se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_{mc} = \frac{\pi * \emptyset^2 * L}{8} \quad \text{Ec. ( 58 )}$$

Donde:

$V_{mc}$ : Volumen de medio cilindro [ $m^3$ ]

Tabla 85. Volumen de medio cilindro.

Termino	Valor	Unidades
$\emptyset$	0,37	$m$
$L$	0,47	$m$
$V_{mc}$	0,026	$m^3$

En la Tabla 85 se muestra el resultado del volumen de medio cilindro, la cual se determina por la ecuación 58.

### Volumen extra de la parte superior

Como se incluye chapas alrededor del cilindro de la tolva se calcula el volumen extra de la proporción de este elemento, este valor se determina con la siguiente ecuación:

$$V_s = V_p - V_{mc} \quad \text{Ec. ( 59 )}$$

Donde:

$V_s$ : Volumen extra superior [ $m^3$ ]

Tabla 86. Volumen extra.

Termino	Valor [ $m^3$ ]
$V_{mc}$	0,026
$V_p$	0,052
$V_s$	0,026

### Altura extra del mezclador

Como se menciona anteriormente es necesario es necesario aumentar la altura del mezclador para evitar derrames de harinas, por lo que mediante la siguiente ecuación se calcula la altura faltante de la tolva de mezcla.

$$h = \frac{V_s}{\varnothing * L} \quad \text{Ec. ( 60 )}$$

Donde:

$h$ : Altura extra del mezclador [ $m$ ]

Tabla 87. Altura extra del mezclador.

Termino	Valor	Unidades
$\varnothing$	0,37	$m$
$L$	0,47	$m$
$V_s$	0,026	$m^3$
$h$	0,15	$m$



### Análisis del espesor de la tolva de mezclado

Para el análisis del espesor primero se determina las fuerzas que actúan en la tolva, las cuales son fuerzas aplicadas de forma vertical, horizontal y resultante, calculadas con las siguientes ecuaciones:

#### Fuerza vertical

$$F_v = \gamma * A * L \quad \text{Ec. ( 61 )}$$

#### Fuerza horizontal

$$F_h = \gamma * L * r_\phi * h \quad \text{Ec. ( 62 )}$$

#### Fuerza resultante

$$F_R = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} \quad \text{Ec. ( 63 )}$$

Donde:

$\gamma$ : Peso específico [ $\gamma = \rho * g$ ] [ $N/m^3$ ]

$A$ : Área de la tolva [ $A = \frac{\pi * \phi^2}{8}$ ] [ $m^2$ ]

$r_\phi$ : Radio del cilindro [ $m$ ]

$F_v$ : Fuerza vertical [ $N$ ]

$F_h$ : Fuerza horizontal [ $N$ ]

$F_R$ : Fuerza resultante [ $N$ ]

Tabla 88. Análisis de fuerzas.

Termino	Valor	Unidades
$\gamma$	10076,83	$N/m^3$
$A$	0,055	$m^2$
$L$	0,47	$m$
$r_\phi$	0,187	$m$
$h$	0,15	$m$
$F_v$	259,96	$N$

Tabla 88. Análisis de fuerzas. (Continuación)

Termino	Valor	Unidades
$F_h$	129,98	N
$F_R$	290,65	N

Los valores de las distintas fuerzas se muestran en la Tabla 88, para determinar la fuerza vertical se utiliza la ecuación 61, la fuerza horizontal con la ecuación 62 y la fuerza resultante mediante la ecuación 63.

### Análisis de carga estática

Una vez determinado la fuerza resultante aplicada en la tolva de mezcla se realiza un análisis de carga estática, como se ve en la Figura 50, donde se le aplica la fuerza resultante distribuida en todo el elemento [ $W1 = F_R * L$ ].

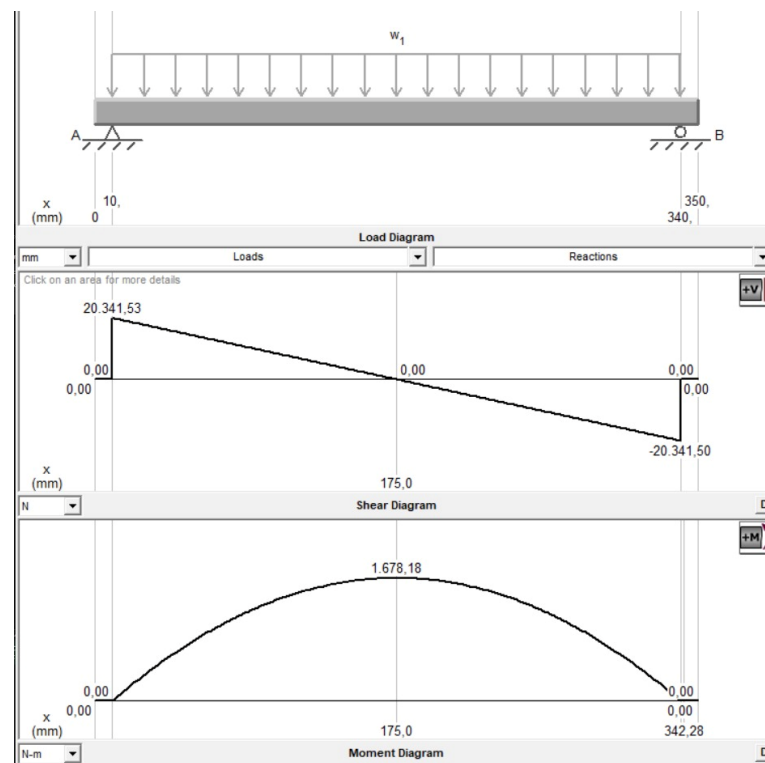


Figura 50. Diagrama de análisis estático.

Atraves del diagrama estático de la tolva se obtiene que el momento máximo tiene un valor de  $M_{max} = 2091,77Nm$ .

### Esfuerzo máximo

Para determinar el esfuerzo máximo en la tolva de mezclado se aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{\eta} \quad \text{Ec. ( 64 )}$$

Donde:

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia del AISI 304 [MPa]

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo [MPa]

$\eta$ : Factor de seguridad

Los datos necesarios para calcular el esfuerzo máximo es el esfuerzo a la fluencia del AISI 304 material que se usa para fabricar el elemento que tiene un valor de 215 MPa, además de un factor de seguridad de 3, dándonos como resultado un esfuerzo máximo mostrado en la Tabla 89 .

Tabla 89. Esfuerzo máximo.

Termino	Valor	Unidades
$S_y$	215	MPa
$\eta$	3	
$\sigma_{max}$	71,67	MPa

### Módulo de sección

Para determinar el módulo de sección del elemento se aplica la siguiente ecuación:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}} \quad \text{Ec. ( 65 )}$$

Donde:

$S$ : Módulo de sección [ $m^3$ ]

$M_{max}$ : Momento máximo [Nm]

Tabla 90. Módulo de sección.

Termino	Valor	Unidades
$\sigma_{max}$	71,67	MPa
$M_{max}$	2091,77	Nm
$S$	$2,91 * 10^{-5}$	$m^3$

### Diámetro interno

El diámetro interno se calcula con la siguiente ecuación:

$$d_i = \sqrt[4]{d^4 - \frac{S * 64 * d}{\pi}} \quad \text{Ec. ( 66 )}$$

Donde:

$d_i$ : Diámetro interno [m]

$d$ : Diámetro externo [m]

Tabla 91. Diámetro interno.

Termino	Valor	Unidades
$S$	$1,73 * 10^{-5}$	$m^3$
$d$	0,37	$m$
$d_i$	0,368	$m$

### Espesor

El espesor de la tolva del mezclador se determina mediante la siguiente ecuación:

$$e = \frac{d - d_i}{2} \quad \text{Ec. ( 67 )}$$

Donde:

$e$ : Espesor [mm]

Tabla 92. Espesor tolva de mezclado.

Termino	Valor [m]
$d$	0,37
$d_i$	0,368
$e$	0,00055

En la Tabla 92 se menciona que el espesor del elemento que soporta las fuerzas aplicadas es de 0,55 mm, pero por motivos de diseño se selecciona el espesor de la tolva de 0,7 mm.

### Torque de las paletas

Para determinar el torque es necesario definir el peso al que va a estar sometido las paletas de mezclado, dicho valor corresponde a la densidad de la materia prima por el volumen de la tolva de mezclado y la gravedad el cual nos da como resultado 519,93 N. Además, es necesario conocer el diámetro de la tolva de mezclado y el torque se determina mediante la siguiente ecuación:

$$T = W * \frac{D}{2} \quad \text{Ec. ( 68 )}$$

Donde:

$W$ : Peso de la mezcla [N]

$D$ : Diámetro de la tolva [m]

$T$ : Torque [Nm]

Tabla 93. Torque de paletas.

Termino	Valor	Unidades
$W$	519,93	N
$D$	0,37	m
$T$	97,38	Nm

### Potencia necesaria para el eje de paletas

Al determinar la potencia que requiere el sistema de mezclado es indispensable determinar de giro adecuada para este tipo de máquinas, siendo la velocidad de giro de 60 rpm, por tanto, la potencia se determina con la Ec. ( 15 )

Tabla 94. Potencia requerida para el sistema de mezclado.

Termino	Valor	Unidades
$T$	97,38	$Nm$
$\eta$	60	$rpm$
$N$	0,61	$kW$

En la Tabla 94 se expone que la potencia requerida del sistema de mezclado es de 0,61  $kW$  que transformándolo queda un valor de 0,82  $hp$  y la velocidad de giro es de 60  $rpm$ .

#### 2.7.14 Selección de bandas de transmisión

Para la transmisión se utiliza un sistema de bandas y poleas tanto para la extrusora como para la mezcladora, estos sistemas funcionarían con un mismo motor para los dos sistemas, por esta razón se determina el tipo de banda y el diámetro del juego de poleas adecuados para los parámetros de cada sistema.

#### Relación de velocidad

La relación de velocidad se da por la siguiente ecuación que se muestra a continuación:

$$K = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D}{d} \quad \text{Ec. ( 69 )}$$

Donde:

$rv$ : Relación de velocidad

$n_1$ : Velocidad de giro de entrada [ $rpm$ ]

$n_2$ : Velocidad de giro de salida [ $rpm$ ]

$D$ : Diámetro de polea conducida [ $mm$ ]

$d$ : Diámetro de polea conductora [ $mm$ ]

### **Potencia corregida**

La potencia corregida se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_c = P_t * F_{cp} \quad \text{Ec. ( 70 )}$$

Donde:

$P_c$ : Potencia corregida [ $hp$ ]

$F_{cp}$ : Factor de servicio

$P_t$ : Potencia a transmitir [ $hp$ ]

### **Distancia entre ejes**

Para determinar la distancia entre ejes basándonos en la selección de bandas de acuerdo con [77] nos dice que cuando la relación de velocidad esta entre 1 a 3 se utiliza la siguiente ecuación:

$$I \geq \frac{(K + 1)d}{2} + d \quad \text{Ec. ( 71 )}$$

Cuando la relación de velocidad es mayor igual a 3

$$I \geq D \quad \text{Ec. ( 72 )}$$

Donde:

$I$ : Distancia entre ejes [ $mm$ ]

### **Longitud primitiva de la banda**

La longitud primitiva de la banda se determina a través de la siguiente ecuación:

$$L \approx 2I + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4I} \quad \text{Ec. ( 73 )}$$

$L$ : Longitud primitiva de la banda [ $mm$ ]

### Ángulo de contacto

El ángulo de contacto se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = 180 - 57 \frac{(D - d)}{I} \quad \text{Ec. ( 74 )}$$

### Velocidad de la correa

La velocidad de la correa se determina con la ecuación que se muestra a continuación:

$$Vt = \frac{\pi * d * n_2}{60 * 1000} \quad \text{Ec. ( 75 )}$$

Donde:

$Vt$ : Velocidad de la correa [m/s]

### Potencia efectiva por banda

La prestación base se determina con la ecuación que se muestra a continuación:

$$Pe = (Pb + Pa) * Fcl * Fc\theta \quad \text{Ec. ( 76 )}$$

Donde:

$Pe$ : Potencia efectiva por correa [hp]

$Pb$ : Prestación base [hp]

$Pa$ : Potencia adicional [hp]

$Fc\theta$ : Factor de corrección por arco de contacto

$Fcl$ : Factor de corrección por longitud de correa

### Numero de bandas

La cantidad de correas se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N \text{ de bandas} = \frac{Pc}{Pe} \quad \text{Ec. ( 77 )}$$



### Fuerza de tensado en bandas

La fuerza de tensado en las bandas se determina con la siguiente ecuación:

$$F_T = \frac{Pt}{Vt} \quad \text{Ec. ( 78 )}$$

Donde:

$F_T$ : Fuerza de tensado en bandas [N]

### 2.7.15 Selección de bandas de transmisión para sistema de extrusión

Para seleccionar la clase y cantidad de bandas requeridas para la transmisión al sistema de extrusión sabiendo que la velocidad de giro para su funcionamiento es de 50 *rpm* que se determinó anteriormente, la fuente de potencia para esta máquina será un motor con una potencia de 5 *hp* y una velocidad de salida de 550 *hasta* 3600 *rpm*.

### Relación de velocidad

Mediante la Ecuación 69 se puede determinar la relación de velocidad mediante la velocidad de giro que sale del motor y la velocidad de giro que requiere el sistema de extrusión, debido a la baja velocidad que trabaja el tornillo este puede atorarse así que se toma como velocidad base 100 *rpm* como se muestra en la Tabla 95.

Tabla 95. Relación de velocidad sistema de extrusión.

Termino	Valor	Unidades
$n_1$	550	<i>rpm</i>
$n_2$	100	<i>rpm</i>
$K$	5,5	

### Potencia corregida

La potencia corregida se determina mediante Ecuación 70 con la potencia de salida del motor a utilizar, además se determina el factor de servicio mediante el Anexo 1, dando un valor de 1,2, por tanto, el valor de la potencia se determina en la Tabla 96.

Tabla 96. Potencia requerida sistema de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>Pt</i>	5	<i>hp</i>
<i>Fcp</i>	1,2	
<i>Fc</i>	6	<i>hp</i>

### **Selección de diámetro de poleas**

Antes de determinar el diámetro de las poleas debemos seleccionar la sección de las poleas mediante el Anexo 2 en función de la potencia y revoluciones. Para determinar el diámetro nominal de las poleas se utiliza la Ecuación 69, se toma que la polea de salida sea de 90 *mm* con una relación de velocidad de 4 se determina el diámetro de la polea de salida como se muestra en la Tabla 97.

Tabla 97. Diámetros de poleas sistema de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>d</i>	90	<i>mm</i>
<i>K</i>	5,5	
<i>D</i>	500	<i>mm</i>

### **Distancia entre ejes**

Cuando la relación de velocidad es mayor a 3 nos dice que la distancia entre los ejes de las poleas debe ser mayor o igual al diámetro de la polea mayor en este caso  $I \geq 360$  *mm*, lo cual se determina que la distancia es de 400 *mm* entre los ejes de la polea.

### **Longitud primitiva de la banda**

Para determinar la longitud primitiva de la banda se utiliza la Ecuación 73 y se muestra el resultado en la Tabla 98.

Tabla 98. Longitud de banda para el sistema de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor [mm]</b>
<i>d</i>	90
<i>D</i>	500
<i>I</i>	621,73
<i>L</i>	2237.35

### **Angulo de contacto**

El ángulo de contacto se calcula con la Ecuación 74 el cual nos da como resultado el valor que se muestra en la Tabla 99.

Tabla 99. Ángulo de contacto de la banda de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>d</i>	90	<i>mm</i>
<i>D</i>	500	<i>mm</i>
<i>I</i>	621,73	<i>mm</i>
<i>θ</i>	143	<i>grados</i>

### **Velocidad de correa**

La velocidad lineal de la correa se determina con la Ecuación 75 y el resultado se muestra en la Tabla 100.

Tabla 100. Velocidad de correa del sistema de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>d</i>	90	<i>mm</i>
<i>D</i>	500	<i>mm</i>
<i>I</i>	621,73	<i>mm</i>
<i>V<sub>t</sub></i>	2,59	<i>m/s</i>

### **Potencia efectiva por banda**

La potencia efectiva por banda se calcula con la Ecuación 76, para lo cual los valores de prestación base y potencia adicional se obtiene del Anexo 3 teniendo un valor de 1,49 y 0,25 respectivamente, el valor del factor de corrección de longitud de banda se

obtiene del Anexo 4 se obtiene un valor de 1,05 y el factor de corrección de ángulo de contacto se determina en el Anexo 5 teniendo un valor de 0,895, con estos datos la potencia efectiva por banda se obtiene en la Tabla 101.

Tabla 101. Potencia efectiva por banda en sistema de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>Ps</i>	2,61	<i>hp</i>
<i>Pa</i>	0,61	<i>hp</i>
<i>Fcl</i>	1,05	
<i>Fcθ</i>	0,895	
<i>Pe</i>	3,009	<i>hp</i>

### Numero de bandas

Para calcular el número de bandas se utiliza la Ecuación 77.

Tabla 102. Numero de bandas en el sistema de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>Pc</i>	6	<i>mm</i>
<i>Pe</i>	3,009	<i>mm</i>
<i>NB</i>	2	

En la Tabla 102 se muestra el número de bandas necesarias para el sistema de transmisión de la extrusora, por tanto, las bandas seleccionadas son de tipo A87 y la cantidad de bandas a utilizar son 2.

### Fuerza de tensado

Para determinar la fuerza de tensado se utiliza la Ecuación 78, la potencia del motor en watts viene a ser 3728,5 *W* con este dato se muestra el resultado en la Tabla 103.

Tabla 103. Fuerza de tensado en banda de extrusión.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>Pt</i>	3728,5	<i>W</i>
<i>Vt</i>	2,59	<i>m/s</i>
<i>F<sub>T</sub></i>	1438,57	<i>N</i>

### 2.7.16 Selección de bandas de transmisión para sistema de mezclado

Para seleccionar la clase y cantidad de bandas requeridas para la transmisión al sistema de mezclado sabiendo que la velocidad de giro mínimo para su funcionamiento es de 60 *rpm* que se determinó anteriormente, la fuente de potencia para esta máquina será un motor con una potencia de 1 *hp*. Como el tornillo sin fin gira a una velocidad de salida de 100 *hasta* 648 *rpm* se optó por utilizar el movimiento del tornillo para mover el mezclador con el fin de utilizar un solo motor para los dos sistemas.

#### Relación de velocidad

Mediante la Ecuación 69 se puede determinar la relación de velocidad mediante la velocidad de giro que sale del motor y la velocidad de giro que requiere el sistema de mezclado y se muestra en la Tabla 104.

Tabla 104. Relación de velocidad sistema de mezclado.

Termino	Valor	Unidades
$n_1$	100	<i>rpm</i>
$n_2$	60	<i>hp</i>
$K$	1,67	

#### Potencia corregida

La potencia corregida se determina mediante Ecuación 70 con la potencia de salida del motor a utilizar, además se determina el factor de servicio mediante el Anexo 1 el cual nos da un valor de 1,2, por tanto, el valor de la potencia se determina en la Tabla 105.

Tabla 105. Potencia requerida sistema de mezclado.

Termino	Valor	Unidades
$P_t$	1	<i>hp</i>
$F_{cp}$	1,2	
$F_c$	1.2	<i>hp</i>

### Selección de diámetro de poleas

Antes de determinar el diámetro de las poleas debemos seleccionar la sección de las poleas mediante el Anexo 2 en función de la potencia y revoluciones. Para determinar el diámetro nominal de las poleas se utiliza la Ecuación 69 se toma que la polea de salida sea de 90 *mm* con una relación de velocidad de 3,33 se determina el diámetro de la polea de salida como se muestra en la Tabla 106.

Tabla 106. Diámetros de poleas sistema de mezclado.

Termino	Valor	Unidades
<i>d</i>	90	<i>mm</i>
<i>K</i>	1,67	
<i>D</i>	150	<i>mm</i>

### Distancia entre ejes

Cuando la relación de velocidad es mayor a 3 nos dice que la distancia entre los ejes de las poleas debe ser mayor o igual al diámetro de la polea mayor en este caso  $I \geq 360$  *mm*, lo cual se determinas que la distancia es de 400 *mm* entre los ejes de la polea.

### Longitud primitiva de la banda

Para determinar la longitud primitiva de la banda se utiliza la Ecuación 73 y se muestra el resultado en la Tabla 107.

Tabla 107. Longitud de banda para el sistema de mezclado.

Termino	Valor [mm]
<i>d</i>	90
<i>D</i>	150
<i>I</i>	360
<i>L</i>	1099,3

### Angulo de contacto

El ángulo de contacto se calcula con la Ecuación 74 el cual nos da como resultado el valor que se muestra en la Tabla 108.

Tabla 108. Ángulo de contacto de la banda de mezclado.

Termino	Valor	Unidades
<i>d</i>	90	<i>mm</i>
<i>D</i>	150	<i>mm</i>
<i>I</i>	360	<i>mm</i>
$\theta$	170,5	<i>grados</i>

### Velocidad de correa

La velocidad lineal de la correa se determina con la Ecuación 75 y el resultado se muestra en la Tabla 109.

Tabla 109. Velocidad de correa del sistema de mezclado.

Termino	Valor	Unidades
<i>d</i>	90	<i>mm</i>
<i>D</i>	150	<i>mm</i>
<i>I</i>	360	<i>mm</i>
<i>V<sub>t</sub></i>	0,47	<i>m/s</i>

### Potencia efectiva por banda

La potencia efectiva por banda se calcula con la Ecuación 76, para lo cual los valores de prestación base y potencia adicional se obtiene del Anexo 3 teniendo un valor de 1,31 y 0,18 respectivamente, el valor del factor de corrección de longitud de banda se obtiene del Anexo 4 se obtiene un valor de 0,9 y el factor de corrección de ángulo de contacto se determina en el Anexo 5 teniendo un valor de 0,985, con estos datos la potencia efectiva por banda se obtiene en la Tabla 110.

Tabla 110. Potencia efectiva por banda en sistema de mezclado.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>Ps</i>	1,31	<i>hp</i>
<i>Pa</i>	0,18	<i>hp</i>
<i>Fcl</i>	0,9	
<i>Fcθ</i>	0,985	
<i>Pe</i>	1,32	<i>hp</i>

### Numero de bandas

Para calcular el número de bandas se utiliza la Ecuación 77.

Tabla 111. Numero de bandas en el sistema de mezclado.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>Pc</i>	1.2	<i>mm</i>
<i>Pe</i>	1,32	<i>mm</i>
<i>NB</i>	0,90	<i>grados</i>

En la Tabla 111 se muestra el número de bandas necesarias para el sistema de transmisión de la extrusora, por tanto, las bandas seleccionadas son de tipo A42 y la cantidad de bandas a utilizar es 1.

### Fuerza de tensado

Para determinar la fuerza de tensado se utiliza la Ecuación 78, la potencia del motor en watts viene a ser 3728,5 *W* con este dato se muestra el resultado en la Tabla 112.

Tabla 112. Fuerza de tensado en banda de mezclado.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<i>Pt</i>	745,7	<i>W</i>
<i>Vt</i>	0,47	<i>m/s</i>
<i>F<sub>T</sub></i>	1582,42	<i>N</i>



### 2.7.17 Dimensionamiento del sistema de dosificado

Para el dimensionamiento del contenedor del dosificador se usa como referencia la capacidad del sistema de mezclado, el fin de la dosificadora es alimentar de la materia prima a la mezcladora a medida que disminuye su volumen, por esto se busca que el contenedor del dosificador tenga una capacidad mayor a la de mezclado sin sobrepasar las dimensiones del mezclador y la estructura a la estructura en la que estará montada.

#### Dimensionamiento del contenedor de dosificación

El contenedor de dosificación se requiere que tenga una capacidad mayor a la tolva de mezclado, por esta razón, se desea diseñar este elemento para una capacidad de 65 kg, tomando en cuenta que los lados sean de 0,41 m x 0,39 m, por lo cual se requiere determinar la profundidad que debe tener este componente mediante la siguiente ecuación:

$$L = \frac{m_c}{\rho * a * b} \quad \text{Ec. ( 79 )}$$

Donde:

$\rho$ : Densidad [ $kg/m^3$ ]

$m_c$ : Capacidad [ $kg$ ]

$a$  y  $b$ : Lados del contenedor [ $m$ ]

$L$ : Profundidad del contenedor [ $m$ ]

Tabla 113. Profundidad de contenedor de dosificado.

Termino	Valor	Unidades
$m_c$	65	$kg$
$a$	0,41	$m$
$b$	0,39	$m$
$\rho$	1027,2	$kg/m^3$
$L$	0,396	$m$

En la Tabla 113 se muestra que la profundidad del contenedor es de 0,396 m por motivos de construcción se aproxima a 0,40 m.

### Capacidad de carga del contenedor cónico de dosificado

La capacidad de carga del contenedor cónico se determina mediante la siguiente ecuación:

$$m_{cc} = \rho * \frac{b}{2} * h * L \quad \text{Ec. ( 80 )}$$

Donde:

$m_{cc}$ : Capacidad del contenedor cónico [kg]

$b$ : Base [m]

$h$ : Altura [m]

$L$ : Profundidad [m]

Tabla 114. Contenedor cónico de dosificado.

Termino	Valor	Unidades
$L$	0,41	$m$
$h$	0,1	$m$
$b$	0,39	$m$
$\rho$	1027,2	$kg/m^3$
$m_{cc}$	8,21	$kg$

La capacidad del contenedor cónico se muestra en la Tabla 114, entonces se suma la masa que puede contener cada uno de estos elementos, dándonos como resultado 73,21 kg.

### Cálculo de fuerza en paredes del contenedor

Para determinar la fuerza vertical se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_v = m_T * g \quad \text{Ec. ( 81 )}$$

Para determinar la presión a la que está sometido la tolva se lo realiza mediante la ecuación que se muestra a continuación:

$$P = \frac{F_v}{A_v} \quad \text{Ec. ( 82 )}$$

La ecuación utilizada para determinar la fuerza horizontal es la siguiente:

$$F_h = \frac{P}{2} * A_h \quad \text{Ec. ( 83 )}$$

Donde:

$m_T$ : Masa total [ $kg$ ]

$F_v$ : Fuerza vertical [ $N$ ]

$F_h$ : Fuerza horizontal [ $N$ ]

$A_v$ : Área de cara vertical [ $m^2$ ]

$A_h$ : Área de cara horizontal [ $m^2$ ]

$P$ : Presión [ $Pa$ ]

El área de la cara horizontal del contenedor es de  $0,164 m^2$  y el área de la cara vertical  $0,1599 m^2$ , por tanto, los resultados se muestran en la Tabla 115, para determinar el factor de seguridad y la deflexión máxima mediante el programa ANSYS en el siguiente capítulo.

Tabla 115. Valores de fuerza del contener de dosificado.

Termino	Valor	Unidades
$A_v$	0,1599	$m^2$
$A_h$	0,164	$m^2$
$m_T$	73,21	$kg$
$g$	9,81	$m/s^2$
$F_v$	718,19	$N$
$P$	4491,49	$Pa$
$F_h$	368,3	$N$

Al determinar las dimensiones del contenedor de dosificado se muestra la forma geométrica en la Figura 51.

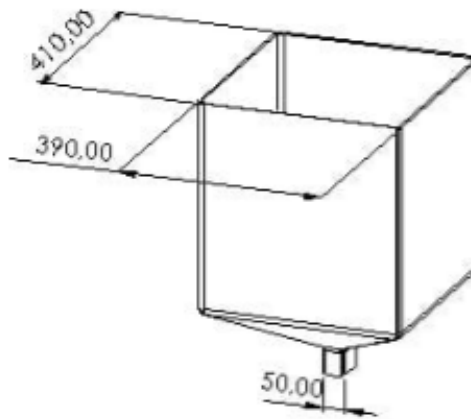


Figura 51. Tolva del dosificador.

### Dimensionamiento del vaso telescópico

El vaso telescópico se encarga de proporcionar las porciones adecuadas de materia prima en el mezclador a medida que este alimenta la tolva de extrusión, el porcentaje de masa que dosificado este elemento está dispuesto por las dimensiones del elemento y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$m_d = a * b * h * \rho \quad \text{Ec. ( 84 )}$$

Donde:

$m_d$ : Capacidad de dosificado del vaso [kg]

$a * b$ : Lados del baso telescópico [m]

$h$ : Profundidad del baso telescópico [m]

$\rho$ : Densidad de la materia prima [kg/m<sup>3</sup>]

Con el fin de evitar atrancamientos dentro del vaso telescópico por el peso de la misma materia prima, para el cálculo se toma en cuenta las siguientes dimensiones que el lado a y b tienen una longitud de 0,085 m y como profundidad tiene 0,098 m y la densidad usada como se muestra anteriormente es de 1027,2 kg/m<sup>3</sup> por tanto la masa que dosifica el vaso se muestra en la Tabla 106

Tabla 116. Capacidad de materia en el vaso dosificador.

Termino	Valor	Unidades
$a$ y $b$	0,085	$m$
$h$	0,098	$m$
$\rho$	1027,2	$kg/m^3$
$m_d$	0,73	$kg$

Con las dimensiones y densidad de la materia prima se determina que la capacidad del vaso es de  $0,73\text{ kg}$ , como característica adicional del vaso cuenta con una ceja en la parte superior del mismo como se muestra en la Figura 52, que tiene como objetivo sellar la salida de la tolva de dosificado al momento de que este elemento se mueve para alimentar la mezcladora, el material con el que se fabrica es acero inoxidable AISI 304 de espesor de  $0,7\text{ mm}$ .

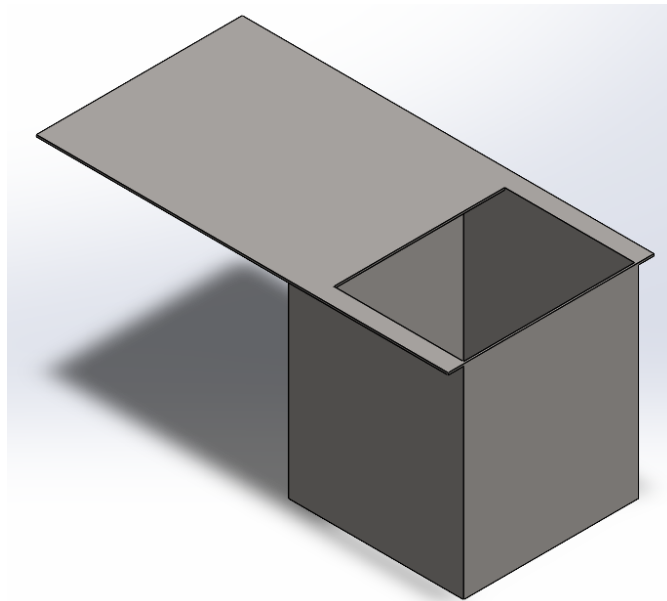


Figura 52. Vaso dosificador.

### **Soporte de vaso telescópico**

El vaso telescópico se mueve a través de un soporte de forma horizontal que tiene dos cavidades como se indica en la , la primera cavidad rellena el vaso en su totalidad y mediante un sistema de accionamiento, se transporta el elemento al otro lado del soporte donde cuenta con una salida del material hacia el mezclador, de esta manera se activa el sistema cada vez que sea necesario para evitar que se vacíe el sistema de mezclado y se detenga la producción.

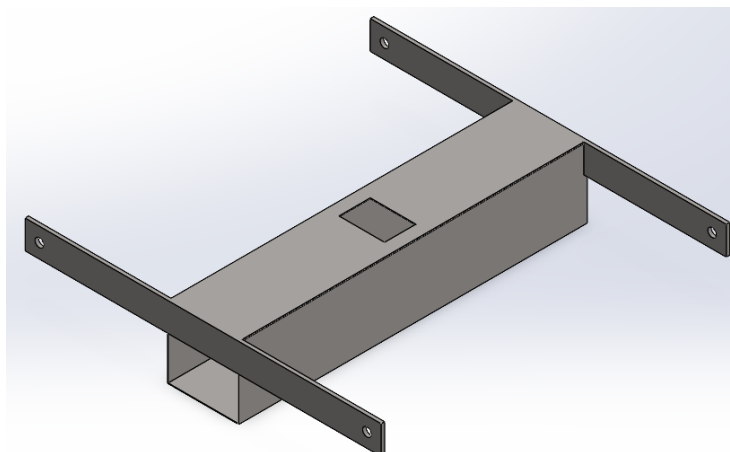


Figura 53. Soporte de vaso telescópico.

### 2.7.18 Análisis de placas base para los motores

Mediante el Programa ANSYS se realiza varias pruebas con distintos espesores en la simulación para las placas de soporte de los motores. En donde se considera valores como factor de seguridad, deflexión y esfuerzo equivalente.

#### 2.7.18.1 Análisis de placa base para motor principal

Tabla 117. Placa base para motor de extrusión.

Espesores para placa del motor de extrusión				
N	Thickness [mm]	Total Deformation Maximun [mm]	Equivalent Stress Maximun [Mpa]	Safety Factor Minimum [Stress]
1	1	1,6705	101,07	2,4734
2	2	0,20899	25,269	9,8936
3	3	0,062013	11,231	15
4	4	0,025214	6,3175	15
5	5	0,013456	4,00433	15
6	6	0,007812	2,8079	15
7	7	0,0049376	2,063	15
8	8	0,0033219	1,5796	15

Como se observa en la Tabla 117 los espesores para la placa base de este motor son aceptables desde 3 mm pero por motivo de sujeción del motor a la estructura mediante pernos se opta por una placa de 5 mm de espesor, dicha placa al no estar en contacto

directo con el alimento se emplea un acero ASTM A 36 con las siguientes dimensiones 580 mm \* 220 mm.

### 2.7.18.2 Análisis de placa base para motor del sistema de corte

Tabla 118. Placa base para sistema de corte.

<b>Espesores para placa del motor de corte</b>				
<b>N</b>	<b>Thickness [mm]</b>	<b>Total Deformation Maximun [mm]</b>	<b>Equivalent Stress Maximun [Mpa]</b>	<b>Safety Factor Minimum [Stress]</b>
1	1	0,86216	53,319	4,6887
2	2	0,10787	13,33	15
3	3	0,032008	5,9243	15
4	4	0,013532	3,3324	15
5	5	0,0069468	2,1327	15
6	6	0,0040332	1,481	15
7	7	0,0025496	1,088	15
8	8	0,0017156	0,83298	15

Según la Tabla 118 los espesores para la placa base de este motor son aceptables desde 2 mm pero por motivo de sujeción del motor a la estructura mediante pernos se opta por una placa de 5 mm de espesor, dicha placa al no estar en contacto directo con el alimento se emplea un acero ASTM A 36 con las siguientes dimensiones 420 mm \* 220 mm.

### 2.7.19 Cálculo de cargas aplicadas en la estructura

La estructura de la máquina soportara las cargas del todo los componentes de los sistemas constituidos para su formación donde se encuentran aplicadas, además de todos los factores que ejercen cargas sobre la estructura.

#### Carga muerta

La carga muerta se refiere al peso total de la estructura, que está contemplada por el peso de los perfiles que la conforman por un conjunto de perfiles, los cuales son tubos cuadrados 40x40x3 conformadas por el material ASTM A36, adicionalmente del peso

de todos los componentes que está ubicada sobre la estructura que conforman toda la máquina como se indica en Tabla 119.

Tabla 119.Carga muerta por componentes.

Componentes	Masa [kg]
Tornillo sin fin y eje de transmisión	10
Eje y paletas de mezclado	2,5
Tolva de mezclado	3,5
Matriz de extrusión	0,5
Cámara de compresión	5,5
Tolva de dosificado	6
Bridas	12,92
Pernos de tensión en bridas	1,5
Rodamientos y chumaceras	2,5
Cubierta de salida en pellets	3
Motor 5HP	65
Motor 1/4 HP y sistema de corte	14
Servomotor	4
Pernos, cables y otros	2
<b>Total</b>	<b>132,92</b>

La estructura tiene un peso total de 793,14 *N* y el peso total de todos los componentes es de 1303,95 *N*, con estos datos podemos determinar el factor de mayoración con la ecuación que se muestra a continuación:

$$F_M = \frac{P_{ES} + P_{COM}}{P_{ES}} \quad \text{Ec. ( 85 )}$$

Donde:

$P_{ES}$ : Peso de la estructura [*kg*]

$P_{COM}$ : Peso de los componentes [*kg*]

$F_M$ : Factor de mayoración

Tabla 120. Factor de mayoración.

Termino	Valor	Unidades
$P_{ES}$	80,85	<i>kg</i>
$P_{COM}$	132,92	<i>kg</i>
$F_M$	2,64	



### **Carga viva por ocupación**

La carga viva por ocupación se ejecuta cuando la máquina entra en funcionamiento, para este caso es el peso que ejerce la mezcla en movimiento durante toda la máquina dando un peso total de carga de 1285,11 *N*.

### **Carga viva por instalación**

Esta carga se ejerce por el peso aplicado por los constructores de la máquina de acuerdo con [53] nos dice que el peso aproximado de una persona promedio es de 65 kilogramos, para la construcción de la máquina intervinieron 2 constructores dando una carga de 1275,3 *N*.

### **Combinación de cargas**

Para la combinación de cargas se utiliza el método LRFD “Load and Resistance Factor Design”, la cual tiene las siguientes combinaciones:

1.  $U = 1.4D$
2.  $U = 1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$
3.  $U = 1.2D + 1.6(Lr \text{ o } S \text{ o } R) + (L^* \text{ o } 0.5W)$
4.  $U = 1.2D + 1W + L^* + 0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$
5.  $U = 1.2D + 1E + L^* + 0.2S$
6.  $U = 0.9D + 1W$
7.  $U = 0.9D + 1E$

Donde:

- *U*: Carga de diseño
- *D*: Carga Muerta
- *L*: Carga viva por ocupación
- *Lr*: Carga viva por instalación
- *S*: Carga de nieve
- *R*: Carga de lluvia
- *W*: Carga de viento
- *E*: Carga de sismo

El carácter \* representa el valor de 1 que se ejerce en cargas vivas mayores a  $100 \text{ lb/ft}^2$  o para pisos de lugares de reuniones públicas y estacionamientos, para otras cargas vivas el factor de carga es igual a 0,5. La máquina estará ubicada dentro de una cubierta que la proteja de las condiciones externas, por tanto, cargas provocadas por factores de: nieve, viento, lluvia y sísmica no influyen en la estructura de esta forma la combinación queda de la siguiente manera:

1.  $U = 1.4D$
2.  $U = 1.2D + 1.6L + 0.5Lr$
3.  $U = 1.2D + 1.6Lr + L$
4.  $U = 1.2D + L + 0.5Lr$
5.  $U = 1.2D + L$
6.  $U = 0.9D$
7.  $U = 0.9D$

La combinación de cargas mediante el método LRFD se muestra en la Tabla 121.

Tabla 121. Combinación de cargas LRFD.

Número	Combinación [N]
1	2935,92
2	5210,33
3	5842,1
4	4439,26
5	3801,61
6	1887,38
7	1887,38

### **Diagrama eléctrico para el control de temperatura.**

En la Figura 54. Diagrama eléctrico de control de temperatura con controlador de temperatura [78]. Se muestra un diagrama de control de temperatura en el cual se debe establecer una temperatura en la que el prototipo va a trabajar, dicho diagrama está conformado por componentes tales como, control de temperatura RX C100, relé de estado sólido, resistencia y termocupla.

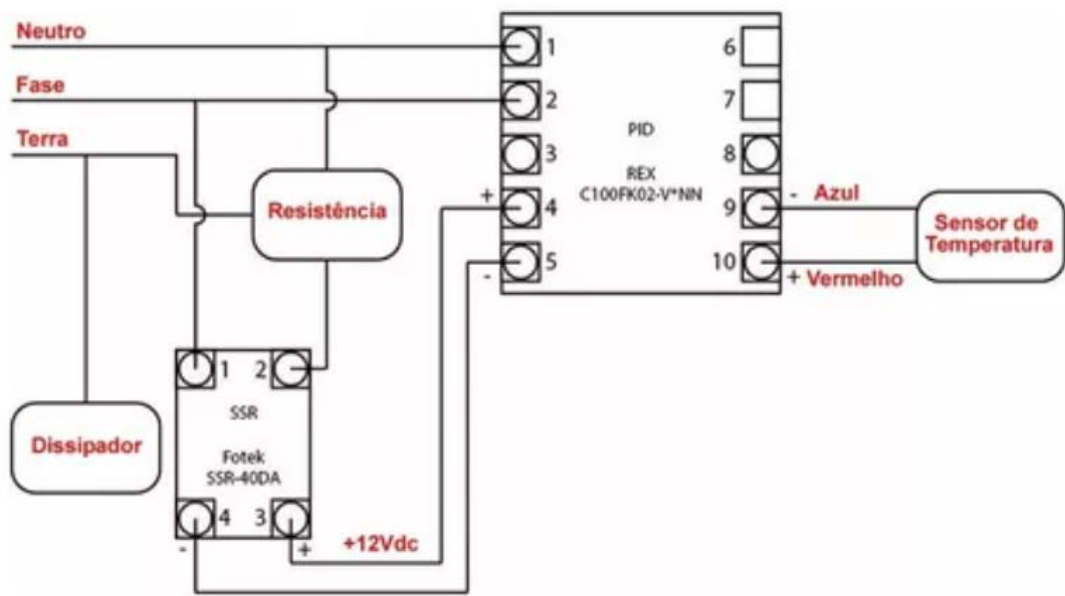


Figura 54. Diagrama eléctrico de control de temperatura con controlador de temperatura [78].

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis y resultados de discusión

En la ejecución del presente proyecto se examina los resultados que se obtienen a través de los métodos aplicados en el desarrollo, como el método de investigación documental el cual nos da los parámetros y ecuaciones aplicados para el dimensionamiento el tornillo sinfín del sistema de extrusión. El método de investigación de campo nos presenta los datos del espacio donde la máquina va a estar en funcionamiento y de acuerdo con eso se determina las dimensiones adecuadas que debe tener, además se examina los materiales con los que se va a construir. El método experimental nos da la capacidad de modificar parámetros como la velocidad de giro que entra a la máquina con el fin de probar y medir la capacidad de producción a diferentes velocidades del tornillo.

El proceso de diseño se detalla en el capítulo II, en el cual se ejecutan los cálculos correspondientes para cada sistema, además del uso de programas como SolidWorks para realizar la geometría de la máquina siendo una gran ventaja para realizar cambios en el transcurso del diseño. En la Figura 55 se muestra el diseño final de la máquina.

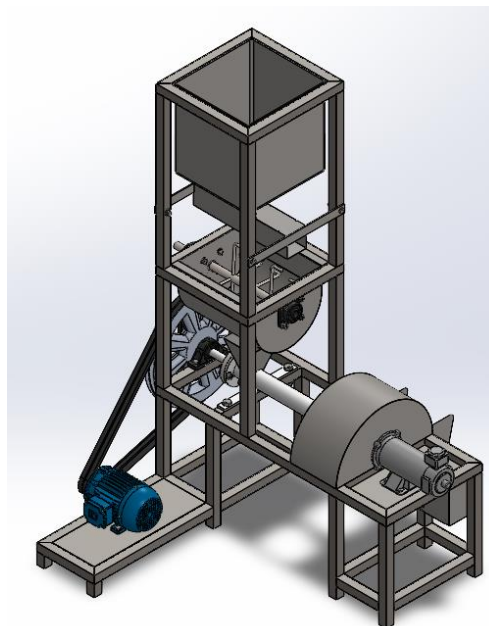


Figura 55. Máquina dosificadora, mezcladora y peletizadora.

A través de programas de simulación como ANSYS se determina si el modelo diseñado es capaz de soportar las cargas y condiciones a la cual va a estar sometida al momento de su funcionamiento. Los análisis por realizar se ejecutan en los componentes críticos tales como cámara de compresión, tornillo sinfín, estructura y tolvas de mezclado y dosificación como se muestra a continuación:

### 3.1.1 Análisis del tornillo sinfín

Para comprobar la calidad de diseño es fundamental realizar simulaciones mediante programas de elementos finitos y determinar si los valores obtenidos son esperados en el diseño, una vez elaborada la geometría del tornillo se determina el esfuerzo y el factor de seguridad que posee el elemento cuando es sometido a cargas generadas por su funcionamiento, valores como el torque  $712,14 \text{ Nm}$ , fuerza de axial  $39580,36 \text{ N}$  y la fuerza producida por el peso del elemento. tomando en consideración que el material de fabricación es un acero AISI 430.

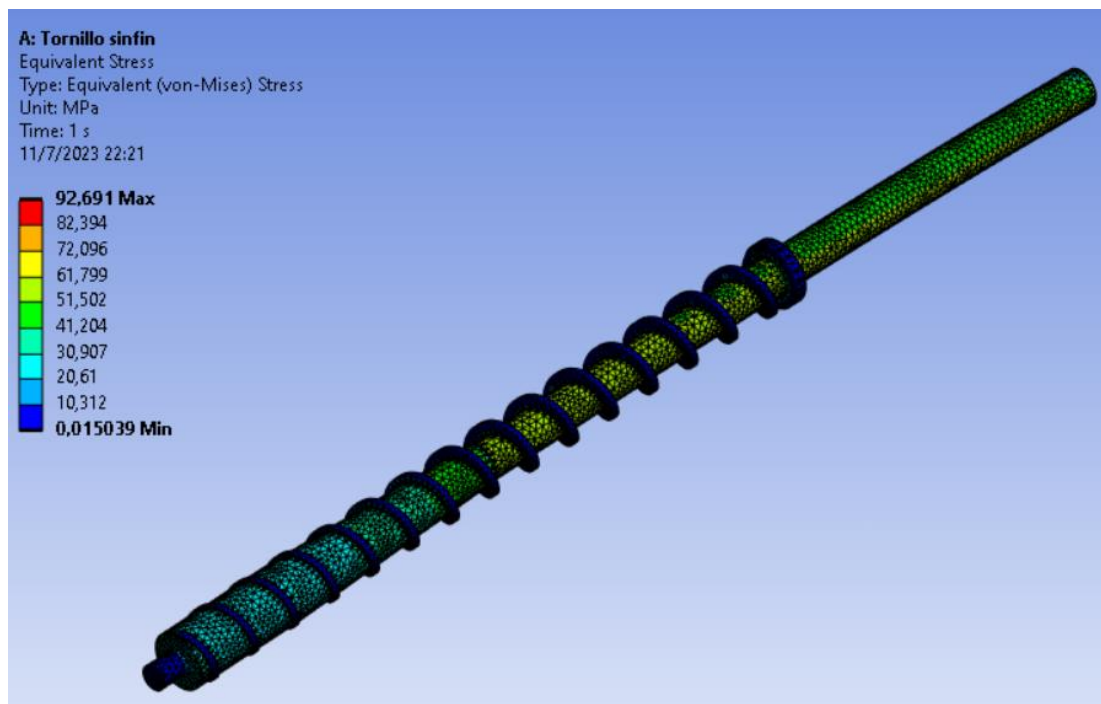


Figura 56. Esfuerzo equivalente de Von Mises en el tornillo sinfín.

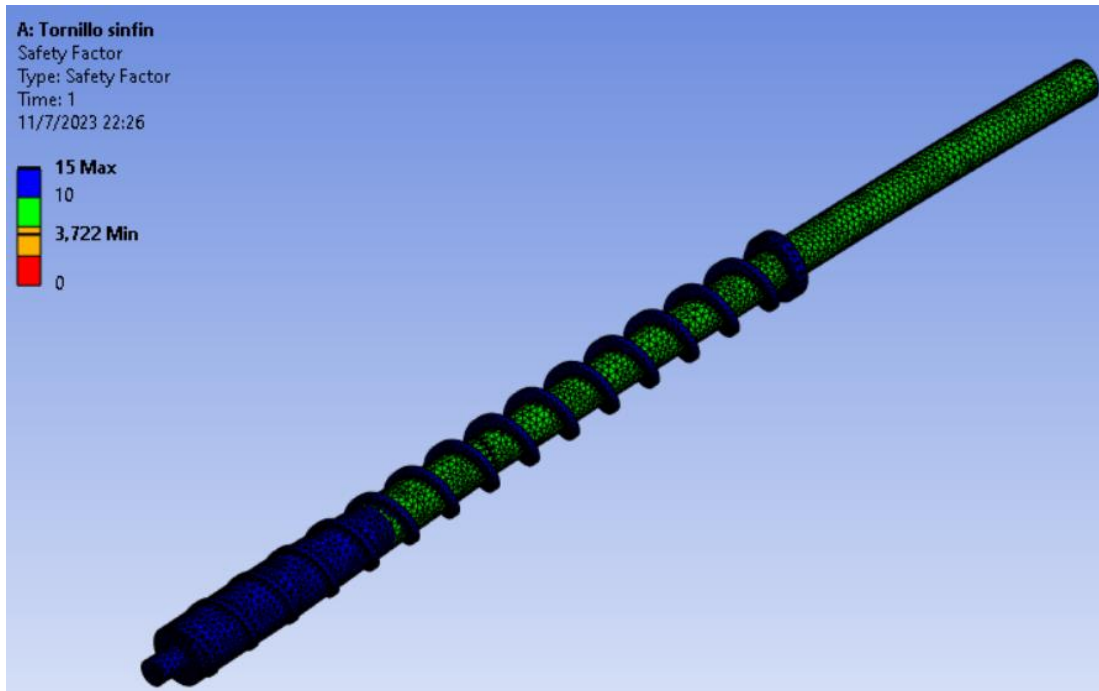


Figura 57. Factor de seguridad del tornillo sinfín.

Como se puede observar en las Figura 56 y Figura 57 el esfuerzo equivalente de Von Mises es de  $92,69 \text{ MPa}$  y el factor de seguridad  $3,72$ , siendo valores muy aproximados a los determinados en el capítulo anterior como se muestra en la Tabla 122.

Tabla 122. Comparación de resultados tornillo sinfín.

Descripción	Valor
Esfuerzo equivalente de Von Mises [Calculado]	$89,55 \text{ MPa}$
Esfuerzo equivalente de Von Mises [Simulado]	$92,69 \text{ MPa}$
Factor de seguridad [Calculado]	$3,85$
Factor de seguridad [Simulado]	$3,72$

### 3.1.2 Análisis cámara de compresión

En el análisis de la cámara de compresión se considera que el material seleccionado es un acero AISI 430 y la carga a la que está sometida es la presión con un valor de  $46,63 \text{ MPa}$ .

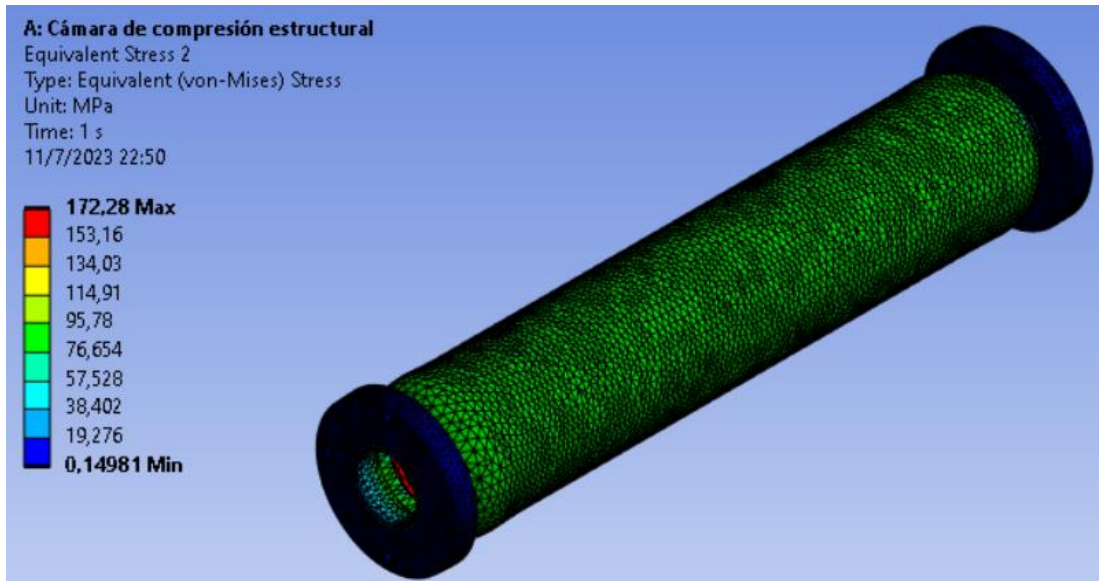


Figura 58. Esfuerzo equivalente de Von Mises en cámara de compresión.

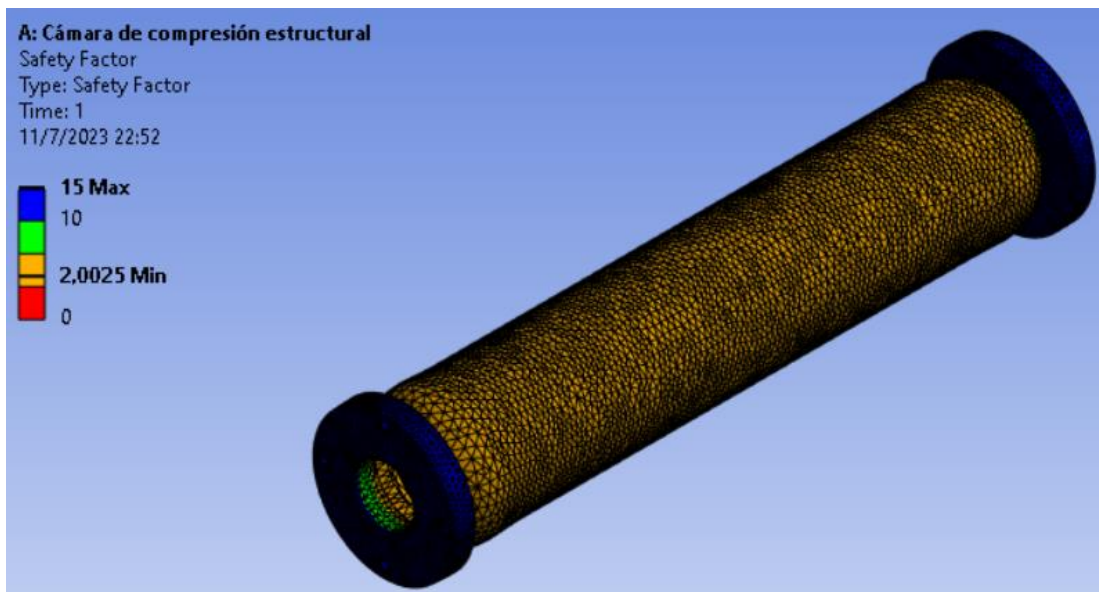


Figura 59. Factor de seguridad cámara de compresión.

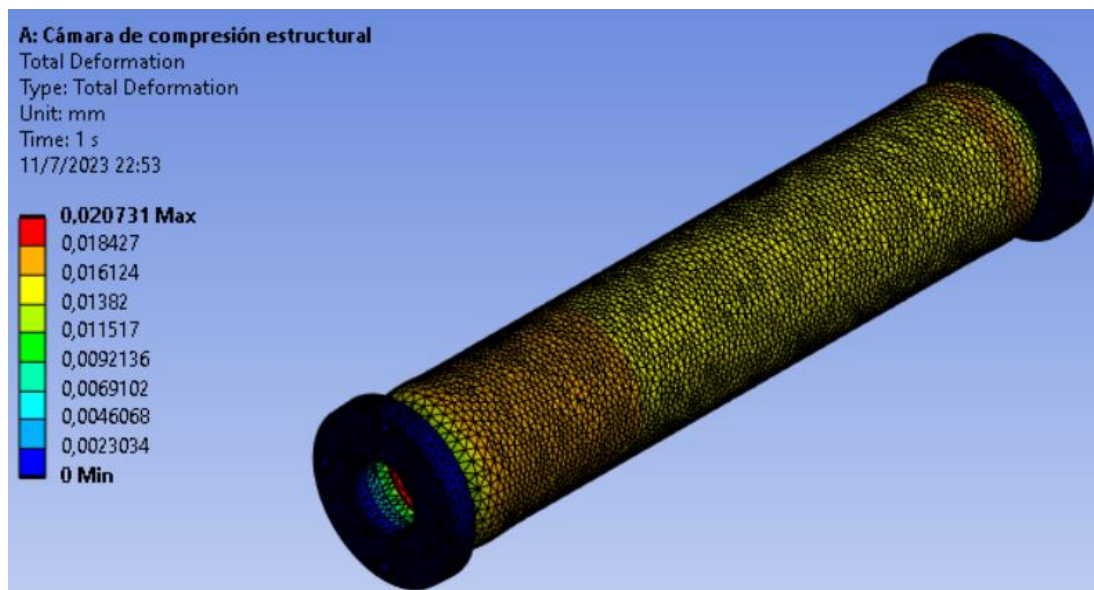


Figura 60. Deformación total en cámara de compresión.

En la Figura 58 se puede evidenciar un valor de esfuerzo equivalente de  $172,28 \text{ MPa}$ , en la Figura 59 se muestra un factor de seguridad de 2 y la Figura 60 representa un valor de deformación total de  $0,020 \text{ mm}$ . Los valores obtenidos se aproximan a los datos calculados en el capítulo dos como se muestra en la Tabla 123.

Tabla 123. Comparación de resultados cámara de compresión

Descripción	Valor
Esfuerzo equivalente de Von Mises [Calculado]	$164,90 \text{ MPa}$
Esfuerzo equivalente de Von Mises [Simulado]	$172,28 \text{ MPa}$
Factor de seguridad [Calculado]	2,1
Factor de seguridad [Simulado]	2

### 3.1.3 Análisis de resistencia térmica

Para el análisis de la resistencia térmica el valor fundamental es el tiempo que tarde en alcanzar una temperatura de  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , la cual es necesaria para que el agua llegue a su punto de ebullición, el material de la que está constituido es acero AISI 304 con una potencia definida por el fabricante de  $650 \text{ W}$ , la resistencia requerida es de tipo abrazadera con unas dimensiones de  $110 \text{ mm}$  de longitud,  $70 \text{ mm}$  de diámetro y un espesor de  $5 \text{ mm}$  dándonos un volumen total de  $129590,70 \text{ mm}^3$ , dicho valor es utilizado para determinar la generación interna de calor  $0,00501 \text{ W/mm}^3$ , se toma en



consideración que el coeficiente de convección del aire es de  $5 \text{ W/m}^2\text{°C}$  y una temperatura ambiente de  $22\text{°C}$ .

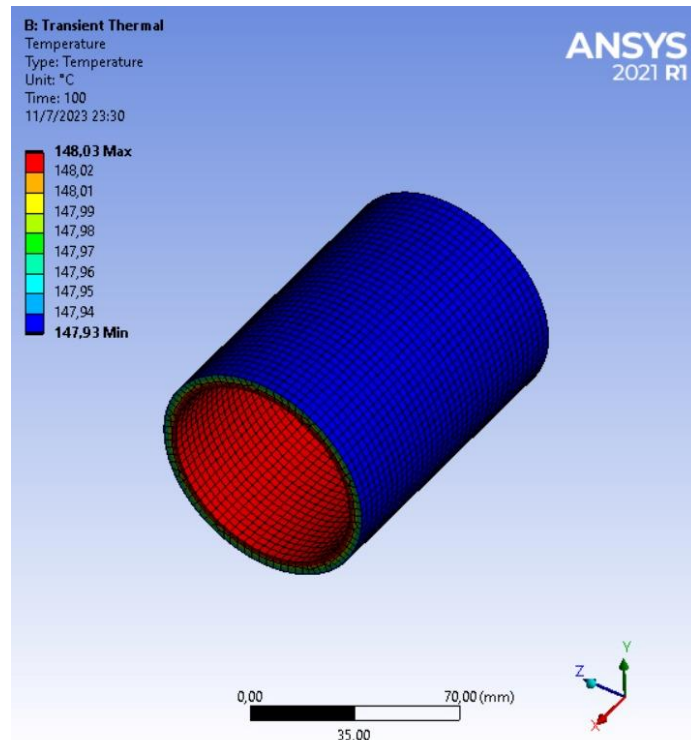


Figura 61. Tiempo de calentamiento de la resistencia.

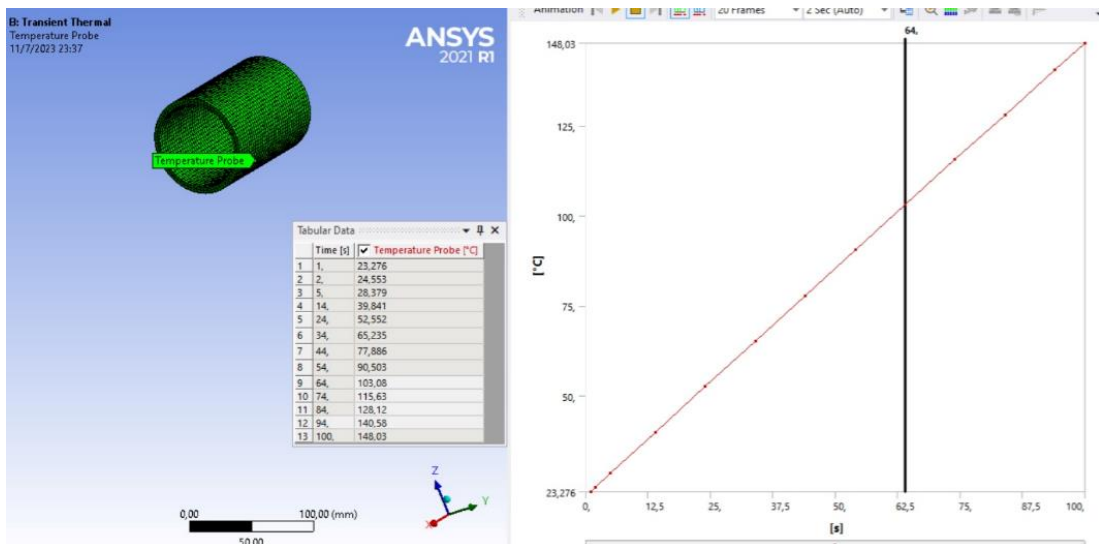


Figura 62. Tiempo en alcanzar la temperatura requerida en la zona de contacto.

En la Figura 61 se muestra el rango de temperatura que alcanza la resistencia a los 100 s dando un valor de temperatura máxima de  $148,03 \text{ °C}$  y la Figura 62 indica el

tiempo que tarda la resistencia en llegar a los 100 °C, es decir que para alcanzar esta temperatura se necesita aproximadamente 60 s como se muestra en el diagrama Temperatura vs tiempo.

### 3.1.4 Análisis de la temperatura en la cámara de compresión

Una vez analizado el tiempo que tarda la resistencia en generar la temperatura requerida se analiza la transferencia de calor entre la resistencia y la cámara de compresión y el tiempo requerido para que la parte interna de la cámara llegue a 100 °C. Se considera que la temperatura inicial en la cámara de compresión es de temperatura ambiente.

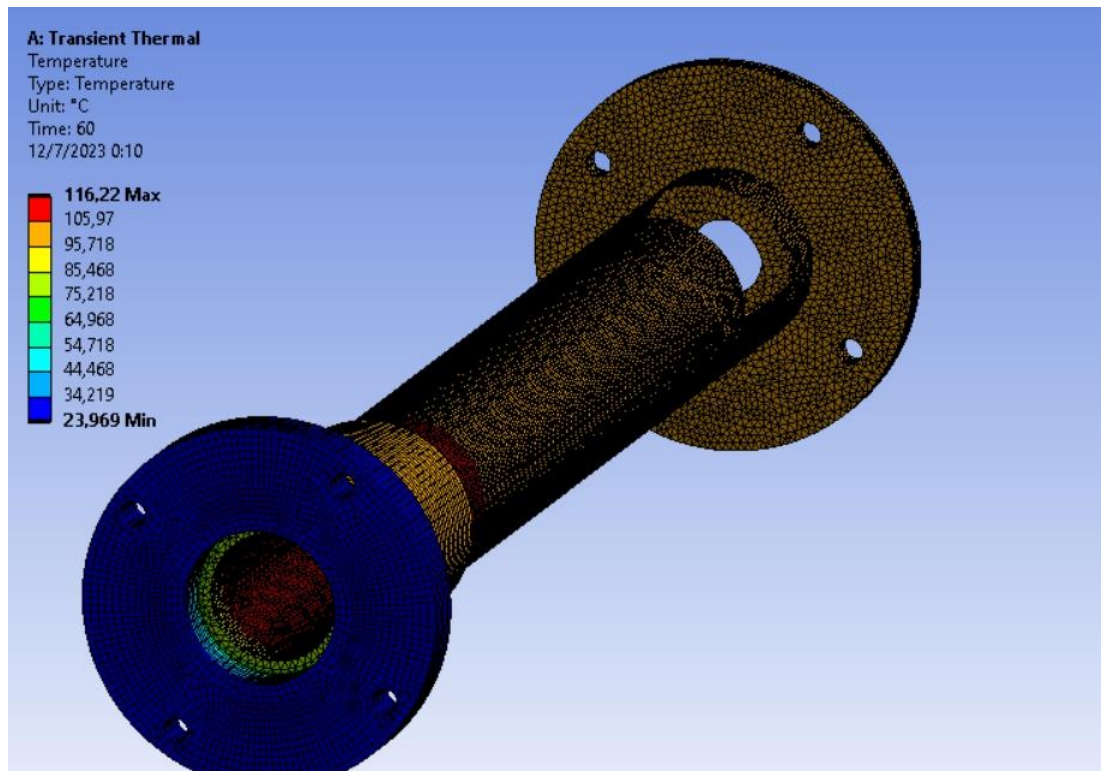


Figura 63. Distribución térmica de la cámara de compresión.

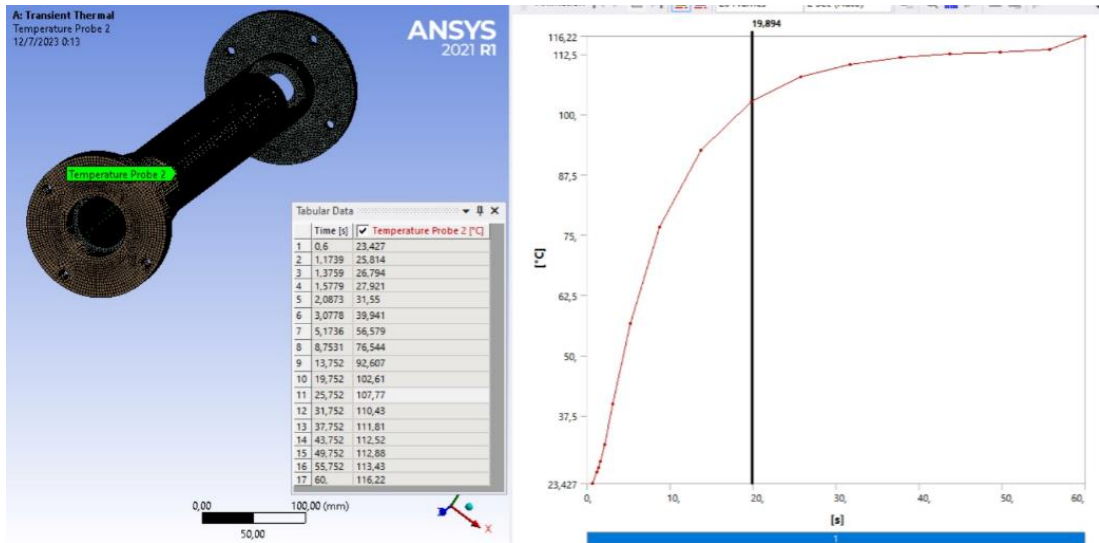


Figura 64. Tiempo requerido para alcanzar los 100 grados en la cámara de compresión.

La Figura 63 y Figura 64 muestra la distribución térmica a lo largo de la cámara y lo que tarda el interior para llegar a los 100 °C es un tiempo de 20 s aproximadamente desde que la resistencia alcanza la temperatura requerida.

### 3.1.5 Análisis de tolva de mezclado

En el análisis de la tolva de mezclado la deflexión es un dato importante por considerar, debido a que se requiere que la tolva no sufra una deformación considerable mediante su funcionamiento. El material que está constituido es de AISI 304 y el espesor es de 0,7 mm, por motivo que el elemento es de espesor bajo el método de simulación es de tipo Shell, las fuerzas que se aplican en el elemento es el peso de la materia prima que se mezcla dentro del componente.

### Esfuerzo equivalente de Von Mises

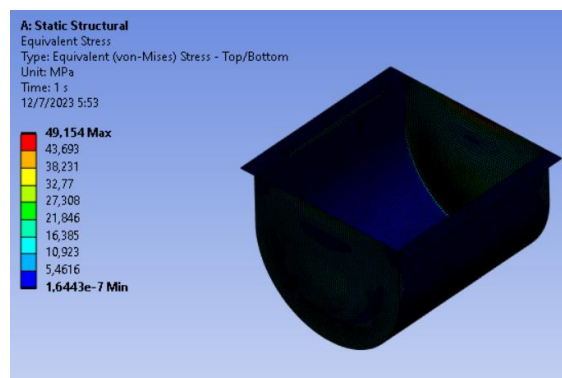


Figura 65. Esfuerzo equivalente de Von Mises en tolva de mezclado.

Como se evidencia Figura 65 el esfuerzo equivalente resultante nos da de  $49,15 \text{ MPa}$  el cual no supera el límite de fluencia del material seleccionado por lo que el diseño es adecuado para aplicar las cargas de la materia prima para su funcionamiento.

### Factor de seguridad

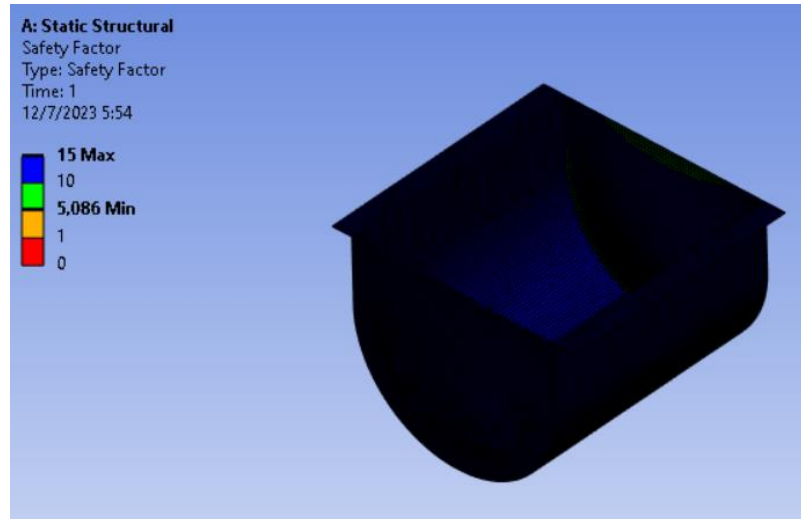


Figura 66. Factor de seguridad de tolva de mezclado.

### Deformación máxima

En la Figura 66 se muestra el factor de seguridad que se obtiene en el elemento cuando su espesor de pared es de  $0,7 \text{ mm}$  dando como resultado un factor de 5,09, lo cual indica que el elemento soporta las cargas de la materia prima.

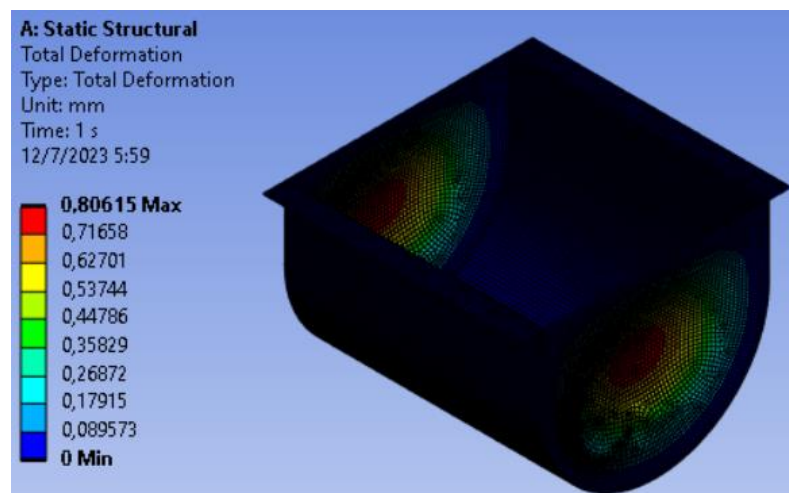


Figura 67. Deflexión total en la tolva de mezclado.

Se observa en la Figura 67 una deflexión total de  $0,806\text{ mm}$  es decir que tiene una baja deformación cuando está sometido a cargas de funcionamiento. Este dato es muy importante para el diseño de la tolva debido a que no debe sufrir grandes deformaciones con las cargas aplicadas evitando así dificultades en el mezclado por este factor.

### 3.1.6 Análisis de la tolva de dosificado

Al igual que en la tolva de mezclado se debe utilizar un análisis por elemento Shell debido a que trabajaremos con un espesor de  $0,7\text{ mm}$  constituido por un acero AISI 304.

#### Esfuerzo equivalente de Von Mises

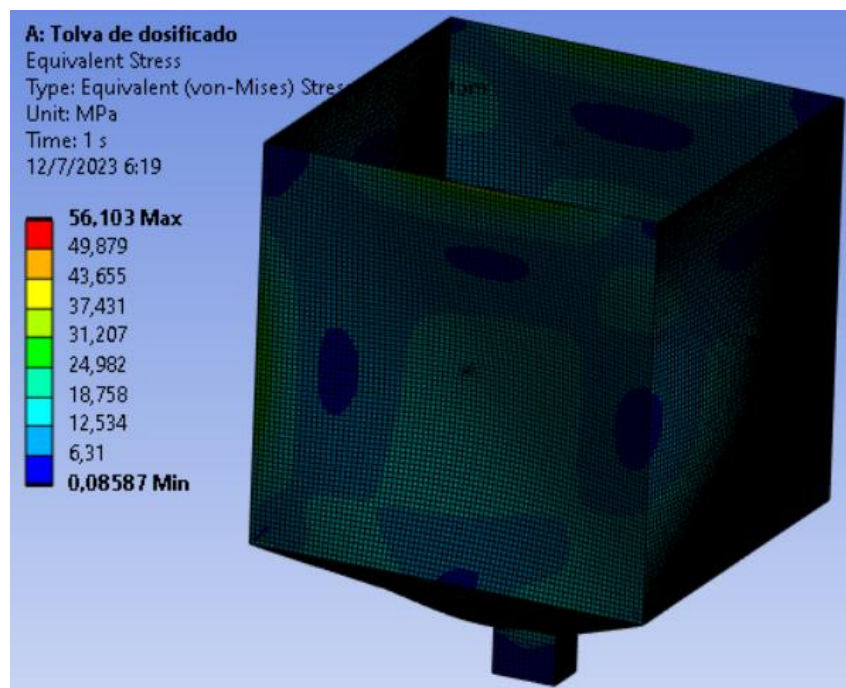


Figura 68. Esfuerzo equivalente de Von Mises en tolva de dosificado.

El esfuerzo equivalente máximo se muestra en la Figura 68 el cual da un valor de  $56,103\text{ MPa}$  en el componente siendo menor al límite de fluencia del material por lo que es aceptable para el diseño.

## Factor de seguridad

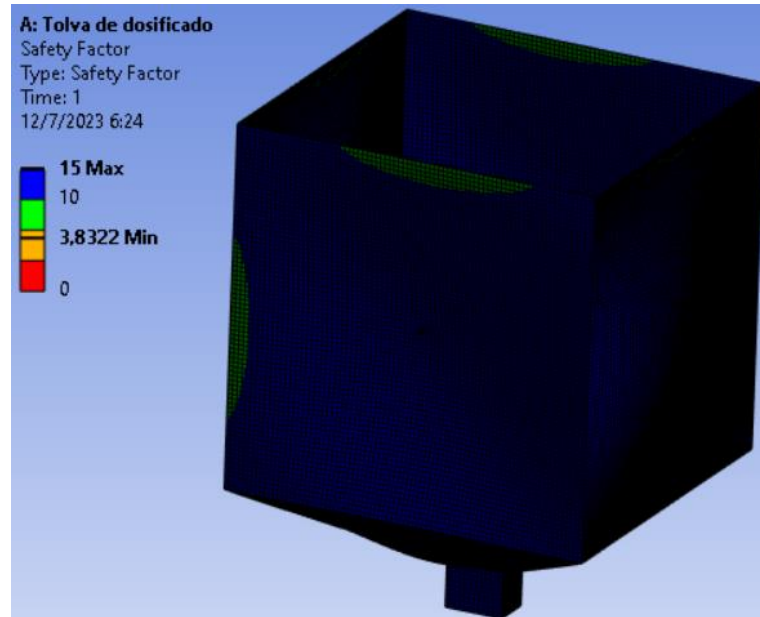


Figura 69. Factor de seguridad de la tolva de mezclado.

En la Figura 69 se presenta factor de seguridad de 3,83 cuando el elemento tiene esta sometido a la carga máxima para que esta dimensionada siendo un valor aceptable para su diseño.

## Deformación máxima

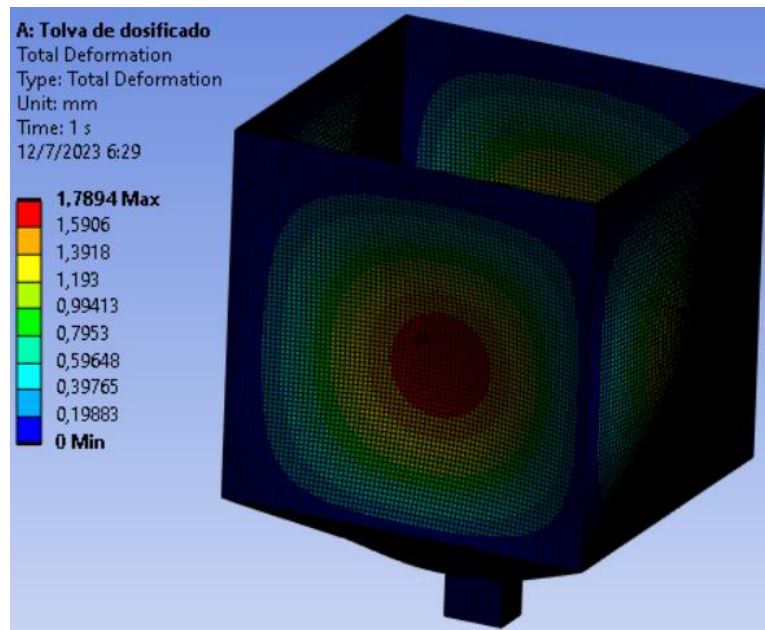


Figura 70. Deformación total de tolva de dosificado.



En la Figura 70 se muestra la deflexión máxima del elemento cuando es sometido a una carga máxima, dando un valor de  $1,79 \text{ mm}$ .

### 3.1.7 Análisis de la placa base para el motor principal

Para verificar el valor del espesor seleccionado en el capítulo dos se realiza el análisis mediante el programa ANSYS, determinando el valor de deflexión total, Esfuerzo Equivalente y el factor de seguridad, considerando que la placa base mide  $580 \times 220 \text{ mm}$ , con un área de  $127600 \text{ mm}^2$  de acero ASTM A 36 , con soportes fijos en cada uno de sus bordes y siendo sometida a una presión de  $0,005 \text{ MPa}$ .

#### Deformación total

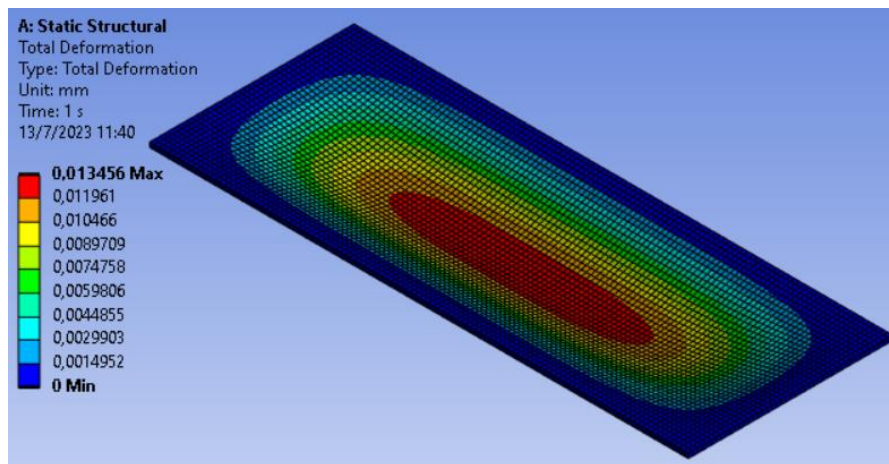


Figura 71. Deformación total en placa de motor de extrusión.

Como se observa en la Figura 71 la deformación máxima que sufre la placa a este espesor es de  $0,0135 \text{ mm}$ .

#### Esfuerzo equivalente máximo

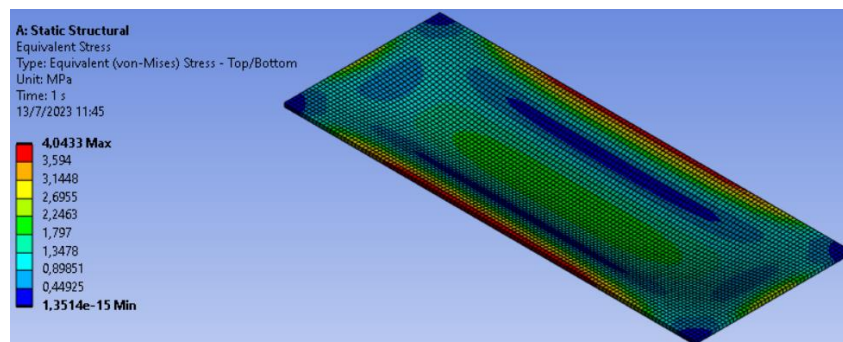


Figura 72. Esfuerzo equivalente de la placa.

El esfuerzo equivalente máximo de Von Mises en la Figura 72 que muestra el espesor de 5 mm es de 4,04 MPa.

### Factor de seguridad

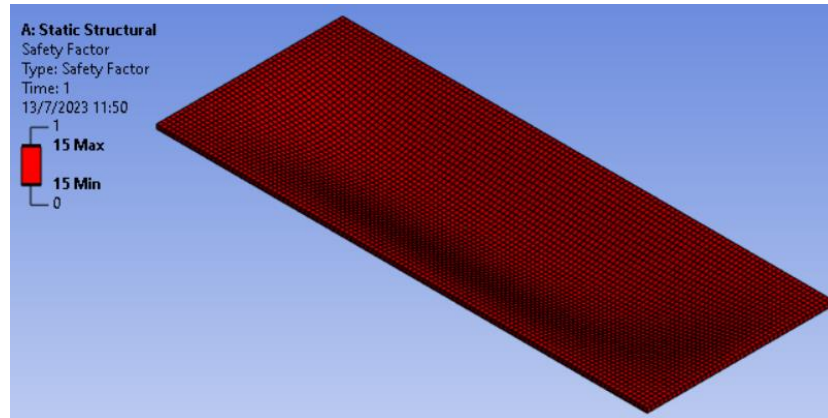


Figura 73. Factor de seguridad.

Como se evidencia en la Figura 73 la placa tiene un factor de seguridad de 15.

### 3.1.8 Análisis de la placa base para el sistema de corte

Para verificar el valor del espesor seleccionado en el capítulo dos se realiza el análisis mediante el programa ANSYS, determinando el valor de deflexión total, Esfuerzo Equivalente y el factor de seguridad, considerando que la placa base mide 420x220 mm, con un área de 92400 mm<sup>2</sup> de acero ASTM A 36 , con soportes fijos en cada uno de sus bordes y siendo sometida a una presión de 0,0027 MPa.

### Deformación Total

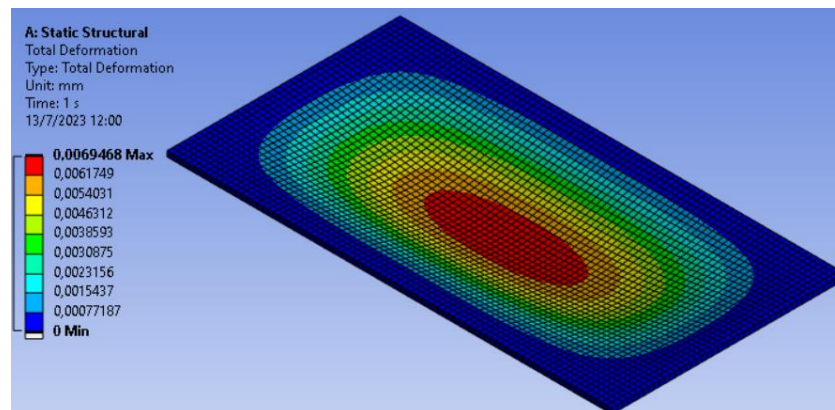


Figura 74. Deformación total de la placa.



Como se evidencia en la Figura 74 la deformación máxima que sufre la placa a este espesor es de 0,0069 mm.

### Esfuerzo equivalente máximo

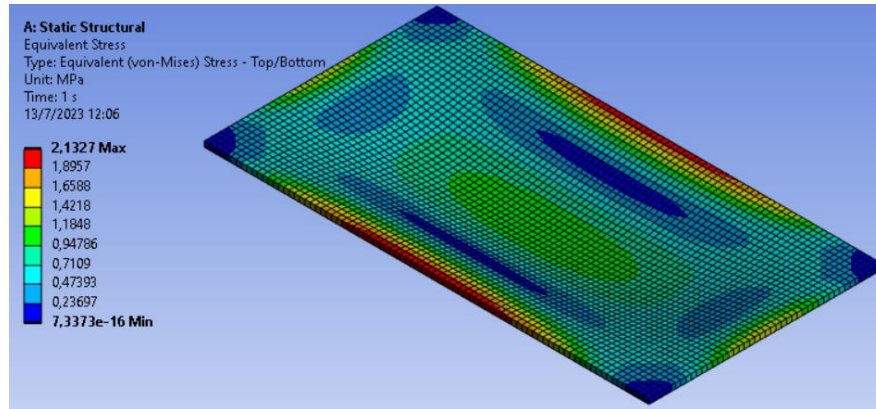


Figura 75. Esfuerzo equivalente de Von Mises en la placa.

El esfuerzo equivalente máximo de Von Mises en la Figura 75 que muestra el espesor de 5 mm es de 2,13 MPa.

### Factor de seguridad

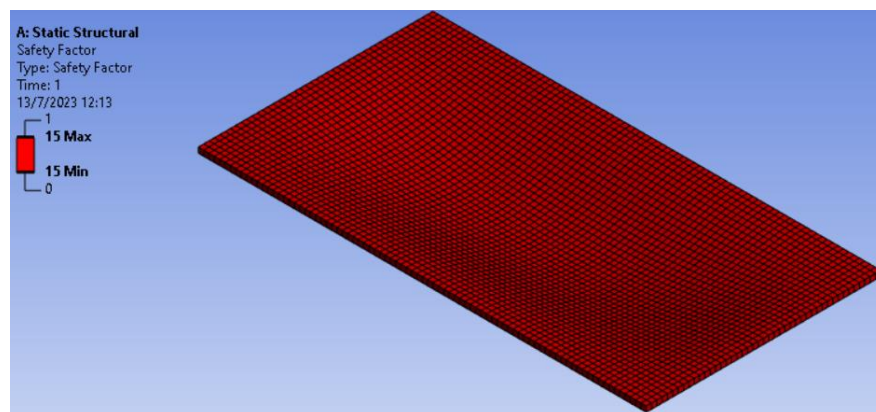


Figura 76. Factor de seguridad placa base.

Como se evidencia en la Figura 76 la placa tiene un factor de seguridad de 15.

### 3.1.9 Análisis de la estructura

En el análisis de estructura se considera los distintos tipos de cargas que van a hacer aplicadas en la misma durante su construcción y funcionamiento, además mediante el método LRFD se analizan las diferentes combinaciones máximas de carga como se

determina en el capítulo anterior. El análisis se realiza con la ayuda de dos programas SAP2000 Y ANSYS, el material que se emplea es un acero ASTM A36, el tipo de perfil es un tubo cuadrado 40x40x3 mm y se considera que cada una de las patas de la estructura y tiene un soporte fijo.

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	N	N	N
17	VIVAIN	LinStatic	22,68	-5,71	42,04
18	VIVAIN	LinStatic	22,51	5,44	41,46
33	VIVAIN	LinStatic	-11,83	-13,66	178,18
34	VIVAIN	LinStatic	-12,99	4,94	234,11
35	VIVAIN	LinStatic	-10,1	4,75	199,76
36	VIVAIN	LinStatic	-10,5	-14,1	144,5
37	VIVAIN	LinStatic	-8,4	13,26	66,22
38	VIVAIN	LinStatic	8,39	13,47	66,7
39	VIVAIN	LinStatic	8	-4,12	150,82
40	VIVAIN	LinStatic	-7,77	-4,28	150,68
		<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1274,47</b>

Figura 77. Carga viva de instalación.

La Figura 77 muestra la carga viva correspondiente a la instalación que va a soportar la estructura siendo un valor total de 1274,47 N. Respecto al cálculo realizado en el capítulo dos existe una variación de 0,83 N es decir que tenemos un margen de error del 0,065% de esta manera determinamos que el valor se asemeja mucho al calculado.

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	N	N	N
18	VIVA	LinStatic	0,32	0,33	-0,4
33	VIVA	LinStatic	0,4	-22,16	264,8
34	VIVA	LinStatic	-0,76	5,59	299,22
35	VIVA	LinStatic	-0,19	5,7	299,47
36	VIVA	LinStatic	-0,26	-22,88	265,48
37	VIVA	LinStatic	0,028	17,78	-10,18
38	VIVA	LinStatic	-0,0782	17,78	-10,23
39	VIVA	LinStatic	-0,25	-0,64	87,07
40	VIVA	LinStatic	0,2	-0,65	87,24
		<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1283,2</b>

Figura 78. Carga viva de ocupación.

Como se puede evidenciar en la Figura 78 la carga viva por ocupación nos da un valor de 1283,2 N con respecto al valor calculado existe una variación de 2 N y un margen de error de 0,15 %.

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	N	N	N
17	DEAD	LinStatic	22,09	-5,81	49,75
18	DEAD	LinStatic	21,81	5,36	48,75
33	DEAD	LinStatic	-11,28	-21,64	318,06
34	DEAD	LinStatic	-12,62	6,79	386,08
35	DEAD	LinStatic	-9,98	6,65	353,2
36	DEAD	LinStatic	-10,19	-22,34	286,01
37	DEAD	LinStatic	-8,09	19,56	105,38
38	DEAD	LinStatic	8,06	19,76	105,81
39	DEAD	LinStatic	7,68	-4,09	221,63
40	DEAD	LinStatic	-7,48	-4,25	221,56
		<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2096</b>

Figura 79. Carga muerta total.

En la Figura 79 se muestra el valor de la carga muerta total, es decir la carga producida por el peso propio de la estructura y de los componentes montados sobre ella dando un valor 2096 N teniendo una variación con el valor calculado de 1,08 N con un margen de error de 0,052 %.

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	N	N	N
17	Combinacion3	Combination	63,39	-16,95	127,71
18	Combinacion3	Combination	62,51	15,47	124,43
33	Combinacion3	Combination	-32,06	-69,97	931,57
34	Combinacion3	Combination	-36,7	21,65	1137,09
35	Combinacion3	Combination	-28,32	21,28	1042,92
36	Combinacion3	Combination	-29,28	-72,25	839,9
37	Combinacion3	Combination	-23,12	62,47	222,23
38	Combinacion3	Combination	23,02	63,04	223,46
39	Combinacion3	Combination	21,76	-12,13	594,33
40	Combinacion3	Combination	-21,2	-12,6	594,21
		<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5837,85</b>

Figura 80. Combinación de carga método LRFD.

Basándonos en los cálculos del capítulo anterior podemos evidenciar que la combinación tres es la más alta y se comprueba con la Figura 80 dando un valor de 5837,85 N, el cual tiene una variación de 4,24 N y un margen de error de 0,073 %, comprobando de esta manera que la combinación 3 es la más crítica.

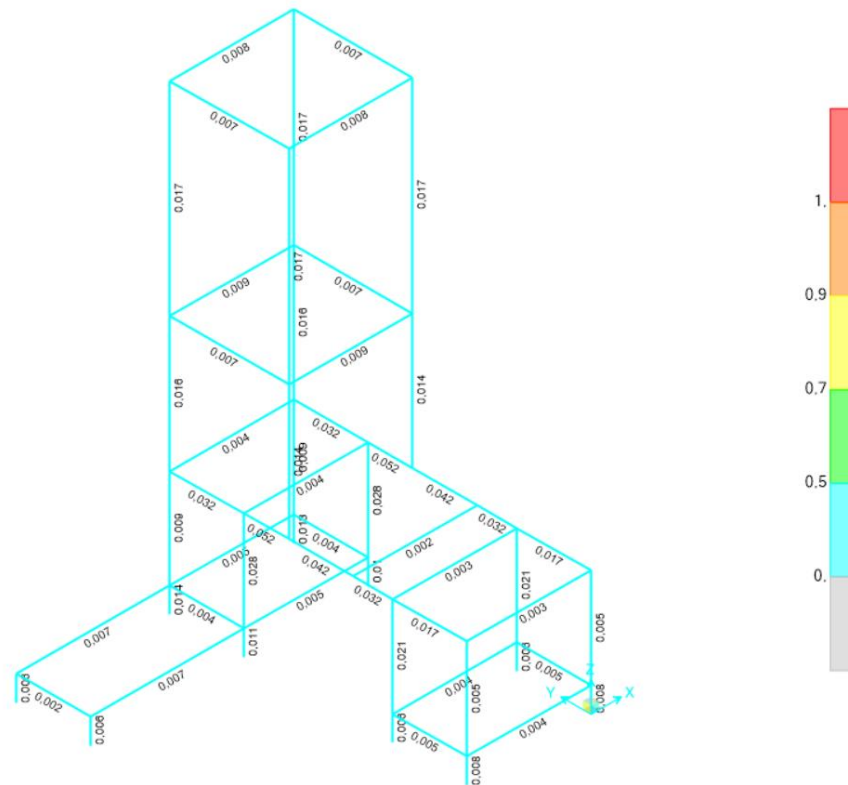


Figura 81. Resistencia de la estructura mediante el método LRFD.

El resultado de resistencia de la estructura de la Figura 81 viene detallado por una escala de colores que representa la resistencia permisible en porcentaje, donde de 0 a 50% es el celeste, de 50% a 70% es de color verde, de 70% a 90% de color amarillo, de 90 al 100% de color naranja y el color rojo sobrepasa el 100%.

Como se muestra en la Figura 81 la estructura está en un valor de resistencia permisible de 0 a 50% con valor máximo de 0,052 asegurando un margen de seguridad del 94,8 %, con estos datos se puede concluir que el diseño de la estructura es aceptable.

Para el análisis estructural con ANSYS se determina los valores de esfuerzo y deflexión que presenta la estructura con las cargas aplicadas, tomando en consideración que en cada una de las patas tiene un soporte fijo, para poder ubicar el factor de mayoración en la estructura como carga muerta se debe multiplicar el valor

obtenido que es de 2,64 por la gravedad dando un valor de  $25,89 \text{ m/s}^2$ , el mismo valor que se debe distribuir en la estructura.

### Deformación total

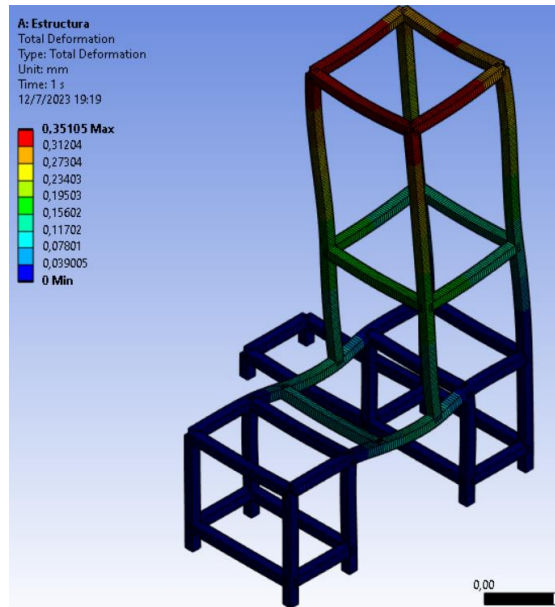


Figura 82. Deformación total de la estructura.

En la Figura 82 se muestra la deformación total más crítica está ubicada en la zona de dosificación ya que esta soporta mayor carga, con un valor de deflexión máxima de  $0,35 \text{ mm}$ .

### Deformación en los ejes X

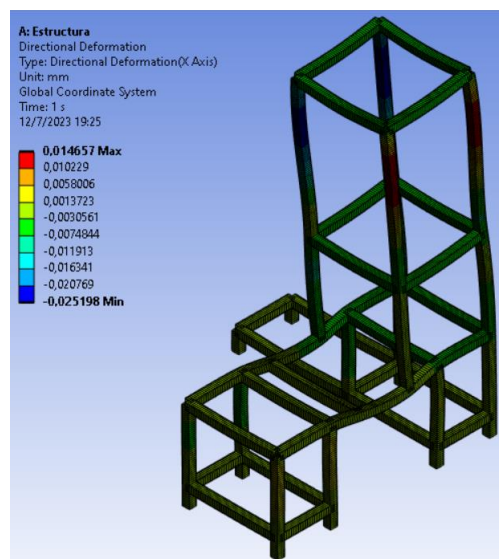


Figura 83. Deformación en el eje X.

## Deformación en los ejes Y

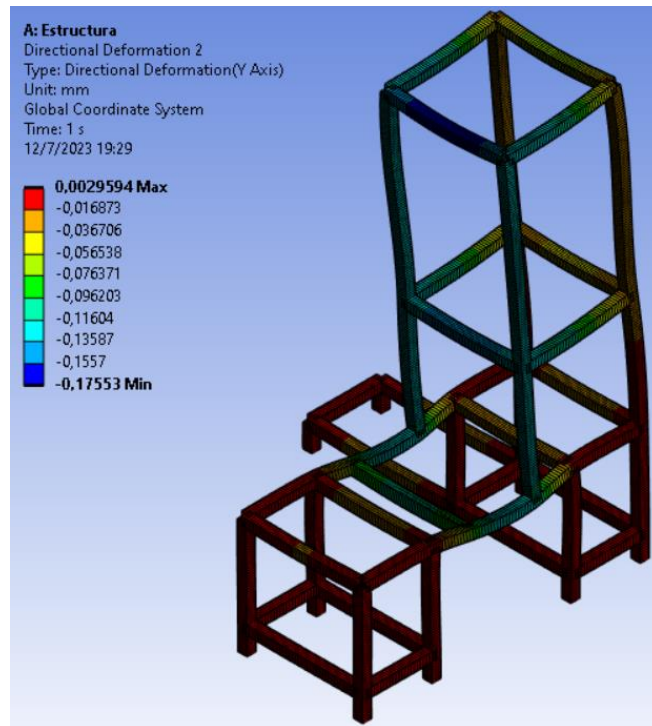


Figura 84. Deformación en el eje Y.

## Deformación en los ejes Z

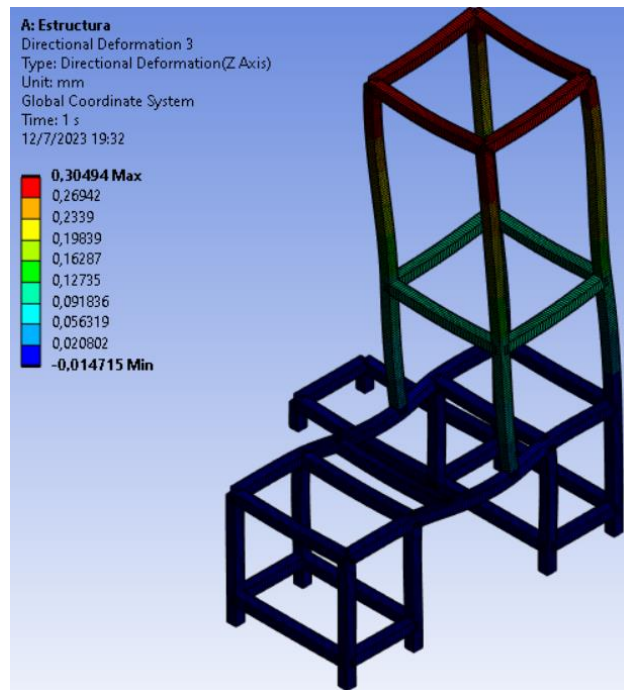


Figura 85. Deformación en el eje Z.



En la Figura 83, Figura 84 y Figura 85 se observa la deflexión en cada uno de los ejes, usando como referencia los valores de aceptación que no brinda la NTP 298 [...] donde nos dice que la deflexión máxima de aceptación en estructuras metálicas debe ser inferior a  $L/200$ . En el eje X la deflexión máxima es de  $0,025\text{ mm}$  y la longitud es de  $820\text{ mm}$  dando un valor de  $4,1\text{ mm}$ , En el eje Y tenemos una deflexión máxima de  $0,18\text{ mm}$  y la longitud es de  $500\text{ mm}$  obteniendo un valor de  $2,5\text{ mm}$  y en eje Z tiene una deformación máxima de  $0,31\text{ mm}$  con una longitud de  $500\text{ mm}$  dando un valor de  $2,5\text{ mm}$ . Como se evidencia en los cálculos anteriores, ninguna deformación en los 3 ejes supera la deformación calculada, por lo que el diseño de la estructura es aceptable.

### Esfuerzo directo

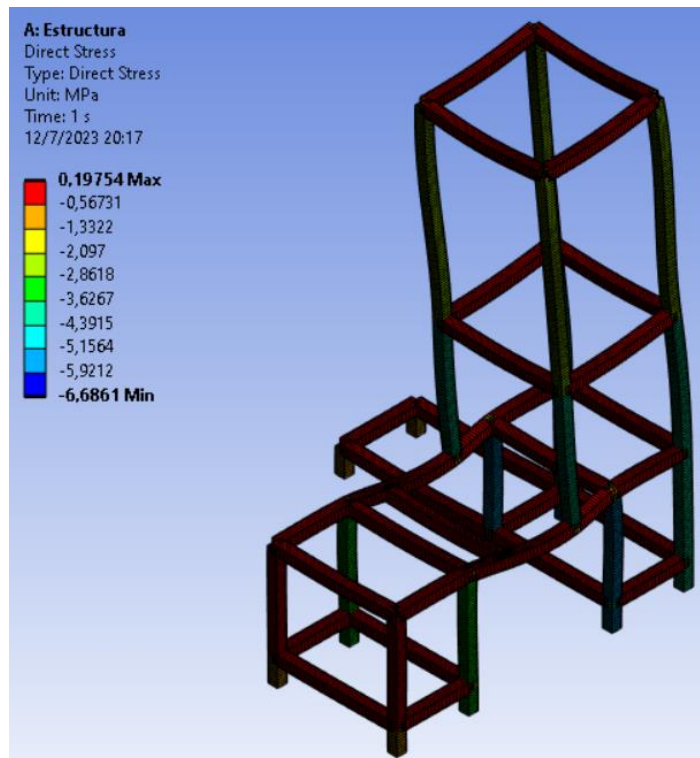


Figura 86. Esfuerzo directo.

En la Figura 86 se muestra un esfuerzo directo máximo crítico de  $6,686\text{ MPa}$ , a pesar del poseer el signo negativo es el valor más crítico.

## Esfuerzo mínimo combinado

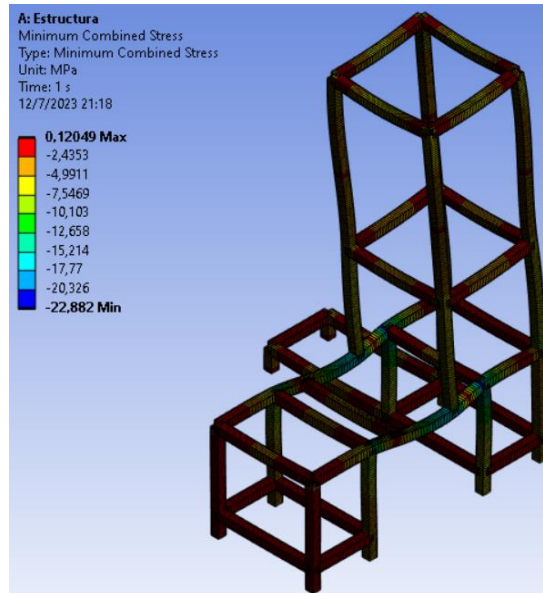


Figura 87. Mínimo esfuerzo combinado.

Según la Figura 87 nos da un valor crítico combinado mínimo de 22,88 MPa.

## Esfuerzo máximo combinado

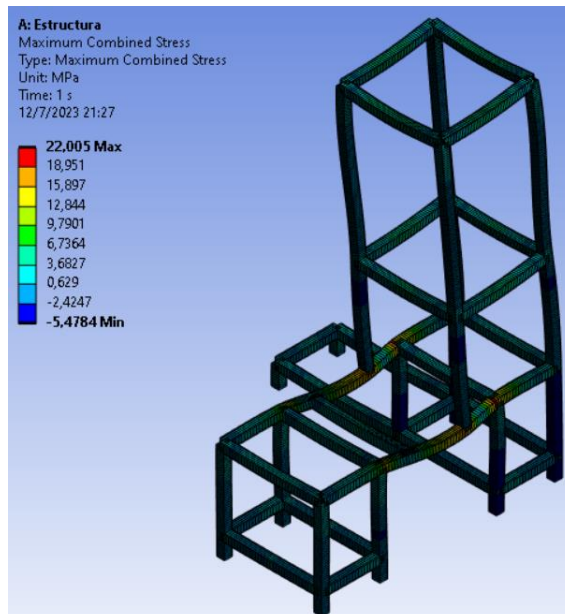


Figura 88. Esfuerzo máximo combinado.

El esfuerzo combinado máximo que se obtiene en la Figura 88 es de 22,05 MPa.



### 3.2 Pruebas de funcionamiento

En las pruebas de funcionamiento describimos los resultados que obtuvimos en la producción de pellets con la máquina construida donde consideramos los siguientes puntos: Transferencia de temperatura, fabricación de pellets, calidad del pellet y capacidad de producción a distintas velocidades.

#### 3.2.1 Transferencia de temperatura

Para poder determinar qué tan eficiente es la transferencia de temperatura de la resistencia hacia el extremo de la cámara de compresión nos ayudamos de un termómetro digital, gracias a este dispositivo podemos determinar cuánto se demora en alcanzar la temperatura ideal para que el agua empiece a evaporarse. En la Tabla 124 se puede evidenciar de mejor manera el comportamiento térmico que se produce en la máquina.

Tabla 124. Transferencia de temperatura.




Componente	Observaciones	Temperatura programada	Evidencia
Resistencia eléctrica	Se utilizó una resistencia de 650W conectada a 220V la cual llegó a la temperatura programada en 1 minuto.	100 °C	
Cámara de compresión.	Al pasar 15 minutos desde que la resistencia alcanzó la temperatura programada se observó que la cámara de compresión alcanzó el valor programado.	100 °C	

Tabla 124. Transferencia de temperatura. (Continuación)

Componente	Observaciones	Temperatura programada	Evidencia
Pellets	Los pellets al salir del extrusora poseen la mitad de temperatura programada.	100 °C	

Como se pudo observar al cabo de 15 minutos la cámara de compresión alcanzo los 100 °C que fueron programados, se sospecha que el motivo por el cual tarda tanto en calentarse es debido al espesor que posee la cámara de compresión, otro factor que puede afectar es la capa de pintura que posee el tubo lo que evita que la resistencia este en contacto directo con el acero. Además, se pudo identificar que la resistencia pierde mucha temperatura ya que no cuenta con un buen aislante térmico que impida la perdida de calor.

Otra observación que se pudo evidenciar es que la temperatura en la cámara de compresión no se mantiene constante mientras produce los pellets, esto sucede porque la materia prima que ingresa absorbe gran parte de temperatura y a la velocidad en la que produce el balanceado hace que esta disminuya la temperatura.

Para finalizar los pellets obtenidos salían con una temperatura de 50 °C , lo cual está por debajo del rango que está programado en la máquina. Esta temperatura que tiene los pellets se da debido a que estos salen a gran velocidad por lo que no tienen el tiempo suficiente para adquirir la temperatura establecida en el controlador Rx C100.

### 3.2.2 Pruebas para obtener los pellets.

Para poder realizar las respectivas pruebas se tomó en consideración los mejores parámetros establecidos como pueden ser temperatura, velocidad de extrusión, humedad, y velocidad de corte. Estos parámetros fueron establecidos después de

realizar numerosas pruebas que se empezaron realizando en pequeñas cantidades de materia prima para poder determinar el comportamiento que tendrá la máquina y evitar desperdicios de harina. Al terminar de realizar los ensayos de prueba se considera los mejores parámetros para proceder a elaborar el respectivo alimento balanceado para truchas.

Cabe mencionar que la materia prima empleada para la elaboración de los pellets es una mezcla de harina de pescado, harina de trigo, harina de maíz, harina de soya y polvillo. A esta mezcla se le puede incorporar agua y aceite vegetal como animal para mejorar la textura del producto.

Tabla 125. Prueba para obtener pellets.



Nº	Temperatura (°C)	Humedad L/kg	Observaciones	Imagen
1	22 °C	0,05 L/kg	Porciones de materia prima con la que va a ser preparada la mezcla, esta debe ser fina y pasada en un tamiz o colador con un tamaño de malla N100 (0,149 mm) a un tamaño N35 (0.500 mm) de esta manera evitamos la presencia de algún sólido que obstruya los orificios de la matriz.	
2	22 °C	0,05 L/kg	Una vez tamizada las porciones se procede hacer una mezcla en seco de todos los materiales para homogenizar de una manera uniforme todos los componentes. Este proceso se realiza por unos 10 minutos hasta poder combinar la mayor parte de componentes.	

Tabla 125. Prueba para obtener pellets. (Continuación)




Nº	Temperatura (°C)	Humedad L/kg	Observaciones	Imagen
3	22 °C	0,5 L/kg	Se procede a incorporar medio litro de agua por kilogramo de mezcla y además se le incorpora 300 ml de aceite por cada kilogramo. Una vez agregado esto se realiza una mezcla de todos los elementos hasta que estos se convierten de una manera uniforme.	
4	22 °C	0,5 L/kg	La porción que utilizamos para realizar las respectivas pruebas fue de 5 kg de mezcla es decir que se tiene una relación de humedad de 2:1 un 50 % de humedad en los 5 kg.	
5	22 °C	0,5 L/kg	Una vez combinadas las harinas con el agua y el aceite procedemos a sacar tres tipos de muestras. A la primera se le adiciono un poco de materia seca para poder visualizar cual sería el resultado que esta generaba en nuestra máquina.	

Tabla 125. Prueba para obtener pellets. (Continuación)




Nº	Temperatura (°C)	Humedad L/kg	Observaciones	Imagen
6	22 °C	0,5 L/kg	<p>Como se puede ver la mezcla a la cual se le incorpora materia seca tiende a separarse fácilmente en la mezcladora por este motivo se empieza a derramar por los costados toda la formula.</p>	
7	100 °C	0,5L/kg	<p>Al ser una mezcla que tiene menos contenidos de humedad no logra pasar por los agujeros de la matriz por lo que atora el tornillo extrusor de la máquina y genera mucho calor en la cámara de compresión.</p>	
8	22 °C	1L/kg	<p>En la segunda muestra que se adquirió para hacer las pruebas se le adiciono agua incrementando la humedad que esta tenía para poder estudiar así su comportamiento.</p>	



Tabla 125. Prueba para obtener pellets. (Continuación)




Nº	Temperatura (°C)	Humedad L/kg	Observaciones	Imagen
9	22 °C	1L/kg	En esta muestra también se presentaron inconvenientes en la mezcladora ya que la masa comenzaba a formar gránulos que impedían el paso a la tolva de alimentación de la extrusora.	
10	100°C	1L/kg	Al momento de peletizar la pasta que producía la máquina era muy viscosa y además la temperatura bajaba gradualmente debido al incremento de humedad por lo que los pellets no eran de la forma que se esperaba.	
11	22 °C	0,5L/kg	En la muestra 3 se mantuvo las condiciones de la mezcla principal con un 50% de humedad en los 5 kg de materia prima. Esta muestra genero cualidades en la mezcladora como peletizadora.	

Tabla 125. Prueba para obtener pellets. (Continuación)




Nº	Temperatura (°C)	Humedad L/kg	Observaciones	Imagen
12	22 °C	0,5 L/kg	Una vez establecidos los parámetros de humedad de la muestra 3 se procedió a extruir la harina sin temperatura ni cuchillas. De esta manera se pudo evidenciar que la temperatura se incrementaba considerablemente y la masa que producía era la ideal.	
13	100 °C	0,5 L/kg	Para esta prueba se le incorporo las cuchillas y la resistencia para producir los pellets en donde se puede apreciar que la textura que tiene es bastante buena y su tonalidad cambio con ayuda de la temperatura, pero la distancia de las cuchillas era demasiada por lo que los pellets eran alargados	
14	100 °C	0,5 L/kg	Para la siguiente prueba trabajamos en las mismas condiciones de temperatura solo que esta vez acercamos las cuchillas a la matriz generando así pellets muy delgados y quebradizos.	

Tabla 125. Prueba para obtener pellets. (Continuación)


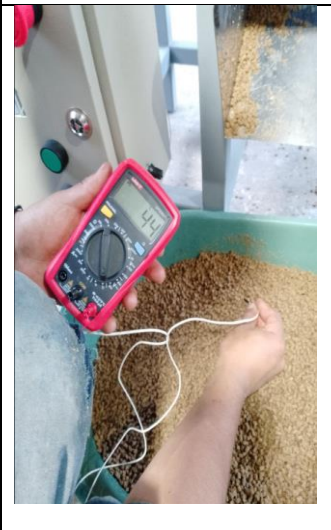




Nº	Temperatura (°C)	Humedad L/kg	Observaciones	Imagen
15	100 °C	0,5 L/kg	Una vez regulada la distancia de las cuchillas a 6 mm de la matriz los pellets que se producían eran bastante buenos, el problema que se presentaba era que estos empezaban acularse en el recolector de los pellets.	
16	44 °C	0,5 L/kg	Al trabajar con una temperatura de 100 °C en la cámara compresión daba como resultado que los pellets al momento de salir posean una temperatura de 44 °C .	
17	100 °C	0,5L/kg	Para evitar que los pellets que adhieran a la tolva de recolección se espolvoreo harina final en toda la tolva de esta manera los pellets comenzaron a caer sin que se apeguen.	



Tabla 125. Prueba para obtener pellets. (Continuación)

Nº	Temperatura (°C)	Humedad L/kg	Observaciones	Imagen
18	100 °C	0,5 L/kg	<p>Por motivo que los pellets se resquebrajaban le incorporamos medio kilo de maicena a la mezcla de 5 kg para producir una especie de pegamento natural gracias a la cantidad de almidón que posee compactando de mejor forma los pellets.</p>	
19	100 °C	0,5L/Kg	<p>Con la ayuda de la maicena los pellets obtenidos eran más sólidos y uniformes de esta manera ya se podía manipular de mejor manera el balanceado para poder colocarlos en bandejas para su posterior secado.</p>	
20	22°C	0,08 L/kg	<p>Después del secado los pellets fueron medidos tanto en diámetro como longitud generando así buenos resultados para ser suministrados a los peces.</p>	

### 3.2.3 Verificación de calidad del pellet

Para determinar la calidad del pellet se considera distintos parámetros tales como: el diámetro, longitud del pellet y la flotabilidad del mismo como se muestra en la Tabla 126.

Tabla 126. Verificación de calidad del pellet.

Gráfico	Descripción
	<p><b>Diámetro del pellet</b></p> <p>El diámetro de pellet de la matriz de extrusión de 6 mm tiene un diámetro que varía entre cada pellet de entre 4,6 mm - 5,6 mm, esto tiene relación entre la velocidad de extrusión, humedad de la mezcla y la temperatura de extrusión.</p>
	<p><b>Longitud del pellet</b></p> <p>La longitud del corte va a estar relacionada con la velocidad del motor de corte el número de cuchillas del sistema de corte y la distancia entre el sistema de corte y la matriz. Para el corte se programó mediante el variador de velocidad una velocidad de giro de 30 rpm y el sistema cuenta con 3 cuchillas de corte, dando como resultado una longitud de pellet de 6 mm existe una variación mínima a este valor en el tamaño de corte.</p>
	<p><b>Flotabilidad del pellet</b></p> <p>La flotabilidad es una característica que se debe considerar para el alimento balanceado para trucha, después de ser peletizado el pellet flota durante 2 segundos antes de hundirse, debido a que necesita un tiempo de reposo donde se elimine el resto de humedad para que el pellet tenga un mayor tiempo de flotabilidad.</p>

En la Tabla 126 se muestra la calidad del pellet en cuanto las dimensiones del mismo son muy aceptables, en cuanto a las a la flotabilidad del pellet la calidad es baja si no se le da un secado apropiado para que pierda toda la humedad restante, además de eso se puede mezclar un material que permita que el pellet se haga más hermético con respecto a la absorción del agua.

### 3.2.4 Velocidad de producción

En la prueba de velocidad de producción se toma los siguientes parámetros a considerar, debido a que por tiempo determinar la velocidad de producción es bastante complejo, se procede a medir la cantidad de producción durante un minuto cuando el prototipo está en pleno funcionamiento luego se multiplica por 60 para transformarlo a *kg/h*, luego se varia la velocidad de giro del motor quedando como resultado los siguientes datos.

Tabla 127. Resultados de velocidad de producción.




Nº de prueba	Evidencia	Descripción
Prueba 1		<p>Cuando la máquina funciona a una velocidad aproximada de 150 rpm la máquina produce en un minuto 0,80 kilogramos de pellets a este valor lo multiplicamos por 60 para determinar la velocidad de producción en <i>kg/h</i>, dando como resultado 48 <i>kg/h</i>.</p>
Prueba 2		<p>Cuando la máquina funciona a una velocidad aproximada de 300 rpm la máquina produce en un minuto 0,90 kilogramos de pellets a este valor lo multiplicamos por 60 para determinar la velocidad de producción en <i>kg/h</i>, dando como resultado 54 <i>kg/h</i>.</p>

Tabla 127. Resultados de velocidad de producción. (Continuación)

Nº de prueba	Evidencia	Descripción
Prueba 3		<p>Cuando la máquina funciona a una velocidad aproximada de 500 rpm la máquina produce en un minuto 1 kilogramos de pellets a este valor lo multiplicamos por 60 para determinar la velocidad de producción en <i>kg/h</i>, dando como resultado 60 <i>kg/h</i>.</p>

Como se evidencia en la Tabla 127 la velocidad de producción aumenta en función de la velocidad de giro del tornillo, también debemos considerar otros factores como la humedad de la mezcla y la velocidad de alimentación de la mezcladora que influyen mucho durante el tiempo de producción del pellet y la velocidad de producción de la máquina. Para pesar el alimento se recibe el producto en una malla como se muestra en la Figura 89. Recolección de pellet para pesado. evitando que se quede residuos de material que genere peso adicional en la mezcla.



Figura 89. Recolección de pellet para pesado.

### 3.3 Costos aplicados en el proyecto

Para llevar a cabo el proyecto es importante analizar el costo de ejecución que tiene a lo largo de todo el proceso en el siguiente espacio se detalla los costos que intervienen para el desarrollo del proyecto, los cuales son: costo de material de construcción, herramientas, mano de obra y materia prima.

#### 3.3.1 Costos de material de construcción

Los costos de materia prima están dentro de lo que se denomina costos directos los cuales se define como los costos que están involucrado de primera mano con el proyecto. El precio de estos materiales puede variar de acuerdo con cada distribuidor, los costos aplicados para el proyecto de acuerdo con los materiales adquiridos se presentan en la Tabla 128.

Tabla 128. Costos de materiales de construcción.

Material	Cantidad	Precio unitario (USD) \$	Precio total (USD) \$
<b>Estructural</b>			
Tubo cuadrado 40x40x3 ASTM A36	3	23	69
Eje de acero AISI 430 de 40 mm de diámetro	1	75	75
Eje de acero AISI 430 de 20 mm de diámetro	1	20	20
Ángulo metálico ASTM A 36 de 40x3	1	4	4
Plancha de acero ASTM A36 de 5 mm de espesor	1	29	29
Plancha de acero inoxidable AISI 304 de 0,7 mm de espesor	1	18	18
Bridas de acero AISI 316 de cuatro perforaciones de clase 3148P1065	4	15	60
Tubo de acero inoxidable AISI 430 de 70 mm de diámetro y 10 mm de espesor	1	40	40
Pernos de tensión M16X2X50	4	2,5	10
Pernos de tensión M16X2X40	4	2,5	10

Tabla 128. Costos de materiales de construcción. (Continuación)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD) \$</b>	<b>Precio total (USD) \$</b>
Tuerca para perno de tensión M16X2	8	0,5	4
Rodamientos FAG de cuatro caminos QJ306TVP	1	6	6
Varilla lisa de acero inoxidable 316 de 8 mm de espesor	1	13	13
Chumaceras de brida cuadrada con articulaciones con diámetro de 20 mm	2	8	16
Perno M8X1.25X20	4	0,9	3,6
Perno M12X1.75X30	12	1,25	15
Perno M12X1.75X50	4	1,25	5
Perno M12X1.75X80	2	1,5	3
Perno M20X2X60	4	2,75	11
Tuerca M8X1.25	4	0,25	1
Tuerca M12X1.75	18	0,3	5,4
Tuerca M20X2	4	0,55	2,2
Chumacera de piso de 30 mm de diámetro	1	8	8
Rodelas de presión	8	0,4	3,2
Eje de acero inoxidable de 3/4 pulgadas de 60 cm de largo	1	3	3
Eje de acero inoxidable de 3 pulgadas de 5 cm de largo	2	4	8
Eje de acero inoxidable de 2 pulgadas de 5 cm de largo	1	2	2
Eje de acero inoxidable de 2 1/2 pulgadas de 5 cm de largo	1	3	3
<b>Sistema térmico</b>			
Resistencia térmica tipo abrazadera con diámetro de 70 mm y longitud de 110 mm de 650 W	1	37	37
Termocupla K tipo tornillo rosca 1/4 500 grados	1	8,9	8,9
<b>sistema eléctrico</b>			
Caja de control 20x30x15 cm	1	28	28
Pulsadores	2	1,7	3,4
Pulsador paro de emergencia	1	2,7	2,7



Tabla 128. Costos de materiales de construcción. (Continuación)

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD) \$</b>	<b>Precio total (USD) \$</b>
Control de temperatura digit 48x48	1	35,8	35,8
Relé de estado sólido 1P 25A	1	12,5	12,5
Conectores	20	0,5	10
Cables	1	6	6
Disyuntor magnético	1	7	7
<b>Sistema de transmisión</b>			
Polea de 4 pulgadas	1	7	7
Polea de 20 pulgadas	1	33	33
Polea 10 pulgadas	1	13	13
Motor de 1/4 hp	1	50	50
Motor 5 hp	1	500	500
Variador de velocidad de 1 hp	1	250	250
Bandas	2	10	20
Bandas	1	10	10
<b>Herramientas</b>			
Electrodos 6011	3	3,5	10,5
Electrodos de acero inoxidable	3	3,5	10,5
Tijera de tol	1	12	12
Disco de corte de 7 y 14 pulgadas	2	6	12
Disco de desbaste 4 y 7 pulgadas	2	2,5	5
Discos flap 4 pulgadas	1	2,5	2,5
Grata	1	8,5	8,5
Cuchillas	1	4,6	4,6
Brocas escalonadas	1	7	7
Brocas de acero 3/16	2	2,5	5
Remachadora	1	7	7
Pintura anticorrosiva	1	4	4
Whipe	1	2	2
Tiñer	1	2	2
<b>Total (USD)</b>			1574,3

### 3.3.2 Costo de mano de obra

Son los costos que se producen por los servicios de construcción de la máquina prototipo, en este caso la construcción fue ejecutada por nosotros mismos, basándonos

en los días de construcción y la jornada trabajada, además de otros servicios utilizados en la Tabla 129 se presenta una tabla de costo con respecto a la mano de obra.

Tabla 129. Costo de mano de obra.

<b>Material</b>	<b>Constructores</b>	<b>Días/horas</b>	<b>Precio unitario (USD) \$</b>	<b>Precio total (USD) \$</b>
Servicio de construcción	2	15 Días	20	600
Servicio de torneado	1	5 Días	25	125
Servicio técnico eléctrico	1	2 Horas	50	100
<b>Total (USD)</b>				825

### 3.3.3 Costo de materia prima

El costo de la materia prima también se le considera como un costo directo es decir que influye directamente relacionado con la ejecución del proyecto, con fin de detallar el precio de todos los elementos con el que se produce el alimento balanceado para truchas y se muestra en la

Tabla 130. Costos de materia prima.

<b>Materia prima</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD) \$</b>	<b>Precio total (USD) \$</b>
Harina de pescado	1 Quintal	90	90
Harina de maíz	1 Quintal	39	39
Harina de trigo	1 Quintal	33	33
Harina de soya	1 Quintal	38	38
Suplementos	1 Kg	5	5
Aceite vegetal	1 Galón	49	49
Aceite de pescado	1 Litro	4	4
Polvillo	1 Quintal	30	30
<b>Total (USD)</b>			288



### 3.3.4 Costos de diseño

Para determinar un costo aproximado del diseño de la máquina dosificadora, mezcladora consideramos el sueldo básico mensual de un empleado que viene a ser 450 dólares, el tiempo de ejecución de diseño fue de aproximadamente un mes desde el dimensionamiento hasta las simulaciones del prototipo, el número de personas involucradas en este proceso directamente fueron 2, por tanto, el valor de diseño viene a ser de 900 dólares.

### 3.3.5 Costo total del proyecto

Para el costo total del proyecto se toma en cuenta los gastos de materiales de construcción, mano de obra y materia prima, además se considera adicionar el 10 % de la sumatoria del costo de estos tres parámetros por motivo de contratiempos, de esta forma el costo total de proyecto se detalla en la Tabla 131.

Tabla 131. Costo total del proyecto.

<b>Parámetros</b>	<b>Costo (USD) \$</b>
Costo de materiales de construcción	1574,3
Costo de mano de obra	825
Costo de materia prima	288
10% adicionales por contratiempos	268,73
<b>Costo total del proyecto</b>	<b>2956,03</b>

### 3.3.6 Costo estimado del producto

Para determinar el costo estimado del alimento balanceado para truchas se considera que este tipo de producto se comercializa por porciones, en este caso se determina que los sacos de 20 kilogramos son los más comercializables, por tanto, se determina el costo de producción a partir de la materia prima utilizada por saco de producción y se muestra en la Tabla 132, cabe recalcar por facilidad de concepción de la materia prima se adquiere en porciones iguales.

Tabla 132. Costo estimado alimento balanceado.

<b>Costo estimado del alimento balanceado, cantidad 20 kg</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD) \$</b>	<b>Precio total (USD) \$</b>
Harina de pescado	3,2 kg	1,8	5,76
Harina de maíz	6,4 kg	0,78	4,992
Harina de trigo	1,6 kg	0,66	1,056
Harina de soya	5,6 kg	0,76	4,256
Aceite vegetal	0,5 L	2	1
Aceite de pescado	1 L	4	4
Polvillo	3,2 kg	0,92	2,944
<b>Total (USD)</b>			<b>24,008</b>

El costo total de producción se determina mediante la siguiente ecuación:

$$C_T = C_F + (C_{vu} * Q) \quad \text{Ec. ( 86 )}$$

Donde:

$C_T$ : Costo total de producción [\$]

$C_F$ : Costo fijo [\$]

$C_{vu}$ : Costo variable unitario [\$]

$Q$ : Capacidad de producción

Para determinar el costo total de producción se halla el costo fijo que se refiere a la depreciación de la máquina de forma mensual, tomando en consideración que se deprecia anualmente el 10 % el cual nos da un valor de 266,8 dólares, esta cantidad se divide para los 12 meses del año dando un costo fijo mensual es de 22,23 dólares, el costo variable viene a ser el valor de la materia prima por unidad de producción que es de 24,008 dólares y para determinar la producción mensual de la máquina se basa en la medición mínima medida en las pruebas el cual dio un valor de 48 *kg/h* a esto se lo multiplica las horas de la jornada diaria por los días de producción mensual dando un valor de 7680 *kg* a esto lo dividimos por el peso de la porción a comercializar lo nos dice que se produce 384 sacos de alimento balanceado para trucha. Con estos

valores se determina que el costo total unitario del saco de 20 kg se muestra en la Tabla 133.

Tabla 133. Costo total unitario.

<b>Termino</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
$C_F$	22,23	\$
$C_{vu}$	24,008	\$
$Q$	384	
$C_T$	9241,30	\$
$C_{Tu}$	24,065	\$

Se produce mensualmente 7680 kg lo que nos da un total de 384 sacos de 20 kg por lo que el costo total de producción mensual es de 9241,30 \$ lo que nos dice que el costo por saco de producción es de 24,065 \$.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- En el presente proyecto, se concluye que las fuentes tanto institucionales como externas que tiene relación con el tema, sirvieron como base para la selección y diseño de los distintos sistemas que conforman la máquina. Además, se obtuvo datos sobre la composición nutricional del alimento balanceado para truchas.
- En la elaboración del proyecto se pudo observar diferentes condiciones y parámetros como: la temperatura, la humedad, la viscosidad y la presión, estas condiciones son factores importantes para el diseño. Además de normas como: la NTE INEN-EN 1672-2 la cual brinda parámetros de diseño y construcción de maquinaria para el procesamiento de alimentos y la NTE INEN 1643:2003 que está dirigida al alimento balanceado.
- A través del uso de programas de diseño y simulación de elementos finitos fue posible diseñar la máquina considerando las condiciones y cargas a las que será sometida en su funcionamiento.
- Para la construcción fue necesario aplicar procesos de mecanizado y soldadura, utilizando materiales existentes en el mercado local como el acero inoxidable y aceros al carbono.
- Al ejecutar las pruebas de funcionamiento fue posible determinar el porcentaje de humedad necesaria en la mezcla para elaborar un pellet de calidad, generando resultados satisfactorios en el consumo de la trucha.
- Al finalizar el desarrollo del proyecto, se obtuvo como resultado un prototipo capaz de dosificar, mezclar y peletizar la fórmula que se utiliza para la elaboración de alimento balanceado en pellets de forma artesanal.

## 4.2 Recomendaciones

- En la construcción del prototipo es importante seguir las instrucciones determinadas en los planos debido a que los elementos deben acoplarse muy bien en cada sistema. Los elementos deben ser construidos de acuerdo con las dimensiones planteadas en los planos tomando en cuenta las tolerancias y otro tipo de instrucciones descritas en los mismos.
- Para operar adecuadamente la máquina se recomienda usar la indumentaria de protección personal como: overol, guantes, gafas, orejeras, botas y casco para evitar posibles lesiones. Además, se debe respetar las indicaciones dadas en las instrucciones de seguridad y funcionamiento con el fin de evitar fallas en la máquina y accidentes.
- Debido a la pérdida de calor que existe en la cámara de compresión por la circulación de la materia prima a través de ella, se recomienda incrementar la temperatura en la cámara de compresión hasta los 140 grados centígrados aproximadamente, para regular la temperatura dentro de la cámara.
- Implementar un tipo de aglomerante que ayude a compactar de mejor forma los pellets incrementando su impermeabilidad y dureza aumentando su tiempo de flotabilidad en contacto con el agua.
- Para desarrollar el mantenimiento del prototipo se recomienda esperar que la cámara de compresión, el tornillo sinfín y la matriz se enfríen para evitar quemaduras. Además, es necesario respetar las indicaciones mencionadas en el manual de mantenimiento.
- Se recomienda incorporar un aislante térmico a la cámara de compresión para evitar pérdidas de calor.
- Se recomienda incorporar un protector de seguridad en las bandas y poleas cuando el prototipo entre en producción para evitar accidentes.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Tenelema, “Evaluación de dos tipos de balanceados para la etapa de engorde de truchas arco íris (*Oncorhynchus Mykiss*) en la parroquia Río Negro del cantón Baños, provincia de Tungurahua.”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2022. Accedido: 26 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17978>
- [2] I. Zárate, C. Sánchez, H. Palomino, y C. Smith, “Caracterización de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú”, *Rev inv Vet Perú*, Apurimac, pp. 3–4, 2018. Accedido: 28 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v29n4/a25v29n4.pdf>
- [3] J. Quishpe, M. Uribe, L. Cervantes, C. Pino, y L. Pedraza, “Propuesta de procesos en la producción de alimentos para Truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en base a desperdicios cárnicos.”, *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, vol. 5, n° 1, pp. 3–12, 2021, Accedido: 27 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/254/191>
- [4] J. Salgado, “Reflotamiento de maquinaria industrial para mejorar la producción de alimento balanceado para truchas en la Estación pesquera Ancash Huaraz, 2021”, Universidad César Vallejo, Huaraz, 2021. Accedido: 28 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84199/Salgado\\_RJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84199/Salgado_RJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [5] R. Morales, “Diseño y cálculo de una máquina peletizadora para la producción de alimento animal”, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2019. Accedido: 28 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ca1dc502-e835-43b9-a7a4-35fb96f60ae8/content>
- [6] E. Carpio, “Escalas productivas y nivel de riesgo del productor de trucha, Puno-Perú”, Puno, pp. 2–3, 6 de junio de 2017. Accedido: 25 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v8n2/a02v8n2.pdf>
- [7] B. Costales, “Alimentación de truchas con proteína de *Phaseolus vulgaris* (fréjol) en la etapa de engorde, en el cantón Chambo provincia de Chimborazo”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2021. Accedido: 27 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15639/1/17T01667.pdf>
- [8] M. Chillo, “Efecto de la alimentación semiorgánica (Hortalizas + Concentrado) sobre productividad y calidad de la carne en truchas Arcoíris (*Oncorhynchus*

- mykiss).”, Universidad de Cuenca, Cuenca, 2022. Accedido: 27 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/38746/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>
- [9] J. Camacho, *La historia de Ambato a través de sus Barrios y Parroquias*. Ambato: PÍO XII, 2022. Accedido: 16 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://visit.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2022/05/Historia-de-Ambato-a-traves-de-los-barrios-y-parroquias.pdf>
- [10] “Pasa, cinco familias cambian la agricultura por la cría de truchas – Diario La Hora”, *La Hora*, 23 de marzo de 2022. <https://www.lahora.com.ec/tungurahua/pasa-cinco-familias-cambian-agricultura-cria-truchas/> (accedido 28 de febrero de 2023).
- [11] A. Solís, “Revisión bibliográfica sobre la utilización de espirulina como suplemento en la dieta de alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).”, Universidad estatal península de Sanata Elena, La Libertad, 2022. Accedido: 28 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8105/4/UPSE-TBM-2022-0023.pdf>
- [12] S. Taica, “Diseño de una máquina peletizadora de alimentos balanceados con capacidad de 150 kg/h para avícolas de la región Lambayeque”, Universidad señor de Sipán, Pimentel, 2020. Accedido: 3 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7816/Taica%20C3%A9spedes%20Segundo%20Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] Q. Orozco, D. Cohen, T. Arias, C. García, R. Martínez, y O. Masera, “Barreras para la producción y el mercado de biocombustibles sólidos forestales en México desde la perspectiva de las empresas”, *Madera y Bosques*, vol. 28, n° 1, pp. 3–13, 2022, doi: 10.21829/myb.2022.2812404.
- [14] C. Angeles, C. Benites, Y. Bellido, D. Guerra, y G. Tocto, “Plan de negocio para la comercialización de prendas confeccionadas con pellets de plástico reciclado”, Universidad científica del sur, Lima, 2020. Accedido: 5 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1491/TB-Angeles%20C-et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] M. Itza *et al.*, “Uso de harina de residuos orgánicos alimenticios en un alimento balanceado para cerdos”, *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, vol. 6, n° 2, pp. 988–994, oct. 2019, Accedido: 5 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/9175/Revista%20AMPA%20OAXACA%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [16] S. Pérez, S. Ferro, R. Mariano, y R. Gonzáles, “Competitividad del sector agroindustrial: análisis en organizaciones de alimentos balanceados para animales de La Pampa, Argentina.”, *Escritos Contables y de Administración*, vol. 13, nº 1, pp. 64–92, 2022, Accedido: 9 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ojs.uns.edu.ar/eca/article/view/2816/1929>
- [17] D. Ayala y L. Erazo, “Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa de distribución de alimentos balanceados para animales en la parroquia de Julio Andrade-provincia del Carchi”, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2018. Accedido: 12 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8539/1/02%20ICA%201441%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- [18] J. Pallo y H. Andrade, “Sistema de monitoreo inalámbrico de una piscícola con tecnología LORA para la producción de truchas en Valle Hermoso - Pelileo”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022. Accedido: 19 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36150>
- [19] J. Paredes, “Efecto del ajo (*allium sativum*) en el tratamiento de saprolegniasis en trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*)”, Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, 2021. Accedido: 19 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33077/1/Tesis%20185%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-Paredes%20Sandoval%20Johana%20Cristina.pdf>
- [20] M. Aranibar, *Manual de capacitación: Alimentos Balanceados para Truchas*, 1ª ed. Puno: Jupiter Impresores, 2021. Accedido: 19 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/356732229\\_Alimentos\\_Balanceados\\_para\\_Truchas](https://www.researchgate.net/publication/356732229_Alimentos_Balanceados_para_Truchas)
- [21] Exibal, “Todo sobre la producción de Truchas”, 13 de octubre de 2020. <https://www.exibal.com/2020/10/13/todo-sobre-la-produccion-de-truchas/> (accedido 19 de marzo de 2023).
- [22] J. Masabanda, “Efecto de tres niveles de grasa sobre el desempeño productivo de *Oncorhynchus mykiss* en fase de alevinaje”, Universidad de las fuerzas armadas, Latacunga, 2021. Accedido: 19 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25230/1/T-IASA%20I-005712.pdf>
- [23] AquaPro, “Ficha técnica alimento extruido para trucha”. KUNTUR Comercial Eirl, Lima. Accedido: 20 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.kunturcomercial.com/sistema/data/files/FICHA%20TECNICA%20OTRUCHA%20AQUAPRO%20FINAL.pdf>
- [24] Castro Miriam, “Formulación de un alimento balanceado con harina de chia para truchas arco iris en la etapa de engorde y determinación de costos de



- producción. ”, Juliaca-Peru, 2022. Accedido: 19 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/bitstream/handle/UNAJ/204/MIRIAM%20S.%20CASTRO%20RAFAEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [25] L. Romero, “Evaluación de dos alimentos extruidos en la etapa de segundo alevinaje de trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) en PACHACAYO - JUNÍN”, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, 2021. Accedido: 19 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4630/romero-cabanillas-luis-jairo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [26] Castro Alicia, “TABLA DE ALIMENTOS PARA TRUCHAS, ACUIMAGG INTERNACIONAL CIA. LTDA”, 2020. <https://www.acuimaginternacional.com/> (accedido 19 de abril de 2023).
- [27] INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN-EN 1672-2: Maquinaria Para Procesado De Alimentos. Conceptos Básicos. PARTE 2: Requisitos De Higiene (EN 1672- 2:2005+A1:2009, IDT)”. Quito, 2017.
- [28] INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN-ISO 12100-2: Seguridad de las máquinas. conceptos básicos, principios generales para el diseño. parte 2: principios técnicos (ISO 12100-2:2003, IDT)”. Quito, 2014.
- [29] INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN 1643: Alimentos para animales. terminología y clasificación”. Quito, 2013.
- [30] BSi British Standards, “Food processing machinery — Basic concepts”. Gran Bretaña, 2009.
- [31] La Organización Internacional de Normalización, “ISO 12100-2:2003 - Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 2: Technical principles”. 2003.
- [32] B. Ponce y J. Viteri, “Diseño y construcción de una máquina peletizadora que utilice residuos de madera para la empresa DECOR PARQUÉT en la ciudad de Ambato”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022. Accedido: 15 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36489/1/Tesis%20I.M.%20712%20-%20Ponce%20Ramos%20Bryan%20Alexis%20-%20Viteri%20Caiza%20Jorge%20Esteban%20%282%29.pdf>
- [33] J. Bralla, “4.B1 Compression Molding. Industrial Press. Retrieved from”, en *Handbook of Manufacturing Processes - How Products, Components and Materials are Made*, J. Carleo, Ed., Primera. New York: Industrial Press, 2007, pp. 147–167. Accedido: 16 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006HS3I9/handbook-manufacturing/compression-molding>

- [34] E. Albán y Á. Arias, “Diseño, construcción e implementación de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para el sector pecuario con capacidad de 100 kg/h”, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2019. Accedido: 17 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17754/1/UPS%20-%20ST004334.pdf>
- [35] D. López y J. Muños, “Diseño y construcción de una extrusora y una empaquetadora de tabacos de dulce”, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2020. Accedido: 21 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20722/1/CD%2010238.pdf>
- [36] P. Okolie, I. Chukwujike, J. Chukwuneke, y J. Dara, “Design and production of a fish feed pelletizing machine”, *Heliyon*, vol. 5, n° 6, pp. 2–7, jun. 2019, doi: 10.1016/J.HELIYON.2019.E02001.
- [37] C. Bryan, “Diseño y fabricación de una máquina mezcladora de paletas con chopper para una capacidad de mezcla de 1000 kilogramos de sal”, Universidad de Antioquia, Medellín, 2022. Accedido: 12 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26247/1/ChalacaBryan\\_2022\\_MaquinaMezcladoraPaletas.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26247/1/ChalacaBryan_2022_MaquinaMezcladoraPaletas.pdf)
- [38] L. Ortiz, “Diseño de un sistema de mezclado para formulaciones de harina de trigo fortificada en la empresa molinos Miraflores S.A.”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2020. Accedido: 12 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16693/1/96T00124.pdf>
- [39] P. Chukwulozie, E. Nnaemeka, B. Segun, A. Onyemazuwa, y O. Uchenna, “Steel work design, production and analysis of a fish feed mixing machine”, *Heliyon*, vol. 7, n° 8, pp. 2–9, ago. 2021, doi: 10.1016/J.HELIYON.2021.E07658.
- [40] B. Parra y O. Gómez, “Diseño e implementación de una dosificadora de condimentos para la línea de producción de la compañía Trébol Rojo S.A.S.”, Universidad Antonio Nariño, Colombia, 2021. Accedido: 13 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3098/1/2021BrayanJulianParraTorres.pdf>
- [41] L. Guaña, “Diseño y construcción de un sistema automático para la dosificación de granos secos”, Instituto Superior Tecnológico Nueva Vida, Quito, 2022. Accedido: 13 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/bitstream/123456789/258/1/GUANA%20MOLINA%20LEONARDO%20DANIEL.pdf>
- [42] M. Salmerón, “Diseño de una máquina de alimentación, dosificadora de alimentos semisólidos.”, Universidad Politécnica de València, València, 2021.

- Accedido: 13 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185473/Salmeron%20-%20Diseno%20de%20una%20maquina%20de%20alimentacion%20dosificadora%20de%20alimentos%20semisolidos.pdf?sequence=5>
- [43] C. Pinto y H. Sánchez, “Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales”, Universidad de la Salle, Bogotá, 2006. Accedido: 13 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1077&context=ing\\_a\\_automatizacion](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1077&context=ing_a_automatizacion)
- [44] J. E. Romero Contreras, “Comportamiento tribológico de un acero inoxidable austenítico en tribómetro bola sobre anillo”, *Ingenius*, n° 18, p. 64, jul. 2017, doi: 10.17163/INGS.N18.2017.08.
- [45] “Acero Inoxidable 304 vs 316 ”. <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es> (accedido 19 de abril de 2023).
- [46] “Acero Inoxidable 304: Características y Propiedades | Metalistería V3”, 30 de marzo de 2021. <https://www.metalisteriav3.es/acero-inoxidable-304-caracteristicas-propiedades/> (accedido 19 de abril de 2023).
- [47] “316 Stainless Steel, annealed sheet”. <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=50f320bd1daf4fa7965448c30d3114ad> (accedido 19 de abril de 2023).
- [48] “¿Cuál es el mejor acero inoxidable para la alimentación? | Gasparini Industries”. <https://www.gasparini.com/es/blog/cual-es-mejor-acero-para-industria-alimentaria/> (accedido 19 de abril de 2023).
- [49] “430 Stainless Steel annealed sheet”. <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=1306bb472ffc40dea7b5acab1ee2f5a0> (accedido 19 de abril de 2023).
- [50] L. Reyes y F. Carmona, “La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio”, Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, 2020. Accedido: 17 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/6630/La%20investigaci%C3%B3n%20documental%20para%20la%20comprensi%C3%B3n%20ontol%C3%B3gica%20del%20objeto%20de%20estudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [51] Y. Báez, *Guía para una investigación de campo*. México D. F: Grupo Editorial Éxodo, 2018. Accedido: 17 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/153628?page=94>
- [52] Alexis. Alvarez, *Método para el diseño conceptual mecánico basado en la trazabilidad de los requerimientos funcionales*. La Habana: Editorial Universitaria, 2016. doi: 10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS.

- [53] P. Guamanquispe y A. Pardo, “Diseño y construcción de una máquina para producir platos con material biodegradable para el Laboratorio de Materiales de la FICM-UTA”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023. Accedido: 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/38082>
- [54] SOLIDBI, “SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve”. <https://solid-bi.es/solidworks/> (accedido 18 de noviembre de 2022).
- [55] ESSS, “Método de los elementos finitos”, *El archivo más grande de contenido de simulación computacional en América Latina.*, 22 de enero de 2016. <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/> (accedido 18 de noviembre de 2022).
- [56] ESSS, “Simulación Ansys: ingeniería para lo que está por venir”, 2023. <https://www.esss.co/es/ansys-simulacion-computacional/> (accedido 30 de abril de 2023).
- [57] R. Silva, “Análisis Térmico por el Método de Elementos Finitos”, ESSS, diciembre de 2020. <https://www.esss.co/es/blog/analisis-termico-por-el-metodo-de-elementos-finitos/> (accedido 1 de mayo de 2023).
- [58] L. Aguado, L. Fernández, R. García, y J. Pérez, “Optimización del diseño de elementos de máquinas utilizando el software CES Edupack”, Escuela Politécnica Superior de Zamora, Zamora, 2019. Accedido: 1 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/140613/MID\\_19\\_117.pdf?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/140613/MID_19_117.pdf?sequence=1)
- [59] A. Gallo y I. Toaquiza, “Implementación de un prototipo de extrusora de plásticos para la carrera de electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión ‘La Maná’”, Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, 2022. Accedido: 24 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9537/1/UTC-PIM-000584.pdf>
- [60] LeadTop, “Comparación de ventajas y desventajas del mezclador”, 12 de agosto de 2020. <https://www.pharma-packing-machine.com/news/comparison-of-advantages-and-disadvantages-of-40811798.html> (accedido 24 de abril de 2023).
- [61] F. Chico, “Premezclado de sólidos inertes para la producción de dinamita mediante el diseño y construcción de un mezclador cónico vertical piloto”, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011. Accedido: 24 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2657/1/CD-3341.pdf>
- [62] Importaciones, “Mezcladora horizontal”. <https://larevista.aqpsoluciones.com/2018/08/14/mezcladora-horizontal/> (accedido 24 de abril de 2023).

- [63] H. Sanchez, *Manual para el participante control electromecánico*. Inatec, 2009. Accedido: 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/37712232/INSTITUTO\\_NACIONAL\\_TECNOL%C3%93GICO\\_DIRECCI%C3%93N\\_GENERAL\\_DE\\_FORMACI%C3%93N\\_PROFESIONAL\\_DIRECCI%C3%92N\\_T%C3%88CNICA\\_DOCENTE\\_DE\\_PARTAMENTO\\_DE\\_CURR%C3%8DCULO\\_MANUAL\\_PARA\\_EL\\_PARTICIPANTE\\_CONTROL\\_ELECTROMECC%C3%81NICO](https://www.academia.edu/37712232/INSTITUTO_NACIONAL_TECNOL%C3%93GICO_DIRECCI%C3%93N_GENERAL_DE_FORMACI%C3%93N_PROFESIONAL_DIRECCI%C3%92N_T%C3%88CNICA_DOCENTE_DE_PARTAMENTO_DE_CURR%C3%8DCULO_MANUAL_PARA_EL_PARTICIPANTE_CONTROL_ELECTROMECC%C3%81NICO)
- [64] R. Duarte, “Diseño y manufactura de un tornillo de potencia para una máquina extrusora de plástico”, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, 2020. Accedido: 28 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/3926/Trabajo%20de%20graduaci%C3%B3n%20Rodrigo%20Duarte%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [65] R. Morales, “Diseño y construcción de una máquina recicladora y extrusora de plástico PLA para el observatorio astronómico de Quito de la EPN”, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018. Accedido: 4 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19803/1/CD-9213.pdf>
- [66] V. Savgorodny, *Transformación de plásticos*, Editorial Gustavo. Barcelona. Accedido: 4 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/35550381/Kupdf\\_com\\_transformacion\\_de\\_plasticos\\_vk\\_savgorodny](https://www.academia.edu/35550381/Kupdf_com_transformacion_de_plasticos_vk_savgorodny)
- [67] C. Cobos, “Diseño de un sistema de extrusión-paletizado para el procesamiento de residuos plásticos para la empresa municipal de la ciudad de Cuenca.”, Universidad Politécnica de Salesiana, Cuenca, 2011.
- [68] R. Ahmad, Å. Oterhals, Y. Xue, T. Skodvin, y A. Samuelsen, “Impact of fish protein concentrate on apparent viscosity and physical properties of soy protein concentrate subjected to thermomechanical treatment”, *J Food Eng*, vol. 259, pp. 34–43, 2019, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2019.04.014.
- [69] Shigley, *Diseño en ingeniería mecánica*, 9ª ed. México: McGrawHill, 2008. Accedido: 6 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/33910807/Dise%C3%B1o\\_en\\_ingenier%C3%ADa\\_mec%C3%A1nica\\_de\\_Shigley\\_9na\\_Edici%C3%B3n\\_Richard\\_G\\_Budynas](https://www.academia.edu/33910807/Dise%C3%B1o_en_ingenier%C3%ADa_mec%C3%A1nica_de_Shigley_9na_Edici%C3%B3n_Richard_G_Budynas)
- [70] R. Norton, *Diseño de máquinas un enfoque integrado*, 4ª ed. México: Prentice Hall, 2011.
- [71] J. L. Hoyos, H. S. Villada, A. Fernández, y R. Ortega-Toro, “Parámetros de Calidad y Metodologías para Determinar las Propiedades Físicas de Alimentos Parámetros de Calidad y Metodologías para Determinar las Propiedades Físicas de Alimentos Extruidos para Peces”, *Información Tecnológica*, vol. 28, n° 5, pp. 101–114, 2017, doi: 10.4067/S0718-07642017000500012.

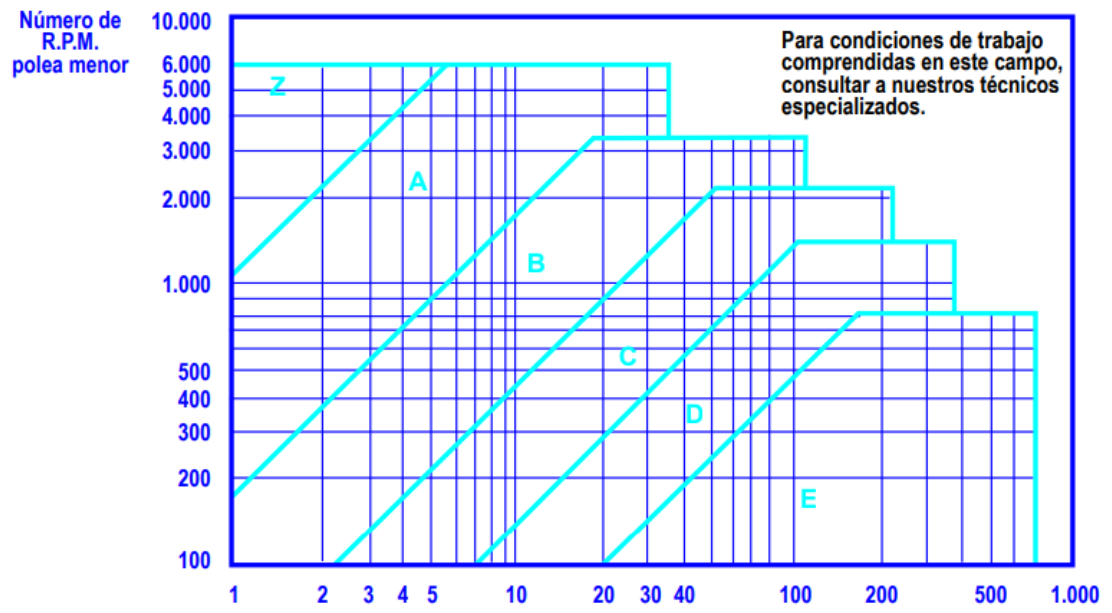
- [72] FAG, “Rodamientos FAG Rodamientos de bolas · Rodamientos de rodillos · Soportes · Accesorios”. Catálogo WL 41 520/3 SB, pp. 236–245.
- [73] SNR, “Catálogo General de Industria SNR”. pp. 58–62. Accedido: 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2017-05/snr\\_general\\_catalogue\\_es.pdf](https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2017-05/snr_general_catalogue_es.pdf)
- [74] Inoxpres, “Accesorios en acero inoxidable”. pp. 2–12. Accedido: 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://inoxpres.com/wp-content/uploads/2023/01/CATALOGO\\_GENERAL\\_V2022\\_HD.pdf#page=4](https://inoxpres.com/wp-content/uploads/2023/01/CATALOGO_GENERAL_V2022_HD.pdf#page=4)
- [75] BrotoTermic, “Resistencias eléctricas calefactoras”. Accedido: 28 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://brototermic.com/docs/catalogo-Brototermic-resistencias.pdf>
- [76] B. Chalaca, “Diseño y fabricación de una máquina mezcladora de paletas con chopper para una capacidad de mezcla de 1000 kilogramos de sal”, Universidad de Antioquia, Medellín , 2022. Accedido: 19 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26247/1/ChalacaBryan\\_2022\\_MaquinaMezcladoraPaletas.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26247/1/ChalacaBryan_2022_MaquinaMezcladoraPaletas.pdf)
- [77] DUNLOP, “Correas de transmisión industrial”. [https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas\\_Dunlop.pdf](https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf) (accedido 30 de junio de 2023).
- [78] SLA SHOP, “Controlador De Temperatura Rex-c100fk02-v Relé Estado Sólido”. [https://www.slashop.com.br/MLB-1756985333-controlador-de-temperatura-rex-c100fk02-v-rele-estado-solido-\\_JM](https://www.slashop.com.br/MLB-1756985333-controlador-de-temperatura-rex-c100fk02-v-rele-estado-solido-_JM) (accedido 20 de julio de 2023).

## ANEXOS

### Anexo 1. Coeficiente de correlación [77].

Tabla Nº 3 - Coeficiente de corrección de la potencia						
Tipo de máquina conductora Tipo de máquina conducida	Motores de corriente alterna, torque normal, a jaula de ardilla, sincrónicos; fase partida. Motores de corriente continua, bobinado en shunt. Máquinas de combustión interna, cilindros múltiples.			Motores de corriente alternada, alto torque, alto deslizamiento, bobinado en serie y anillado colector. Motores de corriente continua, bobinado en serie y bobinado compound. Máquina a combustión interna, monocilíndrica. Ejes en línea. Arranque directo y con embrague		
	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias
Agitador para líquidos y semilíquidos, ventiladores y aspiradores, compresores y bombas centrífugas. Sopladores hasta 10 HP. Transportadores livianos.	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Cintas transportadoras para arena, granos, etc. Mezcladores de panadería. Sopladores de más de 10 HP, generadores. Línea a ejes (ejes principales), máquinas de lavaderos, máquinas herramienta, punzadoras, prensa, guillotinas, bombas rotativas positivas. Máquinas de imprenta, zarandas vibradoras y giratorias.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Máquina de ladrillos y cerámicas, elevadores a cangilones. Generadores y excitatrices. Compresores a pistón, transportadores, molinos a martillos, molinos batidores para papel, bombas a pistón, sopladores positivos. Pulverizadores, desmenuzadoras, sierras y máquinas para elaboración de madera, máquinas textiles.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias, mandíbulas, bolas). Molinos (bolas, laminadores, barras). Calamandra para goma, bambury-extrusoras.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

**Anexo 2.** Grafica de sección de correa [77].





Anexo 3. Selección de potencia por banda [77].

Tabla N° 2 - Sección A		Prestación Base (en HP)													Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)													
		Diámetro primitivo de la polea menor (mm)													1.00 al 1.01		1.05 al 1.04		1.09 al 1.12		1.13 al 1.18		1.19 al 1.24		1.25 al 1.34		1.35 al 1.52	
N° R.P.M. De la polea menor		66	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122	127	1.00 al 1.01	1.05 al 1.04	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.52	2.00 sobre 1.99						
1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20					
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29					
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52	0.00	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58					
2000	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03					
4000	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07					
6000	0.35	0.43	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10					
8000	0.43	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.37	1.47	1.57	1.67	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13					
10000	0.49	0.62	0.75	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.88	2.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17					
12000	0.55	0.71	0.86	1.01	1.16	1.31	1.46	1.60	1.75	1.89	2.04	2.18	2.32	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20					
14000	0.61	0.78	0.96	1.13	1.30	1.47	1.64	1.81	1.97	2.14	2.30	2.46	2.62	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.24					
16000	0.65	0.85	1.05	1.24	1.43	1.62	1.81	2.00	2.18	2.37	2.55	2.73	2.90	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27					
18000	0.69	0.91	1.13	1.34	1.56	1.77	1.97	2.18	2.38	2.58	2.78	2.97	3.17	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.24	0.27	0.30					
20000	0.73	0.97	1.21	1.44	1.67	1.90	2.12	2.35	2.57	2.78	2.99	3.20	3.41	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.30	0.34					
22000	0.76	1.02	1.28	1.53	1.78	2.02	2.26	2.50	2.74	2.97	3.19	3.42	3.64	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37					
24000	0.79	1.07	1.34	1.61	1.88	2.14	2.39	2.65	2.89	3.14	3.38	3.61	3.84	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.36	0.40					
26000	0.81	1.11	1.40	1.69	1.97	2.24	2.51	2.78	3.04	3.29	3.54	3.78	4.02	0.00	0.05	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44					
28000	0.83	1.14	1.45	1.75	2.05	2.34	2.62	2.90	3.17	3.43	3.69	3.94	4.18	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.47					
30000	0.84	1.17	1.49	1.81	2.12	2.42	2.72	3.00	3.28	3.55	3.81	4.07	4.31	0.00	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50					
32000	0.85	1.19	1.53	1.86	2.18	2.49	2.80	3.09	3.38	3.66	3.92	4.18	4.42	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54					
34000	0.85	1.21	1.56	1.90	2.24	2.56	2.87	3.17	3.46	3.74	4.01	4.26	4.50	0.00	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57					
36000	0.85	1.22	1.59	1.94	2.28	2.61	2.93	3.23	3.52	3.80	4.07	4.32	4.56	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.61					
38000	0.84	1.23	1.60	1.96	2.31	2.65	2.97	3.28	3.57	3.85	4.11	4.36	4.58	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64					
40000	0.83	1.22	1.61	1.98	2.33	2.67	3.00	3.31	3.60	3.87	4.13	4.36	4.58	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67					
42000	0.81	1.22	1.61	1.99	2.35	2.69	3.01	3.32	3.61	3.87	4.12	4.34	4.54	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71					
44000	0.78	1.20	1.60	1.98	2.35	2.69	3.01	3.31	3.59	3.85	4.08	4.29	4.47	0.00	0.08	0.16	0.25	0.33	0.41	0.49	0.58	0.66	0.74					
46000	0.75	1.18	1.58	1.97	2.33	2.68	3.00	3.29	3.56	3.80	4.02	4.21	4.37	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.52	0.60	0.69	0.77					
48000	0.72	1.15	1.56	1.95	2.31	2.65	2.96	3.25	3.50	3.73	3.93	4.09	4.23	0.00	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81					
50000	0.67	1.11	1.53	1.91	2.27	2.61	2.91	3.19	3.43	3.64	3.81	3.95	-	0.00	0.09	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.65	0.75	0.84					
52000	0.63	1.07	1.48	1.87	2.23	2.55	2.84	3.10	3.33	3.51	3.66	-	-	0.00	0.10	0.19	0.29	0.39	0.49	0.58	0.68	0.78	0.88					
54000	0.57	1.02	1.43	1.81	2.16	2.48	2.76	3.00	3.20	3.36	-	-	-	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.61	0.71	0.81	0.91					
56000	0.51	0.96	1.37	1.75	2.09	2.39	2.65	2.87	3.05	3.18	-	-	-	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.73	0.84	0.94					
58000	0.44	0.89	1.30	1.67	2.00	2.28	2.53	2.72	2.87	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.33	0.43	0.54	0.65	0.76	0.87	0.98					
60000	0.37	0.81	1.21	1.57	1.89	2.16	2.38	2.55	-	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.34	0.45	0.56	0.67	0.79	0.90	1.01					

**Anexo 4.** Factor de corrección por longitud [77].

Tabla N° 4		Sección de la correa				
Longitud correa	Z	A	B	C	D	E
16	0.80	-	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-	-
60	-	0.98	0.92	0.82	-	-
66	-	1.00	0.95	0.85	-	-
75	-	1.02	0.97	0.87	-	-
80	-	1.04	0.98	0.89	-	-
81	-	1.04	0.98	0.89	-	-
85	-	1.05	0.99	0.90	-	-
90	-	1.06	1.00	0.91	-	-
96	-	1.08	1.02	0.92	-	-
97	-	1.08	1.02	0.92	-	-
105	-	1.10	1.04	0.94	-	-
112	-	1.11	1.05	0.95	-	-
120	-	1.13	1.07	0.97	0.86	-
125	-	1.14	1.08	0.98	0.87	-
144	-	-	1.11	1.00	0.90	-
156	-	-	1.13	1.02	0.92	-
173	-	-	1.15	1.04	0.93	-
180	-	-	1.16	1.05	0.94	0.91
195	-	-	1.18	1.07	0.96	0.92
210	-	-	1.19	1.08	0.96	0.94
240	-	-	1.22	1.11	1.00	0.96
270	-	-	1.25	1.14	1.03	0.99
300	-	-	1.27	1.16	1.05	1.01
330	-	-	-	1.19	1.07	1.03
360	-	-	-	1.21	1.09	1.05
390	-	-	-	1.23	1.11	1.07
420	-	-	-	1.24	1.12	1.09
480	-	-	-	-	1.16	1.12
540	-	-	-	-	1.18	1.14
600	-	-	-	-	1.20	1.17
660	-	-	-	-	1.23	1.19

**Anexo 5.** Factor de corrección de ángulo de contacto en bandas [77].

Tabla N° 5		Factor de corrección	
Ángulo de contacto sobre poleas menor		Poleas acanaladas	Poleas acanaladas/plana
100°		1.00	0.75
175°		0.99	0.76
170°		0.98	0.77
167°		0.97	0.76
164°		0.96	0.79
160°		0.95	0.80
157°		0.94	0.81
154°		0.93	0.81
150°		0.92	0.82
147°		0.91	0.83
144°		0.90	0.83
140°		0.89	0.84
137°		0.88	0.85
134°		0.87	0.85
130°		0.86	0.86
127°		0.85	0.85
124°		0.84	0.84
120°		0.82	0.82
118°		0.81	0.81
115°		0.80	0.80
113°		0.79	0.79
110°		0.78	0.78
108°		0.77	0.77
106°		0.77	0.77
104°		0.76	0.76
102°		0.75	0.75
100°		0.74	0.74
98°		0.73	0.73
96°		0.72	0.72
94°		0.71	0.71
92°		0.70	0.70
90°		0.69	0.69

## Anexo 6. Norma NTE INEN-EN 1672-2

Registro Oficial N° 70

Viernes 1° de septiembre de 2017 – 15

### MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD

No. 17 415

### SUBSECRETARÍA DEL SISTEMA DE LA CALIDAD

#### Considerando:

Que de conformidad con lo dispuesto en el [Artículo 52](#) de la [Constitución de la República del Ecuador](#), “Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características”;

Que mediante Ley No. 2007-76, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 26 del 22 de febrero de 2007, reformada en la Novena Disposición Reformatoria del

publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 251 del 22 de diciembre de 2010, constituye el Sistema Ecuatoriano de la Calidad, que tiene como objetivo establecer el marco jurídico destinado a: “i) Regular los principios, políticas y entidades relacionados con las actividades vinculadas con la evaluación de la conformidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en esta materia; ii) Garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados con la seguridad, la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente, la protección del consumidor contra prácticas engañosas y la corrección y sanción de estas prácticas; y, iii) Promover e incentivar la cultura de la calidad y el mejoramiento de la competitividad en la [economía ecuatoriana](#)”;

Que el Comité Ecuatoriano de Normalización, CEN, en el año 2006, publicó la [Norma EN 1672-2:2006 FOOD PROCESSING MACHINERY. BASIC CONCEPTS. PART 2: HYGIENE REQUIREMENTS](#);

Que el Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN, suscribió el 25 de junio del 2015 un Convenio de Colaboración con la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR.

Que los derechos de autor de este documento normativo pertenecen a la Asociación Española de Normalización, UNE, debido a una reestructura de la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, efectiva a partir de enero del 2017

Que el Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN, entidad competente en materia de Reglamentación, Normalización y Metrología, ha adoptado la Norma EN 1672-2:2006 como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 1672-2:2017 MAQUINARIA PARA PROCESADO DE ALIMENTOS. CONCEPTOS BÁSICOS. PARTE 2: REQUISITOS DE HIGIENE (EN 1672-2:2006+A1:2009, IDT);

Que en su elaboración se ha seguido el trámite reglamentario;

Que mediante Informe Técnico contenido en la Matriz de Revisión No. MET-0244 de fecha de 24 de julio de 2017, se sugirió proceder a la aprobación y oficialización de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 1672-2:2017 MAQUINARIA PARA PROCESADO DE ALIMENTOS. CONCEPTOS BÁSICOS. PARTE 2: REQUISITOS DE HIGIENE (EN 1672-2:2006+A1:2009, IDT);

Que de conformidad con la [Ley del Sistema Ecuatoriano de](#)

institución [Ecuador del Ministerio Ecuatoriano de la Calidad](#) es la en consecuencia, es competente para aprobar y oficializar con el carácter de VOLUNTARIA la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 1672-2 MAQUINARIA PARA PROCESADO DE ALIMENTOS. CONCEPTOS BÁSICOS. PARTE 2: REQUISITOS DE HIGIENE (EN 1672-2:2006+A1:2009, IDT), mediante su promulgación en el Registro Oficial, a fin de que exista un justo equilibrio de intereses entre proveedores y consumidores;

Que mediante Acuerdo Ministerial No. 11446 del 25 de noviembre de 2011, publicado en el Registro Oficial No. 599 del 19 de diciembre de 2011, la Ministra de Industrias y Productividad delega a la Subsecretaría de la Calidad la facultad de aprobar y oficializar las propuestas de normas o reglamentos técnicos y procedimientos de evaluación de la conformidad propuestos por el INEN en el ámbito de su competencia de conformidad con lo previsto en la [Ley](#)

general; y, [del Sistema Ecuatoriano de la Calidad](#) y en su reglamento

En ejercicio de las facultades que le concede la Ley.

#### Resuelve:

**ARTÍCULO 1.-** Aprobar y oficializar con el carácter de VOLUNTARIA la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 1672-2 (Maquinaria para procesado de alimentos. Conceptos básicos. Parte 2: Requisitos de higiene (EN 1672-2:2006+A1:2009, IDT)), que especifica los requisitos de higiene comunes aplicables

Anexo 7. Norma NTE INEN 1643:2003



Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1643:2013**  
Primera revisión

---

**ALIMENTOS PARA ANIMALES. TERMINOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN**

**Primera edición**

ANIMAL FEEDING STUFFS. TERMINOLOGY AND CLASSIFICATION

First edition

---

DESCRIPTORES: Alimentos para animales, terminología, clasificación  
AL 06.01.102  
CDU: 636.085.543.062  
ICS: 65.120



## Anexo 8. Proceso de construcción de la máquina

### Proceso de construcción

#### Adquisición de materiales



#### Fabricación de los elementos en el torno

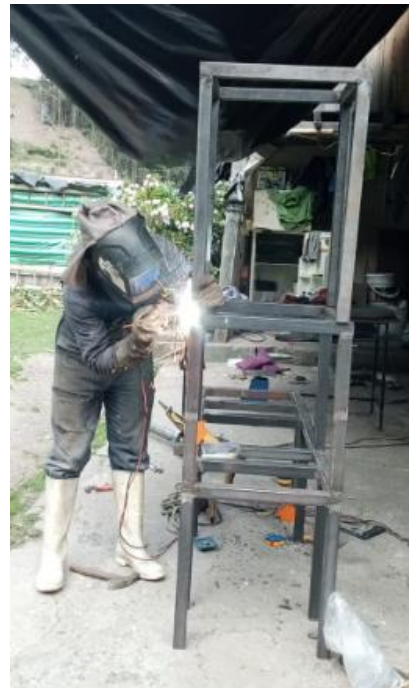






### Construcción de la estructura







Armado de tolvas







## Elaboración de la cámara de compresión







## Montaje de las poleas



## Ensamble









Armado del sistema de control





Pruebas









## Anexo 7. Manual de funcionamiento del prototipo

### Manual de Funcionamiento



Para poder utilizar la máquina se debe considerar los siguientes aspectos:

- Se debe verificar que ningún elemento de la máquina posea restos de masa ya que esta puede estar endurecida y al momento de entrar en la cámara de compresión puede taponar la matriz.
- Se debe comprobar que todos los elementos de la máquina estén correctamente ajustados para evitar algún posible accidente.
- Comprobar que las conexiones eléctricas estén correctamente conectadas.
- Verificar que todos los elementos de la caja eléctrica estén apagados.
- Verificar que el motor a combustión contenga combustible.

Una vez que se haya comprobado todos los parámetros mencionados anteriormente se procede a la fabricación del balanceado para truchas.

1. Conectar la máquina a 220V.
2. Encender el **Breaker** que se encuentra en la parte trasera de la caja de control.

- Una vez encendido el breaker los dispositivos y pantallas de la caja de control se encenderán y tenemos que programarlos.
- Se debe regular la temperatura a la que queremos que la cámara de compresión se encuentre con ayuda de los botones (↑) para elevar temperatura y (↓) para reducir, el valor que nosotros necesitamos es de 100°C.



- De igual forma de debe encender el variador de velocidad y controlar la velocidad de giro del sistema de cuchillas con ayuda de la perilla que se encuentra al costado de la caja de control.



- Presionar el botón verde de encendido para que la resistencia empiece a calentarse y esperar 15 minutos hasta que la cámara de compresión alcance los 100 grados.



- Encender el motor a combustión poniendo en ON la perilla roja que se encuentra en un costado del motor y verificando que el pase de combustible este abierto.



- Se regula la velocidad del motor a la cual queremos que la máquina empiece a funcionar.
- Una vez alcanzada la temperatura deseada se procede mandar un porcentaje de agua en la tolva de alimentación para que este ablande los posibles restos de mezcla que se encuentren en el tornillo.
- Después de realizar estos pasos se procede a colocar la mezcla previa en la tolva de dosificación para que esta gradualmente empiece a suministrar alimento en la extrusora para elaborar los kilos de alimento que se necesite.

- Existe un paro de emergencia el cual puede ser accionado si sucede algún tipo de anomalía eléctrica.



- Apagar la resistencia con el botón de color rojo.



- Apagar el variador de velocidad.

14. Apagar el **Breaker**.

15. Apagar el motor.

16. Finalmente se procede a limpiar los componentes de la máquina para su próximo funcionamiento.

## **Anexo 8. Intrusiones de seguridad**

### **Instrucciones de seguridad**


Cuando se manipula la máquina para su mantenimiento y uso, se debe tomar en cuenta algunas consideraciones respecto a la seguridad del operario, el cual se detalla a continuación:

- No colocar las manos cerca de la cámara de compresión cuando la máquina esté en funcionamiento, debido a que la temperatura de operación es alta y podría provocar quemaduras a los operarios.
- Al momento de dar mantenimiento cerciorarse que la máquina este apagada y desconectada, para evitar accidentes si entra en funcionamiento por algún descuido poniendo en riesgo la integridad física del operario.
- Usar los implementos necesarios de seguridad personal como guantes, gafas de protección y mascarilla como medida de seguridad a posibles accidentes que se pueden provocar por el funcionamiento de la máquina.
- Mantener alejado las manos del sistema de corte cuando la máquina está en funcionamiento, para evitar cortes en las manos y perdida de dedos.
- Revisar los componentes de la máquina antes de ponerla en funcionamiento como el ajuste de las poleas, el ajuste de los tornillos de la cámara de compresión, entre otros componentes que puede causar accidentes si no se encuentran correctamente ajustados y ubicados.
- En caso de haber algún problema en el transcurso del proceso de producción presionar el botón de paro de emergencia para evitar posibles accidentes que se ejecutan cuando la máquina se encuentre en funcionamiento.

- Evitar colocar las manos en la tolva de alimentación cuando está en funcionamiento debido a que puede provocar lesiones provocado por el movimiento del tornillo sinfín.
- Evitar acercar las manos al eje de mezclado cuando la máquina esté en funcionamiento, para evitar lesiones provocadas por las paletas cuando esta gira para mezclar.



#### Anexo 9. Ficha técnica de la máquina



	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>		
	<b>Facultad de ingeniería Civil y Mecánica</b>		
	<b>Carrera de mecánica</b>		
<b>Máquina:</b>	Prototipo de dosificación, mezclado y extrusión de alimentos balanceados para trucha		
<b>Sistemas:</b>	Sistema mecánico, térmico y eléctrico		
<b>Fusión:</b>	Máquina utilizada para procesar alimento balanceado para truchas		
<b>Ficha Técnica</b>			
	<b>Voltaje</b>	220 V	
	<b>Peso:</b>	240 kg	
	<b>Ancho:</b>	1,10 metros	
	<b>Largo:</b>	1,2 metros	
	<b>Alto:</b>	1,82 metros	
	<b>Temperatura:</b>	100-130 C	
	<b>Velocidad de producción:</b>	53 kg/hora	
<b>Sistema de extrusión</b>			
<b>Potencia:</b>	5 HP	<b>Velocidad:</b>	50 rpm
<b>Función:</b>	Transforma la mezcla en pellets del tamaño para el que está diseñado		
<b>Sistema de mezclado</b>			
<b>Potencia:</b>	1 HP	<b>Velocidad:</b>	60 rpm
<b>Capacidad</b>	53 kg	<b>Voltaje:</b>	220 V
<b>Función:</b>	Homogenizar las harinas para la fabricación del alimento balanceado		
<b>Sistema de Dosificado</b>			
<b>Capacidad:</b>	75 kg	<b>Tiempo de dosificado:</b>	3 Minutos
<b>Función:</b>	Suministrar materia prima a la mezcladora a medida que disminuya		

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>		
	<b>Facultad de ingeniería Civil y Mecánica</b>		
	<b>Carrera de mecánica</b>		
<b>Sistema de corte</b>			
<b>Potencia:</b>	1/4 HP	<b>Velocidad:</b>	25 rpm
<b>Numero de cuchillas</b>	3 Cuchillas	<b>Voltaje:</b>	220 V
<b>Función:</b>	Cortar el pellet en el tamaño seleccionado		

### Anexo 10. Manual de mantenimiento de la máquina

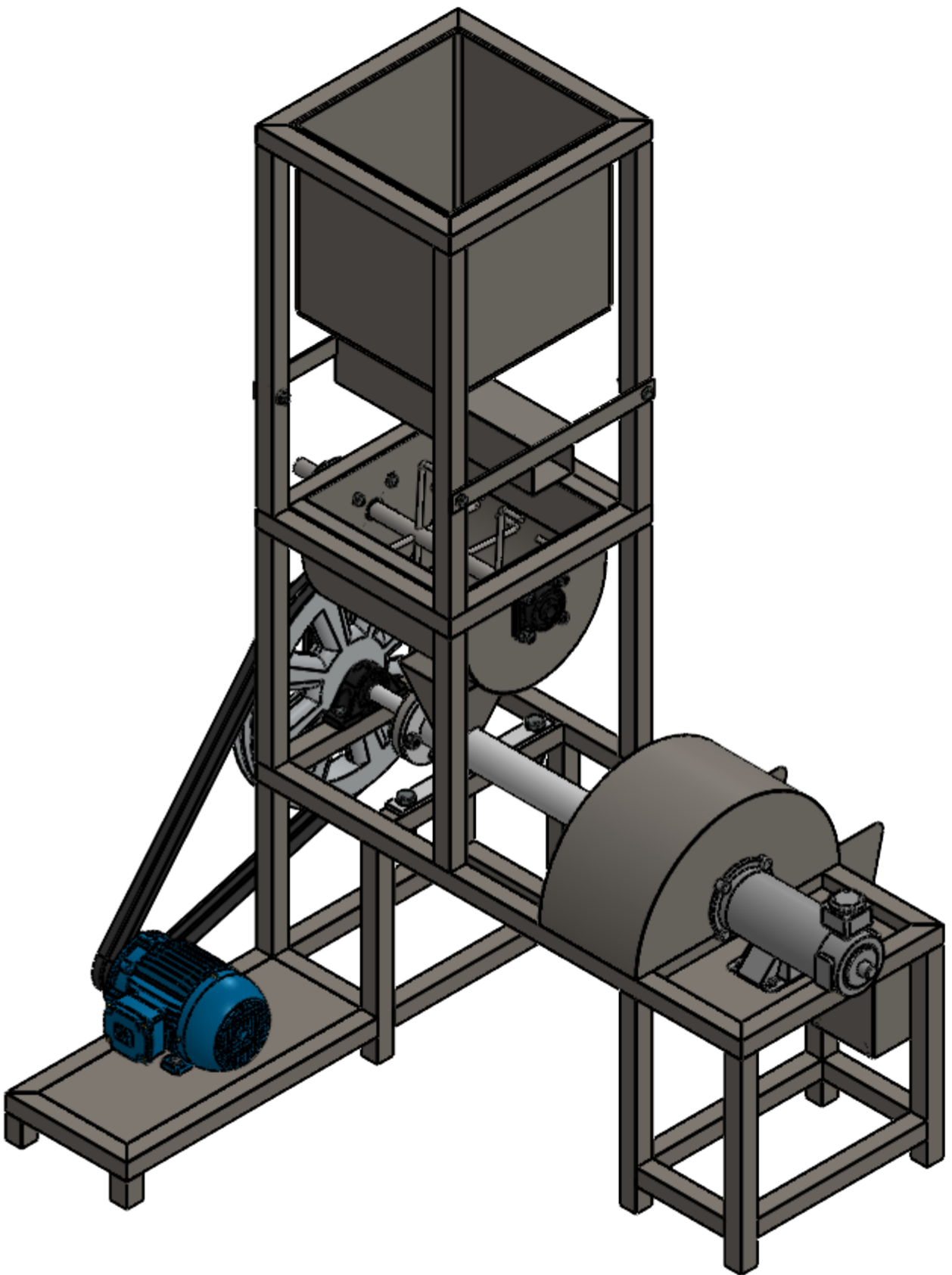
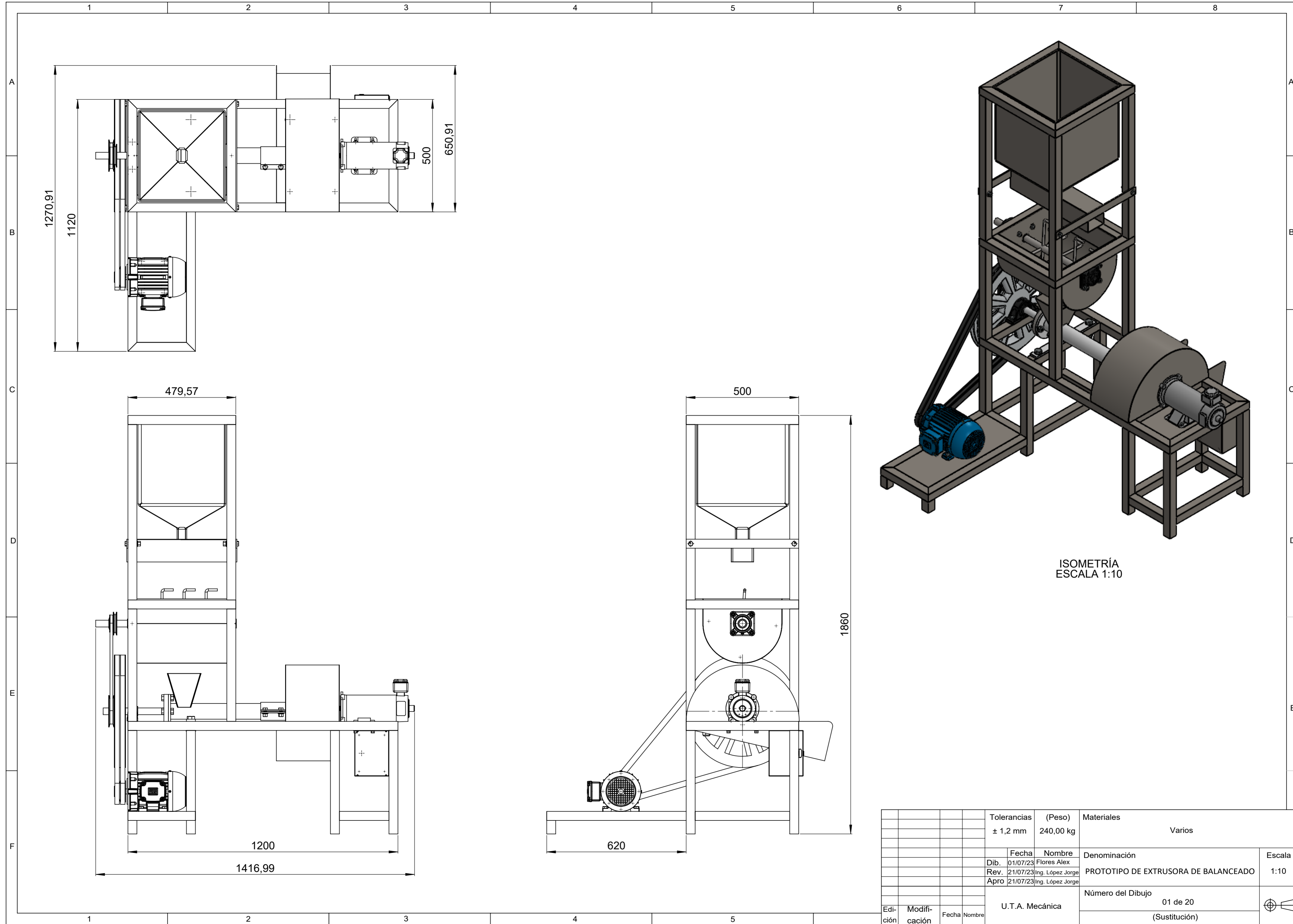
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>		
	<b>Facultad de ingeniería Civil y Mecánica</b>		
	<b>Carrera de mecánica</b>		
<b>Máquina:</b>	Prototipo de dosificación, mezclado y extrusión	<b>Temperatura:</b>	100 -130
<b>Sistemas:</b>	Sistema mecánico, térmico y eléctrico	<b>Velocidad extrusión:</b>	60 rpm
<b>Función:</b>	Máquina utilizada para procesar alimento balanceado para truchas	<b>Fecha:</b>	15/7/2023
<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>duración</b>	<b>Recomendación</b>
Lubricar las chumaceras que no están en contacto con el alimento	Trimestral	30 minutos	Lubricar las chumaceras, para evitar que el tornillo sinfin y eje de mezclado se atasquen
Comprobar y ajustar las bandas	Mensual	10 minutos	Comprobar la tensión de las bandas y si se requiere ajustar
Revisar y ajustar los pernos de presión	Mensual	5 minutos	Revisar que los pernos de la cámara de compresión estén ajustados y si se requiere ajustarlos
Limpiar las cuchillas del sistema de corte	Diario	5 minutos	Limpiar las tres cuchillas del sistema de corte diariamente antes del uso

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>		
	<b>Facultad de ingeniería Civil y Mecánica</b>		
	<b>Carrera de mecánica</b>		
Limpiar el tornillo sin fin	Diario	5 minutos	Limpiar el tornillo sin fin antes del uso, para evitar que se endurezca y la aparición de hongos
Limpiar la matriz	Diario	5 minutos	Limpiar la matriz de extrusión antes de cada uso, para evitar que se obstruya
Limpiar las tolvas de mezclado y dosificado	Diario	5 minutos	Limpiar las tolvas de mezclado y dosificado después de ser utilizada, para evitar la aparición de hongos
Revisar las conexiones eléctricas	Semanal	10 minutos	Revisar que las conexiones eléctricas de la máquina estén en buen estado
Inspeccionar el sistema de dosificación	Mensual	5 minutos	Revisar que el sistema de dosificado funcione correctamente, para el abastecimiento del balanceado
Cambiar de bandas	Trimestral	25 minutos	Cambiar las bandas de forma trimestral o cada vez que se requiera debido al desgaste
Inspeccionar los motores	Semanal	10 minutos	Inspeccionar que los motores funcionen correctamente y el estado de las conexiones a los mismos
Inspeccionar y ajustar la resistencia térmica	Mensual	15 minutos	Revisar que la resistencia térmica este en buen estado y ajustarla si se requiere
Limpiar las paletas	Diario	10 minutos	Limpiar las paletas de mezclado diariamente antes de su uso
Ajustar las paletas	Semanal	10 minutos	Inspeccionar el estado de las paletas y ajustarlas, para evitar que se muevan

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>		
	<b>Facultad de ingeniería Civil y Mecánica</b>		
	<b>Carrera de mecánica</b>		
Limpiar la estructura	Semanal	20 minutos	Limpiar la estructura semanalmente, para evitar el acumulamiento de polvo o residuos
Reemplazar los pulsadores	Anual	40 minutos	Reemplazar los pulsadores, para tener un correcto control
Cambiar la resistencia térmica	Anual	15 minutos	Cambiar la resistencia térmica, para evitar que la cámara de compresión no alcance la temperatura de trabajo
Limpiar la tolva de recolección	Diario	5 minutos	Limpiar la tolva de recolección, para evitar que el alimento se contamine

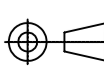
#### Anexo 11. Planos



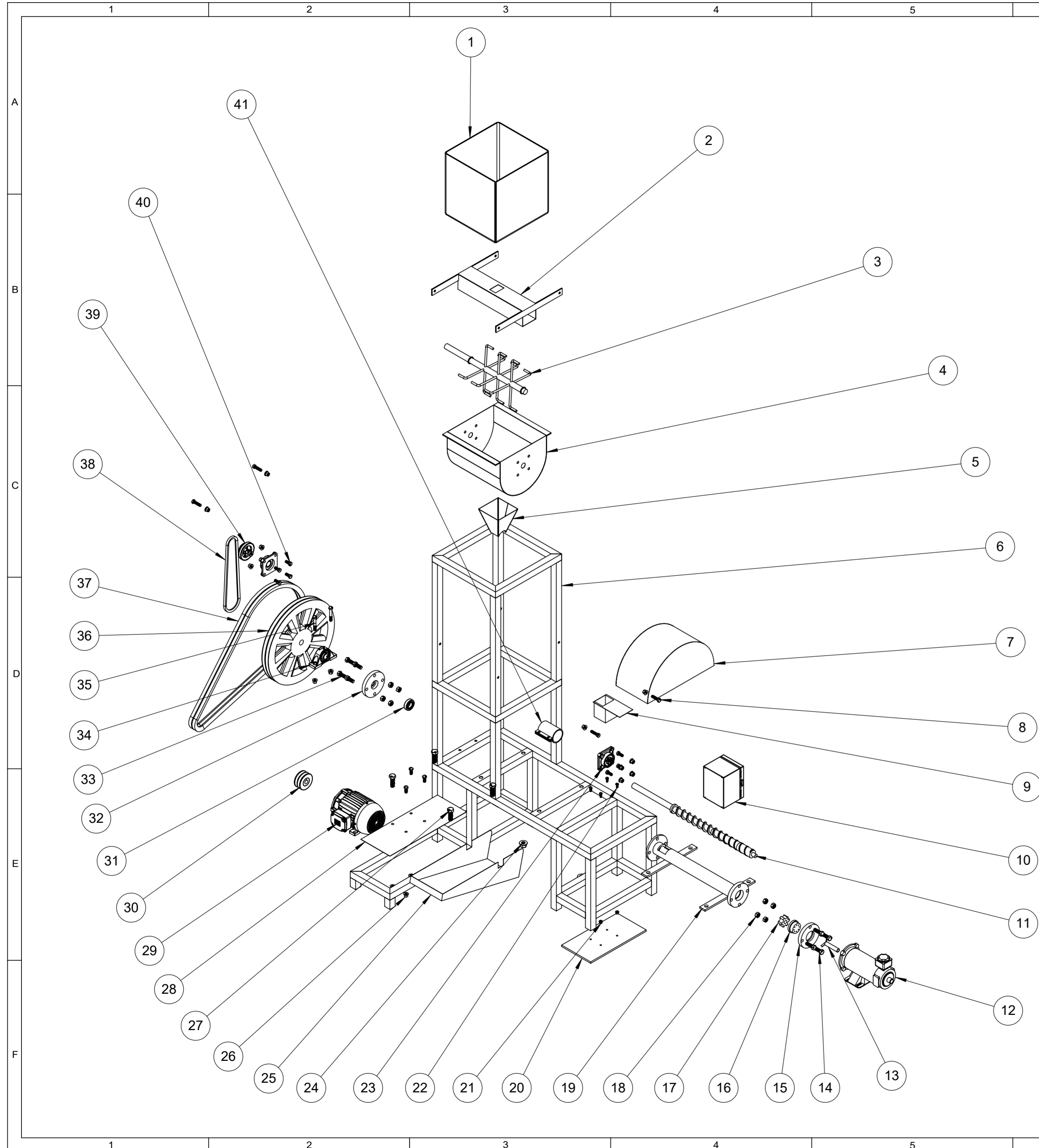


ISOMETRÍA  
ESCALA 1:10

		Tolerancias ± 1,2 mm	(Peso) 240,00 kg	Materiales Varios	
		Fecha 01/07/23	Nombre Flores Alex	Denominación PROTOTIPO DE EXTRUSORA DE BALANCEADO	
		Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge	Escala 1:10	
		Apro 21/07/23	Ing. López Jorge	Número del Dibujo 01 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	U.T.A. Mecánica (Sustitución)	



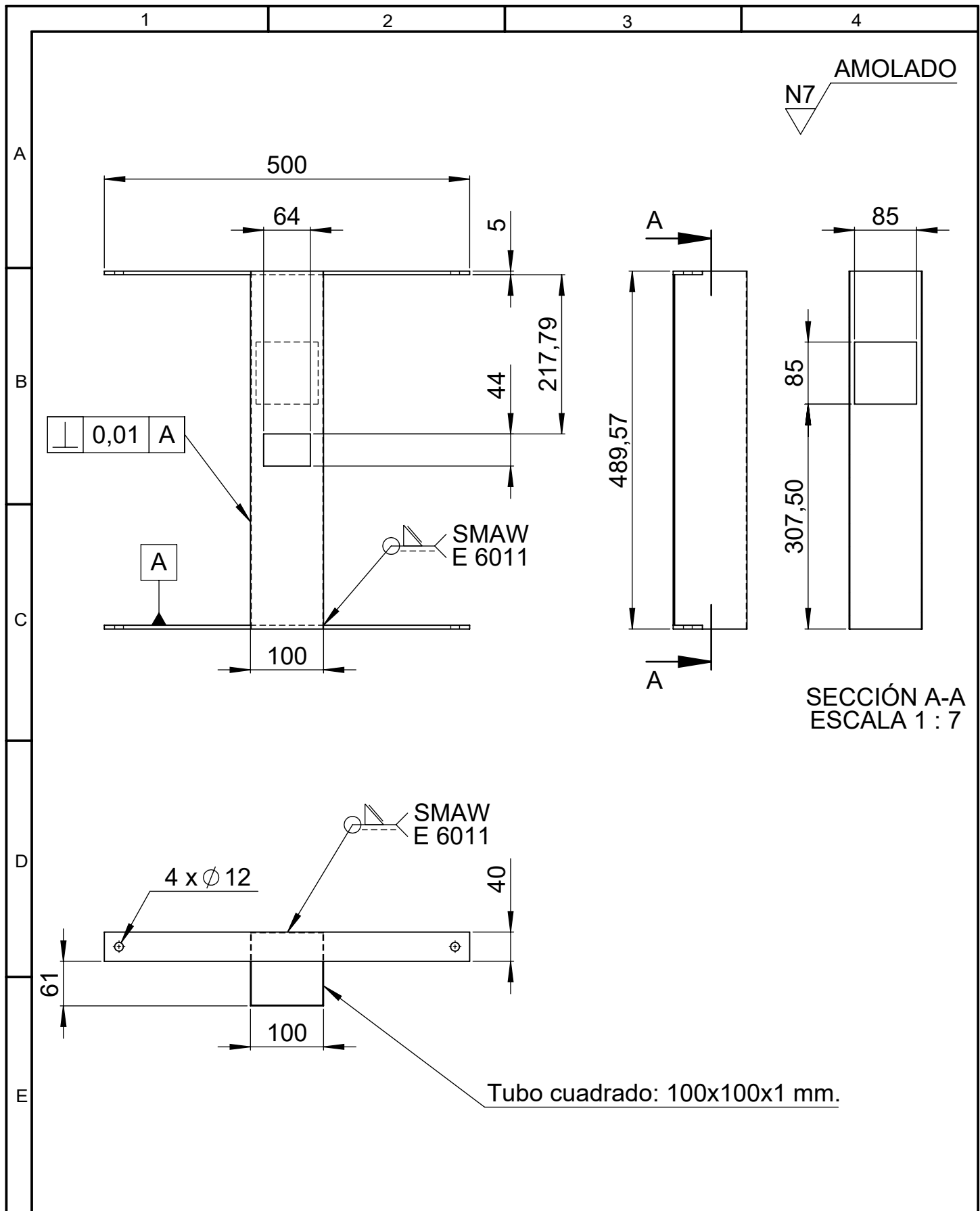




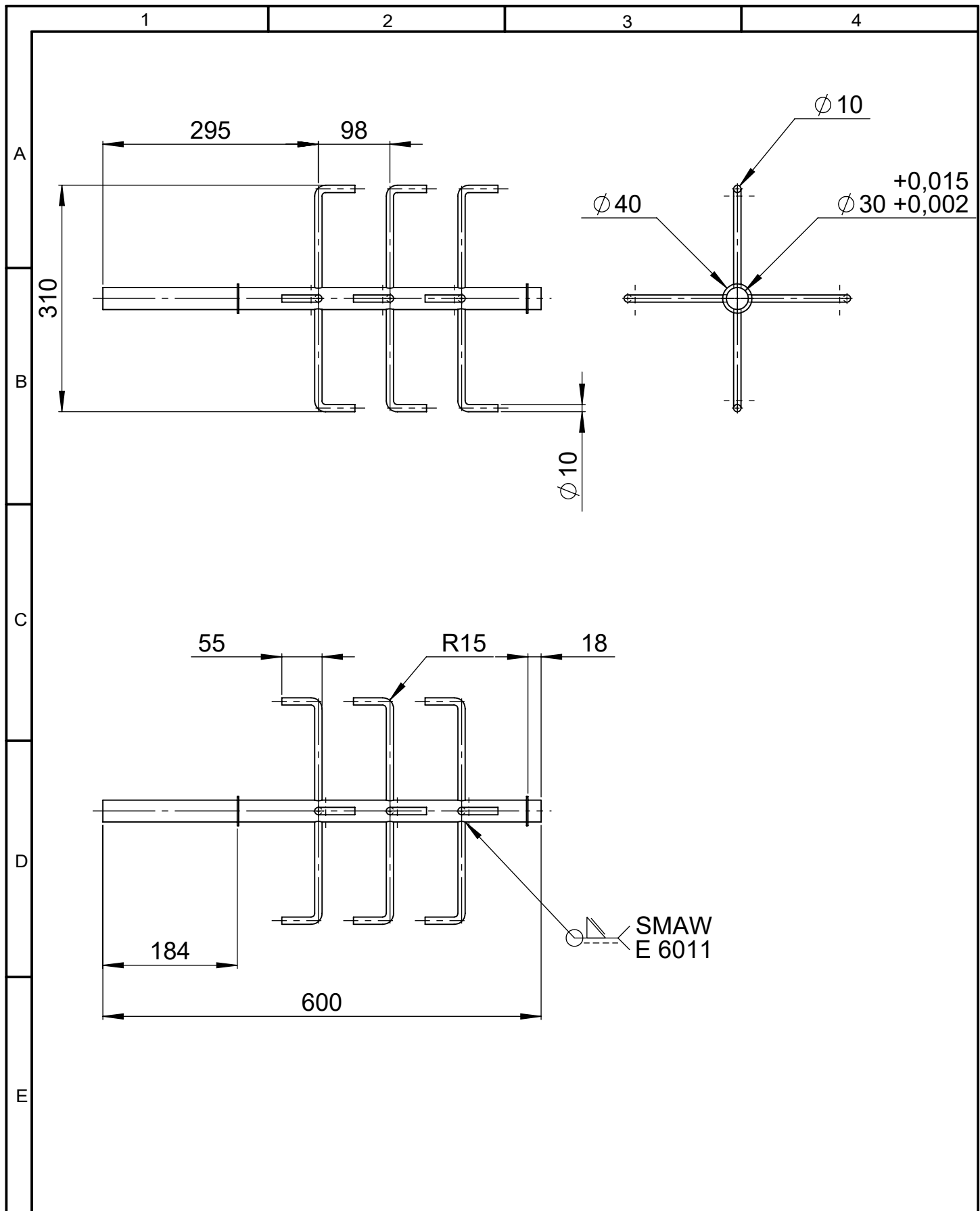
1	Resistencia eléctrica	-	Acero inoxidable AISI 304	50	650 W	0,40	Adquirido
12	Perno hexagonal	-	Acero al carbono	50	M12 x 1,75 x 30	0,04	Adquirido
1	Polea de 6" de mezcladora	-	Aluminio reforzado	39	Torneado el agujero del eje	0,24	Adquirido
1	Banda A42	-	Polipropileno	38	-	0,15	Adquirido
1	Bandas A87	-	Polipropileno	37	-	0,21	Adquirido
1	Polea de 20" de peletizadora	-	Aluminio reforzado	36	Torneado el agujero del eje	18,08	Adquirido
2	Perno hexagonal	-	Acero al carbono	35	M12 x 1,75 x 80	0,08	Adquirido
1	Chumacera de piso para tornillo	-	Acero inoxidable	34	-	1,85	Adquirido
4	Perno hexagonal	-	Acero de bajo carbono	33	M16 x 2 x 40	0,09	Adquirido
1	Tapa de la cámara de compresión	20 de 20	Acero inoxidable 430	32	-	2,37	Torneado
1	Rodamiento de 4 caminos	-	Acero inoxidable	31	-	0,22	Adquirido
1	Polea de 4" para motor de 5 HP	-	Aluminio reforzado	30	Torneado el agujero del eje	0,58	Adquirido
1	Motor 5 HP	-	Varios	29	-	65,00	Adquirido
1	Placa para motor de 5 HP	19 de 20	Acero ASTM A-36	28	-	4,99	Pulido
4	Perno hexagonal	-	Acero al carbono	27	M20 x 2 x 60	0,20	Adquirido
18	Tuerca	-	Acero al carbono	26	M12 x 1,75	0,03	Adquirido
1	Recolector de pellets	18 de 20	Acero inoxidable AISI 304	25	-	2,24	Soldado
3	Tuerca	-	Acero al carbono	24	M20 x 2	0,11	Adquirido
2	Chumacera de brida cuadrada con articulaciones para mezcladora	-	Acero inoxidable	23	-	1,46	Adquirido
4	Perno hexagonal	-	Acero al carbono	22	M8 x 1,25 x 20	0,01	Adquirido
4	Tuerca	-	Acero al carbono	21	M8 x 1,25	0,01	Adquirido
1	Placa para motor de corte	17 de 20	Acero ASTM A-36	20	-	3,61	Pulido
1	Cámara de compresión	16 de 20	Acero inoxidable 430	19	-	13,74	Torneado
8	Tuerca	-	Acero de bajo carbono	18	M16 x 2	0,03	Adquirido
1	Soporte de eje dentado	15 de 20	Acero inoxidable 430	17	-	0,32	Fresado
1	Matriz de 6 mm	14 de 20	Acero inoxidable 430	16	-	0,32	Fresado
1	Tapa matriz	13 de 20	Acero inoxidable 430	15	-	1,76	Torneado
4	Perno hexagonal	-	Acero de bajo carbono	14	M16 x 2 x 50	0,11	Adquirido
1	Cuchillas de corte	12 de 20	Acero inoxidable AISI 304	13	-	0,09	Soldado
1	Motor para sistema de corte de 1/4 HP	-	Varios	12	-	14,00	Adquirido
1	Tornillo sin fin	11 de 20	Acero inoxidable 430	11	-	6,87	Torneado
1	Caja de control eléctrico	-	Acero inoxidable AISI 304	10	200 x 150 x 150 mm	2,50	Adquirido
1	Vaso telescópico	10 de 20	Acero inoxidable AISI 304	9	-	0,38	Super acabado
4	Perno hexagonal	-	Acero al carbono	8	M12 x 1,75 x 50	0,06	Adquirido
1	Protector de cuchillas	09 de 20	Acero inoxidable AISI 304	7	-	2,97	Soldado
1	Estructura metálica	08 de 20	Acero ASTM A-36	6	-	73,40	Amolado
1	Tolva de alimentación	07 de 20	Acero inoxidable AISI 304	5	-	0,50	Super acabado
1	Tolva de mezcladora	06 de 20	Acero inoxidable AISI 304	4	-	7,39	Super acabado
1	Eje mezcladora	05 de 20	Acero inoxidable 430	3	-	4,60	Soldado
1	Soporte para vaso telescópico	04 de 20	Acero inoxidable AISI 304	2	-	3,04	Amolado
1	Tolva de dosificadora	03 de 20	Acero inoxidable AISI 304	1	-	6	Super acabado
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma/Dibujo	Material	N° de Orden	N° del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Obsevaciones

Tolerancias		± 1,2 mm	(Peso)		240,00 kg	Materiales	
						Varios	
Fecha		01/07/23	Nombre		Flores Alex	Denominación	
Dib.		21/07/23	Ing.		López Jorge	PROTOTIPO DE EXTRUSORA DE BALANCEADO	
Rev.		21/07/23	Ing.		López Jorge	Escala	
Apro		21/07/23	Ing.		López Jorge	1:15	
Número del Dibujo		02 de 20					
(Sustitución)							
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	U.T.A. Mecánica			

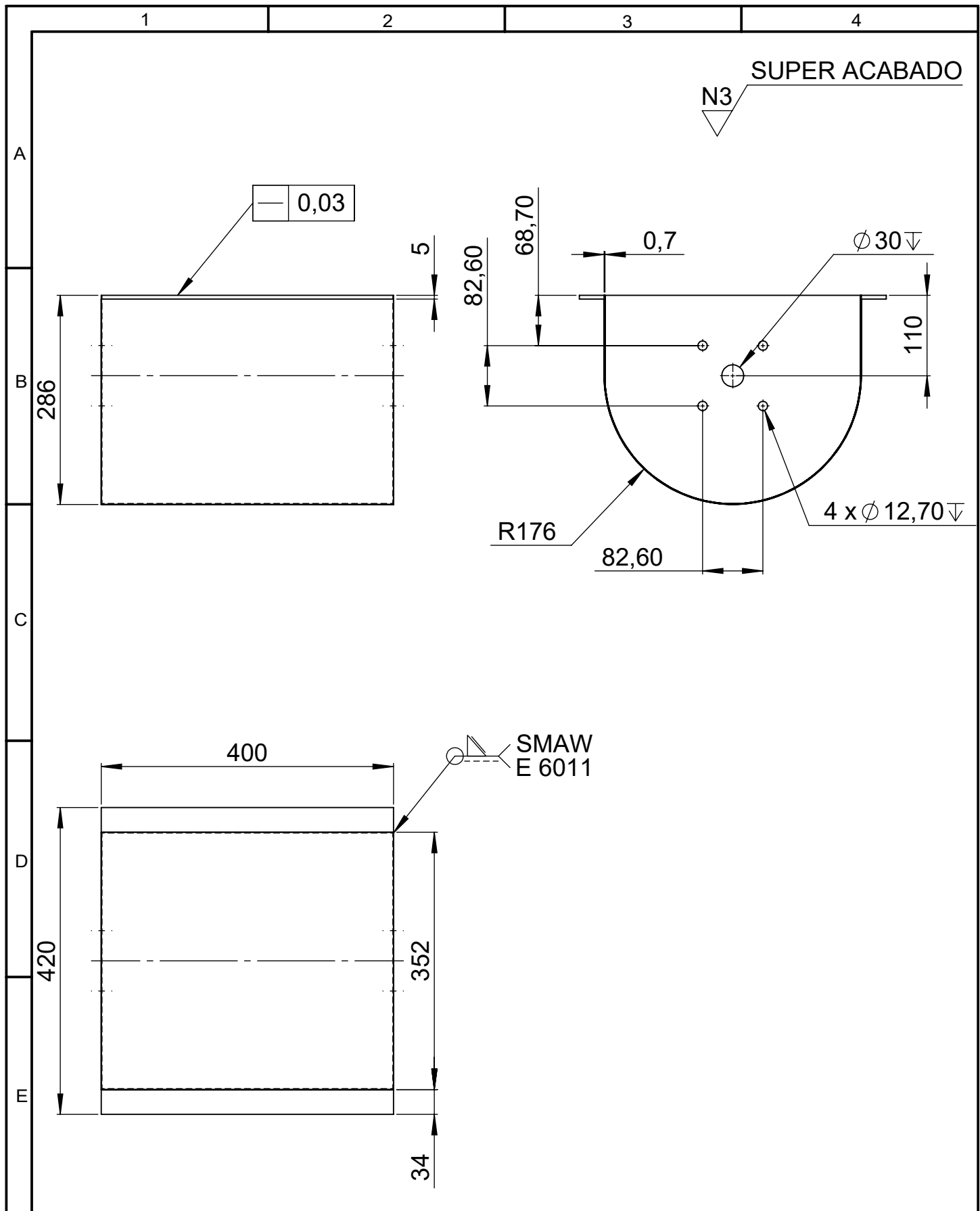




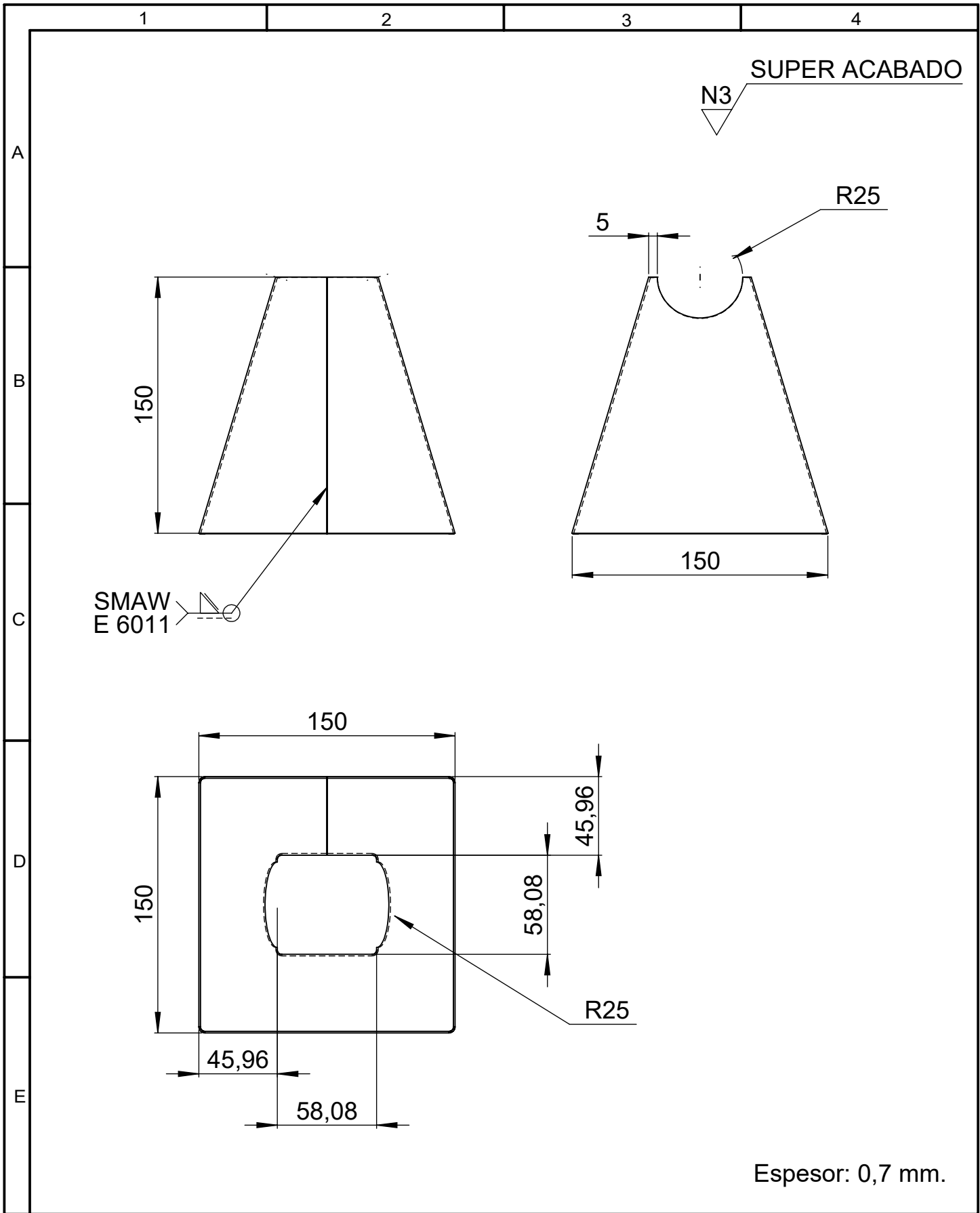
				Tolerancias ± 0,3 mm	(Peso) 3,04 kg	Materiales Acero inoxidable AISI 304	
						Denominación SOPORTE PARA VASO TELESCÓPICO	Escala 1:7
				Fecha	Nombre		
				Dib. 02/07/23	Flores Alex		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 04 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 0,3 mm	(Peso) 4,60 kg	Materiales Acero inoxidable 430	
						Denominación EJE MEZCLADORA	Escala 1:7
				Fecha	Nombre		
				Dib. /07/23	XXX		
				Rev. /07/23	Ing. López Jorge		
				Apro /07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 05 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

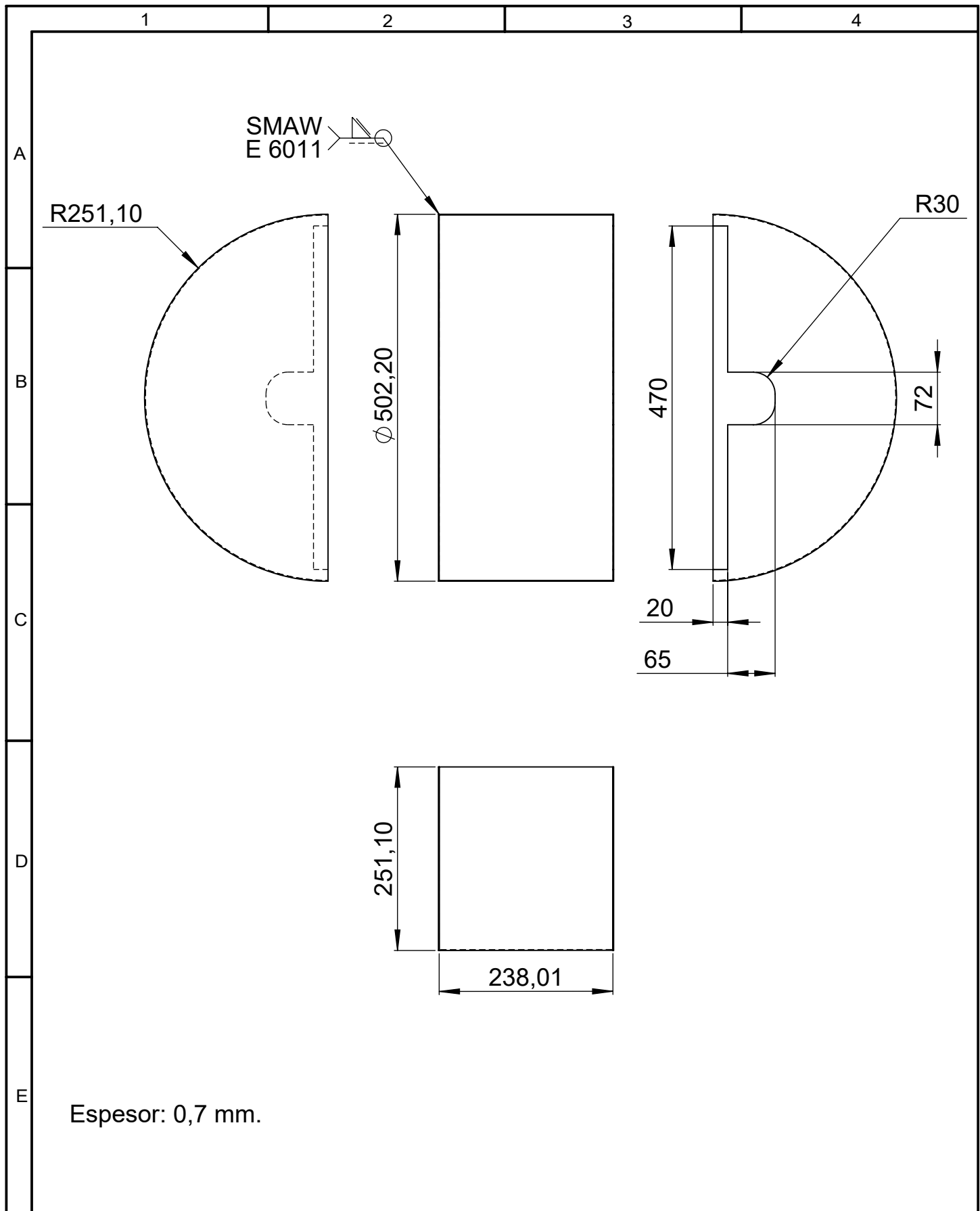


				Tolerancias ± 0,8 mm	(Peso) 7,39 kg	Materiales Acero inoxidable AISI 304	
						Denominación TOLVA DE MEZCLADORA	Escala 1:7
				Fecha	Nombre		
				Dib. 02/07/23	Flores Alex		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 06 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



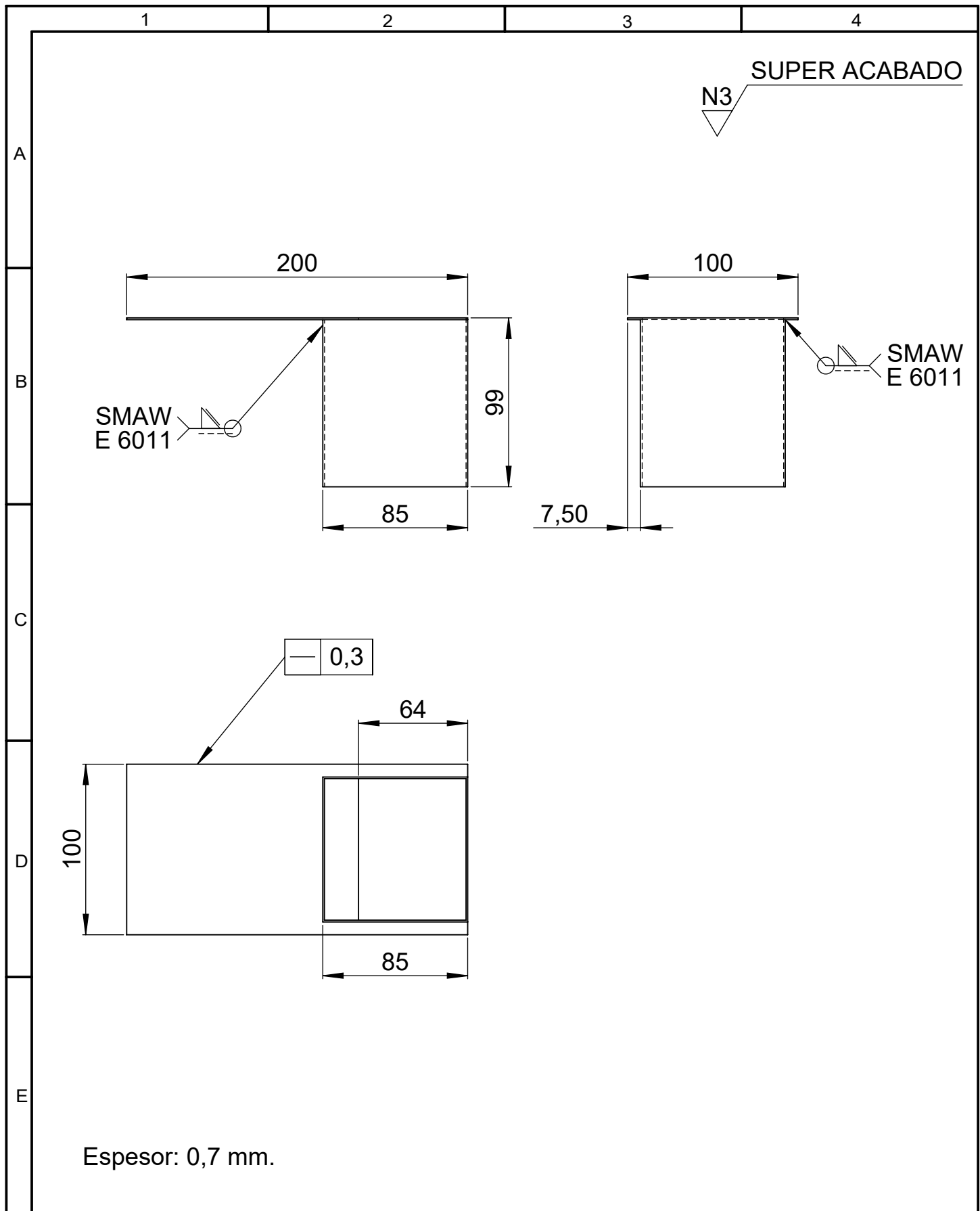
				Tolerancias ± 0,5 mm	(Peso) 0,50 kg	Materiales Acero inoxidable AISI 304	
						Denominación TOLVA DE ALIMENTACIÓN	Escala 1:3
				Fecha	Nombre		
				Dib. 03/07/23	Flores Alex		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 07 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



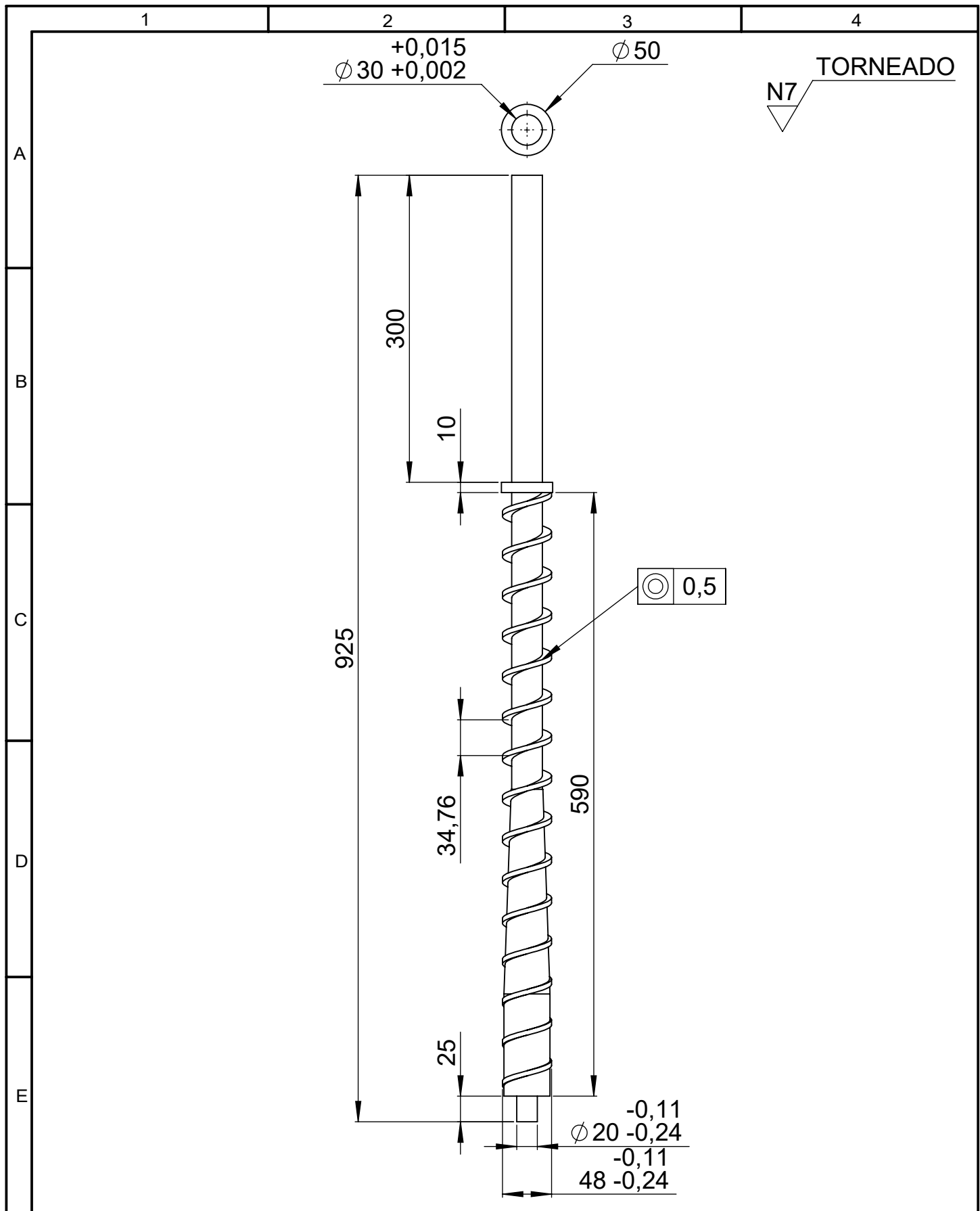


				Tolerancias $\pm 0,8$ mm	(Peso) 2,97 kg	Materiales Acero inoxidable AISI 304		
						Denominación <b>PROTECTOR DE CUCHILLAS</b>	Escala 1:7	
				Dib.	04/07/23			Flores Alex
				Rev.	21/07/23			Ing. López Jorge
				Apro	21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 09 de 20		
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

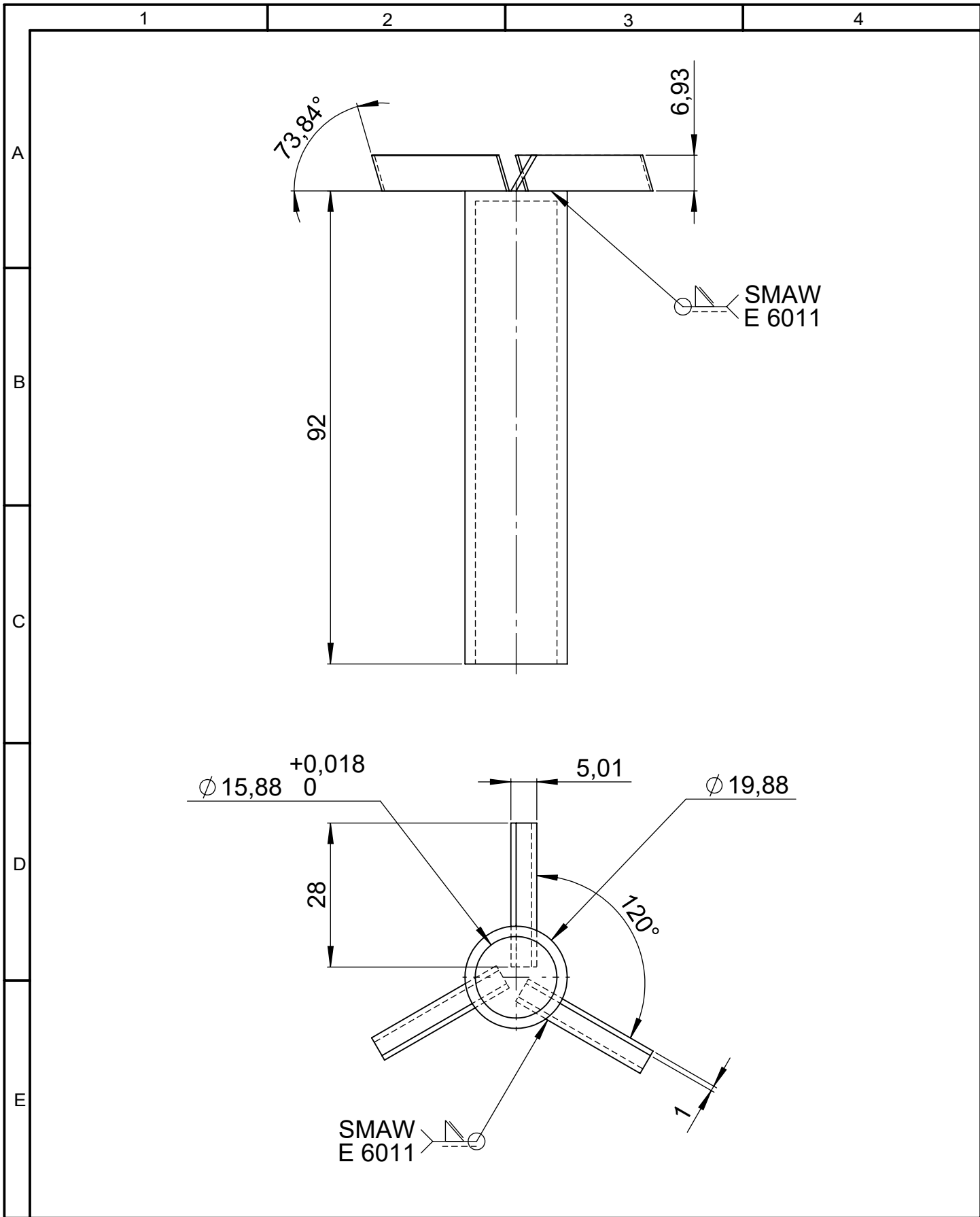




				Tolerancias ± 0,2 mm	(Peso) 0,38 kg	Materiales Acero inoxidable AISI 304	
						Denominación VASO TELESCÓPICO	Escala 1:3
				Fecha	Nombre		
				Dib. 04/07/23	Flores Alex		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 10 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 0,3 mm	(Peso) 6,87 kg	Materiales Acero inoxidable 430	
						Denominación TONRILLO SIN FIN	Escala 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dib. 01/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 11 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 0,3 mm	(Peso) 0,09 kg	Materiales Acero inoxidable AISI 304	
						Denominación CUCHILLAS DE CORTE	Escala 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dib. 01/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 12 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

TORNEADO  
N7

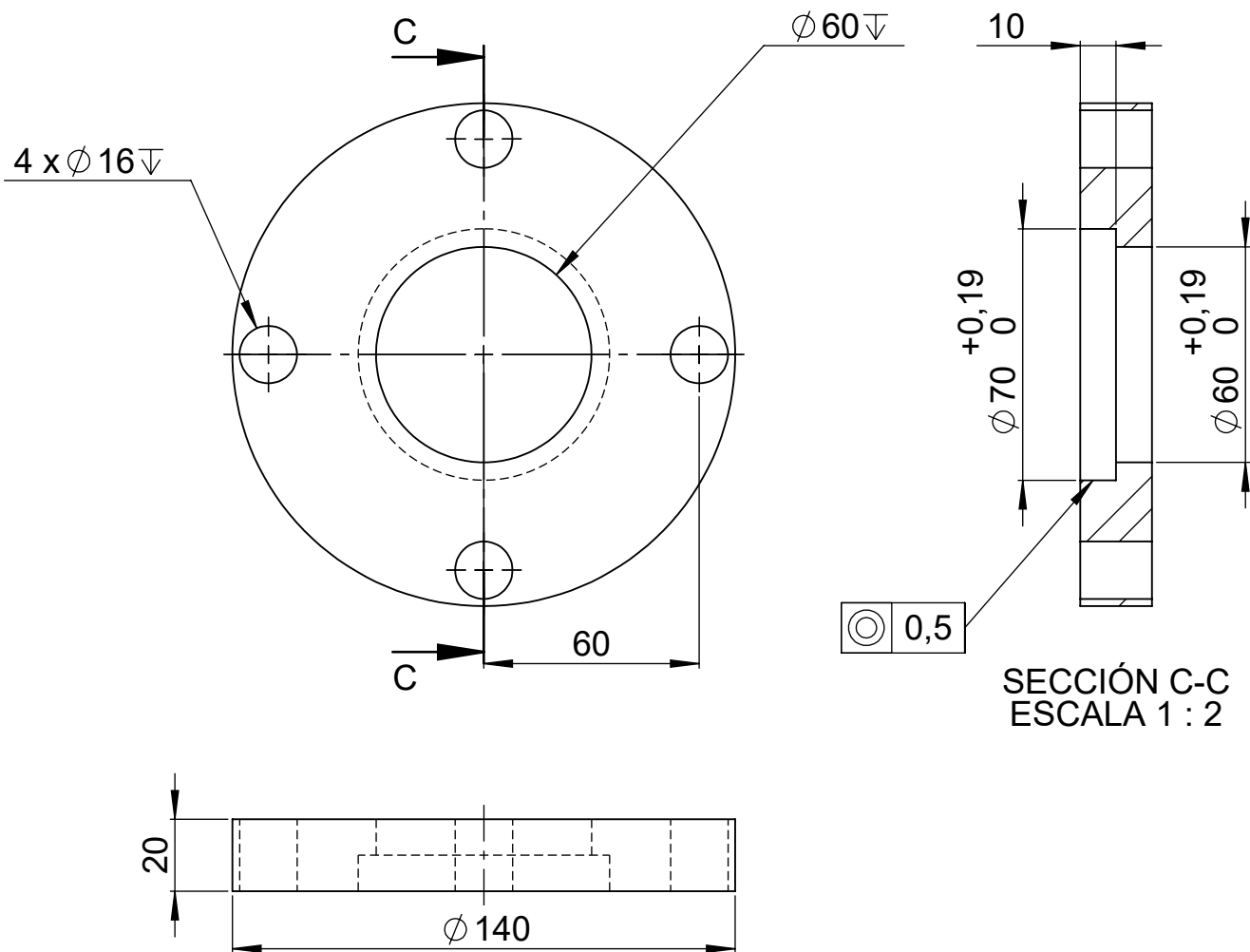
A

B

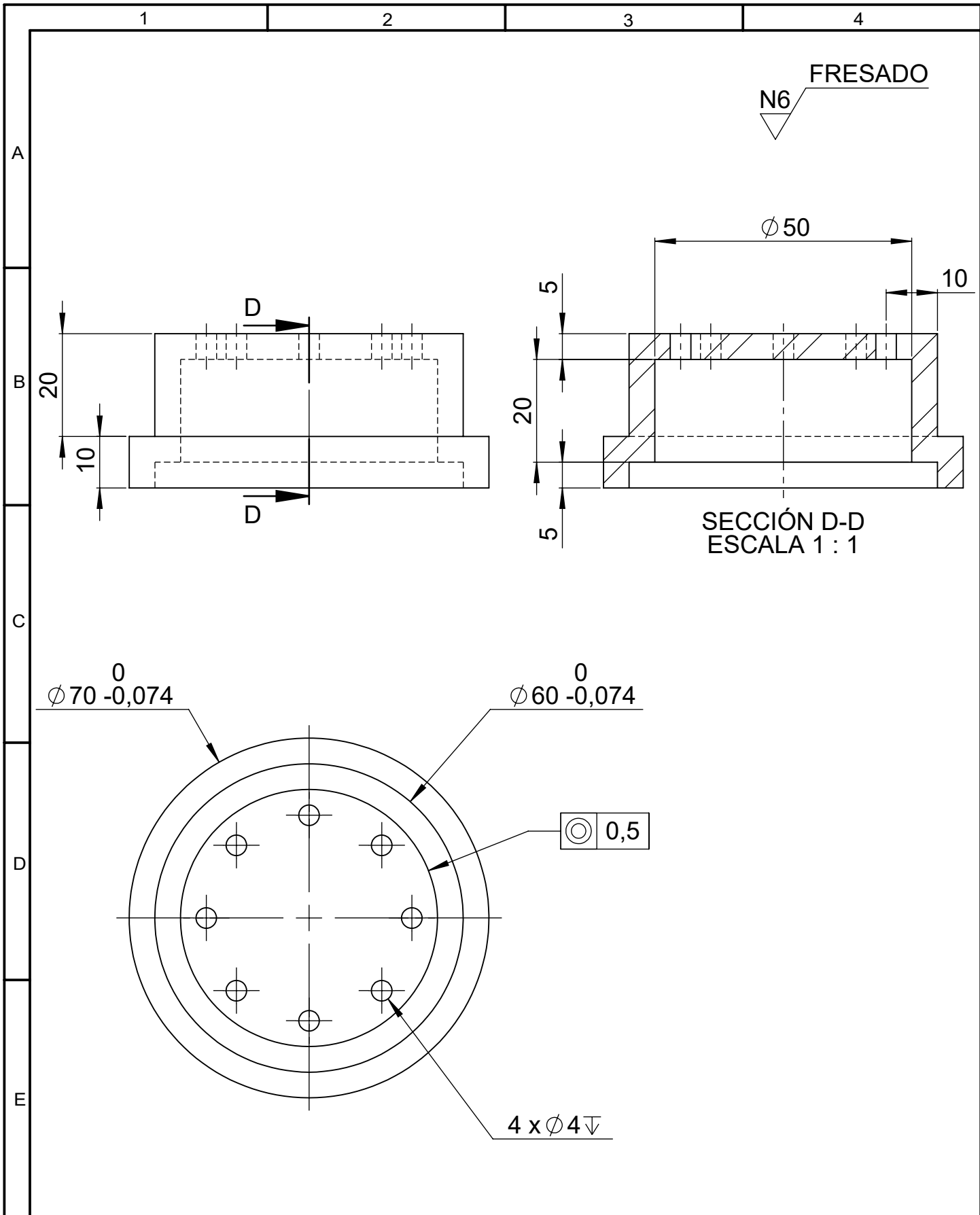
C

D

E



				Tolerancias $\pm 0,2$ mm	(Peso) 1,76 kg	Materiales Acero inoxidable 430	
						Denominación TAPA MATRIZ	Escala 1:2
				Fecha	Nombre		
				Dib. 01/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 13 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 0,15 mm	(Peso) 0,32 kg	Materiales Acero inoxidable 430	
						Denominación MATRIZ DE 4 MM	Escala 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dib. 02/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 14 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

N6 FRESADO

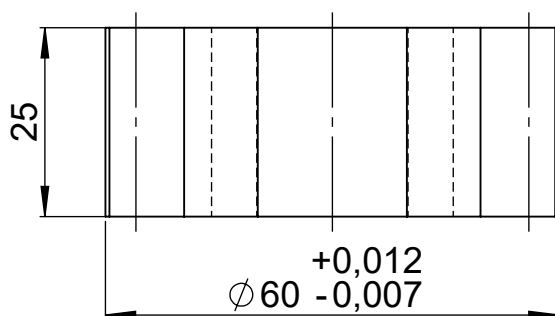
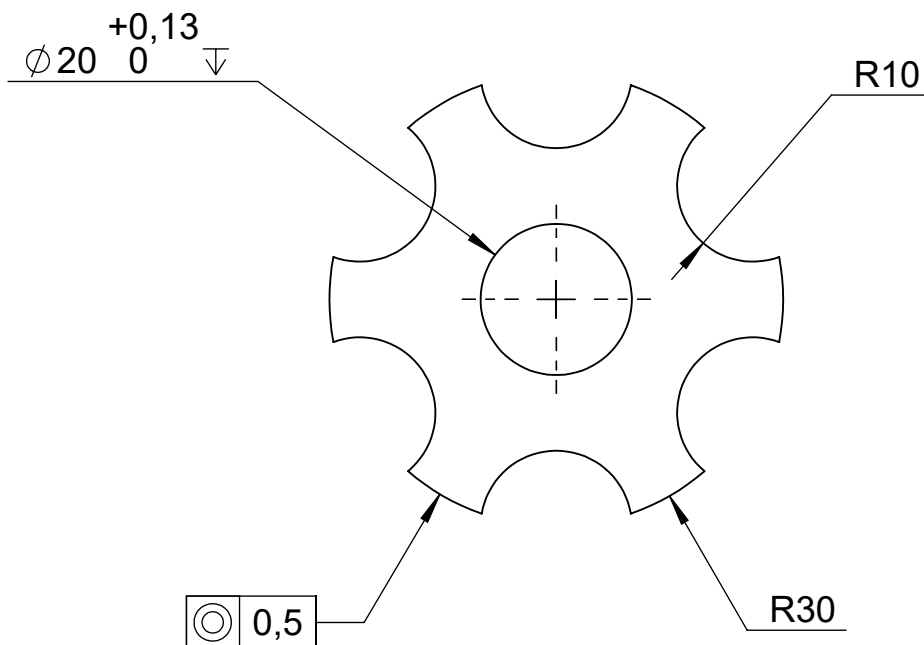
A

B

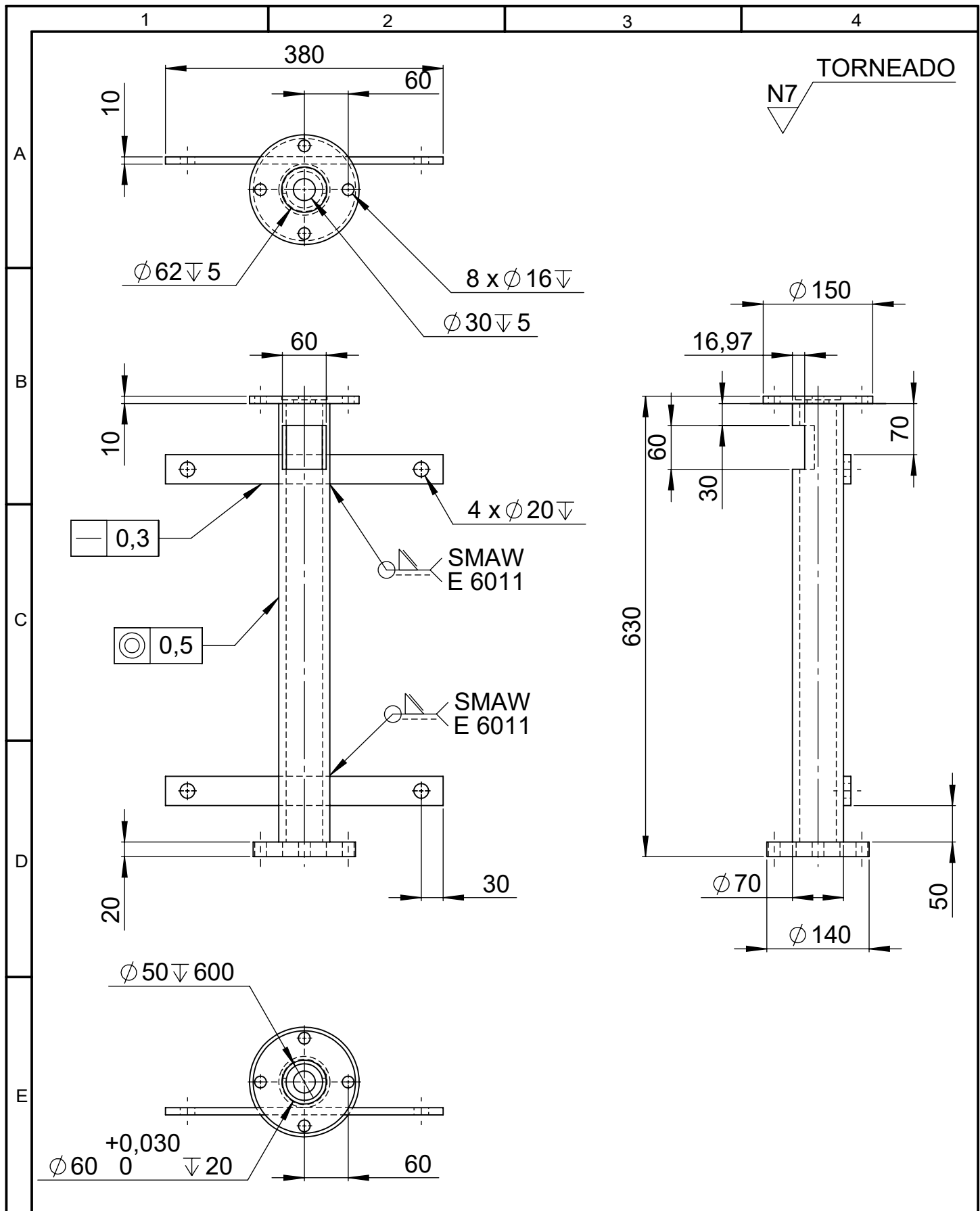
C

D

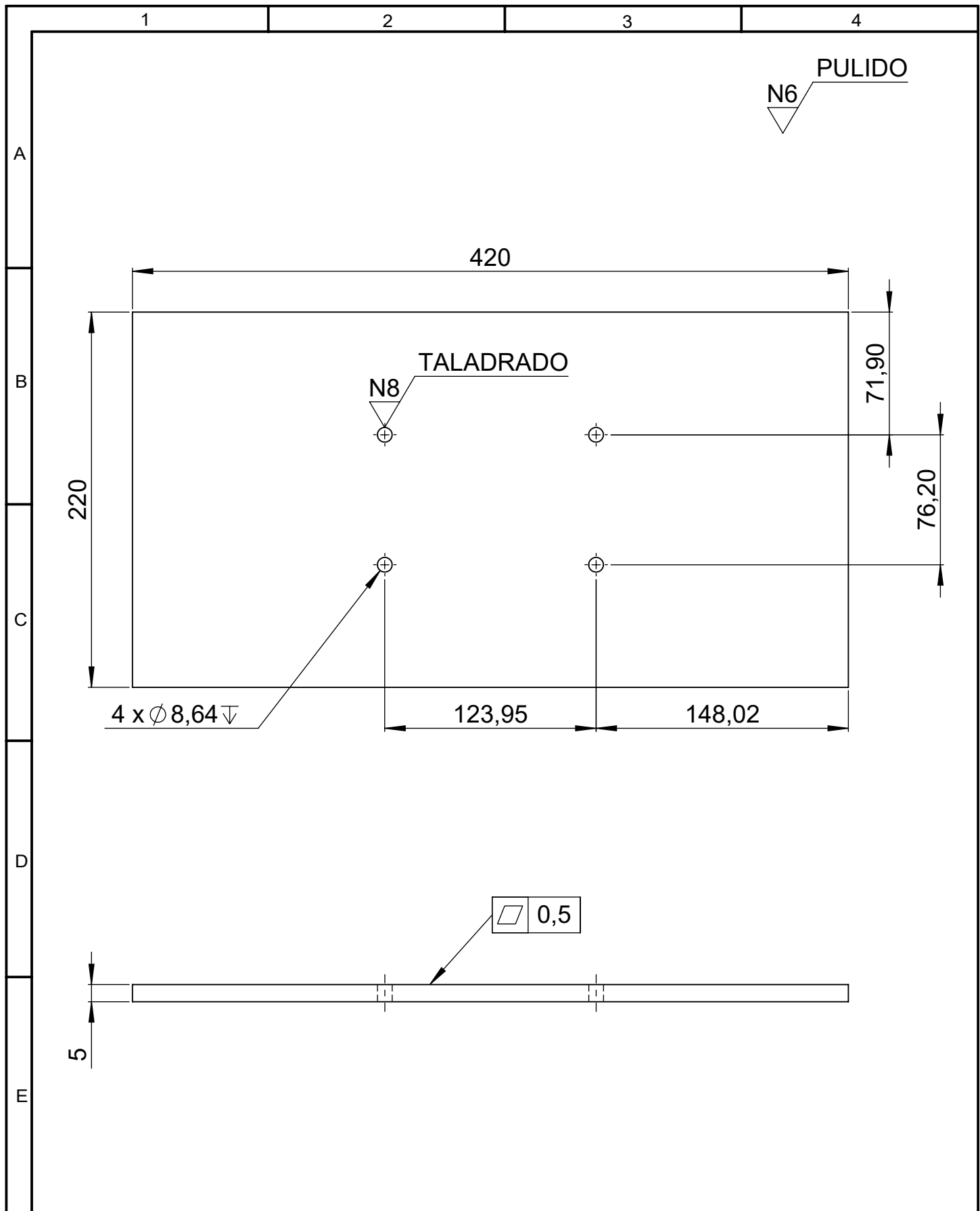
E



				Tolerancias $\pm 0,15 \text{ mm}$	(Peso) 0,32 kg	Materiales Acero inoxidable 430	
						Denominación SOPORTE DE EJE DENTADO	Escala 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dib. 02/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 15 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

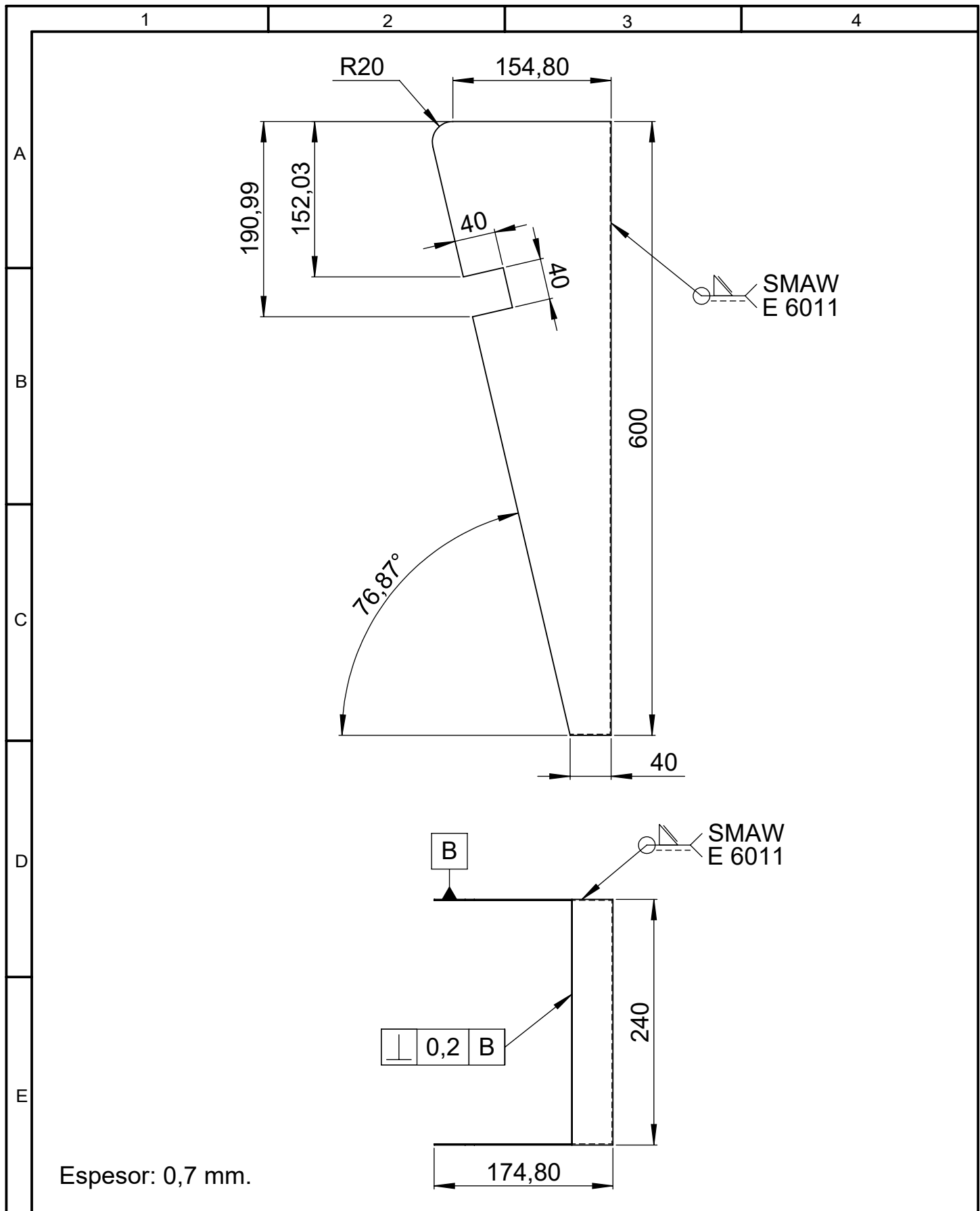


				Tolerancias ± 0,3 mm	(Peso) 13,74 kg	Materiales Acero inoxidable 430	
						Denominación CÁMARA DE COMPRESIÓN	Escala 1:7
				Fecha	Nombre		
				Dib. 03/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 16 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

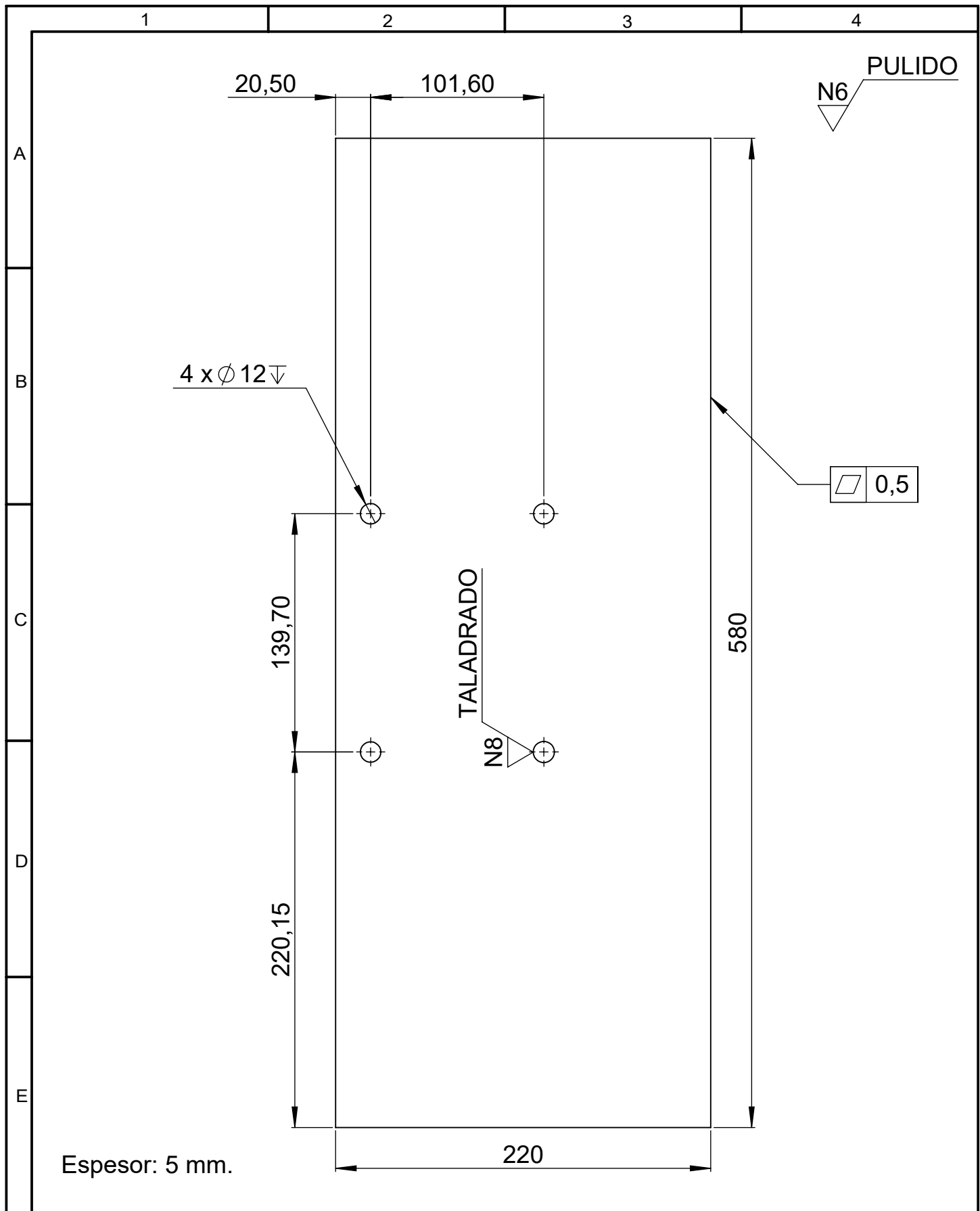


				Tolerancias ± 0,5 mm	(Peso) 3,61 kg	Materiales Acero ASTM A-36	
						Denominación PLACA PARA MOTOR DE CORTE	Escala 1:3
						Número del Dibujo 17 de 20 (Sustitución)	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	U.T.A Mecánica			
				Dib.	03/07/23	Zuñiga J.	
				Rev.	21/07/23	Ing. López Jorge	
				Apro	21/07/23	Ing. López Jorge	

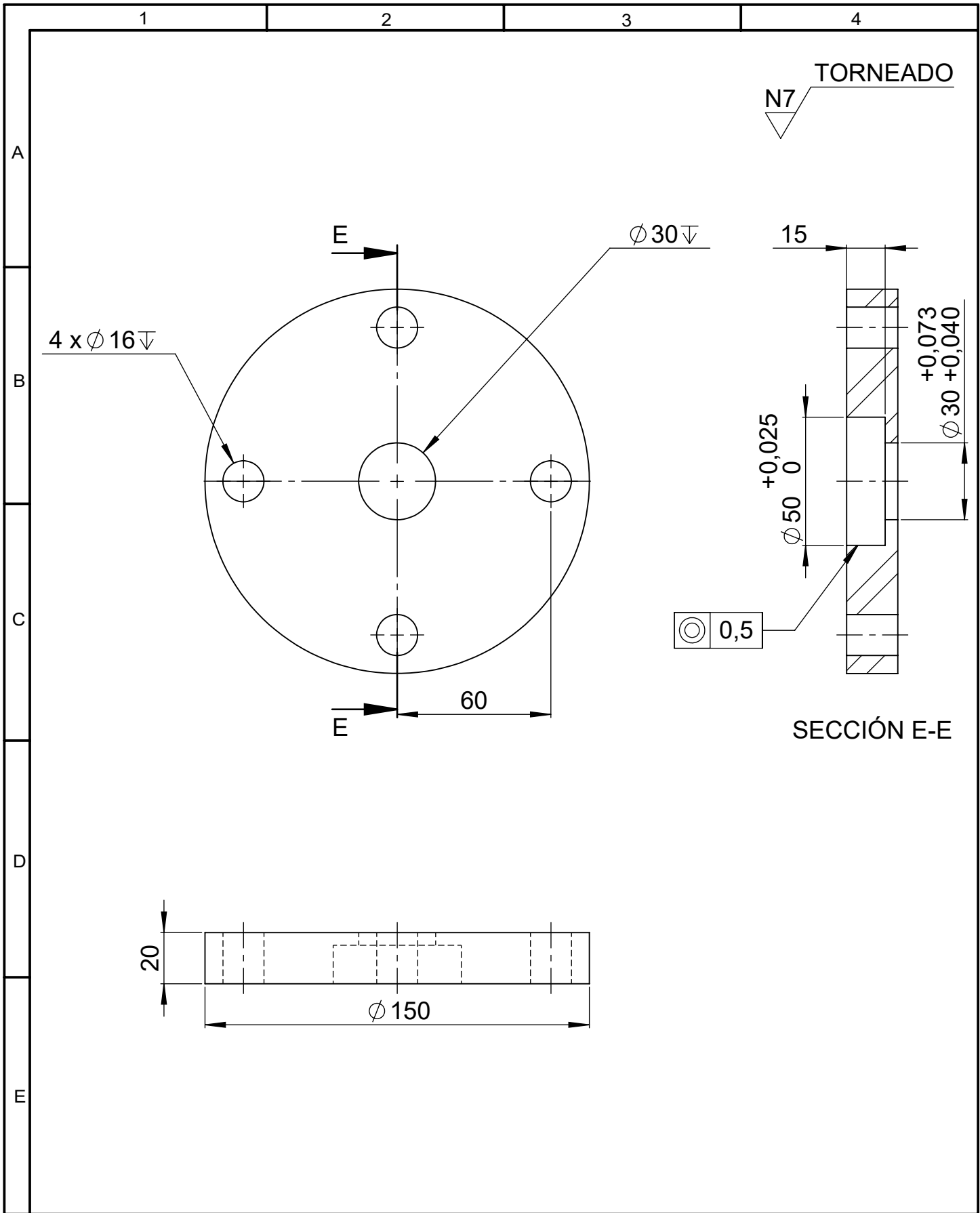




				Tolerancias ± 2 mm	(Peso) 2,24 kg	Materiales Acero inoxidable AISI 304	
						Denominación RECOLECTOR DE PELLETS	Escala 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dib. 04/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 18 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 0,8 mm	(Peso) 4,99 kg	Materiales Acero ASTM A-36	
						Denominación PLACA PARA MOTOR DE 5 HP	Escala 1:3
				Fecha	Nombre		
				Dib. 04/07/23	Zuñiga J.		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 19 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 0,5 mm	(Peso) 2,37 kg	Materiales Acero inoxidable 430	
						Denominación TAPA DE LA CÁMARA DE COMPRESIÓN	Escala 1:2
				Fecha	Nombre		
				Dib. 04/07/23	Zuñiga J		
				Rev. 21/07/23	Ing. López Jorge		
				Apro 21/07/23	Ing. López Jorge		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 20 de 20	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	